

**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**

**ВАЛІА 20335.00.00.01**

Сумський державний університет  
Кафедра технології машинобудування,  
Бакалаврська кваліфікаційна робота  
Спеціальність 131 «Прикладна механіка»  
(Технології машинобудування)

Студент

*А. В. Мойсієнко*

Керівник

*Ю. О. Денисенко*

Нормоконтроль

*Ю. О. Денисенко*

## РЕФЕРАТ

Записка: 79 с., 9 рис., 7 табл., 10 джерел.

Об'єкт роботи: «вал 20335.00.00.01» верстата для розрізання труб 20335.00.00.00.СК.

Мета роботи: проектування технологічного процесу механічної обробки «вала 20335.00.00.01».

В роботі виконаний аналіз службового призначення машини, вузла, деталі, аналіз технічних вимог, що пред'являються до деталі. Аналітичним методом визначено тип виробництва, визначено форму організації робіт. Виконаний аналіз технологічності конструкції деталі за якісними ознаками.

Визначено раціональний метод отримання вихідної заготовки.

Виконаний детальний аналіз фрезерної з ЧПК та токарної з ЧПК операцій технологічного процесу виготовлення деталі.

В конструкторській частині спроектовано верстатний пристрій (токарний патрон) для базування та закріплення заготовки на токарній операції з ЧПК.

**ВАЛ, ПОКОВКА, ФРЕЗЕРУВАННЯ, ТОЧІННЯ, ТОКАРНИЙ ПАТРОН.**

Сумський державний університет  
Кафедра технології машинобудування,  
верстатів та інструментів

## ЗМІСТ

Вступ.....	4
1 Аналіз службового призначення машини, вузла, деталі. Опис конструктивних особливостей деталі та умов її експлуатації.....	5
2 Аналіз технічних вимог, що пред'являються до конструкції деталі .....	11
3 Визначення типу виробництва та форми організації робіт .....	16
4 Аналіз технологічності конструкції деталі.....	20
5 Обґрунтування вибору способу отримання вихідної заготовки .....	25
6 Аналіз технологічного процесу механічного оброблення заготовки.....	30
6.1 Розрахунок припусків і допусків на обробку поверхні обертання аналітичним методом.....	30
6.2 Обґрунтування вибору схеми базування і закріплення заготовки.....	33
6.3 Обґрунтування вибору верстатного обладнання .....	47
6.4 Обґрунтування вибору технологічної оснастки .....	49
6.5 Розрахунок режимів різання .....	51
6.6 Технічне нормування операцій.....	60
7 Проектування верстатного пристрою .....	66
Висновки .....	77
Перелік джерел посилань .....	78
Додаток А Робоче креслення деталі «вал 20335.00.00.01».....	80
Додаток Б Порівняльні характеристики типів виробництва .....	82
Додаток В Розрахунок припусків на діаметральні розміри.....	83
Додаток Г Патрон токарний самоцентруючий. Специфікація .....	84
Додаток Г Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях .....	87

<i>ТМЗ 17190015-00.ПЗ</i>				
Змін.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата
Розроб.		<i>Мойсієнко</i>		
Перевір.		<i>Денисенко</i>		
Н. контр.		<i>Денисенко</i>		
Затверд.		<i>Залога</i>		
<i>Проектування технологічного процесу виготовлення вала 20335.00.00.01</i>				
		Літ.	Аркуш	Аркушів
		3	79	
<i>СумДУ</i>				

## ВСТУП

В оборонній промисловості при виробництві артилерійських снарядів всередині латунної гільзи останніх встановлюють картонні трубки-прокладки, зовнішній діаметр яких відповідає внутрішньому діаметру гільз, а довжина знаходиться в межах від 5 до 500 мм. Для їх виготовлення, а точніше розрізання картонних труб на циліндри й кільця відповідної довжини використовують спеціальний верстат для різання труб 20335.00.00.00 СК.

Об'єкт роботи: «вал 20335.00.00.01» верстата для розрізання труб 20335.00.00.00.СК.

Мета роботи: проектування технологічного процесу механічної обробки «вала 20335.00.00.01».

В роботі виконаний аналіз службового призначення машини, вузла, деталі, аналіз технічних вимог, що пред'являються до деталі. Аналітичним методом визначено тип виробництва, визначено форму організації робіт. Виконаний аналіз технологічності конструкції деталі за якісними ознаками.

Визначено раціональний метод отримання вихідної заготовки.

Виконаний детальний аналіз фрезерної з ЧПК та токарної з ЧПК операцій технологічного процесу виготовлення деталі.

В конструкторській частині спроектовано верстатний пристрій (токарний патрон) для базування та закріплення заготовки на токарній операції з ЧПК.

						Арк.
						4
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

# 1 АНАЛІЗ СЛУЖБОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ МАШИНИ, ВУЗЛА, ДЕТАЛІ. ОПИС КОНСТРУКТИВНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ДЕТАЛІ ТА УМОВ ЇЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Формулювання службового призначення машини є одним з найбільш відповідальних етапів процесу її створення, як на рівні конструювання, так і на рівні її виготовлення. Помилки, допущені при виявленні та уточненні службового призначення машини, призводять до створення недосконалих машин, до зайвих витрат праці на їх виготовлення, освоєння та експлуатацію.

В оборонній промисловості при виробництві артилерійських снарядів всередині латунної гільзи останніх встановлюють картонні трубки-прокладки, зовнішній діаметр яких відповідає внутрішньому діаметру гільз ((50 – 75) мм), а довжина знаходиться в межах від 5 до 500 мм. Для їх виготовлення, а точніше розрізання картонних труб на циліндри й кільця відповідної довжини використовують спеціальний верстат для різання труб 20335.00.00.00 СК.

Розглянутий верстат являє собою зварену станину, в нижній частині якої встановлено електродвигун А02-21-4 потужністю 1 кВт і частотою обертання валу – 1500 об/хв. У верхній частині станини верстата розміщується шпindelний вузол, обертання якому від електродвигуна передається через клинопасову передачу. Дещо нижче шпindelного вузла верстата розташовується інструментальний вал з важелями й дисковими ножами для розрізання картонних труб. Управління роботою дискових ножів інструментального вала здійснюється за допомогою системи тяг, а також одно- і двоплечих важелів, з'єднаних з нижнім валом верстата, на якому закріплена педаль для ноги робітника-оператора.

Верстат для різання труб 20335.00.00.00 СК має габаритні такі розміри: 1710×470×1070 мм, вага – 278 кг. Частота обертання інструментального шпindelя – 900 об/хв.

В процесі роботи картонні труби насаджуються вручну при не нерухомому шпindelі верстата на дві бобишки-оправки, встановлені на валу інструментального

						Арк.
						5
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

шпинделя. Після включення електродвигуна і передачі обертання інструментальному шпинделю із заготовкою – картонною трубою, до останньої підходять дискові ножі, для чого ногою робочого натискається педаль управління верстатом. При цьому дискові ножі попередньо виставляються по довжині розрізуваних картонних циліндрів за допомогою лінійки уздовж інструментального вала верстата слюсарем з налагодження. Ножі жорстко закріплені на важелях інструментального вала (який хитається), а їх кількість залежить від того, на скільки циліндрів і кілець розрізається картонна труба – заготовка. Знімання розрізаних трубок проводиться після автоматичного відключення верстата, для чого на інструментальному валу закріплений важіль-упор, що натискає на кінцевий вимикач, зв'язаний з електродвигуном верстата.

При виготовленні верстата необхідно витримати такі технічні вимоги:

- допустиме биття шпинделя на відстані 300 мм від площини (переднього краю установки розрізуваної картонної труби) не більше 0,05 мм;
- допустиме відхилення від паралельності осей шпинделя та інструментального вала не більше 0,1 мм на 1000 мм;
- усі рухомі вузли й деталі повинні рухатися плавно без ознак заїдання й ривків.

Як видно з розглянутого вище опису конструкції й принципу дії верстата для різання труб 20335.00.00 СК, одним з основних його вузлів є шпиндельний вузол, на якому закріплюється розрізувана картонна труба-заготовка якій передається обертання з частотою 900 об/хв.

Шпиндельний вузол є корпусом, в центральному отворі якого на двох радіальних підшипниках легкої серії № 212 встановлено «вал 20335.00.00.01». Підшипники закриті з зовнішніх торців кришками, що притискаються до їх зовнішніх кілець. Відстань між підшипниками по довжині вала регулюється за допомогою дистанційної гільзи, що охоплює вал і притискається до торців внутрішніх кілець підшипників. У внутрішніх розточеннях кришок встановлені гумові кільцеві ущільнення, що охоплюють шийки вала і оберігають внутрішні

						Арк.
						6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

порожнини шпинделя від забруднення з зовнішнього середовища. На лівому кінці вала за допомогою шпонкового з'єднання встановлено шків клинопасової передачі для передачі шпиндельному вузлу обертання від електродвигуна верстата.

Як видно, основною деталлю шпиндельного вузла є «вал 20335.00.00.01», див. рисунок 1.1, який має загальну довжину 1000 мм і зовнішні діаметри шийок від 42 до 70 мм. Креслення деталі представлено в додатку А цієї роботи. Як уже зазначалося вище, вал розташовується в шпиндельному вузлі на двох радіальних підшипниках № 212. У зв'язку з цим основними конструкторськими базами вала є посадочні поверхні  $\varnothing 60k6$ , що визначає їх спільно як подвійну напрямну базу, яка позбавляє вал 4-х ступенів свободи. Торець між двома ступенями вала  $\varnothing 70/\varnothing 60k6$  є ще однією основною конструкторською базою – опорною базою, яка позбавляє вал ще одного ступеня свободи. Таким чином вал позбавляється 5-ти ступенів свободи, а 6-та ступінь свободи (обертання навколо своєї осі) залишається вакантною, що визначається службовим призначенням верстата – передачею розрізуваній заготовці-трубі обертального руху.

В якості допоміжних конструкторських баз слугують поверхні  $\varnothing 45h9$ , торець ступені  $\varnothing 50/\varnothing 45h9$  і шпонкова канавка шириною  $14_{-0,043}$  і довжиною 38 мм. За вказаними поверхнями на вал встановлюється шків клинопасової передачі для передачі йому від електродвигуна верстата руху обертання. В результаті поверхня ступені вала  $\varnothing 45h9$  є подвійною напрямною базою, яка позбавляє приєднаного до валу шківа 4-х ступенів свободи; поверхня торця ступені вала  $\varnothing 50/\varnothing 45h9$  – опорною базою, яка позбавляє шків ще одного ступеня свободи; бокова поверхня паза  $14_{-0,043}$  – ще одна опорна база, яка через шпонкові з'єднання позбавляє шків ще одного ступеня свободи.

Таким чином в цілому шків щодо вала позбавляється всіх шести ступенів свободи, тобто є повністю нерухомим.

Для надійного закріплення шків на валу, в торці останнього на  $\varnothing 20$  розташовуються два кріпильних отвори М8-7Н×14-16. З їх допомогою на торці вала встановлюється шайба, яка фіксує шків.

					Арк.
					7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	

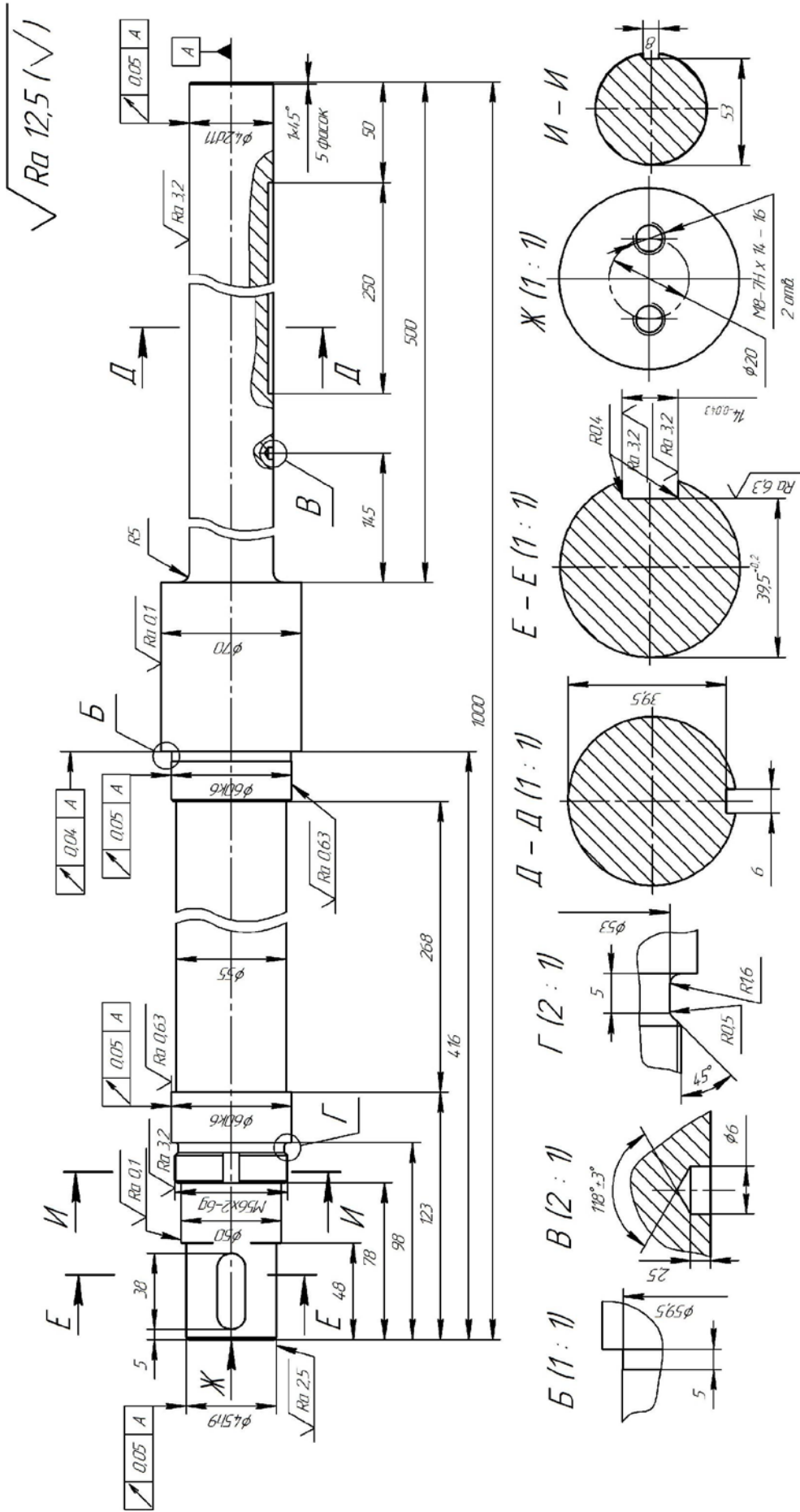


Рисунок 1.1 – Ескіз деталі

					Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	8



У правій частині вала на  $\varnothing 42d11$  і довжині 500 мм встановлюються дві бобишки-оправки, які слугують посадковими місцями для закріплення розрізаної картонної труби-заготовки. Дана поверхня є подвійною напрямною базою, яка позбавляє зазначені оправки 4-х ступенів свободи. Для осьової фіксації лівої бобишки-оправки на валу використовується отвір  $\varnothing 6$ , що виконує функцію подвійної опорної бази. В результаті ліва оправка позбавляється 6-ти ступенів свободи. Дещо по-іншому фіксується права оправка на валу. Для запобігання її обертання навколо власної осі на валу використовується паз шириною 6 мм і довжиною 250 мм, що дозволяє регулювати осьове переміщення оправки вздовж осі вала. Таким чином оправка позбавляється ще однієї ступені свободи, тому що бокова стінка паза виконує функцію опорної бази. У підсумку права оправка позбавляється 5-ти ступенів свободи, залишаючи вакантним переміщення уздовж осі вала. Всі перераховані вище поверхні вала для базування на ньому бобишок-оправок за визначенням є допоміжними конструкторськими базами вала.

За різьбовим ступенем вала M56×2-6g, що є подвійною опорною базою, встановлюється спеціальна гайка для закріплення на валу і фіксації в осьовому напрямку радіальних підшипників №212. З метою запобігання самовідгвинчування гайки на різьбовій поверхні вала M56×2-6g на всю її довжину виконаний паз шириною 8 мм. Бокова поверхня паза є опорною базою. Ці поверхні слугують допоміжними конструкторськими базами.

За циліндричними шийками вала  $\varnothing 50$  і  $\varnothing 70$  встановлені ущільнювальні гумові кільця, закріплені в запобіжних кришках шпindelного вузла.

Між найбільш точними ступенями вала, зокрема,  $\varnothing 60k6/\varnothing 70$  і  $\varnothing 60k6/M56\times 2-2g$  виконані проточки – канавки  $\varnothing 59,5$ , шириною 5 мм, а також  $\varnothing 53$  з шириною 5 мм і фаскою під кутом  $45^\circ$  з R0,5 і R1,6 відповідно, для виходу шліфувального круга при оздоблювальній обробці шийок вала по IT6 і виходу різця при нарізанні різі M56×2-6g.

						Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Як вільні поверхні вала використовуються ступінь валу з  $\varnothing 55$  на довжині 268 мм. Крім того, на валу виконано 5 фасок  $1 \times 45^\circ$ , а також один радіусний перехід з R5 від ступені  $\varnothing 42d11$  до  $\varnothing 70$ .

Як вже зазначалося вище, до шпиндельного вузла, а значить, і до «валу 20335.00.00.01» пред'являють високі експлуатаційні вимоги. Зокрема, внутрішні порожнини шпиндельного вузла, а значить і вала – між посадочними шийками  $\varnothing 60k6$  закриті кришками з кільцями ущільнювачів, оберігаючи вузол від потрапляння бруду, продуктів зношення і картонного пилу внаслідок розрізання картонної труби на окремі частини. Радіальні підшипники підлягають періодичному змащуванню мастилом. Крім цього, два рази на зміну робітник, який обслуговує верстат для розрізання труб, повинен очищати «вал 20335.00.00.01» від картонного пилу та стежити за перегрівом шпиндельного вузла, надійністю фіксації шківа клинопасової передачі та гайки затягування підшипників, а також гвинтів фіксації бобишок-оправок, на яких встановлюється розрізувана картонна труба-заготовка.



						Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

## 2 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ, ЩО ПРЕД'ЯВЛЯЮТЬСЯ ДО КОНСТРУКЦІЇ ДЕТАЛІ

Технічні вимоги на виготовлення виробу або складальної одиниці характеризують основні параметри їх якості, що перевіряються при остаточному контролі або випробуваннях. Перед конструктором стоїть відповідальне завдання – визначити номенклатуру технічних вимог та їх допустимі відхилення. Він виділяє ті параметри, які в достатній мірі характеризують їх якість, визначають граничні значення цих параметрів. Тим самим конструктор ставить перед виробництвом технологічні завдання, які повинні гарантуватися ходом виробничого процесу.

Деталь входить складовою частиною в складальну одиницю (виріб), і багато її розмірів (основних) є ланками складальних розмірних ланцюгів або впливають на характеристики якості складальних сполучень.

Вже згадана деталь «вал 20335.00.00.01» відноситься до тіл обертання типу «вал» і має порівняно просту конфігурацію з незначними перепадами діаметрів циліндричних ступенів. Мінімальний діаметр валу – 42d11, а максимальний – 70 мм. Діаметральні розміри вала від своїх мінімальних значень на краях валу поступово збільшуються до своїх максимальних значень посередині валу. При цьому в середній частині вала є незначне зменшення діаметра від 60 мм до 55 мм між посадочними шийками вала Ø60k6. Довжина валу – 1000 мм, що при середніх ступенях вала в межах від 50 мм до 60 мм говорить про його більш ніж достатню жорсткість, тому що  $l / d = (24 - 15)$ .

Основні, робочі, циліндричні ступені вала, що несуть функціональне навантаження, виготовляються з точністю по IT6, IT9 і IT11. Наприклад, основні конструкторські бази вала – поверхні, за якими він встановлюється в радіальні шарикопідшипники – Ø60k6, виконані по IT6, що відповідає службовому призначенню цих поверхонь і забезпечує циркуляційне навантаження кілець шарикопідшипників. Даній точності виготовлення діаметральних розмірів вала відповідає і шорсткість їх поверхонь – 0,63 мкм Ra.

						Арк.
						11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Трохи нижче точність виготовлення допоміжних конструкторських баз. Зокрема, з точністю по IT9 виготовляється посадкова шийка вала під шків клинопасової передачі –  $\varnothing 45h9$ , що також відповідає службовому призначенню поверхні вала, оскільки вал обертається з порівняно невисокою частотою – 900 об/хв, а сам шків закріплюється на валу нерухомо, фіксуючись по шпонці та торцевій шайбі, що закріплюється на валу за допомогою двох болтів М8. Шпонковий паз також виконується по ширині з допуском  $T_v = 43$  мкм ( $14_{-0,043}$ ), що відповідає точності IT9 по посадці N9. Ця посадка забезпечує нормальний тип шпонкового з'єднання при виконанні ширини шпонки по h9, що відповідає перехідній посадці. Відповідає даної точності і шорсткість поверхні – 3,2 мкм Ra.

Середньою точністю характеризується і виконання зовнішнього діаметра метричної різі з дрібним кроком M56×2-6g, що забезпечує невеликий гарантований зазор при посадці 6H/6g, цілком прийнятний для службового призначення гайки, що фіксує в осьовому напрямку вала радіальні підшипники шпиндельного вузла.

Ще нижче точність робочої поверхні вала  $\varnothing 42d11$  відповідна IT11, по якій на валу встановлюють посадкові бобишки-оправки під закріплення картонної труби-заготовки. З одного боку, така точність цілком відповідає службовому призначенню поверхні. Відповідає точності поверхні й шорсткість поверхні – 3,2 мкм Ra. Однак з іншого боку, така точність поверхні не зовсім узгоджується з вимогою щодо допуску радіального биття 0,05 мм зазначеної поверхні щодо центральної осі вала. Такий допуск розташування поверхні відповідає високій відносній геометричній точності для даного допуску (C) і дорівнює 8 ступеню точності [1].

Відповідає службовому призначенню і точність діаметрального розміру внутрішньої різі M8-7H×14-16. Така невисока точність є цілком достатньою при нерухомому закріпленні притискної шайби для фіксації шківів клинопасової передачі на лівому кінці вала. Шорсткість поверхні – 12,5 мкм Ra.

«Вал 20335.00.00.01» працює в порівняно нескладних умовах знакозмінних, циклічних навантажень, передаючи крутний момент від електродвигуна верстата

						Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

за допомогою клинопасової передачі на обертання розрізуваної заготовки при невеликій частоті обертання – 900 об/хв. Тому порівняно нежорсткі вимоги по точності взаємного розташування всіх виконавчих поверхонь вала, а саме, допуски радіального биття посадочних поверхонь під радіальні шарикопідшипники ( $\varnothing 60k6$ ), посадкова поверхня під шків ( $\varnothing 45h9$ ) і посадкова поверхня під оправку ( $\varnothing 42d11$ ) – рівні 0,05 мм, а також допуск торцевого биття ступені вала  $\varnothing 60k6/\varnothing 70$  – рівний 0,04 мм, є цілком обґрунтованими.

Решта виконавчих і вільних поверхонь вала виконані з точністю по  $\pm IT14/2$ ,  $H14$  і  $h14$ , що цілком обґрунтовано їх службовим призначенням, за винятком шийок вала  $\varnothing 50$  і  $\varnothing 70$ , за якими з тертям ковзання контактують ущільнювальні гумові кільця кришок підшипників. Шорсткість цих поверхонь, 0,1 мкм  $Ra$ , цілком відповідає їхньому службовому призначенню і, навіть, можна сказати, є завищеною, проте точність по  $IT14$  явно занижена, тому що при таких великих допусках  $T = 740$  мкм можливе порушення щільності контакту ущільнень з шийками вала. В результаті порушується герметичність таких з'єднань, що призводить до проникнення часток забруднення до внутрішньої порожнини шпинделя і підвищеного зношення шийок вала в місцях контакту з ущільненнями, що знижує експлуатаційну надійність роботи шпиндельного вузла в цілому.

Дещо знижує експлуатаційну надійність шпиндельного вузла і виконання стопорних пазів шириною 8 мм під гайку  $M56 \times 2$ , а також шириною 6 мм під гвинт фіксації осевого положення бобишки-оправки на  $\varnothing 42d11$ , які виконують з точністю по  $IT14$ . Багаторазове використання цих поверхонь в процесі фіксування оправок і ненадійне їх стопоріння всього лише за допомогою одного гвинта  $M6$  призведе до розбивки паза, його підвищеного зношення і передчасного виходу з ладу. Аналогічним чином занижені вимоги по точності і до отвору  $\varnothing 6$ , слугуючого для фіксації лівої бобишки-опори. Всі зазначені поверхні мають шорсткість – 12,5 мкм  $Ra$ , що відповідає точності  $IT14$ .

Усі лінійні розміри вала виконані також з точністю по  $IT14$ , що цілком обґрунтовано порівняно невисокими вимогами службового призначення

						Арк.
						13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

шпиндельного вузла по розташуванню приєднаних деталей до валу уздовж його центральної осі і наявністю компенсаційних елементів, зокрема, різьбової поверхні М56×2 на валу, дистанційної гільзи, яка встановлюється між радіальними підшипниками, а також поздовжнього паза шириною 6 мм і довжиною 250 мм, уздовж якого переміщається права бобишка-оправка для установки і закріплення труби-заготовки.

Деталь «вал 20335.00.00.01» виготовляється зі сталі 45 ГОСТ 1050-88. Це вуглецева якісна конструкційна сталь з вмістом вуглецю близько 0,45%. Механічні властивості сталі 2-ї категорії є такими:

- межа текучості: 36 кгс/мм<sup>2</sup>;
- тимчасовий опір розриву: 61 кгс/мм<sup>2</sup>;
- відносне подовження  $\delta_5$ : 16%;
- відносне звуження  $\psi$ : 40%;
- ударна в'язкість  $\alpha_H$ : 5 кгс·м/см<sup>2</sup>;
- термічна обробка заготовок: нормалізація;
- твердість сталі без термообробки: 220 НВ;
- твердість сталі після відпалювання або високого відгартування: 197 НВ.

Сталь 45 ГОСТ 1050-88 має достатню міцність і зносостійкість, і, виходячи з умов експлуатації – циклічних, знакозмінних навантажень, в яких працює вал, можна вважати, що матеріал деталі обраний вірно.

Оформлення креслення деталі «вал 20335.00.00.01» в цілому відповідає діючим стандартам. На ньому цілком достатньо вказано видів, розрізів і виносів для розуміння креслення. Проставлення розмірів, їх точність і точність взаємного розташування поверхонь вказані вірно, однак, незважаючи на те, що шорсткість поверхонь задана переважно критерієм Ra, не скрізь спостерігається бажаний ряд по числовим значенням шорсткості. Зокрема, поряд з шорсткістю 12,5; 6,3; 3,2; 0,1 мкм Ra на кресленні вказано і шорсткість 2,5; 0,63 мкм Ra, яка не відповідає нормальним значенням за критерієм Ra. Її слід було б замінити на значення 1,6 мкм і 0,4 мкм Ra відповідно [1].

						Арк.
						14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Деталь «вал 20335.00.00.01» виконує основну функцію в роботі шпиндельного вузла верстата для різання труб і тому такі, раніше перераховані вимоги по точності розмірів і взаємного розташування поверхонь, їх шорсткості, матеріалу, є цілком обґрунтованими і відповідають рівню сучасного машинобудівного виробництва, забезпечуючи високу експлуатаційну надійність верстата, що виготовляється.



						Арк.
						15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

### 3 ВИЗНАЧЕННЯ ТИПУ ВИРОБНИЦТВА ТА ФОРМИ ОРГАНІЗАЦІЇ РОБІТ

При проектуванні технологічного процесу механічної обробки «валу 20335.00.00.01» необхідно враховувати тип виробництва виробів, який згідно з ГОСТ 3.1108-74 характеризується коефіцієнтом закріплення операцій  $K_{з.о}$ . Даний коефіцієнт показує «відношення всіх різних операцій, виконуваних підрозділом протягом місяця, до числа робочих місць» [2]. На перших етапах проектування з достатнім ступенем точності тип виробництва можна визначити табличним методом, з наступним уточненням за коефіцієнтом закріплення операцій  $K_{з.о}$ . Виходячи з цього, раніше, з урахуванням маси деталі ( $m_d = 18,5$  кг) та заданого річного обсягу випуску виробів ( $N_p = 300$  шт.) було визначено тип виробництва – дрібносерійний. Тепер уточнимо тип виробництва через розрахунок  $K_{з.о}$ . Типову методику розрахунку  $K_{з.о}$  наведено у [3].

Так, згідно з методикою [3] виконаємо розрахунок кількості потрібного верстатного устаткування за формулою:

$$m_p = \frac{N_p \cdot T_{шт}}{60 \cdot F_d \cdot \eta_{з.н}}, \quad (3.1)$$

де  $F_d$  – дійсний річний фонд часу роботи верстатного устаткування;

$$F_d = 4029 \text{ год. [2].}$$

$\eta_{з.н} = 0,8$  – нормативний коефіцієнт завантаження верстатного устаткування для умов дрібносерійного виробництва [3];

$T_{шт}$  – штучний час оброблення заготовки на даній операції.

Перелік технологічних операцій, штучний час за операціями та результати подальших розрахунків наведемо у таблиці 3.1.

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		16



Таблиця 3.1 – Розрахунок  $K_{з.о}$

№ з/п	Операція	$T_{шт.}$ , хв.	$m_p$ , шт.	$P$ , осіб	$\eta_{з.ф.}$	$O$
1	Фрезерно-свердлильна	17,29	0,027	1	0,027	30
2	Токарна	24,38	0,038	1	0,038	21
3	Токарна	20,91	0,032	1	0,032	25
4	Фрезерна	17,85	0,028	1	0,028	29
5	Свердлильна	14,42	0,022	1	0,022	36
6	Шліфувальна	12,13	0,019	1	0,019	42
7	Шліфувальна	17,0	0,026	1	0,026	31
8	Суперфінішна	16,21	0,025	1	0,025	32
				$\Sigma P = 9$		$\Sigma O = 246$

Так, потрібна кількість верстатного устаткування згідно з формулою (3.1) становитиме:

$$m_p = \frac{300 \cdot 17,29}{60 \cdot 4029 \cdot 0,8} \approx 0,027.$$

Результати розрахунків для інших операцій запишемо до таблиці 3.1.

Кількість робочих для технологічних операцій операції:

$$P_1 = P_2 = P_3 = P_4 = P_5 = P_6 = P_7 = P_8 = 1 \text{ особа.}$$

Фактичний коефіцієнт завантаження робочого місця визначимо за формулою:

$$\eta_{з.ф} = \frac{m_p}{P}, \quad (3.2)$$

Так, для першої операції маємо:

						Арк.
						17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

$$\eta_{з.ф} = \frac{0,027}{1} = 0,027. \quad (3.3)$$

Результати розрахунків для інших операцій запишемо до таблиці 3.1.

Кількість операцій, виконуваних на даному робочому місці, визначимо за формулою:

$$O = \frac{\eta_{з.н}}{\eta_{з.ф}}, \quad (3.3)$$

Так, для першої операції маємо:

$$O = \frac{0,8}{0,027} \approx 30.$$

Результати розрахунків для інших операцій запишемо до таблиці 3.1.

Величину коефіцієнту закріплення операцій визначимо за формулою:

$$K_{з.о} = \frac{\sum O}{\sum P} = \frac{246}{8} \approx 30,75.$$

Величина 30,75 коефіцієнту закріплення операцій входить до діапазону від 20 до 40 одиниць, що відповідає дрібносерійному типу виробництва [3].

При дрібносерійному типі виробництва «вироби виготовляють партіями або серіями, що складаються з однойменних, однотипних за конструкцією і типорозмірами виробів, що запускаються у виробництво одночасно» [2]. Застосовується різноманітне технологічне устаткування та оснастка: верстати універсальні із числовим програмним керуванням, оснастка універсальна, стандартизована з механізованим і ручним приводом. Оброблення заготовок проводиться партіями з послідовним виконанням операцій.

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		18

Порівняльні характеристики існуючих типів виробництва наведемо у додатку Б цієї роботи.

Беремо форму організації робіт в дрібносерійному виробництві – групову.

Серійне виробництво вважається значно економнішим, ніж одиничне, тому що краще використання устаткування та оснастки (за рахунок великих партій оброблюваних деталей) сприяє зменшенню собівартості продукції.

Кількість деталей в партії для одночасного запуску допускається визначати спрощеним способом за формулою [3]:

$$N_n = \frac{N_p \cdot a}{256}, \quad (3.4)$$

де  $a = 24$  – періодичність запуску (один раз на місяць), в днях [3];  
256 – кількість робочих днів на рік.

Сумський державний університет  
Кафедра технологій машинобудування,  
верстатів та інструментів

$$N_n = \frac{300 \cdot 24}{256} \approx 28 \text{ шт.}$$

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		19

## 4 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ КОНСТРУКЦІЇ ДЕТАЛІ

Оцінку технологічності конструкції деталі «вал 20335.00.00.01» в бакалаврській роботі здійснюємо за якісними ознаками. Мета такого аналізу – виявити недоліки конструкції деталі за відомостями, що містяться в кресленнях і технічних вимогах, а також можливе поліпшення технологічності розглянутої конструкції.

Якісна оцінка характеризує технологічність конструкції деталі узагальнено на підставі досвіду виконавця і проводиться як попередня. Виконаємо якісну оцінку технологічності деталі за матеріалом, геометричною формою та якістю поверхонь, за методами проставлення розмірів і можливими способами отримання вихідної заготовки.

Матеріал деталі повинен мати достатню міцність, гарну оброблюваність різанням. З огляду на те, що «вал 20335.00.00.01» працює в умовах порівняно незначних знакозмінних навантажень, використання в якості її матеріалу вуглецевої якісної конструкційної сталі 45 ГОСТ 1050-88 можна визнати обґрунтованим. Сталь 45 ГОСТ 1050-88 має високу міцність, див. розділ 2 цієї роботи, і разом з тим має гарну оброблюваність різанням. При механічній обробці сталі 45 ГОСТ 1050-88 лезовим інструментом, оснащеним твердосплавними пластинками типу Т5К10, Т15К6, Т30К4 шорсткість поверхонь після чистової обробки знаходиться в межах (3,2 – 1,6) мкм Ra, що є цілком прийнятним для проектованої технології виготовлення даної деталі. Крім того, сталь 45 ГОСТ 1050-88 – досить поширений в машинобудуванні матеріал, не дефіцитний, порівняно дешевий, що також свідчить на користь його застосування для даної деталі.

Заготовка деталі «вал 20335.00.00.01» в існуючих умовах виходить з прокату ( $m_{np} = 38$  кг), що неекономічним в умовах навіть дрібносерійного виробництва і веде до перевитрати матеріалу, тому що коефіцієнт використання матеріалу є порівняно низьким:

$$K_{в.м} = 18,5 / 38 = 0,49.$$

						Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Очевидно, що для умов дрібносерійного виробництва, а також з урахуванням максимально можливого наближення форми і розмірів заготовки до форм і розмірів готової деталі найбільш раціональним методом отримання заготовки є – вільне кування на молотах.

За геометричною формою поверхонь з'ясуємо раціональність їх конфігурації і якості з урахуванням можливості використання високопродуктивного обладнання та інструменту. Як видно з рисунка 1.1, деталь за своєю конфігурацією є досить простою та являє собою ступінчастий вал з відношенням довжини до діаметра:  $l/d = (15 - 24)$ , що говорить про її недостатню жорсткість. Тому при механічній обробці утруднено використання багатоінструментальних налагоджень з одночасною роботою декількох інструментів.

Як вже зазначалося вище, за своєю конфігурацією деталь проста та особливих труднощів при її механічній обробці не передбачається, що говорить про її технологічність. Має місце збільшення діаметрів вала поступове від його кінців до середини за винятком невеликої виїмки  $\varnothing 55$  на довжині 268 мм, яку з обох сторін обмежують шийки вала  $\varnothing 60k6$ . Це трохи знижує технологічність деталі при її механічній обробці внаслідок використання спеціальної наладки і ріжучого інструменту.

До нетехнологічних конструктивних елементів деталі слід віднести обробку двох закритих шпонкових пазів: шириною  $b = 14_{-0,043}$  і  $b = 6$  мм, які доведеться обробляти кінцевими, шпонковими фрезами, що забезпечують низьку продуктивність порівняно з дисковими, прорізними фрезами. З цих же міркувань нетехнологічною є обробка паза на різьбовій поверхні  $M56 \times 2-6g$ , який хоча і відкритий з обох боків, однак не дозволяє використовувати дискову фрезу для його обробки через незначні розміри канавки в правій частині різі для виходу ріжучого інструменту (ширина канавки  $b = 5$  мм). Нетехнологічною є і взаємна орієнтація перерахованих пазів і стопорного отвору  $\varnothing 6$ , так як шпонковий паз  $b = 14_{-0,043}$  і стопорний паз  $b = 8$  мм на різі  $M56 \times 2-6g$  розгорнуті щодо стопорного отвору  $\varnothing 6$  і паза  $b = 6$  мм на  $90^\circ$ , що ускладнює конструкцію затискного пристосування і

						Арк.
						21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

вимагає додаткової переустановки заготовки при їх механічній обробці. В результаті збільшиться допоміжний час на фрезерну операцію та знизиться продуктивність її обробки, підвищиться собівартість виготовлення деталі. Нетехнологічним є і те, що стопорні пази на різьбовій шийці вала і на  $\varnothing 42d11$  мають різну ширину: 8 мм і 6 мм. З цієї точки зору технологічно було б ввести єдину ширину цих пазів, наприклад,  $b = 6$  мм, що цілком обґрунтовано їх службовим призначенням і, з іншого боку, розташувати їх в одну лінію з шпонковим пазом на ступені  $\varnothing 45h9$ . В одну лінію з зазначеними пазами можна розмістити і стопорний отвір  $\varnothing 6$ .

Знижує технологічність конструкції і необхідність обробки двох торцевих різьбових отворів M8-7H $\times$ 14-16, для обробки яких знадобиться або використання спеціального верстатного пристосування для базування і закріплення заготовки у вертикальному положенні її центральної осі при обробці на вертикально-свердлильному або радіально-свердлильному верстаті, або застосування спеціального горизонтально-розточувального (свердлильного) верстата, що також є нерентабельним в умовах дрібносерійного виробництва.

До нетехнологічних елементів деталі слід також віднести і невідповідність шорсткості поверхонь двох шийок вала – 0,1 мкм Ra на діаметрах:  $\varnothing 50$  і  $\varnothing 70$ , виконаних з точністю по IT14. Таким чином, на зазначених шийках валу слід забезпечити декоративну чистоту поверхні, потребує застосування декількох додаткових технологічних переходів, що знижують продуктивність обробки і підвищують її собівартість.

Нетехнологічним є конструктивне розміщення на різьбовій шийці вала M56 $\times$ 2-6g стопорного паза шириною  $b = 8$  мм. Обробка такого паза повинна виконуватися після нарізання різі M56 $\times$ 2-6g щоб виключити удари і можливу поломку різьбового різця відносно бокових стінок паза. Однак після фрезерування паза порушуються витки різі, що потребує подальшої технологічної операції з її виправлення, наприклад, методом калібрування.

						Арк.
						22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

На двох посадочних шийках валу  $\varnothing 60k6$  необхідно забезпечити точність розмірів по IT6 і шорсткість поверхонь – 0,63 мкм Ra, що потребує при їх виготовленні додаткових трудовитрат і є також менш технологічним, ніж забезпечення точності і шорсткості поверхонь в межах IT(9 – 12) і (3,2 – 6,3) Ra відповідно.

З точки зору аналізу технологічності конструкції деталі щодо можливості її обробки на верстатах з ЧПК слід зазначити, що вона в цілому є технологічною. Конструкція деталі передбачає уніфікацію окремих елементів форми деталі та її розмірів. Зокрема, уніфіковані розміри 5-ти фасок:  $1 \times 45^\circ$  і 2-х канавок: ширина 5 мм, що дозволяє використовувати мінімальну кількість інструментів, до того ж, стандартних. Уніфікований і розмірний ряд діаметральних ступенів вала:  $\varnothing 42$ ,  $\varnothing 45$ ,  $\varnothing 50$ ,  $\varnothing 55$ ,  $\varnothing 60$ ,  $\varnothing 70$ . Забезпечується і можливість вільного доступу інструмента до зони різання при обробці всіх поверхонь деталі. З цієї точки зору всі елементи деталі також є технологічними, включаючи і радіусний перехід між ступенями  $\varnothing 42d11/\varnothing 70$  з розміром R5. Однак при обробці канавки між ступенями вала M56 $\times$ 2-6g і  $\varnothing 60k6$  шириною  $b = 5$  мм радіусні заокруглення не уніфіковані і до того ж різні по обидва боки: R0,5 і R1,6, що є нетехнологічною ознакою, так як їх оброблення потребує виготовлення спеціального канавкового різця.

Робоче креслення деталі «вал 20335.00.00.01» містить всі необхідні відомості про її конструкцію, що дає повне уявлення про конфігурацію деталі, тобто всі проєкції, розрізи і перетини абсолютно чітко і однозначно пояснюють її конфігурацію і можливі способи як отримання заготовки, так і її механічної обробки. На кресленні вказані всі розміри деталі з необхідними відхиленнями, необхідної шорсткістю поверхонь і точністю їх взаємного розташування. Разом з тим, слід зазначити, що всі радіальні і торцеві биття шийок вала задані щодо базової осі вала А, для чого обробку вала необхідно вести, базуючи останній по центровим отворам, розміри яких кресленням не регламентовані. У зв'язку з цим згідно з довідником [1] приймаємо центрові отвори форми В з розмірами  $d = 5$  мм,

						Арк.
						23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

$d_1 = 10,6$  мм,  $d_2 = 16,0$  мм,  $l_1 = 6,3$  мм,  $l_2 = 6,41$  мм і кутами  $60^\circ$  та  $120^\circ$  згідно з ГОСТ 14034-74.

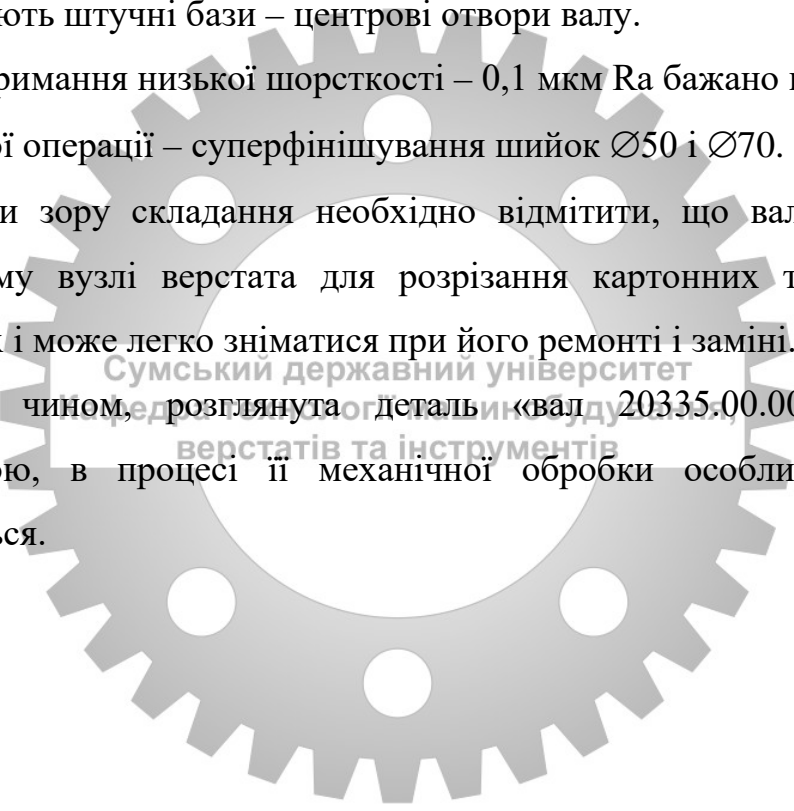
Обробка деталі в існуючих умовах проводиться на універсальному обладнанні, верстатах з ЧПК, що відповідає програмі її випуску. Технологічна оснастка – універсальна, стандартизована. Ріжучий інструмент оснащений твердосплавними пластинами типу T5K10, T15K6.

У процесі механічної обробки є можливість суміщення технологічних і вимірювальних баз при дотриманні розмірів, обумовлених більш жорсткими допусками. На токарних і шліфувальних операціях в якості технологічних баз використовують штучні бази – центрові отвори валу.

Для отримання низької шорсткості –  $0,1$  мкм Ra бажано введення додаткової технологічної операції – суперфінішування шийок  $\varnothing 50$  і  $\varnothing 70$ .

З точки зору складання необхідно відмітити, що вал встановлюється в шпиндельному вузлі верстата для розрізання картонних труб на радіальних підшипниках і може легко зніматися при його ремонті і заміні.

Таким чином, розглянута деталь «вал 20335.00.00.01» в цілому є технологічною, в процесі її механічної обробки особливих труднощів не передбачається.



						Арк.
						24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		



## 5 ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ СПОСОБУ ОТРИМАННЯ ВИХІДНОЇ ЗАГОТОВКИ

З урахуванням дрібносерійного виробництва, а також габаритних розмірів оброблюваної деталі  $\varnothing 70 \times 1000$  мм, маси деталі (18,5 кг) її матеріалу (сталь 45 ГОСТ 1050-88), найбільш перспективними методами отримання вихідної заготовки типу «вал» будуть: поковка вільним куванням на молотах і круглий прокат.

Для вибору раціонального способу отримання заготовки зробимо техніко-економічне обґрунтування можливих методів отримання зазначеної заготовки «валу». З цією метою визначимо собівартості отримання заготовки за альтернативними варіантами.

Вартість заготовки, отримуваних з прокату можна розрахувати за формулою [3]:

$$S_{\text{пр}} = M + C_{\text{о.з.}}, \quad (5.1)$$

де  $M$  – витрати на матеріал заготовки, грн;

$C_{\text{о.з.}}$  – технологічна собівартість операції розмічування, правлення й калібрування прутків.

Технологічна собівартість правлення та розрізання прокату за попередніми розрахунками складає 94,4 грн.

Витрати на матеріал заготовки визначимо за формулою [3]:

$$M = Q \cdot S - (Q - q) \cdot \frac{S_{\text{вдх}}}{1000}, \quad (5.2)$$

де  $Q$  – маса заготовки, кг;

$S$  – ціна 1 кг матеріалу заготовки, грн;

$q$  – маса готової деталі, кг;

						Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

$S_{вдх}$  – ціна 1 т відходів, грн.

За умови, що маса заготовки складає  $Q = 38$  кг, маса готової деталі  $q = 18,5$  кг, вартість сталі 45:  $S = 16$  грн/кг, вартість відходів  $S_{вдх} = 2400$  грн/т, маємо:

$$M = 38 \cdot 16 - (38 - 18,5) \cdot \frac{2400}{1000} = 561,2 \text{ грн.}$$

Таким чином, собівартість заготовок, одержуваних з прокату дорівнює:

$$S_{пр} = 561,2 + 94,4 = 655,6 \text{ грн.}$$

Собівартість отримання поковки вільним куванням на молотах визначимо за формулою [3]:

$$S_{пок} = \frac{C_i}{1000} \cdot Q \cdot k_m \cdot k_c \cdot k_b \cdot k_M \cdot k_{II} - (Q - q) \cdot \frac{S_{вдх}}{1000}, \quad (5.3)$$

де  $C_i$  – базова вартість 1 т заготовок, отримуваних вільним куванням на молотах, грн.  $C_i = 27000$  грн;

$k_T$  – коефіцієнт, що залежить від класу точності поковки.  $K_T = 1,0$ ;

$k_c$  – коефіцієнт, що залежить від групи складності поковки.  $K_c = 0,75$ ;

$k_b$  – коефіцієнт, що залежить від маси поковки.  $K_b = 0,73$ ;

$k_M$  – коефіцієнт, який залежить від марки матеріалу поковки,  $K_M = 1,0$ ;

$k_{II}$  – коефіцієнт, який залежить від об'єму виробництва заготовок.  $K_{II} = 1,0$ ;

$Q$  – маса заготовки, кг;

$q$  – маса готової деталі;

$S_{вдх}$  – ціна 1 т відходів, грн.

					Арк.
					26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	

Для маси заготовки  $Q = 31$  кг, маси готової деталі  $q = 18,5$  кг, вартості відходів  $S_{вдх} = 2400$  грн, маємо:

$$S_{нок} = \left( \frac{27000}{1000} \cdot 31 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 0,73 \cdot 1 \cdot 1 \right) - (31 - 18,5) \frac{2400}{1000} \approx 428,26 \text{ грн.}$$

Таким чином, вартість заготовок, одержуваних вільним куванням на молотах є меншою за вартість заготовок з прокату. Тому подальше порівняння одержуваних заготовок з відмінності обсягів їх подальшої механічної обробки є недоцільним.

Куванням на молотах отримують поковки простої форми масою до 250 т з порівняно великими напусками. Застосовуючи спеціальний інструмент, зменшують напуски. Для зменшення відходу металу і зниження трудомісткості, як в процесі кування, так і в процесі подальшої механічної обробки, поковкам бажано надавати найбільш просту форму, обмежену плоскими або циліндричними поверхнями.

Визначимо припуски і допуски на проєктовану поковку згідно з ГОСТ 7829-70 [4].

Вже згадана поковка має конфігурацію круглого перетину з уступами при  $L > 1,5D$ ,  $l > 0,3D$ , де  $L$  – загальна довжина заготовки,  $D$  – діаметр максимального уступу,  $l$  – його довжина. На таку поковку призначають основні та додаткові припуски (крім основного перетину) та допуски, перевіряється можливість виконання ступенів вала і виїмок. Згідно з стандартом в якості основного перетину поковки беремо перетин  $\varnothing 42 \times 500$  мм, що має максимальну площу поздовжнього перерізу ( $D \times l$ ).

Розрахунки припусків, допусків і розмірів заготовки зводимо до таблиці 5.1.

						Арк.
						27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Таблиця 5.1 – Розрахунок розмірів поковки, у міліметрах

Розміри деталі	Основний припуск і допуск	Додатковий припуск	Розрахунок розмірів поковки	Кінцевий розмір поковки
1	2	3	4	5
Ø45h9	8±2	3	45+8+3=56	Ø61±2
Ø50	8±2	3	50+8+3=61	
M56×2-6g	9±3	3	56+9+3=68	72±3
Ø60k6	9±3	3	60+9+3=72	
Ø55	9±3	3	55+9+3=67	
Ø60k6	9±3	3	60+9+3=72	
Ø70	9±3	3	70+9+3=82	82±3
Ø42d11	8±2	основний перетин	42+8=50	50±2
1000	$^{+1,25}_{-1,25} (9\pm3)$	-	1000+2,5×9=1022,5	1023±7,5
500	$^{+1,25}_{-0,75} (9\pm3)$	-	500+1,25×9- -0,75×9=504,5	504±6
416	$^{+1,25}_{-0,75} (9\pm3)$	-	416+1,25×9- -0,75×9=420,5	420±6
78	$^{+1,25}_{-0,75} (9\pm3)$	-	78+1,25×9- -0,75×9=82,5	82±6

Сумський державний університет  
Кафедра технології машинобудування,

З огляду на незначні перепади діаметрів уступів поковки, а також їх довжину, ряд уступів і виїмок на заготовці є нездійсненними: вони об'єднуються за розмірами (діаметрами) із сусідніми уступами. Як видно з таблиці 5.1 об'єднуються уступи Ø45h9 і Ø50, а також уступи і виїмки M56×2-6g, Ø60k6, Ø55 і Ø60k6. Відповідно їм виконуються і довжини зазначених уступів.

Ескіз поковки наведено на рисунку 5.1.

					Арк.
					28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	



$\sqrt{Ra\ 50}$

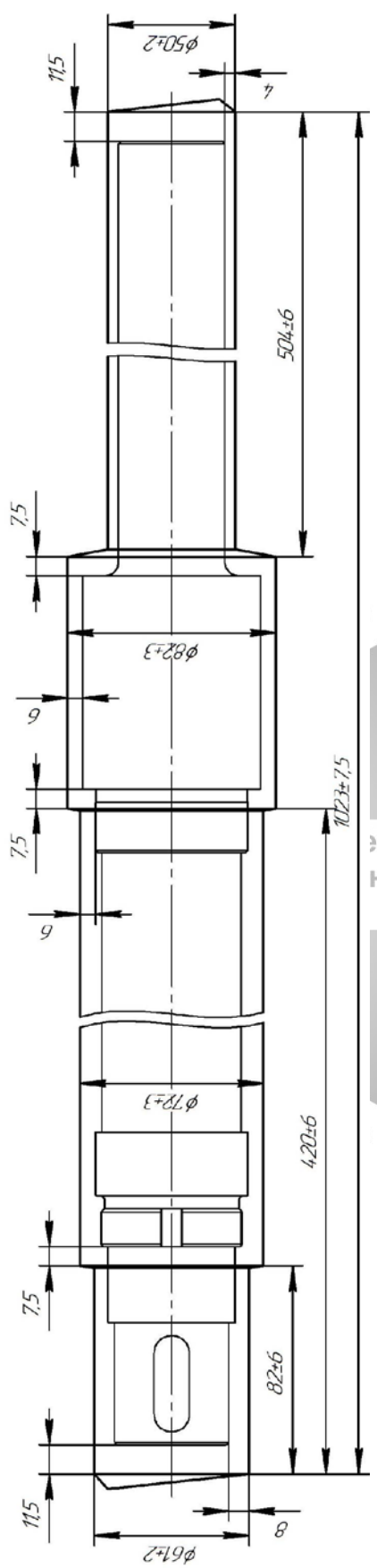


Рисунок 5.1 – Ескіз поковки

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

## 6 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОГО ОБРОБЛЕННЯ ЗАГОТОВКИ

6.1 Розрахунок припусків і допусків на обробку поверхні обертання аналітичним методом

Згідно з завданням визначимо припуски і допуски на обробку зовнішньої циліндричної поверхні вала  $\varnothing 60k6$  розрахунково-аналітичним методом проф. В. М. Кована [3]. Як відомо, в основі зазначеної методики знаходиться розрахунок величини мінімального операційного припуску за формулою:

$$2 \cdot Z_{\min i} = 2 \cdot \left( R_{zi-1} + H_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_{yi}^2} \right), \quad (6.1)$$

де  $R_{zi-1}$  – шорсткість поверхні, що формується на попередньому етапі обробки;  
 $H_{i-1}$  – величина дефектного шару поверхні, що формується на попередньому етапі обробки;

$\varepsilon_{yi}$  – похибка установки заготовки, яка формується на поточному етапі обробки;

$\rho_{i-1}$  – величина просторових відхилень поверхні заготовки, що формується на попередньому етапі обробки.

Виходячи з існуючого технологічного процесу виготовлення деталі, поверхню  $\varnothing 60k6$  оброблюють у чотири етапи: чорнове і чистове точіння, чорнове і чистове шліфування.

Величини  $R_{zi-1}$ ,  $H_{i-1}$  визначимо згідно з даними [3, 5]. Величину вихідних просторових відхилень  $\rho_{\text{пок}}$  розраховуємо за формулою:

$$\rho_{\text{пок}} = \sqrt{\rho_{\text{зм}}^2 + \rho_{\text{ц}}^2 + \rho_{\text{кор}}^2}, \quad (6.2)$$

					Арк.
					30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	

де  $\rho_{зм}$  – величина зміщення ступенів поковки, мкм;

$\rho_{ц}$  – похибка центрування поковки, мм;

$\rho_{кор}$  – величина короблення поверхонь поковки, мкм.

У свою чергу величину короблення поверхні поковки визначимо за формулою:

$$\rho_{кор} = \Delta_{к} \cdot l = 1 \cdot 404 = 404 \text{ мкм},$$

де  $\Delta_{к}$  – питома величина короблення заготовки, мкм/мм;

$l$  – довжина заготовки від точки закріплення (базування) до середини відповідного перетину при  $l \leq L/2$ , мм ( $L$  – загальна довжина заготовки, мм).

Величина зміщення ступенів поковки згідно з [4] складає  $\rho_{зм} = 1400$  мкм.

Похибку центрування поковки визначимо за формулою:

$$\rho_{ц} = \sqrt{\left(\frac{T_3}{2}\right)^2 + 0,25^2}, \quad (6.3)$$

де  $T_3$  – допуск на розмір поверхні, яка є базовою під час центрування заготовки;

$$\rho_{ц} = \sqrt{\left(\frac{4}{2}\right)^2 + 0,25^2} \approx 2,016 \text{ мм}.$$

В результаті маємо:

$$\rho_{пок} = \sqrt{1,4^2 + 2,016^2 + 0,404^2} \approx 2,487 \text{ мм}.$$

					Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	31

Залишкові значення величин просторових відхилень визначаємо з урахуванням коефіцієнта уточнення  $K_y$  за формулою:

$$\rho_{загi} = \rho_{пок} \cdot K_{yi}, \quad (6.4)$$

де  $K_{y1} = 0,06$  – для чорнового точіння;

$K_{y2} = 0,05$  – для чистового точіння;

$K_{y3} = 0,04$  – для шліфування.

В результаті маємо:

$$\rho_1 = 2487 \cdot 0,06 = 149 \text{ мкм,}$$

$$\rho_2 = 2487 \cdot 0,05 = 124 \text{ мкм,}$$

$$\rho_3 = 2487 \cdot 0,04 = 99 \text{ мкм.}$$

Сумський державний університет  
Кафедра технології машинобудування,  
верстатів та інструментів

Похибкою установки заготовки  $\varepsilon_y$  за умови її базування у центрах нехтуємо, тобто  $\varepsilon_{yi} = 0$ .

Розрахунок припусків і допусків на обробку поверхні  $\varnothing 60k6$  виконаємо на ЕОМ, з використанням програми Pripusk. Вихідні дані (величини складових мінімального припуску за етапами обробки) та результати розрахунку наведемо у додатку В цієї роботи.

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		32



## 6.2 Обґрунтування вибору схеми базування і закріплення заготовки

Аналіз існуючого технологічного процесу механічної обробки «вала 20335.00.00.01» показує, що останній обробляють на універсальному обладнанні, з використанням універсальної технологічної оснастки і традиційних схем базування і закріплення заготовки – в патроні, центрах і люнеті, призмах тощо. Разом з тим відомо, що при обробці заготовок істотний вплив на точність і якість оброблюваних поверхонь надає вибір схем базування і закріплення заготовки. Останні впливають і на подальше обґрунтування вибору верстатного устаткування, засобів технологічного оснащення. Обрана схема базування повинна передбачати як принцип постійності, так і принцип єдності технологічної, конструкторської та виміральної баз, забезпечувати можливість простого і зручного закріплення заготовки, багатоінструментальної обробки поверхонь тощо. Тому так важливо зробити правильний вибір схем базування і закріплення заготовки при її механічній обробці.

Розглянемо вибір схеми базування на фрезерну операцію 030 технологічного процесу механічної обробки заготовки «вала».

На зазначеній операції проводиться обробка двох закритих і одного відкритого пазів заготовки, а також свердління отворів з двох установів. При цьому, за установами обробка заготовки розподіляється наступним чином.

Установ А: 1-й перехід – фрезерувати шпонковий паз, дотримуючись розмірів  $14_{-0,043}$ ;  $39,5^{+0,2}$ ;  $R0,4$ ;  $38^{+0,25}$ ;  $5_{-0,12}$ ; 2-й перехід: фрезерувати паз напрохід, дотримуючись розмірів  $8_{-0,15}$ ;  $53^{+0,3}$ , див. рисунок 6.1.

Установ Б: 1-й перехід – фрезерувати паз, дотримуючись розмірів  $6_{-0,12}$ ;  $39,5^{+0,2}$ ;  $50_{-0,16}$ ;  $250^{+0,46}$ ; 2-й перехід: свердлити отвір, дотримуючись розмірів  $\varnothing 6^{+0,3}$ ;  $2,5^{+0,25}$ ;  $\angle 118^\circ \pm 3^\circ$ ;  $145 \pm 0,2$ , див. рисунок 6.2.

Як видно з рисунку 6.1, на даній операції найбільш розвинені поверхні заготовки – це зовнішні циліндричні поверхні і торці між ними. Точність всіх поверхонь до даного моменту є однаковою – заготовка пройшла вже чорнову і

					Арк.
					33
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	

чистову токарні обробки циліндричних ступенів, забезпечивши їх точність по IT11 – IT12. Тому в якості головної базової поверхні при базуванні в призмах приймаємо дві циліндричні поверхні  $\varnothing 55h12$  і  $\varnothing 42d11$ , які спільно реалізують подвійну напрямну базу, позбавляючи заготовку чотирьох ступенів свободи – двох поступальних і двох обертальних переміщень уздовж і навколо осей Y і Z (при горизонтальному розташуванні осі X і центральної осі заготовки). Ще одного ступеня свободи заготовка позбавляється при упорі в лівий торець, який є опорною базою, позбавляючи заготовку поступального переміщення уздовж осі X. В результаті, на установі А при обробці перших пазів заготовка позбавлена п'яти ступенів свободи, залишаючи вакантним обертання навколо власної центральної осі (осі X). При обробці третього паза на установі Б заготовка повертається на  $90^\circ$  і за раніше обробленим пазом (його боковою стінкою) реалізується ще одна опорна база, позбавляючи заготовку останнього шостого ступеня свободи – обертання навколо центральної осі заготовки (осі X).

При такій схемі базування на лінійний розмір 5 мм поєднуються вимірювальна і технологічна бази: похибка базування дорівнює нулю. А ось на розмір по довжині паза похибка базування дорівнює допуску на розмір, який з'єднує вимірювальну і технологічну бази:

$$\varepsilon_{\varnothing 38} = T_5 = 0,12 \text{ мм.}$$

Таким чином, похибка базування менше допуску на розмір 38 мм. Це означає, що обробка паза в розмір 38 мм можлива без браку:

$$\varepsilon_{\varnothing 38} = 0,12 < T_{38} = 0,25 \text{ мм.}$$

Окрім того, зважаючи на те, що розмір 38 мм формується в межах одного установу з розміром 5 мм, похибкою базування на розмір 38 мм можна взагалі знехтувати.

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		34

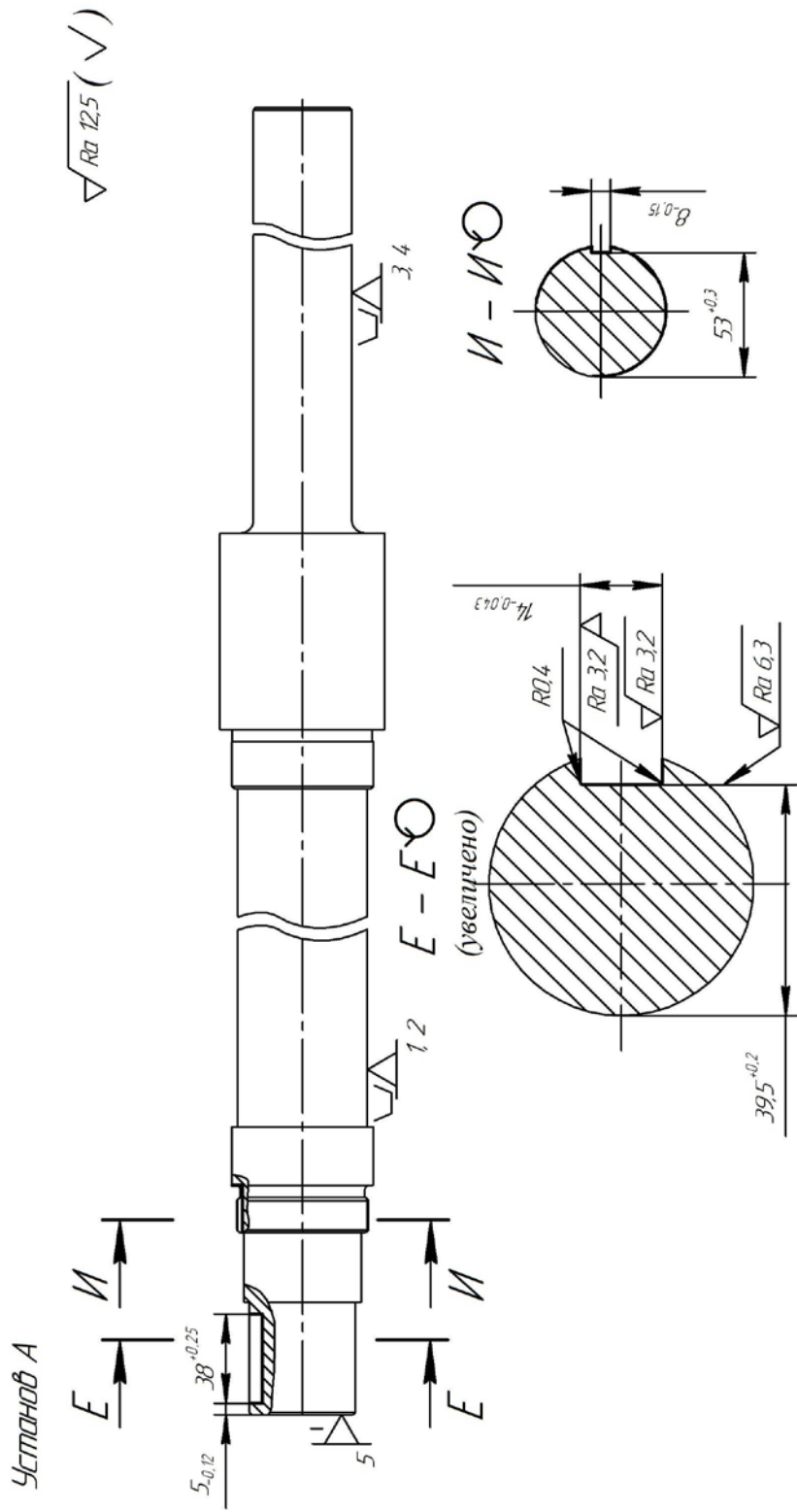


Рисунок 6.1 – Схема базування заготовки на операції фрезерній 030, установ А

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		35

Установ Б

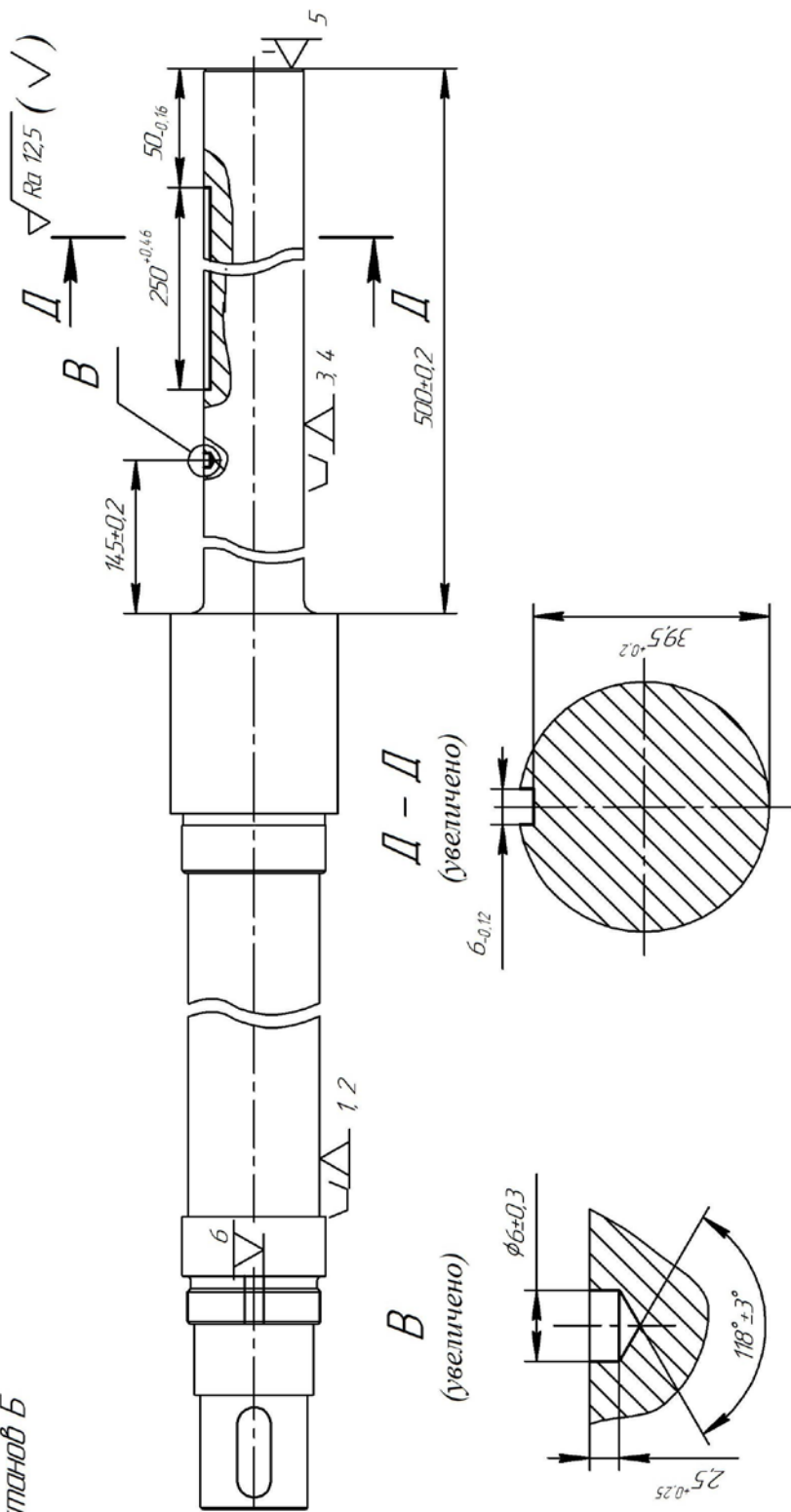


Рисунок 6.2 – Схема базування заготовки на операції фрезерній 030, установ Б

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		36

При базуванні в призмах виникає похибка базування і за глибиною паза, що дорівнює:

$$\varepsilon_{\phi 4,5} = \frac{Td}{2} \cdot \left( \frac{1}{\sin \alpha / 2} - 1 \right),$$

де  $Td$  – допуск на діаметр циліндричного ступеня заготовки, за яким вона базується у призмі ( $\varnothing 55h12$ ), мкм;

$\alpha$  – кут призми, град. ( $90^\circ$ ).

В результаті маємо:

$$\varepsilon_{\phi 39,5} = \frac{300}{2} \cdot \left( \frac{1}{\sin 45^\circ / 2} - 1 \right) = 62,1 \text{ мкм.}$$

Допуск на розмір 39,5 мм, який визначає глибину паза  $14_{-0,043}$  дорівнює 200 мкм, що більше похибки базування й, таким чином, необхідна точність забезпечується.

Другий паз  $8_{-0,15}$  на даному установі виконується напрохід і похибка базування на його довжину буде дорівнювати нулю. За глибиною паза похибка базування визначається аналогічно попередньому випадку:

$$\varepsilon_{\phi 53} = \frac{300}{2} \cdot \left( \frac{1}{\sin 45^\circ / 2} - 1 \right) = 62,1 \text{ мкм.}$$

Допуск на розмір 53 мм, який визначає глибину паза  $8_{-0,15}$  дорівнює 300 мкм, що знову ж таки є більшим за похибку базування і, таким чином, необхідна точність забезпечується.

						Арк.
						37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Точність по ширині оброблюваних пазів забезпечується точністю виготовлення і зношення мірних ріжучих інструментів – фрез та від схем базування не залежить.

На установі Б похибки базування визначаються подібно установу А. Зокрема, при обробці паза  $6_{-0,12}$  на лінійний розмір 50 мм поєднуються вимірювальна і технологічна бази і похибка базування дорівнює нулю. А ось на розмір по довжині паза похибка базування дорівнює допуску на розмір, який з'єднує вимірювальну і технологічну бази:

$$\varepsilon_{\phi 250} = T_{50} = 0,16 \text{ мм.}$$

Таким чином, похибка базування є меншою за допуск на розмір 250 мм. Це означає, що обробка також можлива без браку:

$$\varepsilon_{\phi 250} = 0,16 < T_{250} = 0,46 \text{ мм.}$$

Сумський державний університет  
Кафедра технології машинобудування,  
верстатів та інструментів

За глибиною паза похибка базування дорівнює:

$$\varepsilon_{\phi 39,5} = \frac{300}{2} \cdot \left( \frac{1}{\sin 45^\circ / 2} - 1 \right) = 62,1 \text{ мкм.}$$

Допуск на розмір 39,5 мм, що визначає глибину паза  $14_{-0,043}$  дорівнює 200 мкм, що є більшим за похибку базування і, таким чином, необхідна точність забезпечується.

При свердлінні отвору  $\varnothing 6$  витримується розмір  $145 \pm 0,2$ , на який похибка базування становитиме:

$$\varepsilon_{\phi 145} = T_{500} = 0,4 \text{ мм.}$$

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		38

Таким чином, похибка базування дорівнює допуску на розмір 145 мм. Це означає, що обробка також можлива без браку:

$$\varepsilon_{0\ 145} = 0,4 \text{ мм} = T_{145} = 0,4 \text{ мм.}$$

Тепер розглянемо вибір схеми базування і закріплення заготовки на токарній операції 025. На даній операції здійснюється чистове обточування всіх зовнішніх циліндричних поверхонь деталі з двох установів. При цьому по установам обробка розподіляється так.

Установ А, див. рисунок 6.3. 1-й перехід: точити шийку вала начисто з підрізанням торця, дотримуючись розмірів  $\varnothing 55_{-0,3}$ ;  $123_{-0,63}$  на довжині  $25 \pm 0,42$  (на зворотній подачі).

2-й перехід: точити шийки вала начисто з підрізанням торців, дотримуючись розмірів  $\varnothing 45,5_{-0,16}$ ;  $48 \pm 0,31$ ;  $\varnothing 50,9_{-0,19}$ ;  $78 \pm 0,34$ ;  $\varnothing 56_{-0,19}$ ;  $98 \pm 0,27$ ;  $\varnothing 60,86_{-0,12}$  напрохід;  $\varnothing 55_{-0,3}$ ;  $268^{+0,81}$ ;  $\varnothing 60,86_{-0,12}$ ;  $416 \pm 0,48$ ;  $\varnothing 70,9_{-0,19}$  напрохід; й зняти фаски  $1 \times 45^\circ$ .

3-й перехід: точити канавку, дотримуючись розмірів  $\varnothing 59,5_{-0,3}$ ;  $5^{+0,3}$ ;  $416 \pm 0,48$ .

4-й перехід: точити канавку, дотримуючись розмірів  $\varnothing 53_{-0,3}$ ;  $5^{+0,3}$ ;  $\angle 45^\circ$ ; R0,5; R0,6;  $98 \pm 0,27$ .

5-й перехід: нарізати різь M56×2-6 на довжині  $15 \pm 0,215$ .

Установ Б, див. рисунок 6.4. 1-й перехід: точити шийку вала начисто з підрізанням торця, дотримуючись розмірів  $\varnothing 42_{-0,08}^{-0,24}$ ;  $500 \pm 0,48$ ; R5 й зняти фаску  $1 \times 45^\circ$ .

Точність обробки діаметральних розмірів відповідає IT10 – IT12, а лінійних розмірів – IT13 – IT14.

На цю операцію заготовка поступає після чорнової токарної обробки усіх циліндричних й торцевих поверхонь деталі.

						Арк.
						39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

$\sqrt{Ra\ 3,2\ (\checkmark)}$

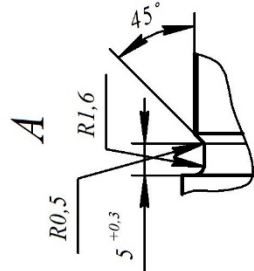
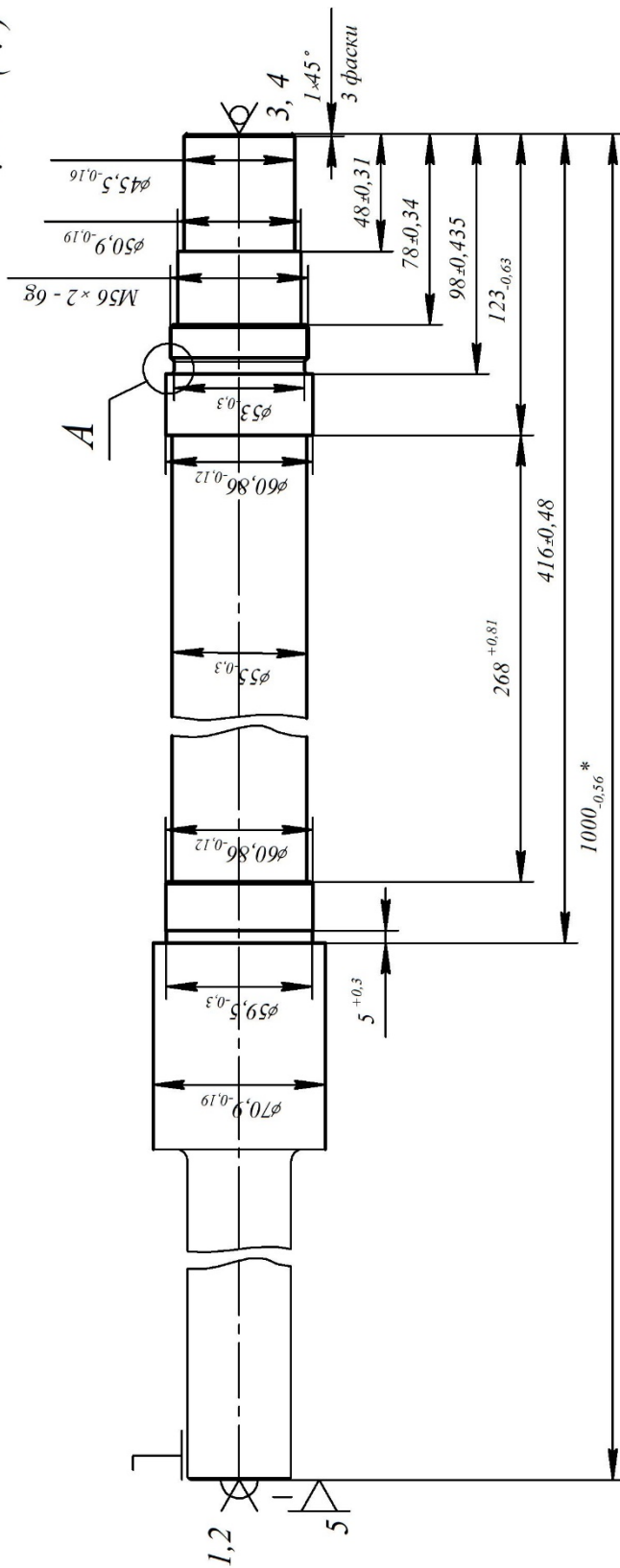


Рисунок 6.3 – Схема базування заготовки на операції токарній 025, установ А

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата



$\sqrt{Ra\ 3,2}$  ( $\checkmark$ )

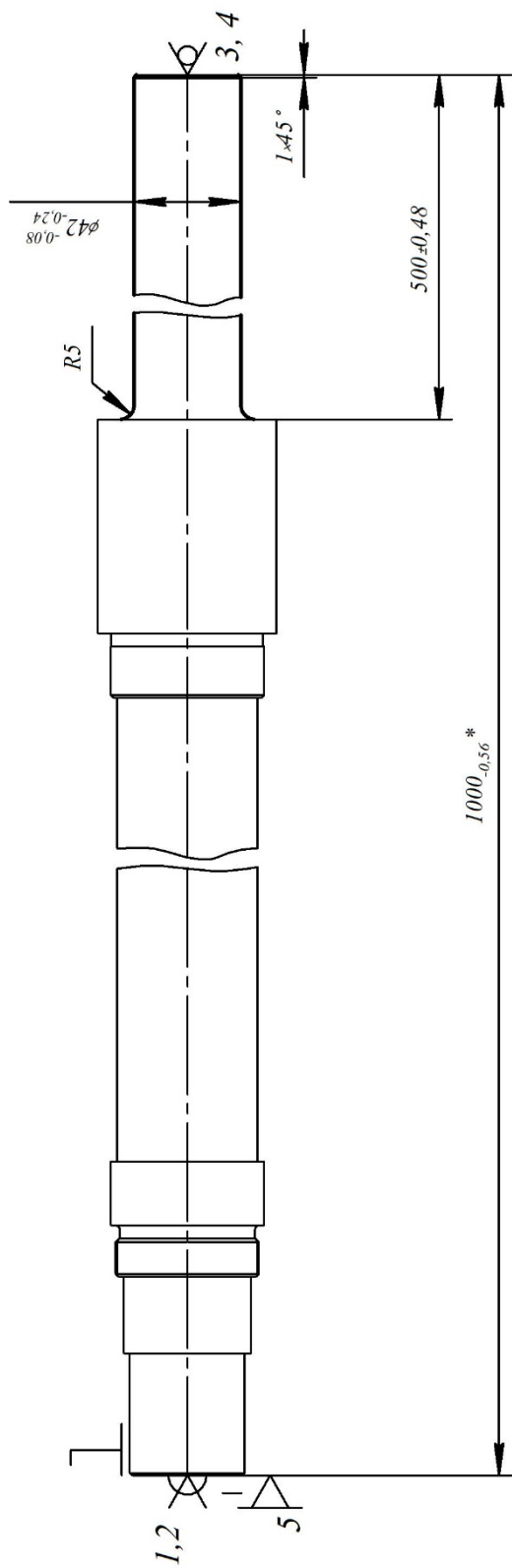


Рисунок 6.4 – Схема базування заготовки на операції токарній 025, установ Б

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

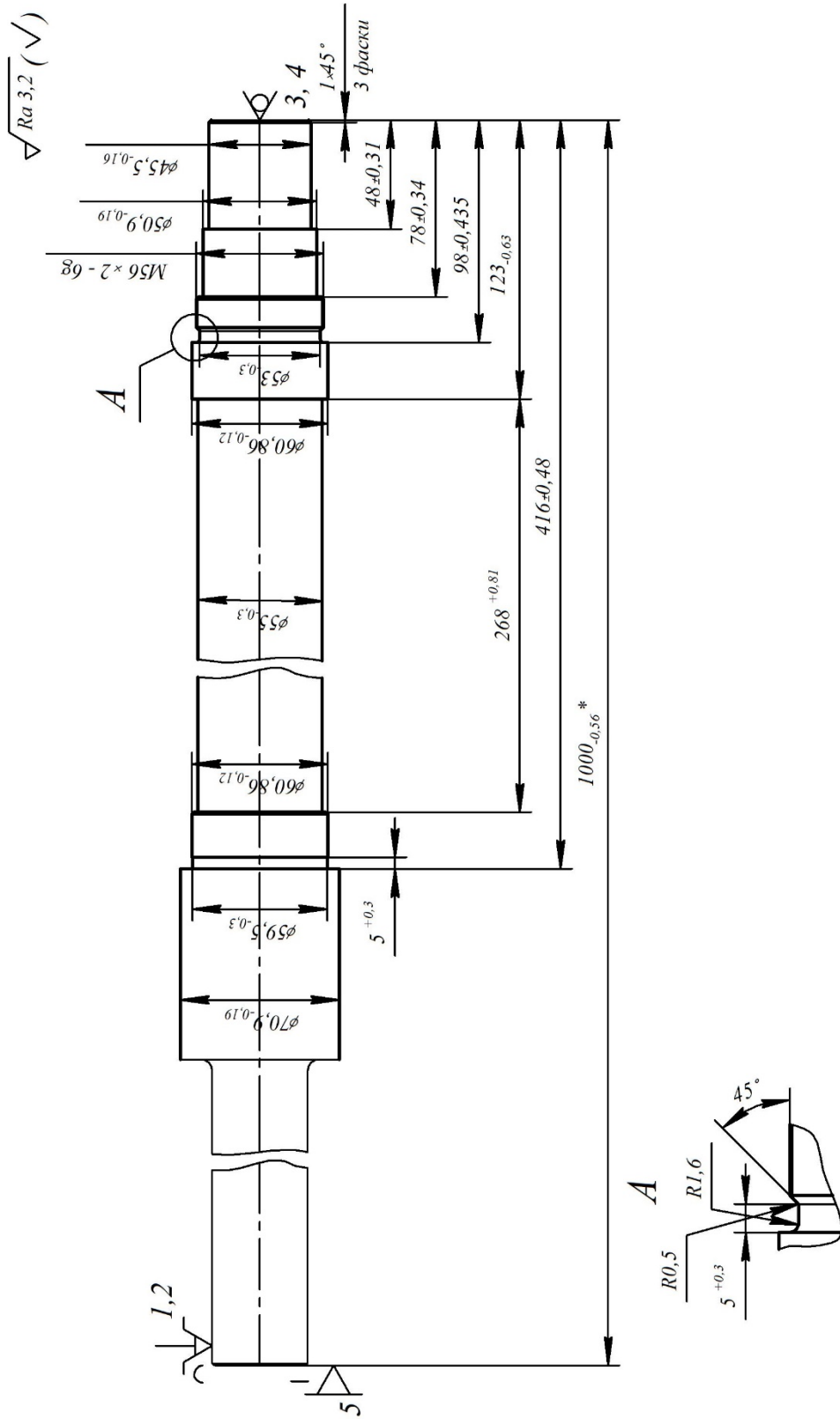


Рисунок 6.5 – Альтернативна схема базування заготовки на операції токарній 025, установ А

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	Арк.
					42

$\sqrt{Ra\ 3,2}$  ( $\checkmark$ )

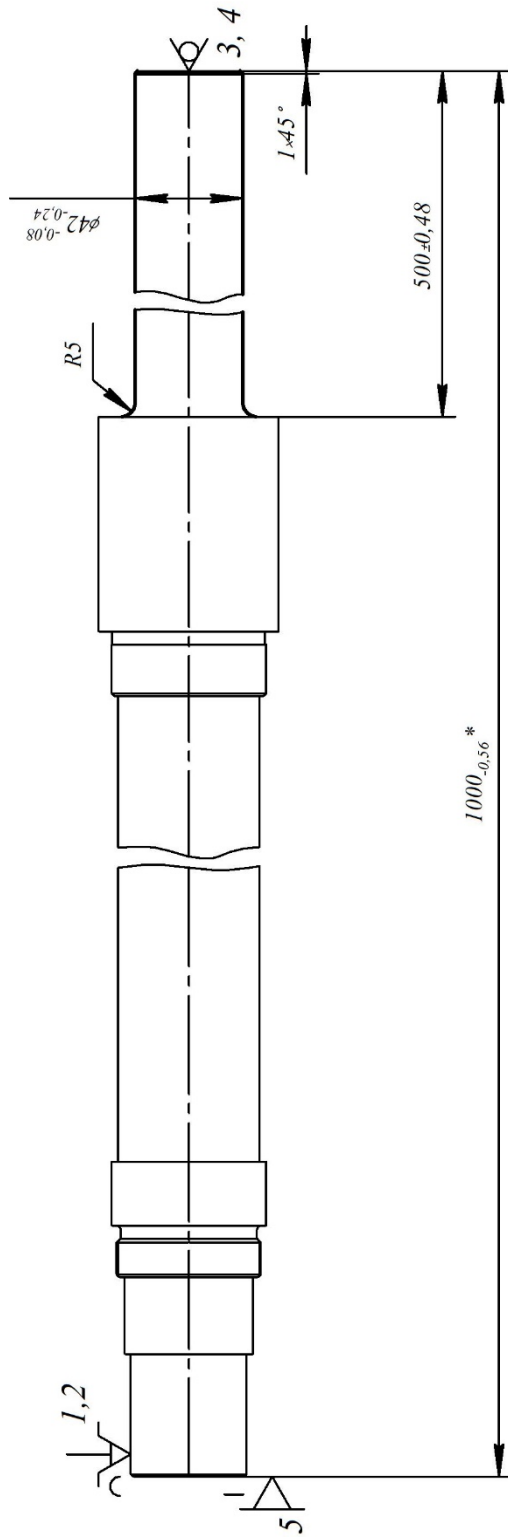


Рисунок 6.6 – Альтернативна схема базування заготовки на операції токарній 025, установ Б

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		43

В цілому, у деталі є досить розвинені і точні поверхні, які в подальшому після відповідного аналізу можна використовувати в якості базових поверхонь. До таких поверхонь можна віднести центрові отвори і зовнішню циліндричну поверхню  $\varnothing 46,96_{-0,39}$  (після чистової токарної обробки –  $\varnothing 45,5_{-0,16}$ ), а також лівий торець деталі.

До даного моменту після виконання токарної чорнової операції точність зовнішньої циліндричної поверхні деталі  $\varnothing 46,69$  відповідає IT13 з допуском  $T_{\varnothing 46,69} = 390$  мкм. Лівий торець деталі до даного моменту виконаний в розмір  $1000_{-0,56}$ , з допуском  $T_{1000} = 560$  мкм, що відповідає IT11.

Виконаємо аналіз схеми базування, представленої на рисунку 6.3. Тут в якості баз використовуються центрові отвори і лівий торець заготовки. Таким чином, в якості головної базової поверхні приймаємо лівий і правий центрові отвори, які реалізують подвійну напрямну базу, позбавляючи заготовку чотирьох ступенів свободи: двох поступальних і двох обертальних переміщень уздовж і навколо осей Y і Z (при горизонтальному розташуванні заготовки і осі X). Ліва площина торця «валу» є опорною базою, яка позбавляє заготовку ще одного ступеня свободи – поступального переміщення уздовж осі X. Таким чином, заготовка позбавляється п'яти ступенів свободи, і вакантним залишається обертання навколо її центральної осі (осі X).

При такій схемі базування поєднуються технологічні бази з вимірювальними базами, що усуває похибки базування в радіальному напрямку і забезпечує необхідну точність обробки діаметральних розмірів заготовки по IT10 – IT12. Однак, на лінійні розміри заготовки  $48 \pm 0,31$ ;  $78 \pm 0,34$ ;  $98 \pm 0,435$ ;  $123_{-0,63}$ ;  $268^{+0,81}$  і  $416 \pm 0,48$  похибки базування не рівні нулю. В даному випадку похибки базування рівні допускам на розміри заготовки, що з'єднують вимірювальні і технологічну бази:

$$\varepsilon_{6\ 48} = \varepsilon_{6\ 78} = \varepsilon_{6\ 98} = \varepsilon_{6\ 123} = \varepsilon_{6\ 416} = T_{1000} = 0,56 \text{ мм.}$$

					Арк.
					44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	

Таким чином, для всіх операційних розмірів похибки базування є меншими за їх допуски:

$$\varepsilon_{6\ 48} = 0,56 \text{ мм} < T_{48} = 0,62 \text{ мм},$$

$$\varepsilon_{6\ 78} = 0,56 \text{ мм} < T_{78} = 0,68 \text{ мм},$$

$$\varepsilon_{6\ 98} = 0,56 \text{ мм} < T_{98} = 0,87 \text{ мм},$$

$$\varepsilon_{6\ 123} = 0,56 \text{ мм} < T_{123} = 0,63 \text{ мм},$$

$$\varepsilon_{6\ 416} = 0,56 \text{ мм} < T_{416} = 0,96 \text{ мм},$$

що цілком нас влаштовує, тому що браку не буде.

Для розміру 268 мм похибка базування має дорівнювати сумі допусків на ті розміри, що поєднують технологічну й вимірювальну базу. Для розміру 268 мм такими розмірами є розмір 1000 мм та 123 мм. Тож похибка базування має визначатися сумою допусків:

$$\varepsilon_{6\ 268} = T_{1000} + T_{123} = 0,56 + 0,63 = 1,19 \text{ мм}.$$

Таким чином похибка базування перевищує допуск на розмір 268 мм, що є неприпустимим. Однак, зважаючи на те, що розмір 268 мм формується в межах одного установу з розміром 123 мм, похибкою базування на розмір 268 мм можна взагалі знехтувати.

Під час аналізу точності операційних розмірів, виконуваних з використанням верстатів з ЧПК, слід враховувати похибку «позиціювання робочих органів верстата», яка зазвичай не перевищує 0,02 мм, що в нашому випадку є цілком припустимим.

Аналогічним чином виконаємо й розрахунок похибок базування на розміри, що формуються на установі Б токарної операції 025, див. рисунок 6.4:

$$\varepsilon_{6\ 500} = T_{1000} = 0,56 \text{ мм}.$$

						Арк.
						45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Таким чином, і тут похибка базування є меншою за допуск на операційний розмір:

$$\varepsilon_{6\ 500} = 0,56 \text{ мм} < T_{500} = 0,96 \text{ мм}.$$

На рисунках 6.5 й 6.6 представлено альтернативні схеми базування заготовки на токарній операції (установи А і Б). Тут в якості бази використовується зовнішня циліндрична поверхня «валу»  $\varnothing 46,96_{-0,39}$ , правий центровий отвір і упор в лівий торець заготовки. Таким чином, і тут реалізується подвійна напрямна база, що позбавляє заготовку чотирьох ступенів свободи: двох поступальних і двох обертальних переміщень уздовж і навколо осей Y і Z, а упор в лівий торець «валу» є опорною базою, яка позбавляє заготовку ще одного ступеня свободи – поступального переміщення уздовж осі X. В результаті, знову ж таки, заготовка позбавляється п'яти ступенів свободи, і вакантним залишається обертання навколо власної центральної осі (осі X). Як і в попередньому випадку, при використанні трикулачного патрона, похибкою базування на розміри, що задані в радіальному напрямку можна знехтувати, а на лінійні розміри вони є аналогічними за раніше розглянуті похибки.

Подальший аналіз таких схем базування віддає перевагу першим схемам, наведеним на рисунках 6.3 й 6.4. На їхню користь говорить той факт, що заготовка встановлюються у центрах, що забезпечує більш точну установку заготовки по її осі, в той час як при базуванні по зовнішній поверхні «вала», виконаній з точністю по IT14, можливе відхилення від співвісності базової поверхні щодо оброблюваних циліндричних ступенів заготовки. В результаті буде відбуватися обробка циліндричних ступенів з перемінним припуском, що і знизить точність обробки.

На користь установки заготовки в центрах свідчить можливість дотримання принципу постійності баз: під час обробки поверхонь на подальших шліфувальних операціях заготовка також буде встановлюватись по центрових отворах.

						Арк.
						46
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

### 6.3 Обґрунтування вибору верстатного обладнання

В існуючому технологічному процесі на фрезерній операції 030 використовується універсальне устаткування: вертикально-фрезерний верстат моделі 6P13. При цьому, фрезерній операції передують розмічування пазів.

Очевидно устаткування відповідає дрібносерійному характеру виробництва і прийнятій груповій формі його організації. Метод обробки визначено з урахуванням етапу обробки, форми оброблюваних поверхонь, їх необхідної точності і шорсткості. У той же час, використання вказаного універсального обладнання передбачає досягнення необхідної точності заданих розмірів з застосуванням методу пробних проходів і ручного розмічування. Все це вимагає додаткових витрат висококваліфікованої, малопродуктивної ручної праці, знижує продуктивність обробки, збільшує час і собівартість виготовлення деталі. Кваліфікація верстатників є досить високою – фрезерувальник п'ятого розряду. Крім того, слід вказати на дещо завищені габарити робочого простору фрезерного верстата. Розміри його столу 400×1600 мм. Це пов'язано з тим, що в цеху, де проводиться обробка «валу», оброблюють й інші великогабаритні заготовки, а інших фрезерних верстатів з меншими габаритами немає.

У зв'язку зі сказаним, на основі аналізу застосовуваних методів обробки поверхонь, їх конфігурації і етапу обробки, а також з огляду на потужність електродвигуна, габарити робочого простору і тип виробництва, як металорізальне обладнання на фрезерній операції 030 пропонується використовувати вертикальний фрезерно-свердлильно-розточувальний верстат з ЧПК моделі NHT-1060L з розмірами столу 1300×600 мм, див. таблицю 6.1.

Металорізальне обладнання з ЧПК дозволяє вести високопродуктивну обробку заданих поверхонь на попередньо налаштованих верстатах методом автоматичного отримання необхідної точності розмірів, незалежно від кваліфікації робітників. В результаті відпадає необхідність у використанні ручної низькопродуктивної праці з управління верстатом, а також ручного розмічування,

						Арк.
						47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

підвищується продуктивність, поліпшуються умови техніки безпеки і праці робітника, скорочується тривалість і собівартість механічної обробки заготовок.

Таблиця 6.1 – Технічні характеристики верстата NXT-1060L

Найменування характеристики	Величина
Частота обертання шпинделя, об/хв	8000
Відстань між центром шпинделя й колоною, мм	655
T-подібний паз столу, мм	5-18-100
Швидка подача за віссю X/Y/Z, м/хв	24/24/18
Точність позиціонування, мм	±0,005/300
Репозиціонування, мм	±0,003
Конус шпинделя	BT50/150
Робоча подача, мм/хв	8000
Робоче переміщення за осями X/Y/Z, мм	1000/600/600
Відстань від торця шпинделя до робочої поверхні столу, мм	70 – 670
Розміри робочої зони, мм	1300×600

В існуючому технологічному процесі на токарно-гвинторізній операції 025 використовується універсальний токарно-гвинторізний верстат моделі 1К62. За такими характеристиками, як габарити робочого простору, потужність приводів, методи оброблення поверхонь, зазначена модель верстата в цілому є прийнятною для обробки заготовки «вала» в умовах дрібносерійного виробництва. Однак, сьогодні модель верстата 1К62 можна вважати морально застарілою. Для поліпшення умов роботи робочого, підвищення рівня безпечності роботи, зручності керування верстатом, підвищення продуктивності обробки, стабілізації точності обробки, для обробки поверхонь заготовки обточуванням пропоную використовувати токарний верстат з ЧПК моделі DMTG SKE 6150Z, основні технічні характеристики якого наведені в таблиці 6.2.

						Арк.
						48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		



Таблиця 6.2 – Технічні характеристики верстата DMTG SKE 6150Z

Найменування характеристики	Величина
Діаметр обробки на станиною, мм	500
Відстань між центрами, мм	1500
Діаметр обробки над супортом, мм	280
Діаметр отвору в шпинделі, мм	82
Діапазон швидкостей шпинделя, об/хв	7 – 135, 30 – 550, 110 - 2200
Потужність двигуна приводу головного руху, кВт	7,5
Точність позиціонування за віссю X/Y, мм	0,02
Час зміни інструмента, с	2
Габарити верстата, мм	3330×1750×1620

Токарний верстат з ЧПК моделі DMTG SKE 6150Z дозволяє проводити токарну обробку обточуванням, розточуванням, обробку конічних і фасонних поверхонь, підрізання торців, проточку канавок, нарізання різі різцем, обробку деталей типу кришок, фланців, втулок, валиків, коротких осей, дрібних корпусів, стаканів, півмуфт, обробку внутрішніх поверхонь центровим інструментом.

#### 6.4 Обґрунтування вибору технологічної оснастки

На основі аналізу існуючої технологічної оснастки, а також з огляду на дрібносерійний тип виробництва, в проектованому технологічному процесі приймаємо універсальні безналагоджувальні верстатні пристосування (УБП), що представляють собою нерозбірні верстатні пристрої багаторазового застосування, які експлуатуються без доопрацювання, див. таблицю 6.3.

При виборі ріжучих інструментів слід враховувати: метод обробки поверхонь, габарити деталі і верстата, матеріал заготовки. За конструктивним параметрам вибиралися універсальні стандартизовані ріжучі інструменти для універсальних верстатів й верстатів з ЧПК [5, 6], див. таблицю 6.3.

					Арк.
					49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	

Для закріплення свердла, шпонкових і кінцевих фрез з циліндричним хвостовиком використовуємо цангові патрони 191113050 ТУ 2-035-986-85 зі змінними цангами 191113050.002-05, 191113050.002-09 й 191113050.002-21 по ТУ 2-035-986-85 [5].

Таблиця 6.3 – Перелік технологічної оснастки на операції фрезерній 030

Найменування операції	Верстатні пристрої	Ріжучий інструмент	Вимірювальний інструмент
1	2	3	4
Фрезерна з ЧПК 030	Лещата верстатні гвинтові самоцентруючі важільні (2) 7200-0262 ГОСТ 21167-75	Фреза 2235-0107 Р6М5 ГОСТ 9140-78; фреза 035-2222-0103 Р6М5 ОСТ 2И62-2-75; фреза 035-2235-0101 Р6М5 ГОСТ 9140-78; свердло 035-2300-1234 Р6М5 ОСТ 2И20-1-80	Штангенциркуль ШЦ-II-250-0,05 ГОСТ 166-89; штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-89; пластина 5173-0238-7 ПР/НЕ 14h9 СТП 3300-2551-90
Токарна з ЧПК 025	Патрон токарний повідковий 7108-0021 ГОСТ 2571-71 центр А-1-2-НП ГОСТ 8742-75	Різець PCLNL2525M16, T15K6 ТУ 2-035-892-82; різець PCLNR2525M16, T15K6 ТУ 2-035-892-82; різець 035-2126-1183, T15K6 ОСТ 2И10-7-84; різець 035-2126-1809, T15K6 ОСТ 2И10-7-84; різець К.01.4942.000-02, T15K6 ТУ 84-19-037-80	Штангенциркулі: ШЦ-I-125-0,1, ШЦ-III-630-0,1 ГОСТ 166-89; мікрометри: МК25-50, МК50-75 ГОСТ 6507-90; калібр ПР/НЕ М56×2-6g ГОСТ 17756-72; шаблони канавкові: b=5; b=5, 1×45°, R0,5, R1,6

В умовах дрібносерійного виробництва при виборі контрольно-вимірювальних інструментів перевагу слід віддавати універсальному («шкальному») інструменту, зокрема, штангенциркулям й мікрометрам, див. таблицю 6.3.

						Арк.
						50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

## 6.5 Розрахунок режимів різання

Виконаємо розрахунок режимів різання на обробку шпонкового пазу шириною 14h9, операція фрезерна з ЧПК 030.

Вихідні дані.

Оброблювана поверхня: шпонковий паз 14h9.

Ширина паза –  $B = 14$  мм.

Глибина паза –  $t = 6$  мм.

Шорсткість поверхні – 3,2 мкм Ra.

Верстатне обладнання: вертикальний фрезерно-свердильно-розточувальний верстат з ЧПК моделі NХТ-1060L.

Верстатний пристрій: гвинтові самоцентруючі важільні лещата.

Ріжучий інструмент: шпонкова фреза 2235-0107 ГОСТ 9140-78. Матеріал фрези: Р6М5 ГОСТ 19265-73. Діаметр фрези: 14 мм.

Режими різання на перехід розрахуємо згідно з типовою методикою [6].

1. Глибина різання для шпонкових фрез під час обробки паза на вертикальному верстаті за один прохід дорівнює глибині паза. Паз оброблюється на циліндричній ступені після чистового точіння з  $\varnothing 45,5_{-0,16}$ , тож маємо:

$$t = 45,5 - 39,5 = 6 \text{ мм.}$$

2. Визначимо подачу на зуб фрези:

- подача осьового врізання на глибину шпонкового паза:

$$S_{Zoc} = 0,01 \text{ мм/зуб};$$

- поздовжня подача на зуб фрези:

$$S_{Znp} = 0,027 \text{ мм/зуб.}$$

						Арк.
						51
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

3. Швидкість різання, допустиму умовами фрезерування визначимо за формулою:

$$V = \frac{C_V \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} \cdot K_V,$$

де  $C_V = 12$  – для шпонкових двоперових фрез із швидкорізальної сталі;

$D = 14$  мм – діаметр фрези;

$q = 0,3$ ;

$T = 70$  хв – період стійкості фрези;

$m = 0,26$ ;

$t = 6$  мм – глибина різання;

$x = 0,3$ ;

$y = 0,25$ ;

$B = 14$  – ширина фрезерування;

$z = 2$  – кількість зубців фрези;

$u = 0$ ;

$p = 0$ .

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{PIV} \cdot K_{IIV},$$

$K_{MV} = K_z(750/\sigma_b)^n$  – поправочний коефіцієнт, який враховує міцність оброблюваного матеріалу;

$K_{PIV} = 1,0$  – поправочний коефіцієнт, який враховує стан оброблюваної поверхні – без корки;

$K_{IIV} = 1,0$  – поправочний коефіцієнт, який враховує вплив інструментального матеріалу.

$$K_{MV} = 1,0 \cdot (750/610)^{0,9} = 1,2,$$

						Арк.
						52
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

$$K_V = 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,2.$$

В результаті швидкість різання становитиме:

$$V = \frac{12 \cdot 14^{0,3}}{70^{0,26} \cdot 6^{0,3} \cdot 0,027^{0,25} \cdot 14^0 \cdot 2^0} \cdot 1,2 = 15,0 \text{ м/хв},$$

В такому випадку частота обертання шпинделя становитиме:

$$n = (1000 \cdot V) / (\pi \cdot D) = (1000 \cdot 15) / (\pi \cdot 14) = 318,5 \text{ об/хв}.$$

Беремо частоту обертання шпинделя  $n_\phi = 315 \text{ об/хв}$ .

В результаті фактична швидкість різання становитиме:

$$V_\phi = \pi \cdot D \cdot n / 1000 = \pi \cdot 14 \cdot 315 / 1000 = 13,8 \text{ м/хв}.$$

4. Визначимо силу різання за формулою:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{MP}$$

де  $C_p = 68,2$  – для шпонкових фрез із швидкорізальної сталі;

$$x = 0,86;$$

$$y = 0,72;$$

$$u = 1,0;$$

$$q = 0,86;$$

$$w = 0;$$

					Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	53

$K_{MP} = (\sigma_B/750)^n = (610/750)^{0,3} = 0,94$  – поправочний коефіцієнт, який враховує міцність оброблюваного матеріалу.

В результаті маємо:

$$P_z = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 6^{0,86} \cdot 0,027^{0,72} \cdot 14^{1,0} \cdot 2}{14^{0,86} \cdot 315^0} \cdot 0,94 = 641 \text{ Н.}$$

5. Визначимо крутний момент на шпинделі верстата за формулою:

$$M_{кр} = P_z \cdot D / (2 \cdot 100) = 641 \cdot 14 / 200 = 44,9 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

6. Визначимо потужність різання:

$$N_p = (P_z \cdot V) / (60 \cdot 1020) = (641 \cdot 13,8) / (60 \cdot 1020) = 0,14 \text{ кВт.}$$

$$N_{см} = N_{дв} \cdot \eta = 7,5 \cdot 0,8 = 6,0 \text{ кВт} > N_p = 0,14 \text{ кВт.}$$

Таким чином, визначені режими різання можуть бути реалізовані на обраному верстаті.

Визначимо основний час на обробку паза за формулою:

$$T_o = L_{oc} / S_{oc} + L_{np} / S_{хв.нр},$$

де  $L_{oc} = (l_{o.в} + l_o)$  – довжина вертикальної обробки паза;

$L_{np} = (l - D_\phi)$  – довжина поздовжньої обробки паза;

$l_o = 6$  мм – глибина паза;

$l_{o.в} = 3$  мм – довжина вертикального врізання;

$l = 45$  мм – довжина паза;

$D_\phi = 14$  мм – діаметр фрези;

						Арк.
						54
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

$S_{хв.нр}$  – хвилинна поздовжня подача фрези:

$$S_{хв.нр} = S_{Z,нр} \cdot Z \cdot n = 0,027 \cdot 2 \cdot 315 = 17,0 \text{ мм/хв.}$$

$S_{oc}$  – вертикальна подача фрези.

$$S_{oc} = S_{Z,oc} \cdot Z \cdot n = 0,01 \cdot 2 \cdot 315 = 6,3 \text{ мм/хв.}$$

$$T_o = (6 + 3)/6,3 + (38 - 14)/17 = 2,84 \text{ хв.}$$

Визначимо режими різання на найбільш навантажений 2-й перехід установка А токарної операції з ЧПК 025 (точіння заготовки на максимальному діаметрі обробки).

Вихідні дані:

Верстатне обладнання: токарний верстат з ЧПК моделі DMTG SKE 6150Z;

Верстатний пристрій: патрон повідковий 7108-0021-ГОСТ 2571-71;

Ріжучий інструмент: різець токарний PCLNR2525M16;

Матеріал ріжучої частини: T15K6 ГОСТ 3882-74;

Матеріал заготовки: сталь 45 ГОСТ 1050-88;

Стан оброблюваної поверхні заготовки – без корки;

Зміст переходу: точити шийки вала начисто з підрізанням торців, дотримуючись розмірів  $\varnothing 45,5_{-0,16}$ ;  $48 \pm 0,31$ ;  $\varnothing 50,9_{-0,19}$ ;  $78 \pm 0,34$ ;  $\varnothing 56_{-0,19}$ ;  $98 \pm 0,27$ ;  $\varnothing 60,86_{-0,12}$  напроход;  $\varnothing 55_{-0,3}$ ;  $268^{+0,81}$ ;  $\varnothing 60,86_{-0,12}$ ;  $416 \pm 0,48$ ;  $\varnothing 70,9_{-0,19}$  напрохід й зняти фаски  $1 \times 45^\circ$ .

Виконаємо розрахунок режимів різання на обточування поверхні на діаметрі 70,9 мм.

Розрахунок режимів різання виконуємо за типовою методикою [6].

1. Визначимо глибину різання. Припуск на обробку поверхні становитиме

						Арк.
						55
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

$$Z = (D_3 - D_d) / 2 = (72,75 - 70,9) / 2 = 0,925 \text{ мм},$$

де  $D_3, D_d$  – діаметри заготовки до і після обробки відповідно, мм.

В такому випадку глибина різання становитиме:

$$t = Z / i = 0,925 / 1 = 0,925 \text{ мм},$$

де  $i$  – кількість проходів.

2. Визначимо подачу за умови реалізації чистового обточування поверхні.

Табличне значення поздовжньої подачі для отримання поверхні з шорсткістю 3,2 мкм  $R_a$  при радіусі різця  $r = 0,4$  мм [6]:

$$S_m = 0,25 \text{ мм/об.}$$

З урахуванням поправочного коефіцієнту  $K_M = 0,45$ , що враховує межу міцності оброблюваного матеріалу ( $\sigma_b = 610$  МПа) маємо,

$$S = S_m \cdot K_M = 0,25 \cdot 0,45 = 0,1125 \text{ мм/об.}$$

Беремо величину подачі  $S_n = 0,1125$  мм/об (з урахуванням безступінчастого регулювання величини подачі на верстаті).

3. Швидкість різання допустиму умовами точіння визначимо за формулою:

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V,$$

де  $C_V = 420$  – для зовнішнього точіння твердосплавними різцями з подачею  $S < 0,3$  мм/об [6];

$T = 45$  хв – період стійкості різця;

					Арк.
					56
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	



$$m = 0,2;$$

$$x = 0,15;$$

$$y = 0,2;$$

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{IIV} \cdot K_{\varphi V} \cdot K_{\varphi 1},$$

$K_{MV} = K_2(750/\sigma_B)^n$  – поправочний коефіцієнт, який враховує міцність оброблюваного матеріалу;

$$K_2 = 1,0 \text{ – для конструкційних сталей;}$$

$$n = 1,0;$$

$K_{IV} = 1,0$  – коефіцієнт, який враховує стан поверхні заготовки – обробка без корки;

$$K_{IIV} = 1,0 \text{ – коефіцієнт, який враховує вплив інструментального матеріалу;}$$

$$K_{\varphi V} = 0,65 \text{ – коефіцієнт, який враховує вплив головного кута в плані } (\varphi=95^\circ);$$

$$K_{\varphi 1} = 1,03 \text{ – коефіцієнт, який враховує вплив допоміжного кута в плані } (\varphi_1 = 5^\circ);$$

$$K_{MV} = 0,7 \cdot (750/610)^{1,0} = 1,23,$$

$$K_V = 1,23 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,65 \cdot 1,03 = 0,82.$$

В результаті швидкість різання становитиме:

$$V = \frac{420}{45^{0,2} \cdot 0,925^{0,15} \cdot 0,1125^{0,2}} \cdot 0,82 \approx 250,1 \text{ м/хв.}$$

4. Частоту обертання шпинделя верстата визначим за формулою:

$$n = (1000 \cdot V) / (\pi \cdot D) = (1000 \cdot 250,1) / (\pi \cdot 70,9) = 1123 \text{ об/хв.}$$

					Арк.
					57
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	

Беремо частоту обертання шпинделя верстата  $n = 1000$  об/хв.

В такому випадку фактична швидкість різання становитиме:

$$V = (\pi \cdot D \cdot n) / 1000 = (\pi \cdot 70,9 \cdot 1000) / 1000 = 222,6 \text{ м/хв.}$$

5. Силу різання (тангенціальну складову) визначимо за формулою:

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

де  $C_p = 300$  – для зовнішнього поздовжнього точіння твердосплавними різцями;

$$x = 1,0;$$

$$y = 0,75;$$

$$n = -0,15;$$

Сумський державний університет  
Кафедра технологій машин, будівництва,  
верстатів та інструментів

$$K_p = K_{MP} \cdot K_{\varphi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{rP},$$

де  $K_{MP} = (\sigma_b / 750)^n = (610 / 750)^{0,75} = 0,86$  – коефіцієнт, який враховує міцність оброблюваного матеріалу;

$K_{\varphi P} = 0,88$  – коефіцієнт, який враховує вплив головного кута в плані ( $\varphi = 95^\circ$ );

$K_{\gamma P} = 1,0$  – коефіцієнт, який враховує вплив переднього кута різця ( $\gamma = 10^\circ$ );

$K_{\lambda P} = 1,0$  – коефіцієнт, який враховує вплив кута нахилу головної ріжучої кромки різця ( $\lambda = 5^\circ$ );

$K_{rP} = 1,0$  – коефіцієнт, який враховує радіус при вершині різця.

В результаті маємо:

$$K_p = 0,86 \cdot 0,88 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,76.$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,925^{1,0} \cdot 0,1125^{0,75} \cdot 222,6^{-0,15} \cdot 0,76 = 182 \text{ Н.}$$

					Арк.
					58
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	

5. Потужність різання визначимо за формулою:

$$N_p = (P_z \cdot V) / (60 \cdot 1020) = (182 \cdot 222,6) / (60 \cdot 1020) = 0,66 \text{ кВт.}$$

$$N_e = N_{дв} \cdot \eta = 7,5 \cdot 0,85 = 6,375 \text{ кВт} > N_p = 0,66 \text{ кВт.}$$

Таким чином, визначені режими різання можуть бути реалізовані на обраному верстаті.

Визначимо основний час обробки на даному переході. З урахуванням обточування декількох ступенів заготовки за один прохід з загальною довжиною обробки  $l = 515,5$  мм маємо:

$$T_o = L \cdot i / (S_o \cdot n),$$

де  $L = (l_e + l + l_{пер})$  – загальна довжина обробки з урахуванням величини врізання та перебігу;

$l = 515,5$  мм – загальна довжина оброблюваної поверхні заготовки, мм;

$l_e = 5$  мм – довжина врізання;

$l_{пер} = 5$  мм – довжина перебігу;

$i = 1$  – кількість проходів.

В результаті маємо:

$$T_o = (5 + 580 + 5) \cdot 1 / (0,1125 \cdot 1000) = 4,67 \text{ хв.}$$

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		59

## 6.6 Технічне нормування операцій

Норма штучно-калькуляційного часу на операцію згідно з [7] можна визначити за формулою:

$$t_{ум.к} = t_{ум} + t_{н.з}/n, \quad (6.5)$$

де  $t_{ум}$  – норма штучного часу, хв.;  
 $t_{н.з}$  – підготовчо-завершальний час, хв.;  
 $n$  – кількість деталей в партії, шт.

В свою чергу, штучний час можна визначити за формулою:

$$t_{ум} = t_o + t_\partial + t_{обс} + t_{вдн}, \quad (6.6)$$

де  $t_o$  – основний час на операцію, хв.;  
 $t_\partial$  – допоміжний час на операцію, хв.;  
 $t_{обс}$  – час на технічне та організаційне обслуговування робочого місця, хв.;  
 $t_{вдн}$  – час на відпочинок та особисті потреби робочого, хв.

Виконаємо розрахунок технічних норм часу на фрезерну операцію з ЧПК 030. Основний час на операцію підсумовується за всіма переходами при послідовному їх виконанні:

$$t_{o\Sigma} = \sum_{i=1}^n t_{oi}, \quad (6.7)$$

де  $n$  – кількість переходів в операції;

В розділі 6.5 визначено основний час на 1-й перехід установка А операції 030 –  $t_{oA1} = 2,84$  хв.

					Арк.
					60
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	

Основний час на інших переходах фрезерної операції визначимо з урахуванням режимів різання, які визначені табличним методом [8] й зведені до таблиці 6.5.

Таблиця 6.5 – Режими різання на операції фрезерній з ЧПК 030

№ переходу	Зміст переходу	Елементи режимів різання						
		<i>D</i> , мм	<i>L</i> , мм	<i>t</i> , мм	<i>i</i>	<i>S<sub>хв</sub></i> , мм/хв	<i>n</i> , об/хв	<i>V</i> , м/хв
1	2	3	4	5		6	7	8
А.2	Фрезерувати паз напрохід, дотримуючись розмірів 8 <sub>-0,15</sub> ; 53 <sup>+0,3</sup>	8,0	15,0	8,0	1	38,0	315	7,9
Б.1	Фрезерувати паз, дотримуючись розмірів 6 <sub>-0,12</sub> ; 39,5 <sup>+0,2</sup> ; 50 <sub>-0,16</sub> ; 250 <sup>+0,46</sup>	6,0	250,0	6,0	1	31,5	315	5,9
Б.2	Свердлити отвір, дотримуючись розмірів Ø6 <sup>+0,3</sup> ; 2,5 <sup>+0,25</sup> ; <math>\angle 118^{\circ} \pm 3^{\circ}</math>; 145 $\pm 0,2$	6,0	2,5	3,0	1	0,1 (мм/об)	315	5,9

Для зазначених режимів різання визначимо норми  $t_o$ :

$$t_{oA.2} = (15+4+4) \cdot 1/38 = 0,61 \text{ хв};$$

$$t_{oB.1} = (250 - 6) \cdot 1/31,5 + (2,5+3)/19 = 8,04 \text{ хв};$$

$$t_{oB.2} = (3+3) \cdot 1/(0,1 \cdot 315) = 0,19 \text{ хв}.$$

В результаті, основний час на фрезерну операцію становитиме:

$$t_o = 2,84+0,61+8,04+0,19 = 11,68 \text{ хв}.$$

						Арк.
						61
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Допоміжний час на операцію визначимо за формулою [7]:

$$t_{\partial} = t_{yct} + t_{np} + t_{вим}, \quad (6.8)$$

де  $t_{yct}$  – час на установку, закріплення й зняття заготовки з верстата, хв.;


$t_{np}$  – час, який витрачається на керування верстатом, хв.;

$t_{вим}$  – час на контрольні вимірювання, хв.

Тоді маємо:

$$t_{\partial} = 1,76 + 1,02 + 1,12 = 3,9 \text{ хв.}$$

Час на обслуговування робочого місця й відпочинок робочого визначимо за формулою:


$$t_{обс} + t_{вон} = (t_o + t_{\partial}) \frac{\alpha + \beta}{100}, \quad (6.9)$$

де  $\alpha, \beta$  – відповідно, норми часу на обслуговування робочого місця й відпочинок робочого у відсотках від оперативного часу [7];

$$t_{обс} + t_{вон} = (11,68 + 3,9) \frac{3 + 4}{100} = 1,09 \text{ хв.}$$

Таким чином, штучний час складає:

$$t_{шт} = 11,68 + 3,9 + 1,09 = 16,67 \text{ хв.}$$

Підготовчо-завершальний час на операцію складає [7]:

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		62

$$t_{n.з} = 23+10 = 33 \text{ хв.}$$

Штучно-калькуляційний час складає:

$$t_{шт.к} = 16,67+33/28 = 17,85 \text{ хв.}$$

Визначимо технічні норми часу на операцію токарну з ЧПК 025.

Основний час на операцію, як і для попереднього розрахунку визначимо підсумуванням за всіма переходами за умови їх послідовного виконання за формулою (6.7). В п. 6.5 визначено основний час на 2-й перехід установка А токарної операції з ЧПК 025 –  $t_{o2} = 4,67$  хв.

Основний час на інші переходи операції визначимо з урахуванням режимів різання, які були визначені табличним методом [8] та зведені до таблиці 6.6.

Таблиця 6.6 – Режими різання на операції токарній з ЧПК 025

№ пере ходу	Зміст переходу	Елементи режимів різання						
		$D_{обр.}$ мм	$L$ , мм	$t$ , мм	$i$	$S_n$ , мм/хв	$n$ , об/хв	$V$ , м/хв
1	2	3	4	5	6	7	8	9
A.1	Точити шийку вала начисто з підрізанням торця, дотримуючись розмірів $\varnothing 55_{-0,3}$ ; $123_{-0,63}$ на довжині $25 \pm 0,42$ (на зворотній подачі)	55	25	0,82	1	0,1125	1000	172,7
A.3	точити канавку, дотримуючись розмірів $\varnothing 59,5_{-0,3}$ ; $5^{+0,3}$ , $416 \pm 0,48$	59,5	0,68	4,5	2	0,1	630	117,7
A.4	точити канавку, дотримуючись розмірів $\varnothing 53_{-0,3}$ ; $5^{+0,3}$ ; $\angle 45^\circ$ ; R0,5; R0,6; $98 \pm 0,27$	53	1,5	3,2	2	0,1	630	104,8
A.5	нарізати різь M56×2-6 на довжині $15 \pm 0,215$	56	15	-	5	2,0	500	87,9
B.1	точити шийку вала начисто з підрізанням торця, дотримуючись розмірів $\varnothing 42_{-0,08}^{-0,24}$ ; $500 \pm 0,48$ ; R5 й зняти фаску $1 \times 45^\circ$	42	510	0,82	1	0,1125	1000	131,9

						Арк.
						63
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Визначимо основний час  $t_{oi}$  за переходами операції та з урахуванням режимів різання, наведених у таблиці 6.6:

$$t_{oA.1} = (5 + 25 + 5)/(0,1125 \cdot 1000) = 0,31 \text{ хв};$$

$$t_{oA.3} = (3,5 + 0,68 + 0) \cdot 2 / (0,1 \cdot 630) = 0,24 \text{ хв};$$

$$t_{oA.4} = (3,5 + 1,5 + 0) \cdot 2 / (0,1 \cdot 630) = 0,27 \text{ хв};$$

$$t_{oA.5} = (5 + 15 + 5) \cdot 5 / (2,0 \cdot 500) = 0,13 \text{ хв};$$

$$t_{oB.1} = (5 + 510 + 5)/(0,1125 \cdot 1000) = 4,62 \text{ хв}.$$

В результаті основний час на операцію складатиме:

$$t_o = 0,31 + 4,67 + 0,24 + 0,27 + 0,13 + 4,62 = 10,24 \text{ хв}.$$

Допоміжний час на операцію визначимо за формулою (6.8):

$$t_{\partial} = 3,92 + 0,92 + 2,65 = 7,49 \text{ хв}.$$

Час на обслуговування робочого місця та відпочинок робочого визначимо за формулою (6.9):

$$t_{\text{обс}} + t_{\text{вон}} = (10,24 + 7,4) \frac{6,5 + 4}{100} = 1,86 \text{ хв}.$$

Штучний час на операцію визначимо за формулою (6.6):

									Арк.
									64
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата					



$$t_{um} = 10,24 + 7,49 + 1,86 = 19,59 \text{ хв.}$$

Підготовчо-завершальний час на операцію визначимо згідно з [7]:

$$t_{n.з} = 27 + 10 = 37 \text{ хв.}$$

Штучно-калькуляційний час на операцію визначимо за формулою (6.5):

$$t_{um.к} = 19,59 + 37/28 = 20,91 \text{ хв.}$$



									Арк.
									65
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата					

## 7 ПРОЕКТУВАННЯ ВЕРСТАТНОГО ПРИСТРОЮ

Згідно з завданням необхідно спроектувати верстатний пристрій для базування і закріплення заготовки «вала 20335.00.00.01» на токарній з ЧПК операції 025. Під час проектування верстатного пристрою скористаймося типовою методикою [10].

В існуючому технологічному процесі на розглянутій операції проводиться чистове обточування всіх зовнішніх циліндричних поверхонь деталі. Обробка виконується на токарному верстаті з ЧПК моделі DMTG SKE 6150Z з припуском по деяким поверхням на наступні шліфувальні операції.

Застосування спеціального верстатного пристрою з механізованим приводом дозволить знизити розряд верстатника на даній операції, крім того, знизить трудомісткість обробки й підвищить стабільність параметрів точності обробки. У зв'язку з цим орієнтовно приймаємо систему універсальних безналагоджувальних пристосувань (УБП).

На даній операції здійснюється, як уже зазначалося вище, чистове обточування всіх зовнішніх циліндричних поверхонь деталі з двох установів. При цьому по установам обробка розподіляється так.

Установ А. 1-й перехід: точити шийку вала начисто з підрізанням торця, дотримуючись розмірів  $\varnothing 55_{-0,3}$ ;  $123_{-0,63}$  на довжині  $25 \pm 0,26$  (на зворотній подачі);

2-й перехід: точити шийки вала начисто з підрізанням торців, дотримуючись розмірів  $\varnothing 45,5_{-0,16}$ ;  $48 \pm 0,195$ ;  $\varnothing 50,9_{-0,19}$ ;  $78 \pm 0,34$ ;  $\varnothing 56_{-0,19}$ ;  $98 \pm 0,27$ ;  $\varnothing 60,86_{-0,12}$  напрохід;  $\varnothing 55_{-0,3}$ ;  $268^{+0,81}$ ;  $\varnothing 60,86_{-0,12}$ ;  $416 \pm 0,48$ ;  $\varnothing 70,9_{-0,19}$  напрохід; знати фаски  $1 \times 45^\circ$ ;

3-й перехід: точити канавку, дотримуючись розмірів  $\varnothing 59,5_{-0,3}$ ;  $5^{+0,3}$ ;  $416 \pm 0,48$ ;

4-й перехід: точити канавку, дотримуючись розмірів  $\varnothing 53_{-0,3}$ ;  $5^{+0,3}$ ;  $\angle 45^\circ$ ; R0,5; R0,6;  $98 \pm 0,27$ ;

5-й перехід: нарізати різь M56×2-6 на довжині  $15 \pm 0,215$ .

						Арк.
						66
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Установ Б. 1-й перехід: точити шийку вала начисто з підрізанням торця, дотримуючись розмірів  $\varnothing 42_{-0,24}^{-0,08}$ ;  $500 \pm 0,48$ ; R5, зняти фаску  $1 \times 45^\circ$ .

Точність обробки діаметральних розмірів відповідає IT10 – IT12, а лінійних розмірів – IT13.

Точність форми оброблюваних поверхонь заготовки на даній операції не регламентовано і ми приймаємо її в межах відповідних допусків на оброблювані розміри. Зокрема, для нормальної відносної геометричної точності «А» [1] для циліндричних поверхонь обговорюємо допуски з відхилення від циліндричності та круглості, що становить 30% від допусків на діаметральні розміри. Наприклад:

$$T_{\varnothing 60,86} = 0,3 \cdot T_{\varnothing 60,86} = 0,3 \cdot 120 = 36 \text{ мкм.}$$

Беремо найближче стандартне значення згідно з [1]:  $T_{\varnothing 60,86} = 25$  мкм; що відповідає 8 ступеню точності.

Точність взаємного розташування поверхонь на даній операції також не регламентовано і ми беремо її в межах відповідних допусків на оброблювані розміри. Зокрема, для нормальної відносної геометричної точності «А» [1] для циліндричних поверхонь обговорюємо допуски з радіального биття, що становить 60% від допусків на діаметральні розміри. Наприклад:

$$T_{\uparrow \varnothing 60,86} = 0,6 \cdot T_{\varnothing 60,86} = 0,6 \cdot 120 = 72 \text{ мкм.}$$

Беремо найближче менше стандартне значення згідно з [1]:  $T_{\uparrow \varnothing 60,86} = 60$  мкм; що також відповідає 8 ступеню точності.

Рівень шорсткості поверхонь – 3,2 мкм Ra.

В цілому, у деталі є досить розвинені і точні поверхні, які в подальшому після відповідного аналізу можна використовувати в якості базових поверхонь. До таких поверхонь можна віднести центрові отвори і зовнішню циліндричну поверхню  $\varnothing 46,96_{-0,39}$  (після обробки –  $\varnothing 45,5_{-0,16}$ ), а також лівий торець деталі.

					Арк.
					67
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	

Уточнимо параметри точності поверхонь, які можуть бути базовими.

До даного моменту після виконання токарної чорнової операції точність зовнішньої циліндричної поверхні деталі  $\varnothing 46,69$  відповідає IT13 з допуском  $T_{\varnothing 46,69} = 390$  мкм. Лівий торець деталі до даного моменту виконаний в розмір  $1000_{-0,56}$ , з допуском  $T_{1000} = 560$  мкм, що відповідає IT11.

Точність форми і взаємного розташування поверхонь на операційних ескізах не регламентовано і ми беремо їх у межах допусків на відповідні розміри.

Зокрема, за точністю форми для циліндричної поверхні обговорюємо допуски круглості, циліндричності та профілю поздовжнього перетину. У зв'язку з цим, для нормальної відносної геометричної точності «А» допуск форми циліндричної поверхні складатиме 30% від допуску на відповідний діаметральний розмір:

$$T_{O \varnothing 46,69} = 0,3 \cdot T_{\varnothing 46,69} = 0,3 \cdot 390 = 117 \text{ мкм.}$$

Беремо найближче стандартне значення допуску:  $T_{O \varnothing 46,69} = 80$  мкм, що відповідає 11-му ступеню точності [1].

За точністю форми лівого торця деталі обговорюємо відхилення від площинності. У зв'язку з цим, для нормальної відносної геометричної точності «А» допуск площинності складатиме 60% від допуску на відповідний розмір:

$$T_{\square} = 0,6 \cdot T_{1000} = 0,6 \cdot 560 = 336 \text{ мкм,}$$

що відповідає найближчому меншому стандартному допуску в 250 мкм за 14-м ступенем точності [1].

За точністю взаємного розташування вказаних поверхонь обговорюємо радіальне биття циліндричної поверхні  $\varnothing 46,69$  і торцеве биття лівого торця деталі. В цьому випадку, для нормальної відносної геометричної точності «А» допуски на радіальне і торцеве биття складатимуть 60% від допусків на відповідні розміри:

					Арк.
					68
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	

$$T_{\uparrow\varnothing 46,69} = 0,6 \cdot T_{\varnothing 46,69} = 0,6 \cdot 390 = 234 \text{ мкм};$$

$$T_{\uparrow\varnothing 1000} = 0,6 \cdot T_{\varnothing 1000} = 0,6 \cdot 560 = 336 \text{ мкм}.$$

Беремо найближчі менші стандартні величини допусків:  $T_{\uparrow\varnothing 46,69} = 200$  мкм, що відповідає 11-му ступеню точності й  $T_{\uparrow\varnothing 1000} = 250$  мкм, що відповідає 13-му ступеню точності [1].

Шорсткість циліндричної поверхні – 12,5 мкм Ra, торцевої – 3,2 мкм Ra.

В існуючому технологічному процесі заготовку оброблюють на токарно-гвинторізному верстаті моделі 1К62. Попередній аналіз верстатного обладнання, що застосовується для обробки заготовки (див. п. 6.3 цієї роботи) показав, що раціональним є заміна малопродуктивного, морально застарілого обладнання на сучасний токарний верстат з ЧПК моделі DMTG SKE 6150Z. Цей верстат дозволяє вести високопродуктивну обробку заданих поверхонь методом автоматичного отримання необхідної точності розмірів, незалежно від кваліфікації робітників. На даній операції будемо використовувати токаря 4-го розряду (в існуючому виробництві на операції був задіяний токарь 5-го розряду). Потужність токарного верстата з ЧПК – 7,5 кВт. Обробка поверхонь ведеться прохідними, упорними й підрізними різцями з твердого сплава Т15К6.

Детальне обґрунтування вибору схеми базування заготовки на токарній операції 025 здійснено в п. 6.2 цієї роботи. Так, в якості головної базової поверхні використовуємо два центрових отвори, які утворюють подвійну направляючу базу, яка позбавляє деталь чотирьох ступенів свободи – двох поступальних і двох обертальних переміщень уздовж і навколо осей Y і Z при горизонтальному розташуванні осі X і центральної осі заготовки. Як опорну базу беремо ліву торцеву поверхню деталі, яка позбавляє заготовку ще одного ступеня свободи – поступального переміщення уздовж осі X. Таким чином, на даній операції

						Арк.
						69
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

заготовка позбавлена п'яти ступенів свободи. Вакантним залишається обертання навколо власної осі –  $X$ , чого цілком достатньо для точної обробки заданих поверхонь заготовки. Для передачі крутного моменту на заготовку з боку шпинделя верстата використовуємо зовнішню циліндричну поверхню  $\varnothing 46,69$ .

Попередній аналіз показав, що параметри точності базових поверхонь мають незначну різницю з параметрами точності оброблюваних поверхонь.

Попередній аналіз схеми базування й закріплення заготовки (див. п. 6.2 цієї роботи) показав, що на заготовку накладено 9 односторонніх зв'язків. Щоб система стала врівноваженою під час обробки, заготовку необхідно позбавити можливості переміщатися за координатами  $x, \omega_x, \omega'_x$ .

Для розрахунку сил закріплення побудуємо схему взаємного впливу поля сил збурення і поля сил, призначених врівноважити сил у взаємозв'язку з прийнятою схемою базування, див. рисунок 7.1.

Як видно з рисунка 7.1, недоліком прийнятого способу врівноваження є високий рівень енергетичних витрат на закріплення, оскільки урівноваження здійснюється непрямым методом – через сили тертя.

Таким чином додаток сил закріплення створює три відсутні до комплекту (12) зв'язки –  $x, \omega_x, \omega'_x$ .

Очевидно, що для надійного закріплення заготовки має виконуватися умова:

$$M_{тр} = K_{зап} \cdot M_p,$$

де  $M_{тр}$  – момент тертя від сил закріплення;

$M_p$  – момент різання від сил різання;

$K_{зап}$  – коефіцієнт запасу.

Виконання цієї умови забезпечить синхронне обертання заготовки разом з верстатним пристроєм (токарним патроном) та шпинделем верстата.

Так, момент тертя дорівнюватиме:

					Арк.
					70
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	

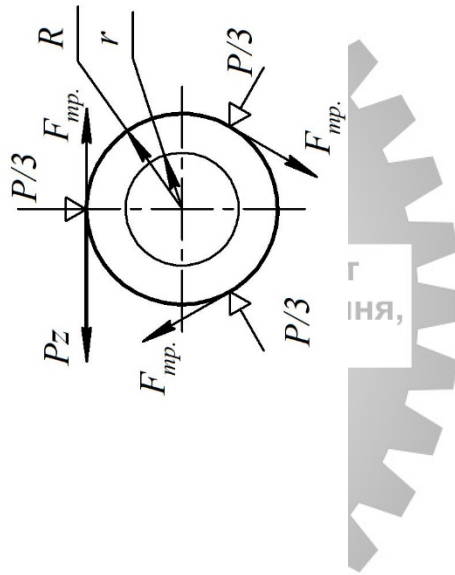
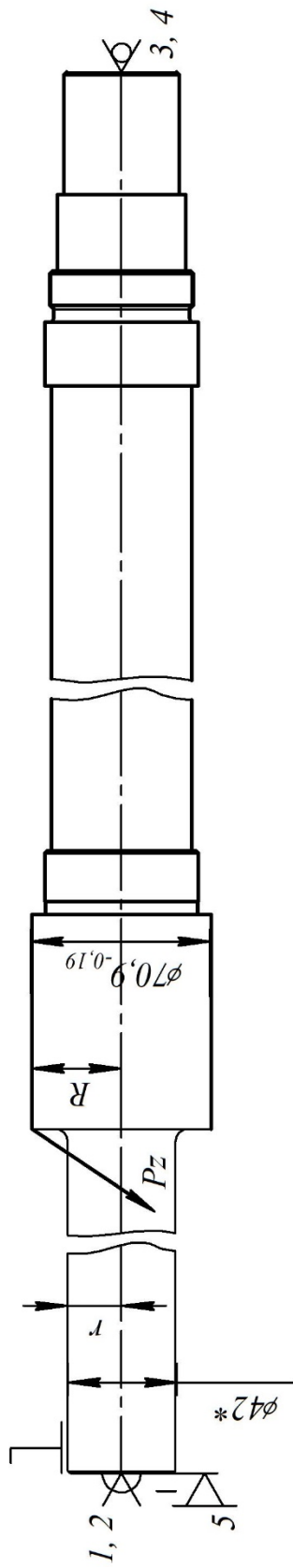


Рисунок 7.1 – Схема базування та закріплення заготовки

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

$$M_{\text{тр}} = F_{\text{тр}} \cdot r,$$

де  $F_{\text{тр}}$  – сила тертя;

$r$  – радіус на якому прикладено силу закріплення;

$$F_{\text{тр}} = P_3 \cdot f,$$

де  $P$  – сила закріплення;

$f$  – коефіцієнт тертя.

Момент різання:

$$M_p = P_z \cdot R,$$

де  $P_z$  – сила різання;

$R$  – радіус прикладення сили різання.

Так, силу закріплення можна визначити за формулою:

$$P_3 = \frac{K_{\text{зап}} \cdot P_z \cdot R}{f \cdot r},$$

Коефіцієнт запасу визначимо за формулою [6]:

$$K_{\text{зап}} = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6,$$

де  $K_0 = 1,5$  – гарантований коефіцієнт запасу;

$K_1 = 1,0$  – коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання за наявності випадкових нерівностей на оброблюваній поверхні;

$K_2 = 1,0$  – коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання при затупленні ріжучого інструмента;

$K_3 = 1,0$  – коефіцієнт, що враховує переривчастість процесу різання;

					Арк.
					72
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	



$K_4 = 1,0$  – коефіцієнт, що враховує постійність сил закріплення за умови використання ручного механізму закріплення;

$K_5 = 1,2$  – коефіцієнт, що враховує зручність використання ручних механізмів закріплення;

$K_6 = 1,5$  – коефіцієнт, що враховує моменти, які намагаються повернути заготовку на постійних опорах.

$$K_{\text{зап}} = 1,5 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,2 \cdot 1,5 = 2,7.$$

За попередніми розрахунками тангенціальна складова сили точіння  $P_z$ , яка бере участь у формуванні моменту різання, складає 182 Н.

Виходячи з цього, а також враховуючи, що  $f = 0,1$ ;  $R = 35,45$  мм;  $r = 21$  мм, визначимо величину сили закріплення заготовки:

$$P_3 = \frac{2,7 \cdot 182 \cdot 35,45}{0,1 \cdot 21} \approx 8295,3 \text{ Н.}$$

Визначимо зусилля на штоку пневмопривода з урахуванням кута нахилу  $\alpha = 25^\circ$  направляючих клинної муфти патрона:

$$Q = P_3 \cdot \text{tg}\alpha,$$

де  $Q$  – зусилля на штоку пневмоциліндра приводу патрона.

$$Q = 8295,3 \cdot \text{tg}25^\circ = 3868,2 \text{ Н.}$$

Діаметр поршня пневмоциліндра визначимо за формулою [6]:

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		73

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot p \cdot \eta} + d^2},$$

де  $D$  – діаметр поршня пневмоциліндра;

$d$  – діаметр штока, з конструктивних міркувань беремо  $d_{шт} = 32$  мм;

$p$  – тиск повітря в пневмосистемі привода,  $p = 4$  кгс/см<sup>2</sup>;

$\eta$  – коефіцієнт корисної дії пневмопривода,  $\eta = 0,8$ .

Маємо:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 386,82}{\pi \cdot 4 \cdot 0,8} + 3,2^2} = 12,8 \text{ см} = 128 \text{ мм.}$$

Приймаємо найближчий більший стандартний діаметр пневмоциліндра  $D = 160$  мм.

Зусилля на штоку пневмоциліндра діаметром 160 мм дорівнює 6170 Н, що є набагато більшим за розрахункове зусилля на штоку пневмопривода для закріплення заготовки ( $Q = 3868,2$  Н).

Виконаємо розрахунок верстатного пристрою на точність.

При чистовому точінні «вала 20335.00.00.01» до розрахункових параметрів, які в більшій мірі вплинуть на досягнення заданих допусків оброблюваної заготовки слід віднести радіальне биття посадкової поверхні патрона. Зазначена похибка може привести до підвищеного радіального биття циліндричних шийок вала на токарній операції: її слід обумовити в технічних вимогах, пропонованих до точності виготовлення окремих елементів проектного патрона.

Радіальне биття до оброблених шийок вала ми обумовили раніше:

$$T_{\uparrow \varnothing 60,86} = 60 \text{ мкм.}$$

В цьому випадку допустиму похибку виготовлення пристосування визначимо за формулою [9]:

					Арк.
					74
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	

$$E_{np} = T - K \sqrt{(K_1 \cdot E_{\delta})^2 + E_3^2 + E_y^2 + E_{zn}^2 + E_n^2 + (K_2 \cdot \omega)^2},$$

де  $K = 1,2$  – коефіцієнт, що враховує можливі відхилення від закону нормального розподілу окремих елементів рівняння;

$K_1 = 0,8$  – для випадків, коли  $E_{\delta} \neq 0$ ;

$E_{\delta}$  – похибка базування, за умови базування заготовки в центрах  $E_{\delta} = 0$ ;

$E_3$  – похибка закріплення, в нашому випадку  $E_3 = 0$  [9];

$E_y$  – похибка установки патрона на шпинделі верстата, беремо  $E_y = 10$  мкм;

$E_{zn}$  – похибка від зношення установчих елементів пристрою. За умови рівномірного зношення установчих елементів патрона беремо  $E_{zn} = 0$ ;

$E_n$  – похибка установки й прекоосу ріжучого інструмента на верстаті. Беремо  $E_n = 0$ ;

$K_2 = 0,6$  – коефіцієнт, що враховує ймовірність виникнення похибки оброблення;

$\omega$  – середня економічна точність обробки поверхонь заготовки. Беремо  $\omega = 50$  мкм.

В результаті маємо:

$$E_{np} = 60 - 1,2 \sqrt{0^2 + 0^2 + 10^2 + 0^2 + 0^2 + (0,6 \cdot 50)^2} \approx 22 \text{ мкм.}$$

Беремо найближчий менший стандартний допуск радіального биття згідно з [1] – 20 мкм. Дана похибка може бути віднесена до радіального биття посадкової поверхні патрона. Вкажемо цю величину в технічних вимогах на виготовлення пристосування.

Опис пристрою й принципу його дії.

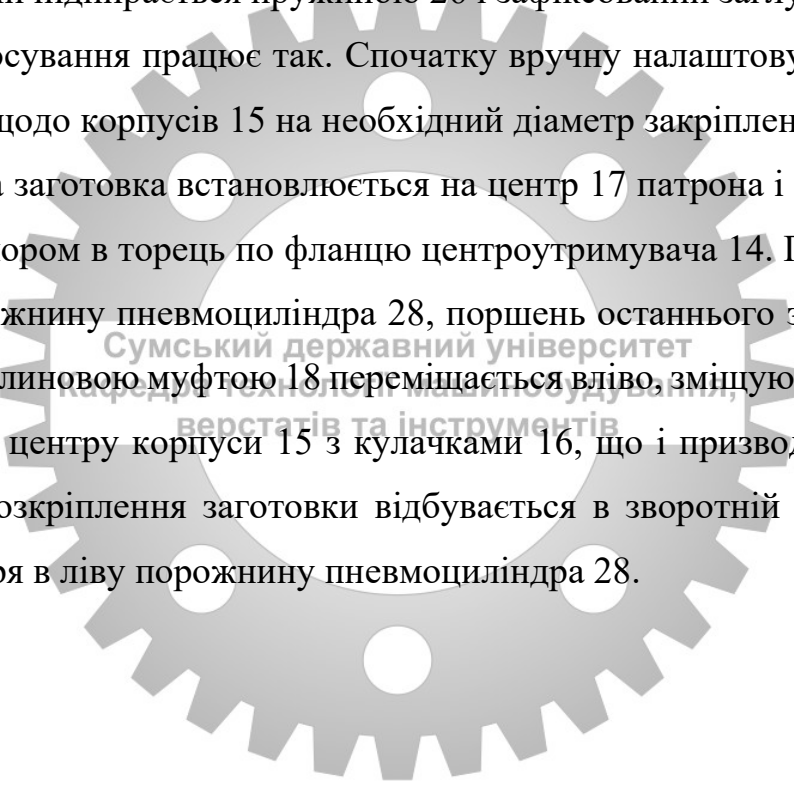
Спроекований патрон являє собою корпус 1, до якого за допомогою трьох гвинтів 21 кріпиться проміжний фланець 2, що має внутрішню конічну посадочну

						Арк.
						75
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

поверхню для установки і закріплення за допомогою гвинтів 24 відносно шпинделя токарно-гвинторізного верстата з ЧПК.

У середині корпусу 1 в радіальних пазах розміщені три корпуси 15, в пазах яких, в свою чергу, за допомогою шести гвинтів 22 закріплюють три кулачки 16 (по одному кулачку на кожен корпус). З іншого боку корпуси 15 по похилих напрямних входять в пази клиновий муфти 18, яка за допомогою втулки 3 з допомогою втулки 6 і гайки 11 з'єднана з тягою 7. Остання з'єднана зі штоком пневмоциліндра 28. У середині втулки 3 розміщується центроутримувач 14, закріплений гвинтами 20 на корпусі 1 патрона. У свою чергу, в центроутримувачі 14 розміщується плаваючий центр 17, який підпирається пружиною 26 і зафіксований заглушкою 12.

Пристосування працює так. Спочатку вручну налаштовується «розведення» кулачків 16 щодо корпусів 15 на необхідний діаметр закріплення заготовки. Потім оброблювана заготовка встановлюється на центр 17 патрона і центр задньої бабки верстата з упором в торець по фланцю центроутримувача 14. Після подачі повітря в праву порожнину пневмоциліндра 28, поршень останнього зі штоком і тягою 7, втулкою 3 і клинковою муфтою 18 переміщається вліво, зміщуючи по похилих пазах муфти 18 до центру корпуси 15 з кулачками 16, що і призводить до закріплення заготовки. Розкріплення заготовки відбувається в зворотній послідовності після подачі повітря в ліву порожнину пневмоциліндра 28.



									Арк.
									76
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата					

## ВИСНОВКИ

На основі виконаної роботи можна зробити такі висновки.

1. Виконано аналіз службового призначення машини, вузла, деталі «вал 20335.00.00.01», виконаний аналіз технічних вимог, що пред'являються до конструкції деталі.

2. Визначений тип виробництва – дрібносерійний, обрана організаційна форма робіт – групова.

3. Виконаний аналіз технологічності конструкції деталі за якісними ознаками. Конструкція деталі є технологічною.

4. Визначений раціональний метод отримання вихідної заготовки – поковка вільним куванням на молотах. Табличним методом визначені припуски, допуски і розміри заготовки. На обробку поверхні діаметром 60кб операційні припуски і допуски уточнені з використанням розрахунково-аналітичного методу проф. В. М. Кована.

5. Виконаний детальний аналіз фрезерної та токарної з ЧПК операцій технологічного процесу виготовлення деталі: обрані раціональні схеми базування заготовки, підібрані верстати, оснастка, режими різання, технічні норми часу. Виконано маршрутно-операційний опис технологічного процесу механічної обробки деталі на картах КТП.

6. В конструкторській частині наведено розрахунок токарного патрону з плаваючим центром для базування та закріплення заготовки на операції 025 токарній з ЧПК.

7. У додатку Д цієї роботи розглянуто питання охорони праці щодо нормування освітленості в умовах промислового виробництва.

						Арк.
						77
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Анурьев, В. И. Справочник конструктора-машиностроителя: в 3-х т. Т.1 / В. И. Анурьев. – М.: Машиностроение, 2001. – 920 с.
2. Маталин, А. А. Технология машиностроения: учебник / А. А. Маталин. – Л.: Машиностроение, 1985. – 496 с.
3. Горбацевич, А. Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учеб. пос. / А. Ф. Горбацевич, В. А. Шкред. – 5-е изд., стереотип. Перепечатка с 4-го издания 1983 г. – М.: Альянс, 2007. – 256 с.
4. ГОСТ 7829-70 Поковки из углеродистой и легированной стали, изготавливаемые ковкой на молотах. Припуски и допуски. – М.: ИПК Из-во стандартов, 1998. – 28 с.
5. Кузнецов, Ю. И. Оснастка для станков с ЧПУ: справочник / Ю. И. Кузнецов, А. Р. Маслов, А. Н. Байков. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1990. – 512 с.
6. Справочник технолога-машиностроителя; справочник. В 2-х т. Т.2 / Под ред.: А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. – 496 с.
7. Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного для технического нормирования станочных работ. Серийное производство. – М.: Машиностроение, 1974. – 421с.
8. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. – М.: Машиностроение, 1974. – Ч.1, Токарные, карусельные, токарно-револьверные, алмазно-расточные, долбежные и фрезерные станки. – 416 с.
9. Кушніров, П. В. Методичні вказівки до практичних занять з курсу «Технологічна оснастка»: Ч.1 / П. В. Кушніров. – Суми: СумДУ, 2009. – 52 с.

					Арк.
					78
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	

10. Юдин, Е. А. Охрана труда в машиностроении: учебник для студ. машиностроит. спец. вузов / Е. А. Юдин, С. В. Белов и др.; Под ред. Е. А. Юдина и С. В. Белова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1983. – 438 с.



						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		79