

Міністерство освіти і науки України
Державний університет “Житомирська політехніка”
Кафедра механічної інженерії

“На правах рукопису”

УДК 627.9

“До захисту допущено”

Завідувач кафедри
механічної інженерії

Мельник
(підпис)

Мельник О.Л.
(прізвище, ініціали)

БАКАЛАВРСЬКА
КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
зі спеціальності 131 “Прикладна механіка” (ОПП “Високотехнологічний
комп'ютерний інжиніринг”)
на тему: **Технологічний процес виготовлення деталі «Вал для ножів»
фугувального верстата Powermatic**

МІ 131.00.1/Б 102/с 005 00-ПЗ

Студент групи

ПМ-142

(шифр групи)

Василевський Владислав Романович

(прізвище, ім'я, по батькові)

[підпис]
(підпис)

Керівник

д.т.н., проф. Полонський Леонід Григорович

(науковий ступінь та вчене звання, прізвище, ініціали)

[підпис]
(підпис)

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

Факультет комп'ютерно-інтегрованих технологій, мехатроніки і робототехніки
Кафедра механічної інженерії
Освітній ступінь: «Бакалавр»
Спеціальність: 131 «Прикладна механіка»

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Завідувач кафедри
механічної інженерії



Мельник О.Л.

(підпис)(прізвище, ініціали)

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ БАКАЛАВРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Василевському Владиславу Романовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1.Тема роботи: “Технологічний процес виготовлення деталі «Вал для ножів» фугувального верстата Powermatik”

Керівник роботи: д.т.н., проф. Полонський Леонід Григорович

Затверджена наказом по університету від «20 » « 05 » 2025 р. № 102/с.

2.Строк подання студентом роботи - 19 червня 2025 р.

3.Вихідні дані до роботи: креслення деталі «Вал для ножів» фугувального верстата Powermatic, матеріали підручників, з навчально-методичних посібників та довідники машинобудування.

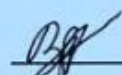
4.Перелік завдань, які потрібно вирішити: проаналізувати службове призначення та конструкцію деталі «Вал для ножів» фугувального верстата Powermatik, визначити її функціональну роль у складі обладнання, встановити основні вимоги до точності, міцності та експлуатаційних характеристик; виконати аналіз технологічності конструкції валу, оцінити ступінь придатності для обробки на сучасному устаткуванні, виявити можливі конструктивні ускладнення при виготовленні та шляхи їх усунення; встановити програму випуску деталей і тип виробництва; обґрунтувати вибір конструкції заготовки та способу її виготовлення; розробити технологічний маршрут

обробки деталі, визначити послідовність операцій, припуски, вибрати відповідне технологічне обладнання, оснащення, інструмент і режими різання; виконати технічне нормування процесу виготовлення деталі; розробити спеціальний верстатний пристрій, різальний інструмент та засоби контролю, необхідні для підвищення точності, надійності та продуктивності технологічного процесу.

5. Орієнтовний перелік графічного матеріалу: 1. Загальний вигляд деталі – 1 арк. презентації; 2. заготовка - 1 арк. презентації; пристрій для свердління отворів - 1 арк. презентації; 3D модель вала для ножів - 1 арк. презентації; пристрій фрезерувальний - арк. презентації; спеціальна калібр-скоба - 1 арк. ; Технологія виготовлення деталі

6. Дата видачі завдання 02 червня 2025 року.

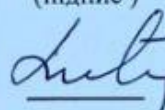
Студент


(підпис)

Василевський В.Р

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

Полонський Л.Г

(прізвище та ініціали)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН ВИКОНАННЯ РОБОТИ

№ з/п	Назва етапів бакалаврської роботи	Термін виконання	Примітка
1.	Виконання розділу “Загально-технічний розділ”	23.10.2024	Виконав
2.	Виконання розділу “Конструкторський розділ”	18.11.2024	Виконав
3.	Виконання розділу “Технологічний розділ”	27.12.2024	Виконав
4.	Кінцеве оформлення змісту, висновків, графічної частини бакалаврської роботи	06.05.2025	Виконав
5.	Підготовка доповіді, ілюстративного матеріалу та презентації	07.05.2025	Виконав
6.	Передзахист кваліфікаційної роботи	10.05.2025	Виконав
7.	Подання бакалаврської роботи на кафедру	16.06.2025	Виконав
8.	Захист кваліфікаційної роботи в ЕК	згідно графіку захистів	Виконав

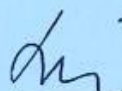
Студент


(підпис)

Василевський В.Р.

(прізвище та ініціали)

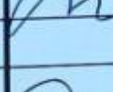
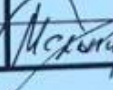
Керівник роботи


(підпис)

Полонський Л.Г.

(прізвище та ініціали)

			<u>Документація</u>		
A4	1	МІ 131.00.1/Б 102/с 005 00-ПЗ	Пояснювальна записка	1	
			<u>Конструкторська документація</u>		
A4	2	МІ 131.00.2/Б 102/с 005 001-КД	Вал для ножів	1	
A4	3	МІ 131.00.1/Б 102/с 005 002-КД	Заготовка	1	
A4	4	МІ 131.00.1/Б 102/с 005 003-СК	Пристрій для свердління отворів Ø 5 мм	1	
A4	5	МІ 131.00.1/Б 102/с 005 004-СК	Пристрій фрезерувальний	1	
A4	6	МІ 131.00.1/Б 102/с 005 005-КІ	Калібр-скоба	1	
			<u>Технологічна документація</u>		
A4	7	МІ 131.00.1/Б 102/с 005 01	Маршрутна карта	10	
A4	8	МІ 131.00.1/Б 102/с 005 02	Операційна карта	4	
A4	9	МІ 131.00.1/Б 102/с 005 03	Карта ескізів	2	

						МІ 131.00.1/Б 102/с 005 00-ВР		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата				
Разроб.		Василевський			Відомість бакалаврської роботи			
Перевір.		Полонський Л.Г.						
Нконтр.								
Затверд.		Мельник О.Л.						
						Лит.	Лист	Листов
							1	1
						Державний університет «Житомирська політехніка», група ПМ-142		

АНОТАЦІЯ

Василевський В.Р. Технологічний процес виготовлення деталі «Вал для ножів» фугувального верстата Powermatic – Рукопис.

Бакалаврська кваліфікаційна робота представлена на здобуття ступеня вищої освіти «Бакалавр», галузі знань 133 «Механічна інженерія» спеціальності 131 «Прикладна механіка» ” (ОПП “Високотехнологічний комп'ютерний інжиніринг”) – Державний університет «Житомирська політехніка», Житомир, 2025.

Кваліфікаційна робота містить 94 аркуш формату А4 пояснювальної записки, в тому числі 22 рисунка, 9 таблиць та список літератури з 20 джерел.

Встановлено службове призначення та конструкцію деталі «Вал для ножів» фугувального верстата Powermatic.

Обґрунтовано вибір конструкції заготовки та способу її виготовлення. Розробити технологічний маршрут виготовлення деталі та виконані необхідні технологічні розрахунки і підбір обладнання.

Розроблено спеціальний верстатний пристрій, різальний інструмент та засоби контролю деталі.

Ключові слова: вал для ножів, поковка, технологічний процес, верстат Powermatic, сталь 45, графічні роботи, розробка маршруту виготовлення, розрахунки, режими різання, спеціальні допоміжні пристрої, калібр-скоба, термообробка.

ANNOTATION

Technological process of manufacturing the part "Knife shaft" of the Powermatic jointing machine - Manuscript.

The bachelor's qualification work is submitted for the Bachelor's degree, field of knowledge 13 «Mechanical engineering» of specialty 131 «Applied mechanics» (Educational program " High-tech Computer Engineering "). - Zhytomyr Polytechnic State University, Zhytomyr, 2025.

The qualification paper contains 94 A4 format pages of explanatory note, including 22 illustrations, 9 tables and reference list of 20 sources.

The functional purpose and design of the “Knife Shaft” for the Powermatic jointer have been determined.

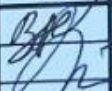
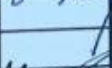
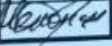
The selection of the blank design and its manufacturing method has been justified. A technological process route for manufacturing the part has been developed, including the necessary technological calculations and equipment selection.

A special machine fixture, cutting tool, and measuring instruments for the part have been designed.

Keywordsknife shaft, forging, technological process, Powermatik machine, steel 45, graphic works, development of a manufacturing route, calculations, cutting modes, special auxiliary devices, caliper, heat treatment.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
1. ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	5
1.1. Службове призначення та аналіз конструкції деталі «Вал для ножів» фугувального верстата Powermatik	5
1.2. Аналіз технологічності конструкції деталі «Вал для ножів» фугувального верстата Powermatik.....	9
1.3. Визначення програми випуску деталей та типу виробництва.....	11
Висновки до першого розділу.....	14
2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	14
2.1. Вибір конструкції заготовки та способу її виготовлення.....	14
2.2. Розробка технологічного маршруту виготовлення деталі.....	20
2.3. Розрахунок загальних та міжопераційних припусків на обробку поверхонь деталі.....	23
2.4. Розробка та обґрунтування технологічних операцій технологічного процесу.....	27
2.5. Вибір технологічного обладнання.....	30
2.6. Вибір засобів технологічного оснащення.....	33
2.7. Розрахунок режимів різання.....	35
2.8. Технічне нормування технологічного процесу.....	46
Висновки до другого розділу.....	51
3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ.....	52
3.1. Загальні положення про верстатні пристосування для фрезерних та свердлильних робіт.....	52
3.2. Проектування та розрахунок спеціального верстатного пристрою.....	56
3.3. Проектування та розрахунки спеціальних засобів технічного контролю.....	67
Висновки до третього розділу.....	71
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	72
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	74
ДОДАТКИ.....	76

					MI 131.00.1/Б 102/с 005 00-ПЗ		
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	ЗМІСТ		
Розроб.	Василевський						
Перевір.	Полонський						
Реценз.							
Н. Контр.							
Затверд.	Мельник О.Л				Літ. Арк. Аркушів 1 2 Державний університет «Житомирська політехніка», група ПМ-142		

ВСТУП

У сучасних умовах інтенсивного розвитку деревообробної промисловості особливу увагу приділяють підвищенню ефективності, надійності та довговічності деревообробного обладнання, зокрема фуганків. Важливою складовою цього обладнання є «Вал для ножів» фугувального верстата Powermatik, який забезпечує основну обробну операцію – фугування деревини. Від його конструктивних параметрів, точності виготовлення та якості поверхні безпосередньо залежить якість обробки заготовок, рівень вібрацій і знос елементів машини.

В умовах конкуренції та зростаючих вимог до продуктивності деревообробних підприємств виникає необхідність удосконалення технологічних процесів виготовлення деталей з високими експлуатаційними характеристиками. «Вал для ножів» зазнає значних навантажень і є відповідальною деталлю з підвищеними вимогами до балансу, твердості, зносостійкості, геометричної точності та взаємозамінності.

Актуальність теми зумовлена потребою у розробці ефективного конструкторсько–технологічного забезпечення виготовлення цієї деталі, яке враховує сучасні вимоги до якості, зниження виробничих витрат, мінімізації браку та оптимального використання ресурсів. Впровадження оптимізованої технології виготовлення «Вал для ножів» сприятиме покращенню експлуатаційних характеристик фуганка, зменшенню простоїв обладнання та підвищенню загальної ефективності виробництва.

Метою кваліфікаційної роботи є розробка та конструкторсько–технологічного забезпечення процесу виготовлення деталі «Вал для ножів» фугувального верстата Powermatik, що відповідає сучасним вимогам до якості, точності та надійності. Для досягнення поставленої мети необхідно проаналізувати конструкцію деталі, обрати раціональний варіант заготовки, визначити технологічний маршрут обробки, розрахувати припуски та режими

					<i>MI 131.00.1/Б 102/с 005 00-ПЗ</i>	Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

різання, обґрунтувати вибір обладнання, оснащення й інструменту, а також оцінити економічну доцільність запропонованого технологічного процесу.

Для досягнення мети кваліфікаційної роботи необхідно виконати наступні **завдання**:

1. Дослідити службове призначення та конструкцію деталі «Вал для ножів» фугувального верстата Powermatik, визначити її функціональну роль у складі обладнання, встановити основні вимоги до точності, міцності та експлуатаційних характеристик.

2. Провести аналіз технологічності конструкції валу, оцінити ступінь придатності для обробки на сучасному устаткуванні, виявити можливі конструктивні ускладнення при виготовленні та шляхи їх усунення.

3. Встановити програму випуску деталей і тип виробництва, що дозволить обґрунтувати доцільний рівень уніфікації, ступінь механізації та автоматизації виробничих процесів.

4. Обґрунтувати вибір конструкції заготовки та способу її виготовлення на основі техніко–економічних показників, матеріалу та вимог до точності обробки.

5. Розробити технологічний маршрут обробки деталі, визначити послідовність операцій, припуски, вибрати відповідне технологічне обладнання, оснащення, інструмент і режими різання.

6. Виконати технічне нормування процесу виготовлення деталі, визначити трудомісткість операцій і загальний час виготовлення, що є необхідним для подальшого аналізу ефективності впровадженого процесу.

7. Розробити спеціальний верстатний пристрій, різальний інструмент та засоби контролю, необхідні для підвищення точності, надійності та продуктивності технологічного процесу.

Структура та обсяг роботи. Робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку використаної літератури. Основний обсяг роботи викладений на 102 с. формату А4, включаючи 22 рис. та 9 таблиць. Список використаних джерел нараховує 20 найменування.

					<i>MI 131.00.1/Б 102/с 005 00-ПЗ</i>	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1. Службове призначення та аналіз конструкції деталі «Вал для ножів» фугувального верстата Powermatik

«Вал для ножів» фугувального верстата Powermatik (рис.1.1) є основною деталлю фугувального верстата – деревообробного обладнання, призначеного для первинного вирівнювання й обробки плоских поверхонь деревини. Основною функцією вала є обертання закріплених на ньому 2 ножів, які знімають шар деревини з деталі для надання їй геометрично правильної поверхні.

Згідно з кресленням, вал належить до механізму фугувального верстата Powermatic валом на 2 леза «Helical» PJ-1696 НН (рис.1.2). Це типова модель промислових фуганків, що застосовуються у деревообробних цехах для обробки заготовок із м деревини.

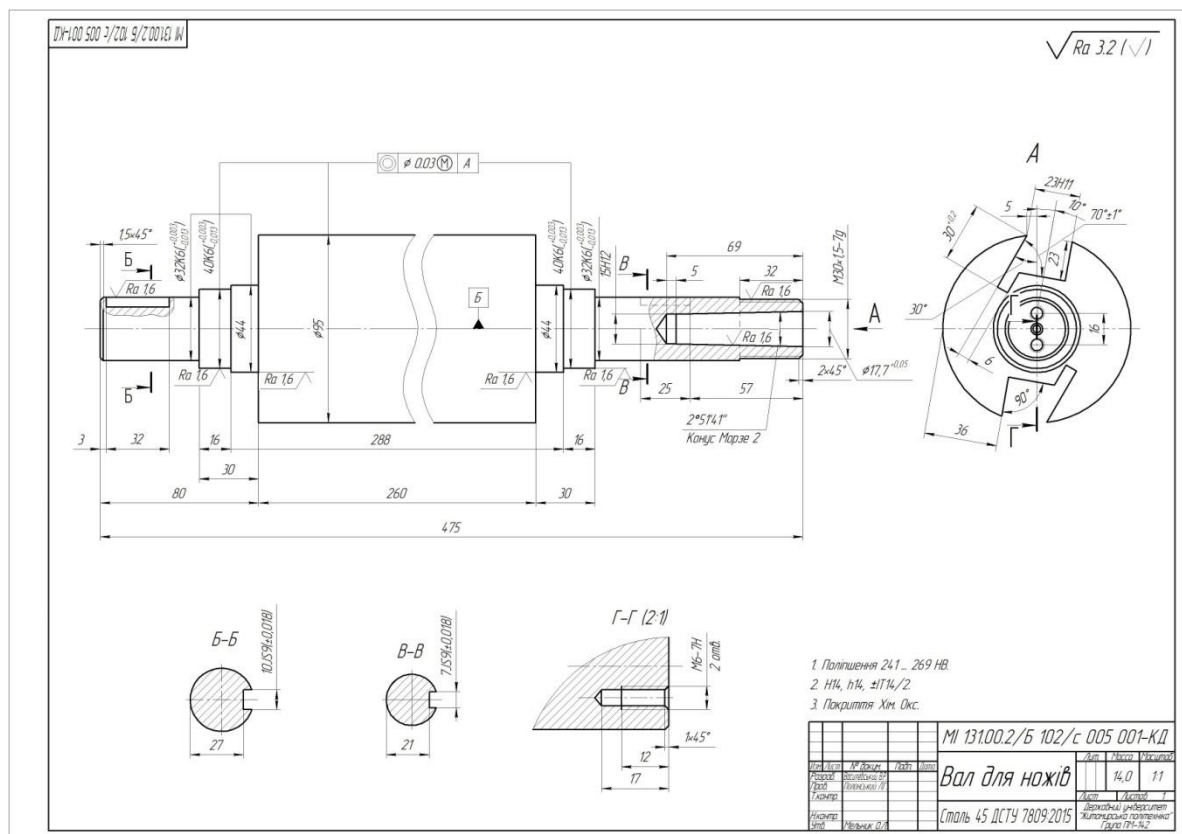


Рис.1.1. «Вал для ножів» фугувального верстата Powermatik

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

MI 131.00.1/Б 102/с 005 00-ПЗ

Арк.

5



Рис.1.2. Фугувальний верстат Powermatic з ножовим валом«Helical»
PJ–1696 HH [1]

Фуганок моделі PowermaticPJ–1696 HH[1] оснащено ножовим валом типу helical та призначено для інтенсивного використання в умовах професійних столярних майстерень і промислових виробничих дільниць. Верстат має високорівневу жорсткість та стабільність завдяки важкій литій чавунній основі, яка включає робочі столи, фуганковий упор, конструкційні елементи рами та точні механізми налаштування.

Особливістю даної модифікації є встановлений «Вал для ножів» helical, який забезпечує покращені експлуатаційні характеристики порівняно з традиційними прямими валами.

Верстат обладнано регульованим фуганковим упором та механізмом налаштування глибини стругання. Передбачено також захисний кожух для ножового вала зі зсувним механізмом, що підвищує безпеку оператора під час роботи.

До базової комплектації входить:

- Встановлений комплект ножів на валу.
- Регульований фуганковий упор.

					<i>MI 131.00.1/Б 102/с 005 00-ПЗ</i>	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Захисний кожух ножового вузла.



Рис.1.3«Вал для ножів» фугувального верстата Powermatik [1]

Технічна характеристика:

Модель –PJ–1696 НН

Артикул (400 В) – 1791283–RUHH.

Споживана (вихідна) потужність – 7,3 (5,6) кВт.

Частота обертання строгального валу – 5000 об/хв.

Діаметр строгального валу – 95 мм.

Максимальна ширина заготовки – 260 мм.

Глибина стругання за один прохід – 0–3,0 мм.

Розміри столу фугування (ДхШ) – 2438х406 мм.

Розміри фугувального упору (ДхВ) – 1200х133 мм.

Кут нахилу фугувального упору –45°–0–45°.

Діаметр витяжного патрубку – 152 мм.

Габаритні розміри (ДхШхВ) – 2440х1170х1092 мм.

Вага – 582 кг.

Аналіз конструкції вала

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

MI 131.00.1/Б 102/с 005 00-ПЗ

Арк.

7

Згідно з кресленням деталі, конструкція «Вал для ножів» має наступні особливості:

1. Загальні характеристики:

- Матеріал: Сталь 45 згідно з ДСТУ 7809:2015.
- Термічна обробка: Поліпшення (HRC 241–269HB), що забезпечує підвищену міцність і зносостійкість.
- Загальна довжина: 475 мм.
- Максимальний діаметр тіла вала: Ø95 мм.

2. Робочі частини:

- «Вал для ножів» має два шліцьових паза під ножі, розташовані під кутом 15° з фасками $4.5 \times 45^\circ$, що забезпечує фіксацію різальних інструментів.
- Різальна частина вала має вибірку під ножі довжиною 27 мм (вид Б–Б).

3. Посадочні місця:

- На обох кінцях вала передбачені посадки Ø44 мм h9, з допусками та шорсткістю Ra 1,6, що свідчить про точну посадку під підшипники або інші опори.
- Лівий кінець має шпонкову канавку розміром 10×3.3 мм, яка забезпечує фіксацію на ведучому валу чи шківі.
- Правий кінець виконаний із конусом Морзе 2 ($2^\circ 54' 47''$) та різьбою M20×1.5–7g, що дозволяє приєднання додаткового обладнання або притискної гайки.

4. Особливості обробки:

- Усі посадочні поверхні мають шорсткість Ra 1,6, що вказує на шліфування.
- Основні пази мають більш грубу обробку – Ra 3,2–Ra 16, що є допустимим для їх функції.
- Передбачено хімічне оксидування як покриття для захисту від корозії.

					MI 131.00.1/Б 102/с 005 00-ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5. Конструктивна симетрія:

- «Вал для ножів» симетричний щодо центральної осі, що забезпечує динамічну рівновагу при обертанні з високою частотою (важливо для уникнення вібрацій) [1].

Висновок: конструкція «Вал для ножів» фугувального верстата Powermatik оптимізована для забезпечення високої точності обробки деревини, тривалої експлуатації, ремонтпридатності та безпечної фіксації різального інструменту. Використання сталі 45, термічної обробки та високої точності обробки окремих ділянок робить деталь придатною для серійного виробництва та експлуатації в умовах деревообробних підприємств

1.2. Аналіз технологічності конструкції деталі «Вал для ножів» фугувального верстата Powermatik

1.2.1. Якісні показники технологічності

1. Конструктивна простота:

- «Вал для ножів» фугувального верстата Powermatik має відносно просту геометрію (циліндрична форма з симетрією), що спрощує обробку.

- Наявність стандартних елементів – конус Морзе 2, шпонкові канавки, отвори – спрощує уніфікацію та застосування стандартного інструменту.

2. Можливість уніфікації та стандартизації:

- Діаметри 44 мм, 95 мм, шпонка 10×3,3 – стандартизовані розміри згідно з DIN.

- Отвір під шпонку, різьба M20×1,5 – також відповідають стандартам.

3. Можливість механічної обробки:

- Усі поверхні допускають обробку на токарних верстатах загального призначення.

					MI 131.00.1/Б 102/с 005 00-ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Внутрішні елементи (шпонкові пази, отвори) обробляються стандартними інструментами: фрезами, свердлами, розточувальними головками.

4. Оброблюваність матеріалу:

- Матеріал: сталь 45 (ДСТУ 7809:2015) – конструкційна вуглецева сталь, яка добре піддається термообробці, точінню, шліфуванню.

5. Покриття:

- Хімічне оксидування (захисне покриття) – просте у реалізації, екологічно безпечне за умови дотримання стандартів [2].

Висновок: за якісними характеристиками можемо вважати, що деталь «Вал для ножів» фугувального верстата Powermatik – технологічна.

1.2.2. Кількісні показники технологічності

Таблиця 1.1

Кількісні показники технологічності [2]

Характеристика	Оцінка / Значення
1	2
Кількість базових операцій	6–8 (точіння, шліфування, фрезерування, сверління, нарізання різьби, термообробка, контроль)
Кількість установок	2–3 (залежно від верстата: з ЧПК або універсального)
Основні типи обладнання	Токарно–гвинторізний верстат, фрезерний, шліфувальний
Кількість складних поверхонь	Мінімальна (шпонкові пази, внутрішній конус)
Шорсткість поверхонь	Ra 1,6 (посадки), Ra 16 (пази) – допустима для валів
Точність посадочних поверхонь	h9 – середній клас точності (універсальне обладнання)
Довжина обробки	до 475 мм – підходить для обробки на стандартних центрах
Загальна трудомісткість	Невисока – залежить від обсягу партії та автоматизації

					МІ 131.00.1/Б 102/с 005 00-ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновок: за кількісними характеристиками можемо вважати, що деталь «Вал для ножів» фугувального верстата Powermatik – технологічна.

Висновки по технологічності деталі

- Технологічність конструкції «Вал для ножів» оцінюється як висока завдяки простоті геометрії, стандартизованим елементам, уніфікованим приєднувальним поверхням.
 - Обробка можлива на звичайному обладнанні, з мінімальною кількістю перестановок та без необхідності в складному інструменті.
 - Використання сталі 45 і термічної обробки забезпечує баланс між міцністю та технологічністю.
 - Рівень шорсткості та точності відповідає стандартам для валів, що працюють у підшипниках кочення.
 - Конструкція забезпечує доступність для серійного та дрібносерійного виробництва[2].

1.3. Визначення програми випуску деталей та типу виробництва

Для визначення програми випуску деталі «Вал для ножів» фугувального верстата Powermatik” необхідно врахувати:

- Призначення деталі – деталь використовується у складі фуганків (деревообробних верстатів).
- Характер виробництва – зазвичай деталі валів виготовляються в рамках:
 - виготовлення верстатів;
 - постачання запасних частин;
 - ремонту й технічного обслуговування деревообробного обладнання.

Можливі варіанти обсягу деталей наведені в табл. 1.2.

					<i>MI 131.00.1/Б 102/с 005 00-ПЗ</i>	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.2

Можливі варіанти обсягів випуску [4]

Сфера застосування	Орієнтовна програма випуску на рік
Серійне виробництво верстатів	500–3000 шт.
Виробництво запчастин	50–300 шт.
Індивідуальне / ремонтне	10–50 шт.

Типова програма випуску для машинобудівного заводу – 1000–1500 шт. на рік, якщо йдеться про серійне виробництво фуганків.

Таблиця 1.3

Тип виробництва визначається [4]

Критерій	Значення
Програма випуску	1000–1500 шт./рік
Номенклатура деталей	Обмежена, 1–3 типорозміри
Повторюваність виготовлення	Стабільна, з частими повтореннями
Спеціалізація обладнання	Частково спеціалізоване (токарне, фрезерне)
Устаткування	Універсальне та напіваавтоматичне
Оснащення	Шаблони, пристосування, шаблони для перевірки
Організація праці	Потокова або групова

За сукупністю ознак деталей «Вал для ножів» фугувального верстата Powermatik виготовляється в умовах серійного виробництва яке наведкно в табл. 1.4.

Таблиця 1.4

Тип виробництва: серійний [4]

Ознака	Значення
Тип	Серійний
Програма випуску	1000–1500 шт./рік
Коефіцієнт закріплення	2–3
Коефіцієнт повторюваності операцій	3–10
Технологічна оснащеність	Висока (часткова автоматизація)

					MI 131.00.1/Б 102/с 005 00-ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

«Вал для ножів» фугувального верстата Powermatik – це типова деталь серійного виробництва, з орієнтовним річним випуском у межах 1000–1500 одиниць, що обслуговується універсальними та спеціалізованими верстатами. Такий тип виробництва забезпечує раціональне співвідношення витрат і продуктивності.

Висновки до першого розділу

«Вал для ножів» фугувального верстата Powermatik є ключовим елементом деревообробного верстата, що забезпечує обертання ножів для стругання деревини. Його конструкція оптимізована для надійної роботи, точного монтажу та ефективної взаємодії з ріжучими елементами.

Конструкція вала має високий рівень технологічності: проста геометрія, уніфіковані посадочні місця, стандартні елементи (шпонки, конус Морзе), а також придатність до обробки на універсальних верстатах. Матеріал – сталь 45 – забезпечує необхідну міцність і довговічність після термічної обробки.

Визначено, що деталь виготовляється в умовах серійного типу виробництва з орієнтовною програмою випуску 1000–1500 штук на рік. Це дозволяє ефективно поєднувати механічну обробку, термообробку та контроль якості з помірними виробничими витратами.

					<i>MI 131.00.1/Б 102/с 005 00-ПЗ</i>	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1. Вибір конструкції заготовки та способу її виготовлення

Деталь «Вал для ножів» фугувального верстата Powermatik – це відповідальна деталь фугувального верстата з точними посадочними місцями, різьбою, конусом Морзе та шпонковими пазами. Вона має підвищені вимоги до міцності, жорсткості, зносостійкості та точності обробки.

Згідно з кресленням (див.рис.1.1):

- Матеріал: сталь 45 (ДСТУ 7809:2015) – конструкційна вуглецева сталь з хорошими механічними властивостями і технологічністю.
- Геометрія заготовки: циліндрична форма з потовщеним середнім сегментом.

З урахуванням форми та матеріалу, а також призначення деталі – найдоцільнішим варіантом способу отримання заготовки є –поковка.

Переваги отриманого методу (поковка):

- Економія матеріалу в порівнянні з прокатними заготовками.
- Попереднє формування переходів діаметрів, що зменшує об'єм механічної обробки.
- Висока продуктивність при серійному виробництві.
- Відповідність заготовки геометрії деталі.

Але для порівняння проведемо розрахунки для двох методів отримання заготовки, а саме: поковката круглий прокат.

2.1.1. Визначення коефіцієнту використання матеріалу

Коефіцієнт використання матеріалу визначаємо за формулою [2, 4]:

					<i>MI 131.00.1/Б 102/с 005 00-ПЗ</i>	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K_M = \frac{M_{\partial}}{M_3}.$$

де M_{∂} – маса деталі;

M_3 – маса заготовки.

Визначаємо розрахункову масу поковки [2, 4]:

$$M_3 = V_3 \times \rho,$$

де V_3 – об'єм заготовки поковки;

ρ – густина матеріалу заготовки ($\rho = 7,8 \times 10^{-6}$).

Об'єм заготовки поковки визначаємо за формулою:

$$V_3 = 2V_1 + 2V_2 + V_3.$$

де V_1, V_2, V_3 – об'єми циліндрів, що утворюють заготовку.

Об'єм циліндру рівний:

$$V = \frac{\pi \times d^2}{4} \times l,$$

де d – найбільший діаметр заготовки;

l – довжина заготовки.

За формулою визначаємо об'єми циліндрів, що утворюють заготовку:

$$V_1 = \frac{3.14 \times 44,0^2}{4} \times 80 = 121580_{\text{мм}^3}.$$

$$V_2 = \frac{3.14 \times 95^2}{4} \times 260 = 1842008_{\text{мм}^3}.$$

					<i>MI 131.00.1/Б 102/с 005 00-ПЗ</i>	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$V_3 = \frac{3,14 \times 44,0^2}{3,14} \times 105 = 159575 \text{ мм}^3.$$

За формулою визначаємо об'єм заготовки:

$$V_3 = 2123163 \text{ мм}^3.$$

Підставляємо значення в формулу [2, 4]:

$$M_3 = 2123163 \times 7,8 \times 10^{-6} = 15,6 \text{ кг.}$$

Тоді, коефіцієнт використання матеріалу рівний:

$$K_m = \frac{14,0}{15,6} = 0,89.$$

2.1.2. Економічне обґрунтування вибору заготовки

Визначаємо вартість заготовки отриманої поковки за формулою:

$$S_{\text{заг1}} = C_i \times Q \times K_t \times K_m \times K_c \times K_v \times K_n - (Q - q) \times S_{\text{від}},$$

де $C_i = 200$ грн. – ціна 1 кг поковки;

$S_{\text{від}} = 2,5$ грн. – ціна 1 кг відходів;

$Q = 15,6$ кг – маса заготовки;

$q = 14,0$ кг – маса деталі;

Коефіцієнти:

$K_t = 0,9$ – по нормальному класу точності;

$K_c = 0,87$ – по степені складності;

					<i>MI 131.00.1/Б 102/с 005 00-ПЗ</i>	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$K_v = 1,14$ – по масі;

$K_m = 1,18$ – по марці матеріалу;

$K_n = 1$ – по об'єму виробництва.

Підставивши значення в формулу, отримуємо [2, 4]:

$$S_{\text{заг1}} = 200 \times 15,6 \times 0,9 \times 1,18 \times 0,87 \times 1,14 \times 1 - (15,6 - 14,0) \times 2,5 = 821,1 \text{ грн.}$$

Визначаємо масу заготовки, отриманої круглим прокатом:

$$Q_{\text{заг.пр.}} = \frac{\pi \times D^2}{4} \times l \times \rho = \frac{3,14 \times 100^2}{4} \times 500 \times 7,8 \times 10^{-6} = 27,2 \text{ кг.}$$

Визначаємо коефіцієнт використання матеріалу для заготовки, отриманої прокатом:

$$K_m = \frac{14,0}{27,2} = 0,51.$$

Визначаємо вартість заготовки з прокату за формулою:

$$S_{\text{заг2}} = Q \times S - (Q - q) \times S_{\text{від}},$$

де $S = 39,0$ грн. – ціна 1 кг прокату;

$S_{\text{від}} = 2,5$ грн. – ціна 1 кг відходів;

$Q_{\text{заг.пр.}} = 27,2$ кг – маса заготовки;

$q = 14,0$ кг – маса деталі;

Підставивши значення в формулу:

$$S_{\text{заг2}} = 27,2 \times 39,0 - (27,2 - 14,0) \times 2,5 = 1616,0 \text{ грн.}$$

					<i>MI 131.00.1/Б 102/с 005 00-ПЗ</i>	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

За першим варіантом:

- коефіцієнт використання матеріалу – 0,89;
- вартість заготовки – 821,1 грн.

За другим варіантом (заводським):

- коефіцієнт використання матеріалу – 0,51;
- вартість заготовки – 1616,0 грн.

В табл. 2.1 представимо порівняння двох варіантів.

Таблиця 2.1

Порівняльна порівняння двох варіантів отримання заготовки

Показник	Поковка	Круглий прокат
Діаметр заготовки	Ø101/50мм	Ø100 мм
Довжина	490 мм	500 мм
Об'єм	≈ 0.00199 м³	≈ 0.00347 м³
Маса	≈ 15,6 кг	≈ 27,2 кг
Витрата металу	Низька	Висока
Припуски на обробку	Мінімальні	Максимальні
Трудомісткість токарної обробки	Нижча	Вища
Вартість одиниці заготовки	Вища (форма, прес)	Нижча (прокат стандартний)
Придатність до серійного випуску	Висока	Середня

Таблиця 2.2

Параметри заготовки отриманої поковкою

Параметр	Значення
Загальна довжина	490 мм
Діаметр центральної частини	Ø90 мм (з припуском)
Діаметри шийок	Ø50 мм з допуском –1.0/–3.0 мм
Торцеві припуски	по 3 мм з обох боків
Вказана база	Вихідна база – середня частина Ø90 мм
Радіуси переходів	R4 мм
Клас точності	T5
Ступінь складності	C2
Додатковий припуск на зсув з роз'єму	0,6 мм
Відхилення від площинності	до 1,0 мм

					MI 131.00.1/Б 102/с 005 00-ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- економить матеріал ($\approx$ на 43% менше ваги);
- зменшує обсяг токарної обробки;
- забезпечує стабільну якість вихідної геометрії.

Висновок: виходячи з раніше проведених розрахунків визначаємо, що вартість заготовки, отриманої поковкою становить 821,1 грн, а вартість заготовки, отриманої прокатом становить 1616,0 грн. Також виходячи з того, що коефіцієнт використання матеріалу для поковки 0,89 більший ніж для прокату 0,51, можна зробити висновок, що оптимальніше для даної деталі прийняти заготовку, отриману поковкою (рис.2.1).



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Арк.

2.2. Розробка технологічного маршруту виготовлення деталі

Розробка технологічного маршруту виготовлення деталі – це етап технологічного процесу, що визначає послідовність обробки заготовки до готової деталі з урахуванням вимог до якості, точності, продуктивності та економічності виробництва. Нижче наведено типову структуру маршруту для виготовлення типової деталі (наприклад, вала, втулки, корпусної деталі) у механоскладальному виробництві.

Таблиця 2.3

Розробка маршрутного технологічного процесу виготовлення деталі «Вал для ножів» фугувального верстата Powermatik

№ опер.	Назва операції	Зміст переходу	Обладнання (модель верстата)
1	2	3	4
005	Фрезерно–центрувальн	Фрезерування торців в розмір 475 мм і центрування з обох боків	2Г942 (фрезерно-центрувальний)
010	Токарна з ЧПК	Чорнове точіння ділянок Ø95 мм, Ø44 мм, Ø40 мм; Ø32; Ø30 мм	16К20Ф3 (токарно-гвинторізний з ЧПК)
015	Токарна з ЧПК	Чистове точіння Ø95 мм, Ø44 мм, Ø40 мм; Ø32; Ø30 мм та обробка фасок 2×45°	16К20Ф3 (токарно-гвинторізний з ЧПК)
020	Токарна з ЧПК	Точіння внутрішнього отвору Ø17,7 мм під конус Морзе 2	16К20Ф3 (токарно-гвинторізний з ЧПК)
025	Різенарізна	Нарізати різьМ30х1,5–7g	16К20Ф3 (токарно-гвинторізний з ЧПК)
030	Фрезерна	Фрезерування шпонкових пазів 10JS9 на l=32 мм та 8JS9 l=25мм	692Д (фрезерний)
035	Вертикально–свердлильна	Свердління 2 отворів під різь М6–7Н на на l=17мм	2Н135 (вертикально – свердлильний)

					МІ 131.00.1/Б 102/с 005 00-ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1	2	3	4
040	Горизонтально–фрезерна	Фрезерування двох пазів під ніж $b=23H11$ на $l=260\text{мм}$. Фрезерування двох пазів під ніж $b=6\text{ мм}$ на $l=260\text{мм}$	X6140 (горизонтально–фрезерний)
045	Загартування	Загартування до 241–269 HB, відпуск	Піч з програмним управлінням
050	Круглошліфувальна	Установ 1 Шліфування начисто поверхні $\varnothing 32K6$, $\varnothing 40K6$ до Ra 1.6. Установ 2 Шліфування начисто поверхні $\varnothing 32K6$, $\varnothing 40K6$ до Ra 1.6	3K12 (круглошліфувальний)
055	Обробка конуса	Шліфування конуса Морзе 2, контроль кута $2^{\circ}57'14''$	3M153 (універсальний шліфувальний)
060	Зачистка/миття	Видалення окалини, знежирення	Мийна установка
065	Остаточний контроль якості	Контроль розмірів, Ra, биття, співвісності, шпонки	Лабораторія ВТК + інструмент

2.3. Розрахунок загальних та міжопераційних припусків на обробку поверхонь деталі

Розрахунок припусків на обробку проводимо для поверхні $\varnothing 40K6$, а на решту оброблюваних поверхонь призначаємо припуски і допуски по ДСТУ 7505–99.

Таблиця 2.4

Розрахунок припусків та граничних розмірів за технологічними переходами
на обробку поверхні Ø40K6 [4]

Техн. переход и обробки поверхні Ø 40K6	Елементи припуска				Роз- вий прип. 2Z _{min} мкм	Роз- вий діа- метр d _с мм	До- пус к δ мкм	Критичні розміри		Критичні значення припусків	
	R _z мкм	T _{мкм}	ε _{мкм}	ρ _{мкм}				d _{min} мм	d _{max} х мм	2Z ^{пр} min мкм	2Z ^{пр} max мкм
Заго – товка	40	260	1	326		41,75	800	41,75	40,55		
Точіння	30	30	2 0	16	2*626	40,05	250	40,05	40,3	1700	2250
Шліфу- вання	10	20	1	–	2*76	39,9	100	39,9	40	150	300

Величини R_z і T складають:

R_z – 40 мкм, T – 260 мкм.

Для точіння:

R_z = 30мкм; T = 30 мкм.

Для шліфування:

R_z = 10мкм; T = 20 мкм.

Сумарне значення просторових відхилень для заготовки даного типу
визначиться за формулою:

$$\rho_3 = \sqrt{\rho_{\text{кор}}^2 + \rho_c^2}$$

					МІ 131.00.1/Б 102/с 005 00-ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Викривлення слід враховувати як у діаметральному, так і в осьовому його перетині, тому:

$$\rho_{\text{кор}} = \sqrt{(\Delta_{\text{к.}}$$

$$d)^2 + (\Delta_{\text{кл}})^2}$$

$$\rho_{\text{кор}} = \sqrt{(0,7 \times 40)^2 + (0,7 \times 114)^2} = 85 \text{ мкм.}$$

Для нашого випадку $\rho_{\text{ст}}$ згідно схеми дорівнює допуску на довжину 16 мм.

Отже, $\rho_{\text{ст}}$ приймаємо рівним 300 мкм.

Тоді:

$$\rho_3 = \sqrt{85^2 + 300^2} = 326 \text{ мкм.}$$

Залишкове просторове відхилення після розточування:

$$\rho_1 = 0,05 \times \rho_3 = 0,05 \times 326 = 16 \text{ мкм.}$$

Похибка установки заготовки в оправці приймаємо:

$$\varepsilon_y = 20 \text{ мкм.}$$

Залишкова похибка установки:

$$\varepsilon_{y2} = 0,05 \times \varepsilon_y = 0,05 \times 20 = 1 \text{ мкм.}$$

На підставі записаних у таблиці даних виробляємо розрахунок мінімальних значень міжопераційних припусків, користуючись основною формулою:

					<i>MI 131.00.1/Б 102/с 005 00-ПЗ</i>	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$2Z_{\min} = 2 \times (R_{zi-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \epsilon_i^2}).$$

Мінімальний припуск під точіння:

$$2Z_{\min 1} = 2 \times (40 + 260 + \sqrt{326^2 + 20^2}) = 2 \times 626 \text{ мкм.}$$

Шліфування:

$$2Z_{\min 2} = 2 \times (30 + 30 + \sqrt{16^2 + 1^2}) = 2 \times 76 \text{ мкм.}$$

Колонка в табл.2.4. «Розрахунковий розмір» (de) заповнюється починаючи з кінцевого (креслярського) розміру послідовним збільшенням розрахункового мінімального припуску кожного технологічного переходу:

$$d_2 = 39,9 + 0,152 = 40,052 \approx 40,05 \text{ мм.}$$

$$d_1 = 40,05 + 1,252 = 41,232 \approx 41,32 \text{ мм.}$$

Визначаємо найбільші граничні розміри додатком допуску на обробку по округленому розміру:

$$d_{\max 2} = 39,9 + 0,1 = 40 \text{ мм.}$$

$$d_{\max 1} = 40,05 + 0,25 = 40,3 \text{ мм.}$$

$$d_{\max 3} = 41,75 + 0,8 = 42,55 \text{ мм.}$$

Граничні значення припусків $Z_{\text{прmax}}$ визначаємо як різницю найменших граничних розмірів і $Z_{\text{прmin}}$ – як різниця найменших граничних розмірів попереднього і виконуваного переходів [2, 4]:

$$2 Z_{\text{прmax} 2}^{\text{пр}} = 40,3 - 40 = 0,3 \text{ мм} = 300 \text{ мкм.}$$

					<i>MI 131.00.1/Б 102/с 005 00-ПЗ</i>	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$2Z_{\max 1}^{\text{пр}} = 42,55 - 40,3 = 2,25 \text{ мм} = 2250 \text{ мкм.}$$

$$2Z_{\min 2}^{\text{пр}} = 40,05 - 39,9 = 0,15 \text{ мм} = 150 \text{ мкм.}$$

$$2Z_{\min 1}^{\text{пр}} = 41,75 - 40,05 = 1,7 \text{ мм} = 1700 \text{ мкм.}$$

Загальні припуски $Z_{\max}$ і $Z_{\min}$ визначаємо, підсумовуючи проміжні припуски, і записуємо їх значення внизу відповідних граф:

$$2Z_{\min} = 1700 + 150 = 1850 \text{ мкм.}$$

$$2Z_{\max} = 2250 + 300 = 2550 \text{ мкм.}$$

Загальний номінальний припуск:

$$Z_{\text{оном}} = Z_{\min} + H_3 - H_q.$$

Нижнє відхилення заготовки знаходимо за ДСТУ:

$$H_3 = 400 \text{ мкм.}$$

$$Z_{\text{оном}} = 1850 + 400 - 100 = 2150 \text{ мкм.}$$

$$d_{\text{зном}} = 39,9 + 2,150 = 42,05 \text{ мм.}$$

Робимо перевірку правильності виконаних розрахунків:

$$Z_{\max 2}^{\text{пр}} - Z_{\min 2}^{\text{пр}} = 300 - 150 = 150 \text{ мкм.}$$

$$\delta_2 - \delta_1 = 250 - 100 = 150 \text{ мкм.}$$

					<i>MI 131.00.1/Б 102/с 005 00-ПЗ</i>	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Z_{\max 1}^{\text{пр}} - Z_{\min 1}^{\text{пр}} = 2250 - 1700 = 550 \text{ мкм.}$$

$$\delta_3 - \delta_2 = 800 - 250 = 550 \text{ мкм.}$$

Висновок: проведені розрахунки припусків на обробку для поверхні $\varnothing 40 \text{ К6}$ виконані вірно.

2.4. Розробка та обґрунтування технологічних операцій технологічного процесу

Операція 005 Фрезерно-центрувальна

Зміст операції: 1. Фрезерувати 2 торці в розмір 475 мм. 2. Центрувати два торця А5х10 ДСТУ 14034-95.

Металообробне обладнання: фрезерно-центрувальний верстат мод. 2Г942.

Різальний інструмент – 1. Фреза торцева права, ліва, $\varnothing 75$, Т15К6, ДСТУ 24359-99; 2. Свердло центрувальне $\varnothing 5$, Р6М5, ДСТУ 14952-95

Пристосування – Верстатні лещата.

Контрольно-вимірювальний інструмент – штангенциркуль індикаторний ШЦ I 0–400 мм ц–0,01.

					<i>МІ 131.00.1/Б 102/с 005 00-ПЗ</i>	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

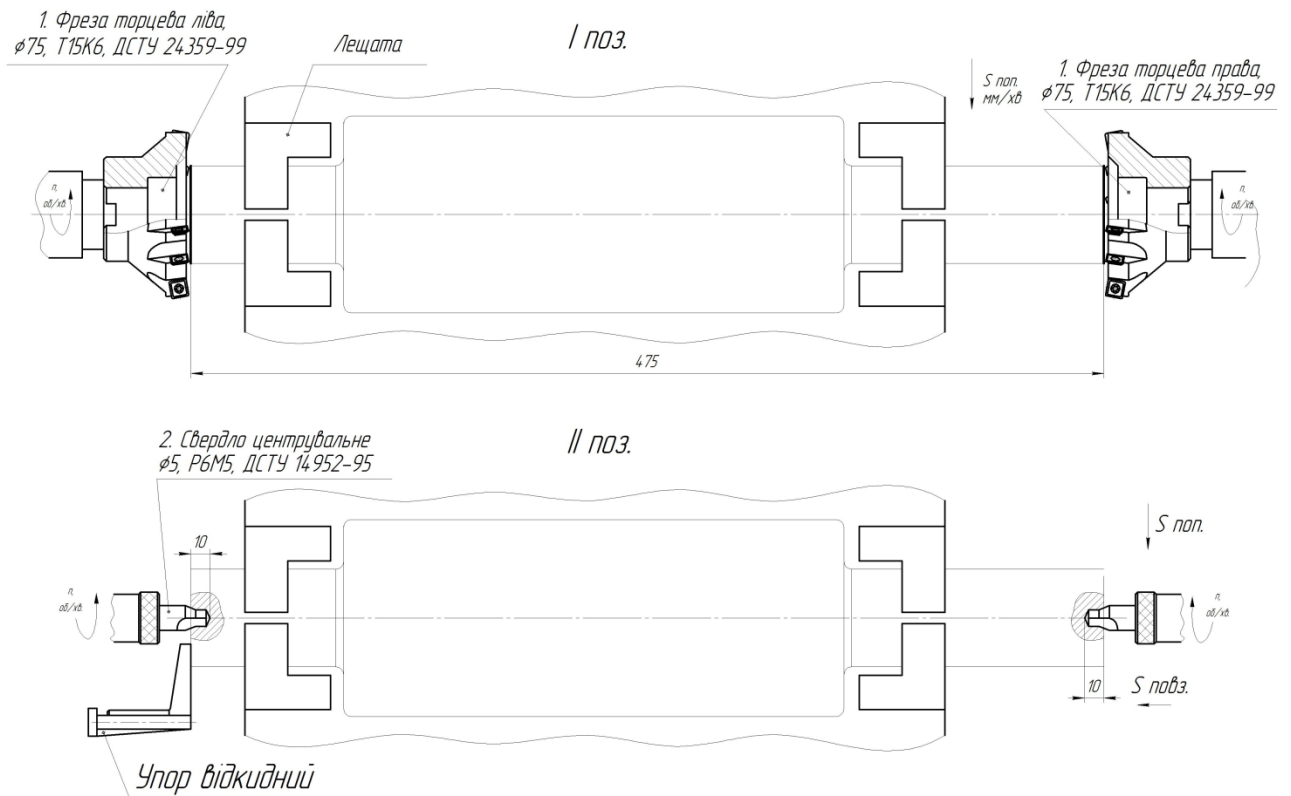


Рисунок 2.2. Операція 005 Фрезерно-центрувальна

Операція 030 Фрезерна

Зміст операції: Фрезерування шпонкових пазів 10JS9 на $l=32$ мм та 7JS9 на $l=25$ мм.

Металообробне обладнання: шпонково-фрезерний верстат мод. 692Д.

Різальний інструмент –Шпонкова фреза $\phi 10$ та $\phi 7$ мм ВК6 ДСТУ16225–99.

Пристосування – Спеціальний розроблений пристрій.

Контрольно-вимірювальний інструмент –штангенциркуль індикаторний ШЦ I 0–400мм ц–0,01.

					МІ 131.00.1/Б 102/с 005 00-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

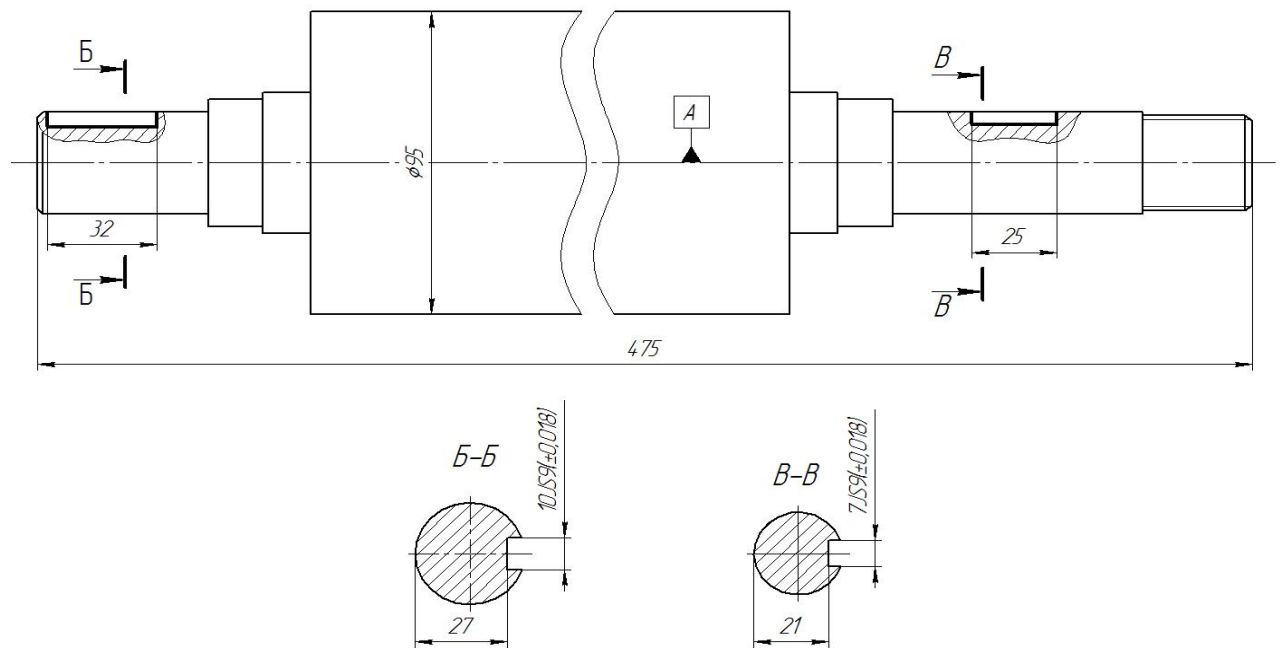


Рисунок 2.3. Операція 030Фрезерна

Операція 050 Круглошліфувальна

Зміст операції:

Установ 1.

1. Шліфувати начисто $\varnothing 32\text{K}6$. 2. Шліфувати начисто $\varnothing 40\text{K}6$.

Установ 2.

1. Шліфувати начисто $\varnothing 32\text{K}6$. 2. Шліфувати начисто $\varnothing 40\text{K}6$.

Металообробне обладнання: круглошліфувальний верстат мод. 3К12.

Різальний інструмент –Шліфувальний круг ПП 200x50x40 24А40С27К8
А 35 м/с ДСТУ 2424-99.

Пристосування – Патрон повідковий.

Контрольно – вимірювальний інструмент –штангенциркуль індикаторний
ШЦ I 0–400мм ц–0,01.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МІ 131.00.1/Б 102/с 005 00-ПЗ

Арк.

28

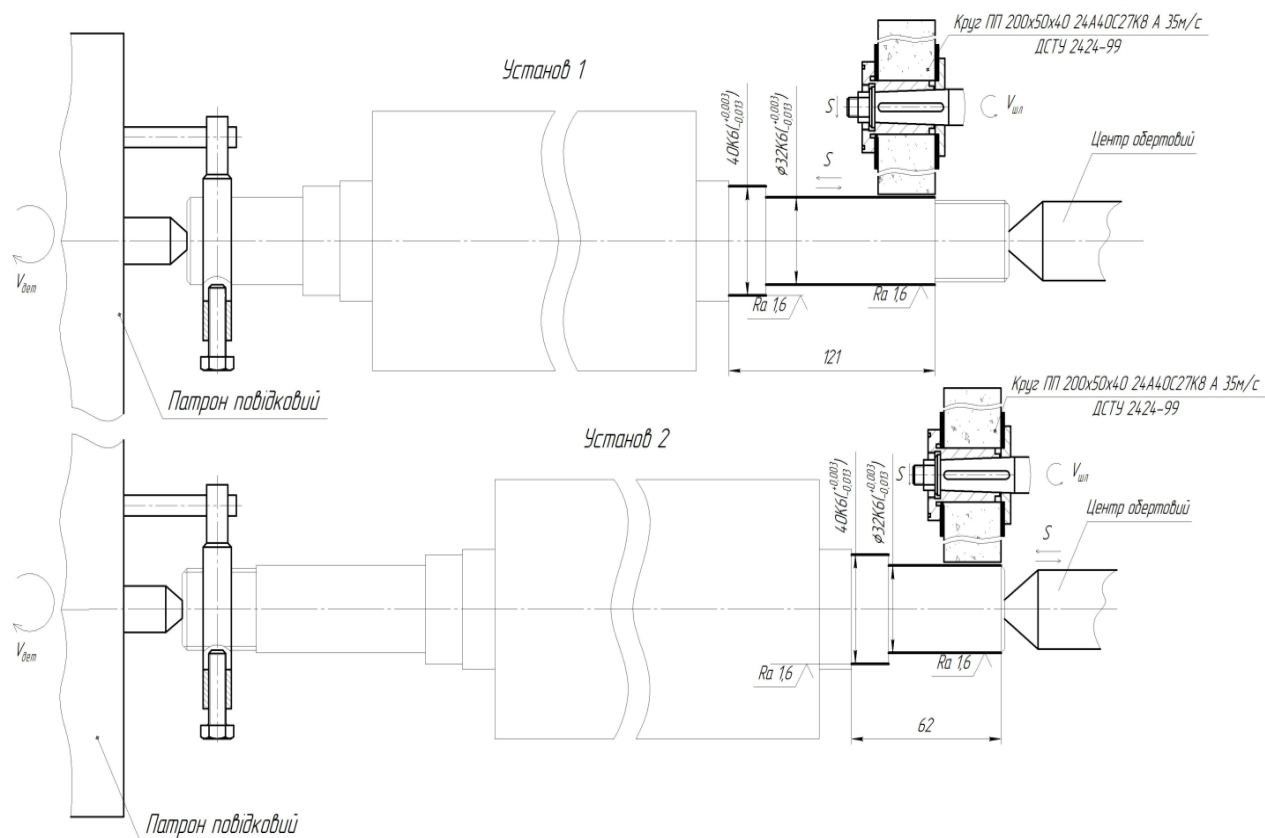


Рисунок 2.3. Операція 050Круглошліфувальна

2.5. Вибір технологічного обладнання

Вибір технологічного обладнання— це процес визначення та обґрунтування конкретних верстатів, пристроїв, оснащення та інструментів, які забезпечують ефективне виготовлення виробу відповідно до вимог креслення, допусків, обсягів виробництва й типу обробки.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

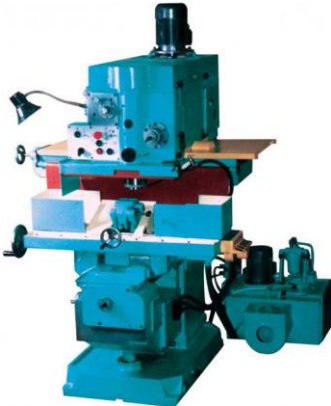
МІ 131.00.1/Б 102/с 005 00-ПЗ

Арк.

29

Таблиця 2.5

Металорізальні верстати для обробки деталі

№ п/п	Модель верстата	Примітка
1	2	3
1	2Г942 (фрезерно–центрувальний) 	Для обробки торців і центрування заготовок валів перед подальшими операціями
2	16К20Ф3 (токарно–гвинторізний з ЧПК) 	Точіння зовнішніх/внутрішніх поверхонь, нарізання різьб, обробка конусів
3	692Д (шпонково–фрезерний) 	Забезпечує точність паза до 7 квалітету; максимальна довжина паза – до 300 мм

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

MI 131.00.1/Б 102/с 005 00-ПЗ

Арк.

30

1	2	3
4	2Н135 (вертикально–свердильний) 	Свердління, розсвердлювання, зенкерування отворів в масивних деталях
5	6Р80 (горизонтально–фрезерний) 	Обробка площин, пазів, уступів горизонтальним фрезеруванням
6	3К12 (круглошліфувальний) 	Зовнішнє шліфування циліндричних та конічних поверхонь валів

2.6. Вибір засобів технологічного оснащення

Таблиця 2.6

Технологічне оснащення

№	Назва інструмента	Пристрій	Вимірювальний Інструмент
1	2	3	4
1	2214-0502 Фреза ДСТУ 28719-99, 2317-0034 Свердло центровочне ДСТУ 14952-95	Лещата ДСТУ 5.1310-98	Штангенцикуль ШЦЦ-III-250-500- 0,01 ДСТУ 166-99
2	2101-0551 Різець ДСТУ 18870-73	Патрон 3-х кулачковий 1287- 3421 ДСТУ 3456	Штангенцикуль ШЦЦ-III-250-500- 0,01 ДСТУ 166-99
3	2101-0551 Різець ДСТУ 18870-93	Патрон 3-х кулачковий 1287- 3421 ДСТУ 3456	Штангенцикуль ШЦЦ-III-250-800- 0,01 ДСТУ 166-89
4	2101-0551 Різець ДСТУ 18870-73, 035-2126-1827 Різець ОСТ 2410-7-94, 2136-0701 Різець ДСТУ 18875-93	Патрон 3-х кулачковий 1287- 3421 ДСТУ 3456	Штангенцикуль ШЦЦ-III-250-800- 0,01 ДСТУ 166-99
5	2101-0551 Різець ДСТУ 18870-93, 035-2126-1827 Різець ОСТ 2410-7-94, 2136-0701 Різець ДСТУ 18875-93	Патрон 3-х кулачковий 1287- 3421 ДСТУ 3456	Штангенцикуль ШЦЦ-III-250-800- 0,01 ДСТУ 166-99
6	2234-0361 Фреза ø10 та ø8 мм ДСТУ 9140-98	Затискний пристрій (спец.)	Штангенцикуль ШЦЦ-III-250-800- 0,01 ДСТУ 166-89
7	Круг 1 500x80x305 14A 16-П СТ К 35 м/с А 1кл ДСТУ 2424-83	Патрон повідковий ДСТУ 2571-98	Штангенцикуль ШЦЦ-III-250-800- 0,01 ДСТУ 166-99
8	Круг 1 500x80x305 14A 16-П СТ К 35 м/с А 1кл ДСТУ 2424-83	Патрон повідковий ДСТУ 2571-98	Штангенцикуль ШЦЦ-III-250-800- 0,01 ДСТУ 166-99

					MI 131.00.1/Б 102/с 005 00-ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.7. Розрахунок режимів різання

Операція 030 Шпонково–фрезерна

Розрахуємо режими різання при фрезеруванні шпонкових пазів 10JS9 на $l=32$ мм та 8JS9 $l=25$ мм [4]:

Різальний інструмент – шпонкова фреза $\varnothing 10$, $\varnothing 8$ мм 2234–0361 ДСТУ 9140–98, швидкорізальна сталь Р6М5.

Верстат – шпоночно–фрезерний мод. 692Д.

Допустима розрахункова швидкість згідно [18]:

$$v = \frac{C_v D^q}{T^m t^x S_Z^y B^u Z^p} \cdot K_v = \frac{46,7 \cdot 10^{0,45}}{50^{0,33} \cdot 5^{0,5} \cdot 0,026^{0,26} \cdot 14^{0,1} \cdot 2^{0,1}} \cdot 1,09 = 35 \text{ м / хв.}$$

де $C_v=46,7$ – коефіцієнт, що характеризує матеріал заготовки і фрези;

$t=5$ – глибина різання начорно, мм;

$T=50$ –стійкість фрези, хв;

$Z=2$ – кількість зубців;

$B=12$ – ширина фрезерування, мм;

$D=14$ – діаметр фрези, мм;

$S_Z=0,026$ –подача на зуб, мм/зуб;

m, x, q, y, u, p –показники степені;

K_v – поправочний коефіцієнт:

$$K_v = K_{\mu v} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} = 0,95 \cdot 1 \cdot 1,15 = 1,09$$

де:

$$K_{\mu v} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_s} \right)^{n_v} = 1 \cdot \left(\frac{750}{790} \right)^{0,9} = 0,95;$$

$K_r=1$ –показник, що характеризує групу сталі по оброблюваності;

					МІ 131.00.1/Б 102/с 005 00-ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$K_{nv} = 1$ – коефіцієнт, що характеризує стан поверхневого шару заготовки;

$K_{uv} = 1,15$ – коефіцієнт. Що враховує матеріал інструменту для Т15К6.

Число обертів фрези:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 35}{3,14 \cdot 10} = 929 \text{об} / \text{хв},$$

Приймаємо $n = 900 \text{об} / \text{хв}$.

Тоді фактична швидкість [18]:

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 12 \cdot 900}{1000} = 34 \text{м} / \text{хв}$$

Подача на оберт:

$$S_{об} = S_z \cdot Z = 0,026 \cdot 2 = 0,052 \text{мм} / \text{об}$$

Хвилинна подача:

$$S_{хв} = S_{об} \cdot n = 0,052 \cdot 900 = 46,8 \text{мм} / \text{хв}$$

Для даного способу установки обираємо формулу для розрахунку сили різання:

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

де $C_p = 68,2$ – коефіцієнт;

$B=10$ – ширина фрезерування, мм;

$D=10$ – діаметр фрези, мм;

$S_z=0,026$ – подача на зуб, мм/зуб;

					МІ 131.00.1/Б 102/с 005 00-ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

q, u, w, x, y—показники степені;

K_{mp} — коефіцієнт, який враховує вплив якості оброблюваного матеріалу:

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_s}{750} \right)^n = \left(\frac{790}{750} \right)^{0,75} = 1,04$$

де $\sigma_s = 790 \text{ МПа}$;

$N=0,75$ — показник при визначенні окружної сили.

Отже, тангенціальна сила різання при фрезеруванні:

$$P_z = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 5^{0,89} \cdot 0,026^{0,72} \cdot 10^1 \cdot 2 \cdot 1,04}{10^{0,86} \cdot 900^0} = 600 \text{ Н}$$

Крутний момент на шпинделі:

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100} = \frac{600 \cdot 10}{200} = 34 \text{ Нм}$$

Потужність різання:

$$N_e = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{600 \cdot 34}{61200} = 0,33 \text{ кВт}$$

Операція 010 Токарна з ЧПК

Розрахуємо аналогічно режими різання на чорнову токарну обробку циліндричної поверхні вала. Зміст операції:

1. Чорнове точіння ділянок Ø95 мм, Ø44 мм, Ø40 мм; Ø32; Ø30 мм.

Різальний інструмент – різець прохідний, Т15К6, 2101–0551 ДСТУ 18870–99.

Верстат – токарно–гвинторізний з ЧПК мод.16К20Ф3.

					МІ 131.00.1/Б 102/с 005 00-ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Допустима швидкість різання [18]:

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y} \cdot K_v = \frac{340}{60^{0,2} \cdot 1,5^{0,15} \cdot 0,5^{0,45}} \cdot 0,94 = 181 \text{ м / хв}$$

де $C_v=340$ – коефіцієнт, що характеризує матеріал заготовки і інструмента;

$t=1,5$ – глибина різання начорно, мм;

$T=60$ –стійкість інструмента, хв;

$S_{об}=0,5$ –подача, мм/об;

m, x, y –показники степені;

$K_v=0,94$ – поправочний коефіцієнт:

Число обертів:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 181}{3,14 \cdot 95} = 433 \text{ об / хв},$$

Приймаємо $n = 400 \text{ об / хв}$.

Тоді:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 95 \cdot 400}{1000} = 167 \text{ м / хв};$$

Розрахуємо основний машиний час обробки за формулою:

$$T_o = \frac{L_{р.х}}{S_o \cdot n} = \frac{204}{0,5 \cdot 400} = 1 \text{ хв};$$

де $L_{р.х}$ – довжину робочого ходу суппорту.

Аналогічно розрахуємо режими різання на підрізання торця:

$$V = 167 \text{ м / хв};$$

					МІ 131.00.1/Б 102/с 005 00-ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$n = 400 \text{ об} / \text{хв}$$

$$T_o = \frac{L_{p.x}}{S_o \cdot n} = \frac{31}{0,5 \cdot 400} = 0,15 \text{ хв.}$$

Визначення режимів різання табличним методом

Операція 015 Токорна з ЧПК

Розрахуємо режими різання на чистову токарну обробку циліндричних поверхонь вала. Зміст операції:

1. Чистове точіння Ø95 мм, Ø44 мм, Ø40 мм; Ø32; Ø30 мм та обробка фасок 2×45°.

Різальний інструмент – різець прохідний, Т15К6, 2101–0551 ДСТУ 18870–99; 035–2126–1827 різець ДСТУ 2410–94, Т15К6; 2136–0701 різець ДСТУ 18875–99.

Верстат – токарно–гвинторізний з ЧПК мод.16К20Ф3.

1. Вибираючи данні з маршруту обробки та табличних даних, визначаємо довжину робочого ходу супорту за формулою [18]:

$$L_{p.x} = L + l = 260 + 5 = 265 \text{ мм};$$

де L – довжина різання,

l – підвід, врізання та перебіг інструменту, мм;

Призначаємо величину подачі супорта на оберт шпинделя:

$$S_o = 0,5 \text{ мм} / \text{об};$$

Глибина різання:

$$t = 0,5 \text{ мм};$$

Визначаємо стійкість інструменту по нормативам:

					<i>MI 131.00.1/Б 102/с 005 00-ПЗ</i>	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T = 60xв;$$

Визначаєм швидкість різання за формулою:

$$V = V_{ТАБЛ} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 = 160 \cdot 0,75 \cdot 1,55 \cdot 0,8 = 149м / хв;$$

де $V_{ТАБЛ}$ – табличне значення швидкості;

K_1 – коефіцієнт, який залежить від матеріалу, що оброблюється;

K_2 – коефіцієнт, який залежить від стійкості та марки матеріалу ріжучою частини;

K_3 – коефіцієнт, який залежить від виду обробки;

Розрахуємо рекомендоване число обертів шпинделя станка за формулою [18]:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 149}{3,14 \cdot 95} = 359об / хв;$$

Обираємо найближче значення числа обертів верстату:

$$n = 315об / хв;$$

Уточнюємо швидкість різання по прийнятому значенню числа обертів шпинделя, за формулою:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 95 \cdot 315}{1000} = 130м / хв;$$

Розрахуємо основний машиний час обробки за формулою [18]:

$$T_{01} = \frac{L_{р.х}}{S_o \cdot n} = \frac{265}{0,5 \cdot 315} = 1,5хв;$$

					<i>MI 131.00.1/Б 102/с 005 00-ПЗ</i>	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Точіння поверхні $\varnothing 40$ мм.

Довжина робочого ходу супорту:

$$L_{p.x} = L + l = 16 + 5 = 21 \text{ мм};$$

Призначаємо величину подачі супорта на оберт шпинделя:

$$S_o = 0,1 \text{ мм / об};$$

Глибина різання:

$$t = 0,5 \text{ мм};$$

Швидкість різання:

$$V = V_{\text{ТАБЛ}} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 = 77 \cdot 0,75 \cdot 1,25 \cdot 0,9 = 65 \text{ м / хв};$$

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 65}{3,14 \cdot 40} = 412 \text{ об / хв};$$

Приймаємо:

$$n = 400 \text{ об / хв};$$

Тоді швидкість різання:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 40 \cdot 400}{1000} = 63 \text{ м / хв};$$

$$T_{o2} = \frac{L_{p.x}}{S_o \cdot n} = \frac{1,5}{0,1 \cdot 400} = 0,04 \text{ хв};$$

					<i>MI 131.00.1/Б 102/с 005 00-ПЗ</i>	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.Зняття фасок.

Довжина робочого ходу супорту [18]:

$$L_{p.x} = L + l = 1,5 + 1 = 2,5 \text{ мм};$$

Призначаємо величину подачі супорта на оберт шпинделя:

$$S_o = 0,15 \text{ мм / об};$$

Глибина різання:

$$t = 1,5 \text{ мм};$$

Швидкість різання:

$$V = V_{ТАБЛ} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 = 27 \cdot 0,6 \cdot 1,15 \cdot 1 = 19 \text{ м / хв};$$

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 19}{3,14 \cdot 38,2} = 120 \text{ об / хв};$$

Приймаємо:

$$n = 125 \text{ об / хв};$$

Тоді швидкість різання:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 38,2 \cdot 125}{1000} = 20 \text{ м / хв};$$

$$T_{O3} = \frac{L_{p.x}}{S_o \cdot n} \cdot i = \frac{1,5}{0,15 \cdot 125} \cdot 3 = 0,24 \text{ хв};$$

Тоді основний час на операцію 025 становить:

					МІ 131.00.1/Б 102/с 005 00-ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T_O = \sum T_{0i} = T_{01} + T_{02} + T_{03} = 1,5 + 0,04 + 0,24 = 1,78 \text{ хв};$$

Аналогічним методом розраховуємо режими різання на інші операції, визначенні дані записуємо до табл. 2.7 [18] .

Операція 050 Круглошліфувальна

Установ 1

Розрахуємо режими різання на чорнове шліфування циліндричних поверхонь вала діаметром Ø40К6.

Абразивний інструмент –Круг 1500х80х305 14А 16–П СТ К 35 м/с А 1кл ДСТУ 2424–93.

Верстат – круглошліфувальний мод. 3К12.

Припуск на шліфування – 0,144 мм.

Згідно технічній характеристиці шліфувального круга становить швидкість обертання $V_{KP} = 35 \text{ м / с};$

Тоді частота обертання круга:

$$n_{KP} = \frac{1000 \cdot 60 \cdot V_{KP}}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 60 \cdot 35}{3,14 \cdot 500} = 1338 \text{ об / хв};$$

Швидкість обертання деталі:

$$V = 30...40 \text{ м / хв};$$

Приймаємо $V = 39 \text{ м / хв};$

Частота обертання деталі

					<i>MI 131.00.1/Б 102/с 005 00-ПЗ</i>	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 39}{3,14 \cdot 40} = 25006 / \text{хв};$$

Поперечна подача (хвилинна):

$$S_{XB} = S_{ТАБЛ} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 = 1,4 \cdot 1 \cdot 0,5 \cdot 1 = 0,7 \text{ мм} / \text{хв};$$

де K_1 – коефіцієнт, що залежить від оброблюваного матеріалу та швидкості круга;

K_2 – коефіцієнт, що залежить від припуску та точності;

K_3 – коефіцієнт, що залежить від діаметра круга, кількості кругів та поверхні;

Час виходжування:

$$t_{вих} = 0,13 \text{ хв};$$

Основний час:

$$T_o = \left(\frac{1,3 \cdot a}{S_{XB}} + t_{вих} \right) \cdot i = \left(\frac{1,3 \cdot 0,144}{0,7} + 0,13 \right) \cdot 3 = 1,14 \text{ хв};$$

Установ 2

Розрахуємо режими різання на чорнове шліфування циліндричних поверхонь вала діаметром Ø32К6.

Абразивний інструмент – Круг 1500х80х305 14А 16–П СТ К 35 м/с А 1кл ДСТУ 2424–93.

Верстат – круглошліфувальний мод. 3К12.

Припуск на шліфування – 0,076 мм.

Згідно технічній характеристиці шліфувального круга становить швидкість обертання $v_{кр} = 35 \text{ м} / \text{с}$;

					MI 131.00.1/Б 102/с 005 00-ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тоді частота обертання круга:

$$n_{KP} = \frac{1000 \cdot 60 \cdot V_{KP}}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 60 \cdot 35}{3,14 \cdot 500} = 1338 об / хв;$$

Швидкість обертання деталі:

$$V = 30...40 м / хв;$$

Приймаємо $V = 39 м / хв$;

Частота обертання деталі:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 39}{3,14 \cdot 32} = 250 об / хв;$$

Поперечна подача (хвилинна), згідно з [2, КАРТА Ш–1]:

$$S_{XB} = S_{ТАБЛ} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 = 0,4 \cdot 1 \cdot 0,5 \cdot 1 = 0,2 мм / хв;$$

де K_1 – коефіцієнт, що залежить від оброблюваного матеріалу та швидкості круга;

K_2 – коефіцієнт, що залежить від припуску та точності;

K_3 – коефіцієнт, що залежить від діаметра круга, кількості кругів та поверхні;

Час виходжування:

$$t_{вих} = 0,13 хв;$$

Основний час:

					MI 131.00.1/Б 102/с 005 00-ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T_o = \left(\frac{1,3 \cdot a}{S_{XB}} + t_{\text{вих}} \right) \cdot i = \left(\frac{1,3 \cdot 0,076}{0,2} + 0,13 \right) \cdot 2 = 0,62 \cdot 2 = 1,24 \text{ хв};$$

2.8. Технічне нормування технологічного процесу

Операція 030 Шпоночнофрезерна

Розрахуємо норми основного та штучно-калькуляційного часу на операцію 030 – фрезерування шпонкового пазу.

Різальний інструмент– шпонкова фреза N10 2234–0361 ДСТУ 9140–98, швидкорізальна сталь Р6М5 , D=10 мм, z=2, B=10 мм.

Верстат – шпоночно-фрезерний мод. 692Д.

Основний час:

$$T_o = \frac{L_x}{S_{XB}} \cdot i = \frac{70+6+0}{46,8} \cdot 1 = 1,62 \text{ хв}$$

де $L_x = l_o + y + \Delta$ – розрахункова довжина робочого ходу, мм;

l_o – довжина різання, мм;

y – довжина врізання та підходу інструмента, мм;

Δ – довжина перебігу інструмента, мм;

i – кількість проходів.

Оперативний час:

$$T_{оп} = T_o + T_{дон} = 1,62 + 0,76 = 2,38 \text{ хв}$$

де $T_{дон}$ – допоміжний час на операцію, хв.

$$T_{дон} = T_{уст} + T_{пер} + T_{зм} + T_{к} = 0,18 + 0,38 + 0 + 0,2 = 0,76 \text{ хв}.$$

					МІ 131.00.1/Б 102/с 005 00-ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $T_{уст}$ – час на встановлення, затискання та зняття деталі;

$T_{пер}$ – час, пов'язаний з переходом, хв.;

$T_{зм}$ – час, що необхідний для зміни режимів роботи верстата, та на заміну різального інструмента, хв.;

T_k – час на контрольні вимірювання, хв.;

Норма штучного часу:

$$T_{шт} = T_o + T_{дон} + T_{обс} + T_{відп} = 1,62 + 0,76 + 0,035 \cdot 2,38 + 0,07 \cdot 2,38 = 2,63 \text{ хв}$$

де $T_{обс} = 3,5\%(T_{оп})$ – час на обслуговування робочого місця, хв.;

$T_{відп} = 7\%(T_{оп})$ – час на відпочинок, хв.;

Норма штучно–калькуляційного часу:

$$T_{шт.к} = T_{шт} + \frac{T_{п.з}}{n} = 2,63 + \frac{15}{22} = 3,31 \text{ хв.}$$

де $T_{п.з}$ – підготовчо–заключний час, хв.;

n – кількість деталей в партії, шт.

Норми основного та штучно–калькуляційного часу на наступні операції розраховуються аналогічно і заносяться до технологічної документації [18].

Токарна операція з ЧПК 010

Різальний інструмент – різець прохідний, Т15К6, 2101–0551 ДСТУ 18870–93

Верстат – токарно–гвинторізний мод.16К20Ф3.

Основний час:

$$T_o = 1,15 \text{ хв}$$

Допоміжний час:

$$T_{дон} = T_{уст} + T_{пер} + T_{зм} + T_k = 0,65 + 0,12 \cdot 2 + 0,2 + 0,13 = 1,22 \text{ хв}$$

де $T_{уст}$ – 0,65;

					МІ 131.00.1/Б 102/с 005 00-ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T_{\text{пер}} - 0,12;$$

$$T_{\text{зм}} - 0,2;$$

$$T_{\text{к}} - 0,13;$$

Оперативний час:

$$T_{\text{оп}} = 1,15 + 1,22 = 2,37 \text{ хв.}$$

Норма штучного часу:

$$T_{\text{шт}} = 1,15 + 1,22 + 0,035 \cdot 2,37 + 0,04 \cdot 2,37 = 2,55 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{обс}} = 3,5\%(T_{\text{оп}});$$

$$T_{\text{відп}} = 4\%(T_{\text{оп}});$$

Норма штучно-калькуляційного часу:

$$T_{\text{шт.к}} = 2,55 + \frac{14}{22} = 3,2 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{п.з}} = 14 \text{ хв.}$$

Токарна операція з ЧПК 015

Різальний інструмент – різець прохідний, Т15К6, 2101–0551 ДСТУ 18870–93; 035–2126–1827 різець ДСТУ 2410–94, Т15К6; 2136–0701 різець ДСТУ 18875–93.

Верстат – токарно-гвинторізний мод.16К20Ф3.

Основний час:

$$T_{\text{о}} = 1,78 \text{ хв.}$$

					<i>MI 131.00.1/Б 102/с 005 00-ПЗ</i>	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Допоміжний час [18]:

$$T_{\text{доп}} = T_{\text{уст}} + T_{\text{пер}} + T_{\text{зм}} + T_{\text{к}} = 0,65 + 0,12 \cdot 3 + 0,2 + 0,13 = 1,34 \text{ хв} .$$

де $T_{\text{уст}}$ – [6, КАРТА 2];

де $T_{\text{уст}} = 0,65$;

$T_{\text{пер}} = 0,12$;

$T_{\text{зм}} = 0,2$;

$T_{\text{к}} = 0,13$.

Оперативний час [18]:

$$T_{\text{оп}} = 1,78 + 1,34 = 3,12 \text{ хв} .$$

Норма штучного часу:

$$T_{\text{шт}} = 1,78 + 1,34 + 0,035 \cdot 3,12 + 0,04 \cdot 3,12 = 3,35 \text{ хв} .$$

$$T_{\text{обс}} = 3,5\% (T_{\text{оп}}) ;$$

$$T_{\text{відп}} = 4\% (T_{\text{оп}}) ;$$

Норма штучно–калькуляційного часу:

$$T_{\text{шт.к}} = 3,35 + \frac{14}{22} = 4 \text{ хв} .$$

$$T_{\text{п.з}} = 14 \text{ хв} .$$

Круглошліфувальна операція 050

					<i>MI 131.00.1/Б 102/с 005 00-ПЗ</i>	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Абразивний інструмент –Круг 1500х80х305 14А 16–П СТ К 35 м/с А 1кл
ДСТУ 2424–93.

Верстат – круглошліфувальний мод. 3К12.

Основний час [18]:

$$T_{\text{О}} = 1,14 \text{хв}$$

Допоміжний час [18]:

$$T_{\text{доп}} = T_{\text{уст}} + T_{\text{пер}} + T_{\text{зм}} + T_{\text{к}} = 0,38 + 0,39 \cdot 3 + 0 + 0,1 = 1,65 \text{хв}.$$

де $T_{\text{уст}} = 0,38$;

$T_{\text{пер}} = 0,39$;

$T_{\text{зм}} = 0$;

$T_{\text{к}} = 0,1$.

Оперативний час [18]:

$$T_{\text{ОП}} = 1,14 + 1,65 = 2,79 \text{хв}.$$

Норма штучного часу:

$$T_{\text{шт}} = 1,14 + 1,65 + 0,09 \cdot 2,79 + 0,04 \cdot 2,79 = 3,15 \text{хв}.$$

$$T_{\text{обс}} = 9\%(T_{\text{ОП}});$$

$$T_{\text{відн}} = 4\%(T_{\text{ОП}});$$

Норма штучно–калькуляційного часу [18]:

$$T_{\text{шт.к}} = 3,15 + \frac{10}{22} = 3,6 \text{хв}.$$

$$T_{\text{п.з}} = 10 \text{хв}.$$

					МІ 131.00.1/Б 102/с 005 00-ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Технічне нормування є критичним для планування виробництва, оплати праці, обліку собівартості. Норма часу включає усі витрати часу, пов'язані з виконанням операції. Для точності нормування у практиці комбінують розрахункові й хронометражні методи. Нормування є обов'язковим елементом технологічної документації (маршрутна карта, операційна карта, відомість режимів).

Висновки до другого розділу

У другому розділі обґрунтовано вибір заготовки та способу її виготовлення з урахуванням техніко–економічних вимог. Складено раціональний технологічний маршрут обробки, розраховано міжопераційні та загальні припуски, а також обґрунтовано зміст технологічних операцій.

Проведено вибір обладнання, оснащення та інструменту відповідно до умов виробництва й вимог точності. Встановлено режими різання, які забезпечують ефективну обробку, та виконано технічне нормування, що дозволяє регламентувати витрати часу і планувати виробництво. Технологічний процес розроблено з урахуванням підвищення якості виробу та оптимізації виробничих ресурсів.

					<i>MI 131.00.1/Б 102/с 005 00-ПЗ</i>	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1. Загальні положення про верстатні пристосування для фрезерних та свердлильних робіт

Верстатне пристосування – це технологічне оснащення, призначене для базування, закріплення та орієнтації заготовки на верстаті з метою забезпечення точності, зручності та безпеки обробки [19].

Основне призначення пристосувань:

1. Забезпечення стабільного та точного положення заготовки в процесі обробки.
2. Підвищення продуктивності завдяки швидкому закріпленню/зняттю деталі.
3. Зменшення похибок базування, виключення ручного центрування.
4. Забезпечення безпеки праці та зниження втоми оператора.

Таблиця 3.1

Основні типи пристосувань

Тип пристосування	Сфера застосування
1	2
Лещата	Загальні фрезерні та свердлильні роботи
Поворотні лещата	Обробка під кутом, фрезерування фасок
Плити з упорами	Закріплення плоских деталей на столі
Універсально–збірні пристосування (УЗП)	Серійне/дрібносерійне виробництво
Базувально–затискні пристрої	Обробка декількох однотипних деталей
Шаблонні пристосування	Свердління за шаблоном отворів

Технологічна оснастка (ТО) являє собою сукупність спеціалізованих допоміжних пристроїв, які використовуються у поєднанні з основним

верстатним обладнанням під час виконання операцій з механічної обробки, складання або контролю деталей. Елементи, що входять до складу технологічної оснастки, зображено на рис. 3.2[19, 20].



Рис.3.2. Склад технологічної оснастки

Особливості пристосувань для фрезерних робіт [19, 20]:

- Важливе жорстке закріплення через значні радіальні навантаження.
- Часто використовуються поворотні столи, лещата, УЗП, кулачкові пристрої.
- Враховується можливість подачі охолоджувальної рідини та евакуації стружки.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

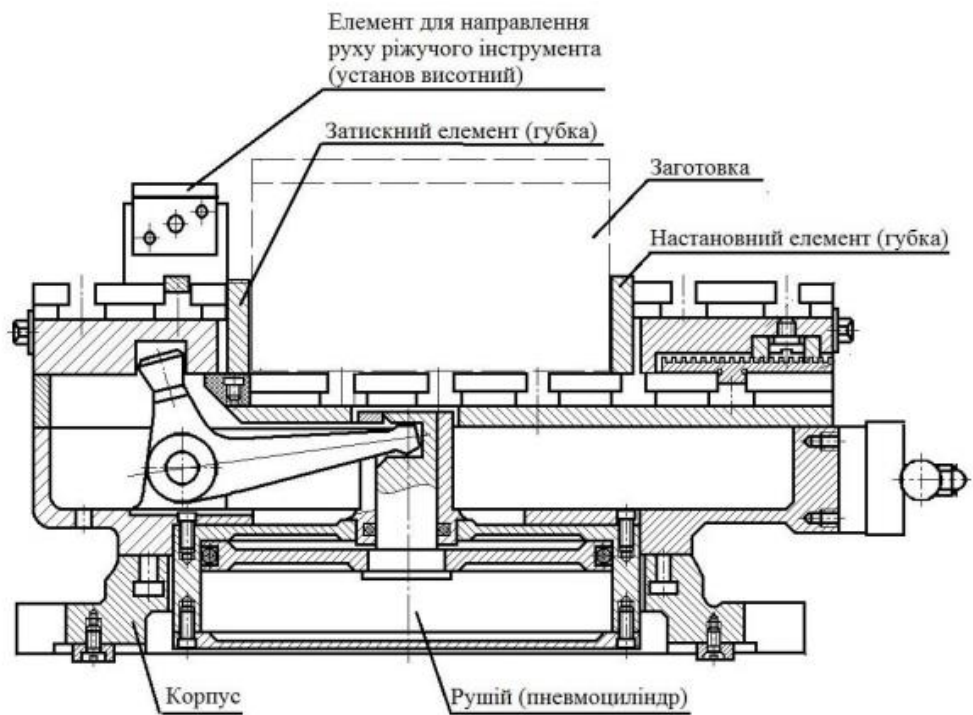


Рис.3.3. Структурна побудова лещат машинних

Особливості пристосувань для свердлильних робіт:

- Ключовою є точність співвісності отворів.
- Часто застосовуються шаблони, втулки, направляючі втулки.
- Важливо забезпечити стійке вертикальне положення заготовки.

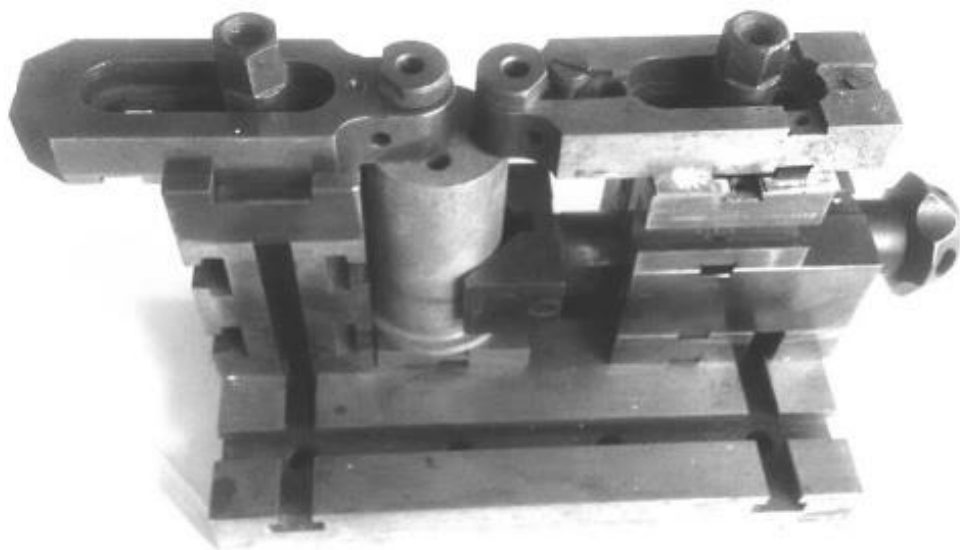


Рис.3.4. Кондуктор для свердління

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МІ 131.00.1/Б 102/с 005 00-ПЗ

Арк.

52

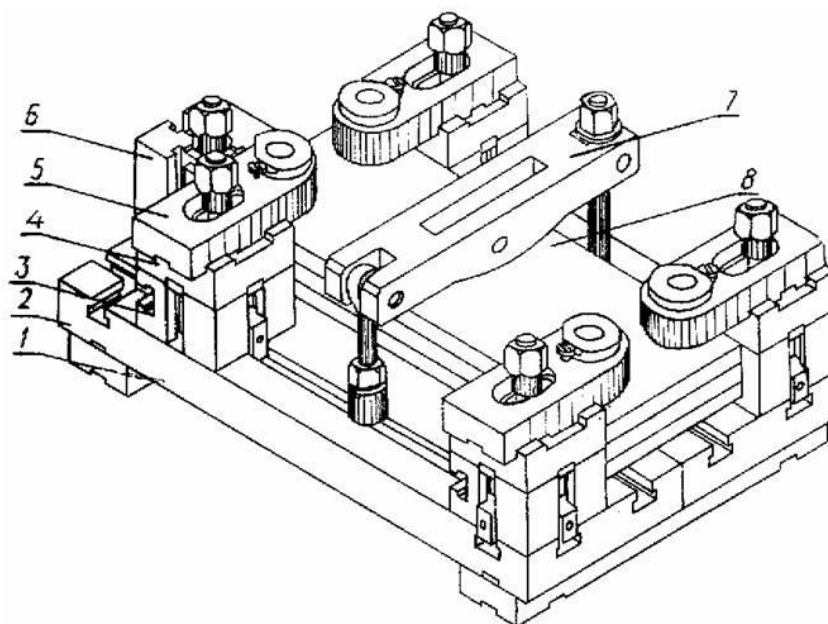


Рис.3.5. Кондуктор для свердління отворів в деталі плита

Верстатні пристосування є ключовим елементом механічної обробки, що визначають точність, якість і швидкість виконання операцій. Їх конструкція повинна відповідати умовам навантаження, серійності виробництва та вимогам до точності, а також забезпечувати швидке закріплення та надійне базування деталі[19, 20].

3.2. Проєктування спеціального верстатного пристрою

У межах кваліфікаційної роботи передбачено проєктування та технічне обґрунтування спеціального верстатного оснащення, яке буде використано для обробки деталі «Вал для ножів» фугувального верстата Powermatik у серійному виробництві. Зокрема, розробляються два технологічних пристрої:

- Перший – для свердління отворів та нарізання різьби, що забезпечить точне та жорстке фіксування деталі в процесі свердління з подальшим формуванням внутрішньої різі. Пристрій має бути стійким до осьових зусиль та забезпечувати точне базування по осі отвору[19, 20].

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

MI 131.00.1/Б 102/с 005 00-ПЗ

Арк.

53

- Другий – для фрезерування шпонкових пазів, що дозволить зафіксувати вал у заданому положенні відносно фрези з гарантованим дотриманням співвідношення та розмірної точності паза. Конструкція передбачає зручне завантаження/вивантаження заготовки та фіксацію положення при багаторазовому використанні.

У ході проектування враховуються основні принципи технологічності, жорсткості, точності базування та економічності виготовлення. Також буде виконано розрахунок основних елементів пристроїв на міцність, зносостійкість і забезпечення точності обробки[19, 20].

3.2.1. Пристрій для свердління отворів та нарізання різьби

Даний спеціальний верстатний пристрій, призначений для надійної фіксації деталі та забезпечення точного свердління отворів і нарізання різьби в умовах серійного або одиничного виробництва. Його конструкція адаптована до взаємодії з гідроциліндром, що забезпечує силове притискання/переміщення.

Основні складові вузли конструкції (рис.3.6) :

1. Базова плита (1) – жорсткий елемент для монтажу пристрою на верстат, має отвори для кріплення і направляючі фрези.
2. Опорна частина/напрямна (2, 3, 4) – слугує для фіксації та орієнтації корпусу притискача.
3. Гідроциліндр (5) – силовий орган, що забезпечує поступальний рух механізму.
4. Шток гідроциліндра з захватом (18, 14) – передає зусилля на деталь.
5. Фіксатори (12, 22) – кріплення механізму до плити або додаткові стопорні елементи.
6. Напрявні стійки (11, 10) – стабілізують переміщення притискача, не допускаючи перекосу.

					<i>MI 131.00.1/Б 102/с 005 00-ПЗ</i>	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

-

Розробка раціональної схеми базування заготовки на заданій операції

Кількість поданих проекцій заготовки у схемі базування має бути достатньою для повного і точного уявлення щодо просторового розміщення опорних точок.

Раціонально сформована схема базування гарантує правильне орієнтування деталі в процесі обробки, забезпечуючи мінімізацію похибок

					<i>MI 131.00.1/Б 102/с 005 00-ПЗ</i>	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

базування та досягнення необхідної точності обробки згідно з технічними вимогами.

Схему базування для конкретної операції побудуємо відповідно до рис. 3.7.

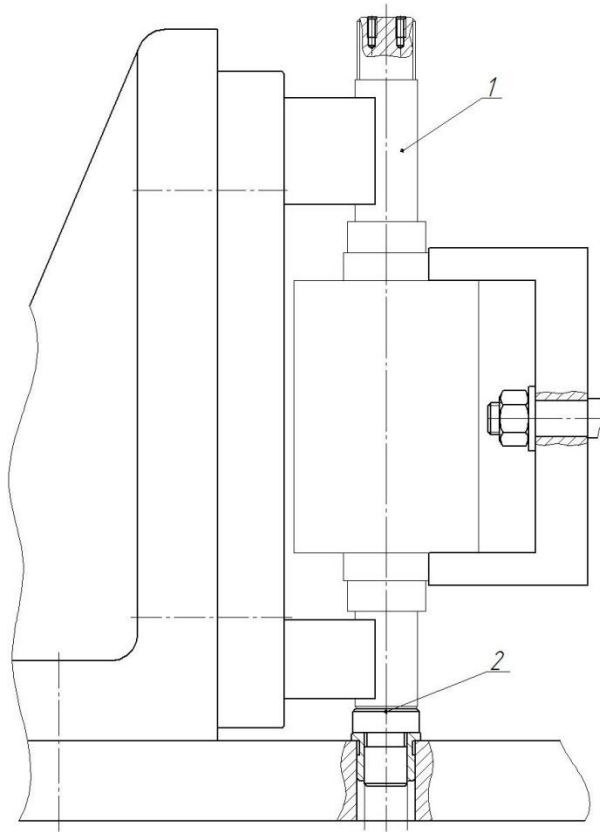


Рис.3.7. Базування заготовки в пристрої

Похибка базування визначається як інтервал варіації розмірів, що виникає між вимірювальною та установчою базами у напрямі контрольованого розміру.

Розрахунок похибки базування може здійснюватися як аналітично – із застосуванням формул, наведених у нормативно–довідкових джерелах, так і за допомогою логічного аналізу, обґрунтованих припущень та графічних методик.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Для досягнення необхідної точності розмірів, що підлягають оцінці, повинна бути виконана умова: $T_i > E_{bi}$, де T_i – допуск на розмір, а E_{bi} – розрахована похибка базування.

У практиці проектування похибку базування здебільшого визначають через послідовне логічне обґрунтування. У розглянутому прикладі деталь фіксується на установчих призмових елементах і додатково орієнтується за допомогою опорного штифта.

Похибки базування[19, 20]:

1. Розмір $\varnothing 5h14$ мм забезпечується ріжучим інструментом.
2. Похибка базування на розмір 17 мм буде рівною допуску на довжину заготовки:

$$E_6 = T_d = 0,52 \text{ мм}$$

Допуск на розмір довжини 17H14 складає 0,62 мм

Оскільки $0,52 < 0,62$, то умова $E_6 < T$ виконується.

Отже, точність по глибині отвору забезпечується.

3. Похибка базування на співвісність отвору $\varnothing 5h14$.
- 4.

$$E_6 = 0,5T_d \left(\frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} + 1 \right)$$

де T_d – допуск на розмір $\varnothing 5H14$;

α – кут призми.

За формулою похибка базування рівна:

					<i>MI 131.00.1/Б 102/с 005 00-ПЗ</i>	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$E_{\epsilon} = 0,5 \times 0,062 \left(\frac{1}{0,7071} + 1 \right) = 0,074 \text{ мм}$$

Допуск на відхилення від співвісності складає 0,215 мм

Оскільки $0,074 < 0,215$, то умова $E_{\epsilon} < T$ виконується.

Отже, точність по співвісності отвору і валу забезпечується.

Процес проектування схеми закріплення включає побудову моделі розміщення силової дії затискних елементів та аналіз взаємодії всіх зовнішніх навантажень, зокрема сил і моментів різання, що виникають під час механічної обробки деталі.

Схема силової взаємодії формується з урахуванням орієнтації та напрямку дії головних складових сили різання, які створюють не лише прямолінійне навантаження, а й крутні моменти, що можуть призвести до зсуву або повороту заготовки.

Для запобігання втраті стабільності положення заготовки в процесі обробки розраховується необхідне зусилля притискання. Його величина повинна бути достатньою для урівноваження сумарної дії сил різання з урахуванням коефіцієнта запасу та можливих динамічних навантажень.

Визначаємо крутний момент за формулою:

$$M_{\text{кр}} = 10 \times 0,0345 \times 5^2 \times 0,28^{0,8} \times 1 = 28,4 \text{ Н} \cdot \text{м} = 28400 \text{ Н} \cdot \text{мм}.$$

Визначаємо утримуючий момент за формулою [19, 20]:

$$M_{\text{ут}} = 28,4 \times 2,5 = 71 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Сила затиску заготовки у даному випадку обчислюється за формулою:

					<i>MI 131.00.1/Б 102/с 005 00-ПЗ</i>	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$W_3 = \frac{2 \times K \times M_{кр}}{[D_3 \times (\phi_3 + \phi_o + \phi_o / \sin 0,5\alpha)]};$$

де $K = 2,5$ – коефіцієнт запасу;

$M_{кр} = 28,4$ – крутний момент;

$D = 30$ – діаметр заготовки;

$\phi_o = 0,16$ – коефіцієнт тертя на опорі;

$\phi_3 = 0,16$ – коефіцієнт тертя під затискачем;

$\alpha = 90^\circ$ – кут призми.

$$W_3 = \frac{2 \times 2,5 \times 28400}{[30 \times (0,16 + 0,16 + 0,16/0,7071)]} = 6821 \text{ Н.}$$

Принцип дії пристрою:

Оператор вручну встановлює заготовку у дві опорні призми (поз. 4) таким чином, щоб її торець упирався в опорний штифт (поз. 5). У результаті цього відбувається часткове базування заготовки – опора забезпечується по двох площинах та одному торцю.

У момент розміщення деталі в пристрої притискна планка (поз. 6) знаходиться у вихідному, відведеному положенні. Для виконання затиску активується гідроциліндр (поз. 8): робоче середовище подається в безштокову камеру, внаслідок чого шток (поз. 7), механічно з'єднаний із планкою, переміщується та притискає заготовку до опор.

Після завершення свердлильної операції подача тиску припиняється, і під впливом зворотної пружини (поз. 9), яка діє на поршень, притискна планка автоматично повертається в початкове положення. Це дозволяє легко зняти оброблену деталь з пристрою [19, 20].

					<i>MI 131.00.1/Б 102/с 005 00-ПЗ</i>	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.2.2. Пристрій для фрезерування шпонкових пазів

За своїм функціональним призначенням пристрій для фрезерування шпонкових пазів класифікується як спеціальний верстатний засіб оснащення. Це обумовлено тим, що він призначений виключно для виконання конкретної технологічної операції – фрезерування шпонкових пазів $\varnothing 10JS9$ та $\varnothing 8JS9$ на деталі типу «Вал для ножів» фугувального верстата Powermatik на шпонково–фрезерному верстаті. Інші обробні операції у конструкції даного пристрою виконати неможливо, що свідчить про його вузькоспеціалізоване застосування.

За конструктивною схемою затискного вузла пристрій відноситься до механізованих: фіксація заготовки здійснюється шляхом дії приводу в поєднанні з важільним механізмом.

Конструкція пристрою розрахована на обробку лише однієї деталі за цикл – отже, за кількістю одночасно встановлених заготовок він є одномісним, а за числом робочих позицій –однопозиційним, оскільки в процесі обробки заготовка перебуває в одному фіксованому положенні до завершення всіх операцій.

Використання даного пристрою сприяє зростанню продуктивності за рахунок скорочення допоміжного часу, зокрема – часу на установку заготовки. Крім того, застосування пристрою полегшує виконання операції для фрезерувальника, підвищує точність фіксації деталі, а також сприяє покращенню умов праці, техніки безпеки та загальної організації виробничого процесу.

					<i>MI 131.00.1/Б 102/с 005 00-ПЗ</i>	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

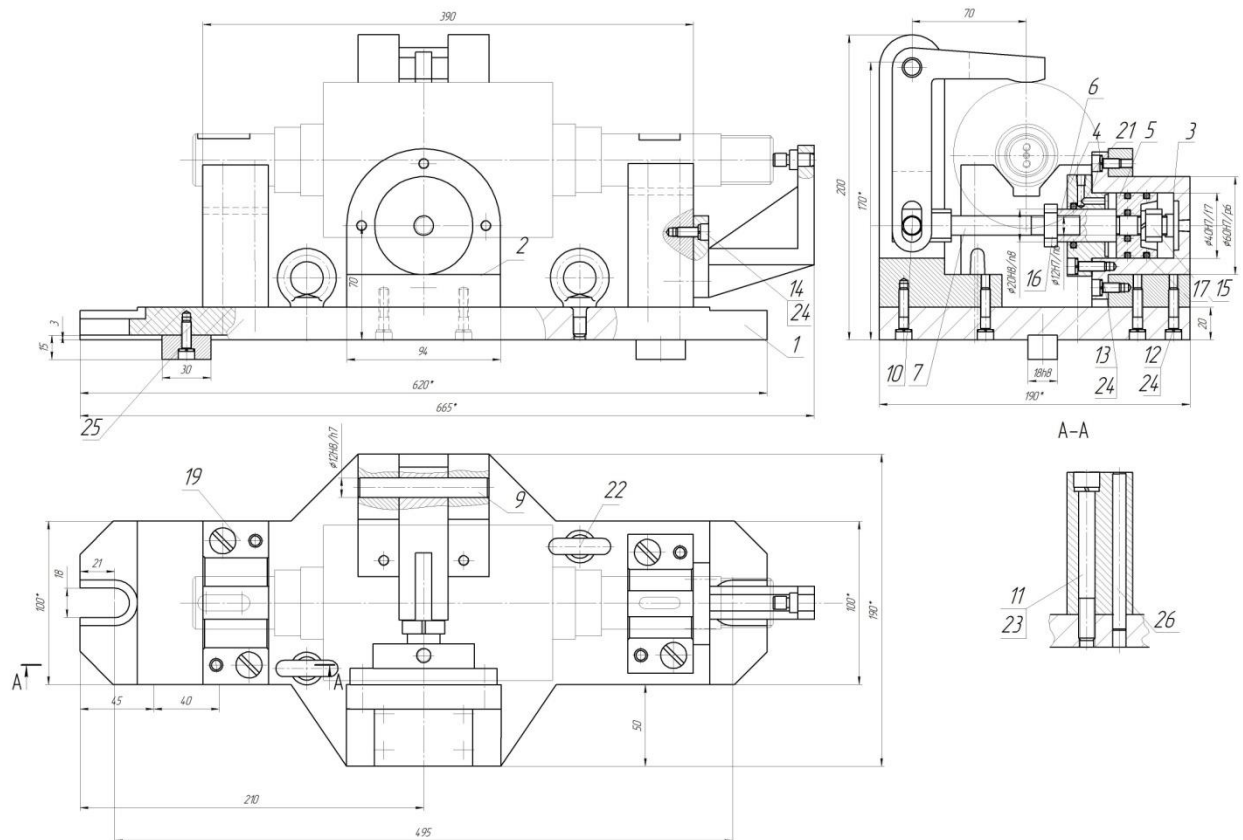


Рис.3.8. Спеціальний фрезерний пристрій

Основні конструктивні елементи пристрою:

1. Основа (позиція 1) – деталь, до якої монтуються всі інші елементи. Має отвори для кріплення до столу верстата.
2. Затискний механізм (позиції 5, 6, 13, 14) – складається з ексцентрикового притискача та системи гвинтового фіксування, яка дозволяє надійно фіксувати деталь під час фрезерування.
3. Корпусна частина (позиція 2) – втулка або напрямна, яка підтримує деталь по осі.
4. Задня бабка (позиція 3) – рухомий упор із центрируванням або додатковим затискачем.
5. Важіль притиску (позиція 6) – забезпечує швидке встановлення та зняття заготовки.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МІ 131.00.1/Б 102/с 005 00-ПЗ

Арк.

61

6. Гвинтова пара (позиції 15–17) – використовується для регулювання або переміщення притискача.

7. Опорні елементи (позиції 9, 22, 19) – регульовані направляючі або базові упори, які центрують деталь.

Розробка раціональної схеми базування заготовки на фрезерувальній операції

Оскільки в процесі механічної обробки заготовка повинна бути жорстко зафіксована в пристрої та повністю позбавлена всіх ступенів свободи, при частковому базуванні залишкові ступені свободи компенсуються за допомогою затискних елементів. Такий підхід дозволяє реалізувати повне базування навіть у разі неповної геометричної орієнтації.

Теоретична схема базування формується з урахуванням конструктивно–технологічних вимог до оброблюваної деталі, а також з позицій реального виконання зазначених умов у межах конкретного пристрою.

Усі точки опори на побудованій схемі базування повинні бути відображені у вигляді умовних позначень і пронумеровані в послідовному порядку. Нумерацію доцільно починати з тієї базової поверхні, де сконцентровано найбільше число точок опори.

Кількість представлених проекцій заготовки на схемі має бути достатньою для повного та недвозначного відображення просторового положення опорних елементів.

Коректно обрана схема базування забезпечує стабільне положення деталі в процесі обробки, дозволяє мінімізувати похибки позиціонування та досягати необхідної точності відповідно до технологічного процесу[19, 20].

					<i>MI 131.00.1/Б 102/с 005 00-ПЗ</i>	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

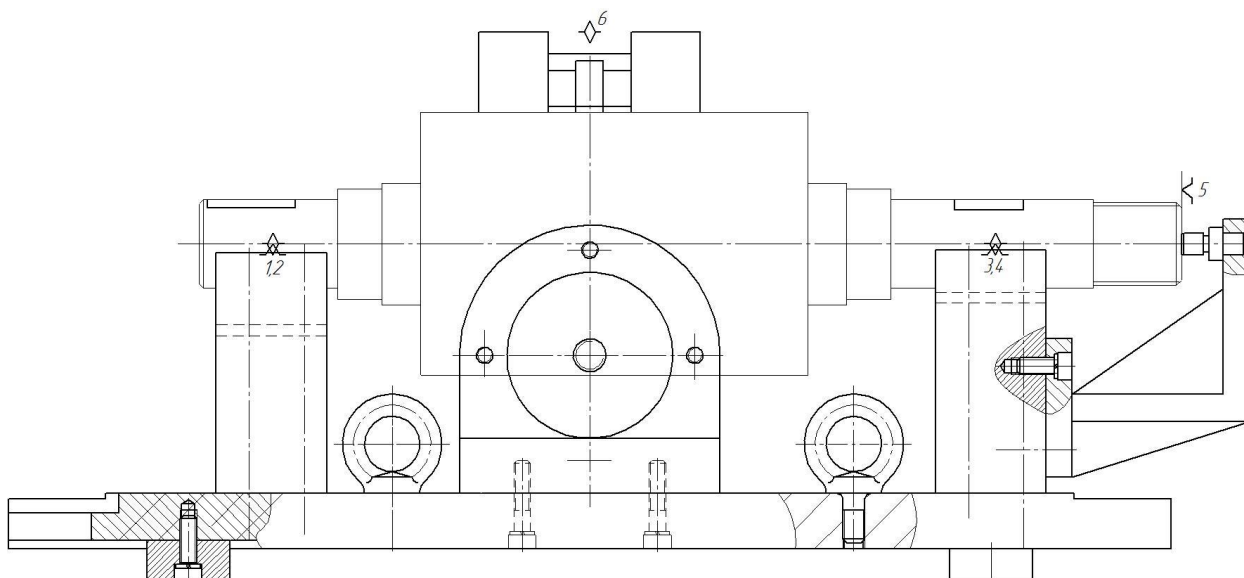


Рис.3.9. Базування заготовки в пристрої

Розробка схеми затискання та схеми взаємодії сил і моментів різання, що діють на заготовку в процесі обробки

Затискні механізми, що входять до складу верстатних пристроїв, слугують для фіксації заготовки у положенні, досягнутому під час її базування. У процесі затискання не допускається зміщення або дестабілізація положення заготовки в пристрої, а також її переміщення під впливом сил різання під час обробки на верстаті[19, 20].

Силу затискання, необхідну для надійної фіксації деталі, забезпечує силовий привід, інтегрований у конструкцію пристрою. Для підвищення ефективності приводу та у випадках, коли виникає потреба змінити напрямок прикладання затискного зусилля, у затискних механізмах застосовуються різні типи силових перетворювальних вузлів.

Ці силові механізми виконують функцію перетворення вихідної сили приводу у прикладене до заготовки затискне зусилля Q , необхідне для стабільного утримання її в процесі обробки.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МІ 131.00.1/Б 102/с 005 00-ПЗ

Арк.

63

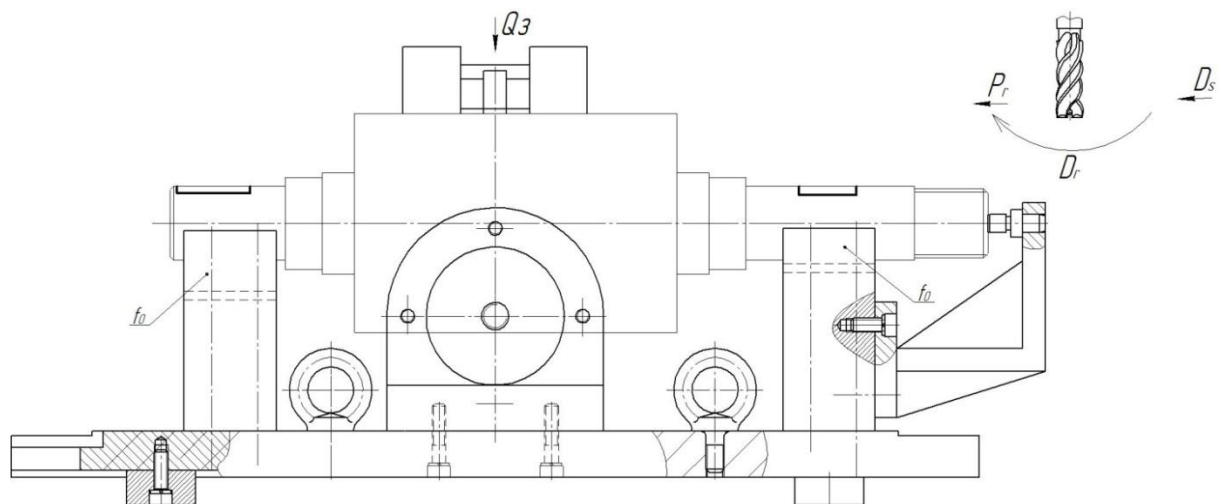


Рис.3.10. Схема дії всіх сил на заготовку

W_3 – сила затиску заготовки;

f_0 – коефіцієнт тертя опори ;

f_3 – коефіцієнт тертя зажиму;

P_r – сила різання в горизонтальному напрямі;

D_r – рух головний (обертання шпинделя фрези);

D_s – рух подачі столу верстата.

Із умови надійності закріплення деталі виводимо формулу потрібної сили затиску деталі:

$$Q_3 = \frac{k \cdot P_r}{f_3 + 2 \cos 45^\circ \cdot f_0}.$$

Силу різання знаходимо за формулою:

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

дет, S_z , B , z , D , n – режими різання;

$t = 5 \text{ мм}$, $S_z = 0,14 \text{ мм/зуб}$, $B = 10 \text{ мм}$, $z = 2$, $D = 32 \text{ мм}$, $n = 500 \text{ хв}^{-1}$;

C_p , x , y , u , q , w – показники ступені сили різання P_z ;

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

MI 131.00.1/Б 102/с 005 00-ПЗ

Арк.

64

$C_p = 68,2$, $x = 0,86$, $y = 0,72$, $u = 1,0$, $q = 0,86$, $w = 0$;

K_{mp} – поправочний коефіцієнт для сталі.

$$K_{mp} = \left(\frac{\delta_{\sigma}}{750} \right)^n,$$

δ_{σ} – границя міцності при розтязі; $\delta_{\sigma} = 750$ МПа (для сталі 40Х);

n – показник ступені; $n = 0,3$.

$$K_{mp} = \left(\frac{750}{750} \right)^{0,3} = 1.$$

Підставивши відповідні значення у формулу, отримаємо [19, 20]:

$$P_z = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 5^{0,86} \cdot 0,14^{0,72} \cdot 12^{1,0} \cdot 2}{12^{0,86} \cdot 500^0} \cdot 1 = 1871,6 \text{ Н.}$$

Знайдемо силу різання в горизонтальному напрямі:

$$P_r = 0,4 \cdot 1871,6 = 748,6 \text{ Н.}$$

Коефіцієнти тертя f_0 і f_z приймаємо 0,16.

Знайдемо необхідну силу затиску заготовки:

$$Q_z = \frac{2,88 \cdot 748,6}{0,16 + 2 \cos 45^\circ \cdot 0,16} = 5581,9 \text{ Н} = 55,8 \text{ кН.}$$

Висновок: надійний затиск заготовки даним пристроєм забезпечено.

3.3. Проектування та розрахунки спеціальних засобів технічного контролю

Калібр–скоба–це без індикаторний вимірювальний інструмент, який використовується для контролю зовнішніх розмірів циліндричних поверхонь,

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

MI 131.00.1/Б 102/с 005 00-ПЗ

Арк.

65

переважно, діаметрів валів. Скоба перевіряє відповідність розмірів допускам шляхом проходження або непроходження контрольованої поверхні через отвори з точними межами.

Основна функція – швидкий контроль розмірів у серійному та масовому виробництві [19, 20].

Таблиця 3.1. Класифікація калібрів–скоб [20]

Тип калібра	Особливість застосування
Прохідний (П)	Контролює максимальний допустимий розмір (повинен проходити)
Непрохідний (Н)	Контролює мінімальний допустимий розмір (не повинен проходити)
Двостороння скоба	Має обидва вікна – «П» та «Н» на протилежних кінцях

Розрахунок виконавчих розмірів калібр–скоби $D=40$ мм з полем допуску К6.

По нормативним даним таблиці допусків і відхилень калібрів встановлюють значення для визначення виконавчих розмірів калібрів та контр калібрів [20]:

$$\Delta \delta_1 = 3,5 \text{ мкм} = 0,0035 \text{ мм},$$

$$y_{b_1} = 3,0 \text{ мкм} = 0,003 \text{ мм},$$

$$H_{K_1} = 4,0 \text{ мкм} = 0,004 \text{ мм},$$

$$H_p = 1,5 \text{ мкм} = 0,0015 \text{ мм},$$

де $\Delta \delta_1$ – відношення середини поля допуску на виготовлення прохідного калібра для «Вал для ножів» фугувального верстата Powermatik відносно найбільшого граничного розміру виробу, мкм.

					MI 131.00.1/Б 102/с 005 00-ПЗ	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

y_b – допустимий вихід розміру зношеного прохідного калібру для вала фуганка за межі поля допуску виробу, мкм.

H_{K_1} – допуск на виготовлення калібрів для вала фуганка, мкм.

H_p – допуск на виготовлення контрольного калібру для скоби, мкм [20].

1. Визначаємо найбільший граничний розмір вала для ножів:

$$D_{\max} = D + es = 40 \text{ мм.}$$

2. Визначаємо найменший розмір вала для ножів:

$$D_{\min} = D + ei = 40 - 0,016 = 39,984 \text{ мм}$$

3. Визначаємо найменший розмір прохідного калібру – скоби:

$$ПР_c = D_{\max} - \Delta e_1 - H_{K_1} / 2.$$

$$ПР_c = 40 - 0,0035 - 0,004 / 2 = 39,994 \text{ мм.}$$

4. Визначаємо найбільший розмір непрохідного калібру – скоби:

$$HE_c = D_{\min} - H_{K_1} / 2.$$

$$HE_c = 39,984 - 0,004 / 2 = 39,982 \text{ мм.}$$

5. Визначаємо розмір зношеного калібру – скоби:

$$ПР_{и.с.} = D_{\max} + y_b.$$

$$ПР_{и.с.} = 40 + 0,003 = 40,003 \text{ мм}$$

					<i>MI 131.00.1/Б 102/с 005 00-ПЗ</i>	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6. Визначаємо найбільший розмір контркалибру:

$$K-PP_c$$

$$K-PP_c = D_{\max} - \Delta e_1 + Hp/2$$

$$K-PP_c = 40 - 0,0035 + 0,0015/2 = 40,997 \text{ мм}$$

7. Визначаємо найбільший розмір контркалибру:

$$K-HE_c = D_{\min} + Hp/2$$

$$K-HE_c = 39,984 + 0,0015/2 = 39,985 \text{ мм}$$

8. Визначаємо найбільший розмір контркалибру K-Hc:

$$K-H_c = D_{\max} + y_{b1} + Hp/2$$

$$K-H_c = 40 + 0,003 + 0,0015/2 = 40,004 \text{ мм}$$

9. Граничні відхилення на виконавчі:

$$PP \text{ і } HE \text{ розмірів } +0,004$$

Для K-PP, K-HE та K-H – 0,0015 мм.

					<i>MI 131.00.1/Б 102/с 005 00-ПЗ</i>	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

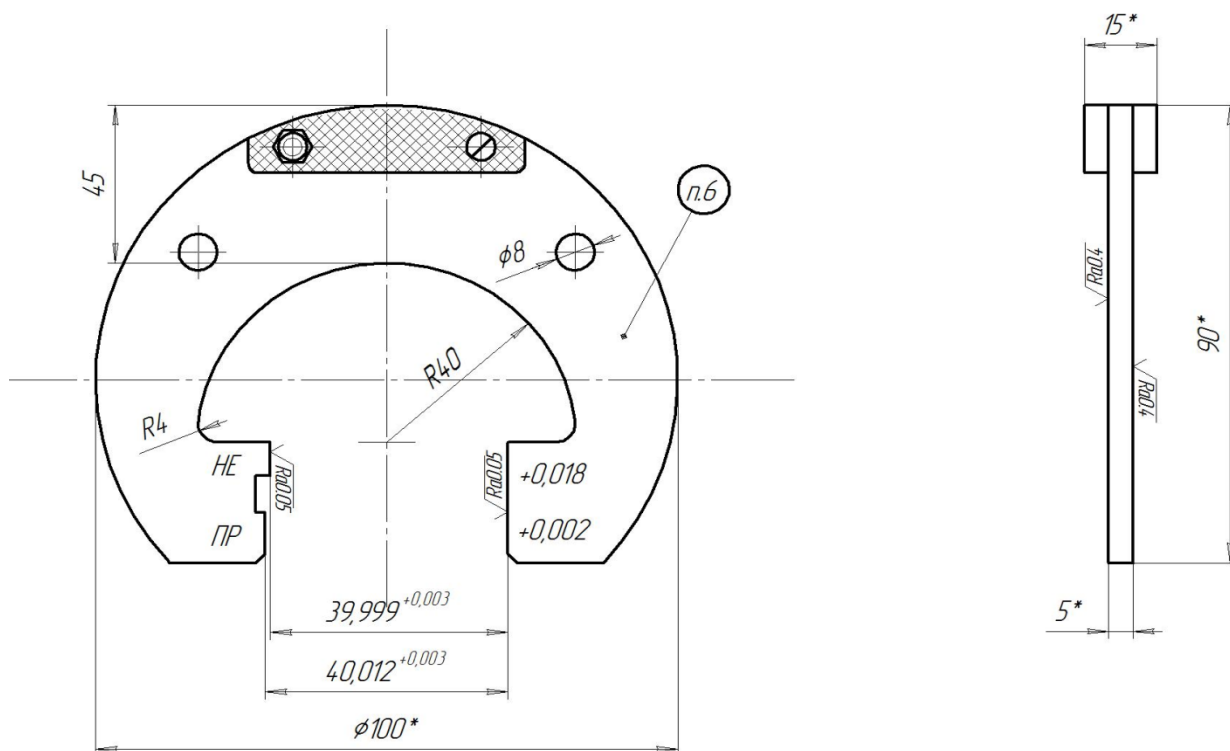


Рис.3.11. Калібр-скоба

Висновки до третього розділу

У третьому розділі виконано конструкторське обґрунтування оснащення, необхідного для забезпечення точності та продуктивності механічної обробки. Охарактеризовано принципи побудови верстатних пристосувань, призначених для фрезерних та свердлильних операцій.

Проведено проєктування та розрахунок спеціальних верстатних пристроїв для фрезерування шпонкових пазів та свердління отворів, які забезпечують надійне базування й жорстке закріплення заготовки під час обробки. Також спроектовано калібр-скобу як спеціальний засіб технічного контролю, що дозволяє швидко та точно здійснювати перевірку відповідності деталей заданим допускам. Результати розділу підтверджують технічну доцільність застосованих рішень і їх відповідність умовам серійного виробництва.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У межах виконаної роботи було комплексно розглянуто всі ключові аспекти конструкторсько–технологічного забезпечення виготовлення деталі «Вал для ножів» фугувального верстата Powermatik – важливого елемента деревообробного верстата, що забезпечує обертання ножів і формування стружки. Конструкція вала характеризується високою технологічністю, стандартизованими елементами, простотою геометрії та використанням доступних матеріалів, що сприяє ефективному виробництву.

У першому розділі проведено технічний аналіз конструкції деталі, визначено її функціональне призначення та обґрунтовано вибір матеріалу (сталь 45), який після термічної обробки забезпечує необхідну твердість, зносостійкість і довговічність. Визначено тип виробництва як серійний з річним обсягом виготовлення 1000–1500 шт., що диктує відповідний рівень уніфікації, автоматизації та стандартизації технологічного процесу.

У другому розділі обґрунтовано вибір конструкції заготовки, визначено оптимальний спосіб її отримання з урахуванням техніко–економічних показників. Розроблено детальний маршрутний технологічний процес обробки «Вал для ножів» фугувального верстата Powermatik, що включає токарні, фрезерні, шліфувальні та термічні операції. Виконано розрахунки міжопераційних припусків, підібрано відповідне устаткування, оснащення та інструменти, а також встановлено режими різання й технічне нормування. Процес адаптовано до умов серійного виробництва з метою підвищення продуктивності й забезпечення стабільної якості.

У третьому розділі розглянуто конструкторське забезпечення точності обробки. Проектування спеціального оснащення дозволило забезпечити надійне базування й жорстке закріплення деталі при виконанні фрезерних і свердлильних операцій. Спроектовано два універсальні пристрої — для фрезерування шпонкових пазів і для свердління отворів. Крім того, виконано розрахунок та проектування калібра–скоби як засобу оперативного технічного

					<i>MI 131.00.1/Б 102/с 005 00-ПЗ</i>	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

контролю відповідності розмірів виробу заданим допускам. Запропоновані рішення підтвердили свою ефективність у контексті серійного виробництва.

					<i>MI 131.00.1/Б 102/с 005 00-ПЗ</i>	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. [https://jet-tools.com.ua/ru/ru-powermatic-pj-1696-hh-fugoalnyy-
stanok](https://jet-tools.com.ua/ru/ru-powermatic-pj-1696-hh-fugoalnyy-
stanok)
2. Горбацевич А.Ф., Чеботарев В.М., Шкред В.А., Медведєв І.Л. Курсове проєктування по технології машинобудування. Мінськ, «Вища школа», 1975. – 286 с.
3. Головка Л. І., Білецький В. С. Основи технології машинобудування : навч. посіб. – Харків : НТУ «ХПІ», 2016. – 312 с.
4. Довідник технолога–машинобудівника. У 2-х т. / За ред. А.Г. Косилової та Р.К. Мещерякова. – 4-те вид., Перероб. та дод. – М.: Машинобудування, 1985. – Т1 – 656 с., Т2 – 496 с.
5. Пашинський В. І. Конструювання та розрахунок технологічного оснащення : навч. посіб. – Тернопіль : ТНТУ, 2020. – 148 с.
6. Герасимчук В. В., Гречанюк В. І. Технологія виготовлення деталей машин : підручник. – Вінниця : ВНТУ, 2015. – 254 с.
7. Ковальов В. В. Верстати і системи автоматизації обробки : навч. посіб. – К. : КНУТД, 2018. – 196 с.
8. ДСТУ ISO 1302:2005. Специфікація шорсткості поверхні. Методика позначення. – [Чинний від 2006–01–01].
9. Ткаченко С. П. Проєктування технологічних процесів механічної обробки : навч. посіб. – К. : КНУ, 2014. – 324 с.
10. Ільченко В. О. Технологічне обладнання деревообробних підприємств : навч. посіб. – Львів : УАД, 2020. – 188 с.
11. Кириченко О. М. Технологія машинобудування: практика і теорія: навч. посіб. – Суми : СумДУ, 2016. – 312 с.
12. ISO 286–1:2010. Geometrical product specifications (GPS) – ISO code system for tolerances on linear sizes – Part 1: Basis of tolerances, deviations and fits.
13. ДСТУ ENISO 406:2005. Різальні інструменти. Позначення та розміри державок. – [Чинний від 2006–01–01].

					<i>MI 131.00.1/Б 102/с 005 00-ПЗ</i>	Арк.
						72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

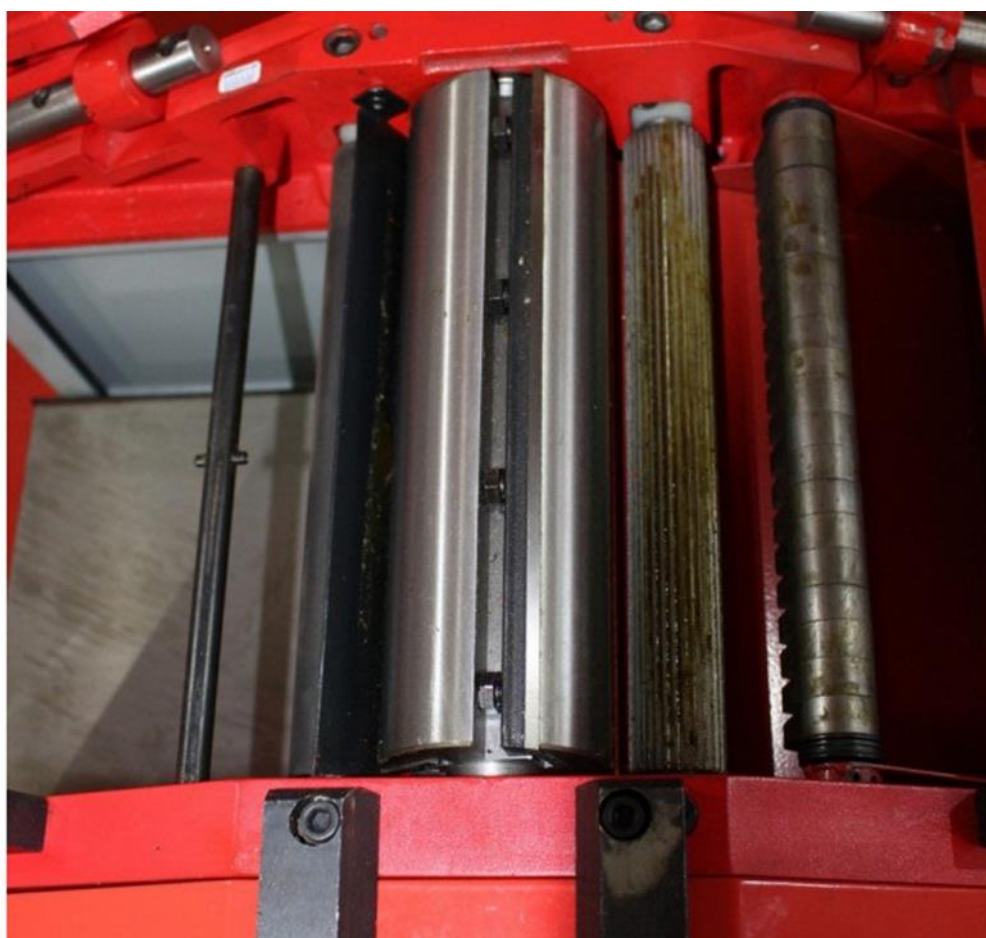
14. Шиян Р. І. Технологія машинобудування. – Полтава: ПНТУ, 2020. – 204 с.
15. Гнатюк М. В., Ткаченко С. В. Процеси різання і режими обробки: навч. посіб. – Хмельницький : ХНУ, 2017. – 210 с.
16. ДСТУ 2732–94. Допуски форми та розташування поверхонь. Основні положення, норми та позначення. – [Чинний від 1995–01–01].
17. Технологія обробки глибоких отворів: Навчальний посібник. – Житомир: ЖІТІ, 2000, Василюк Г. Д., Мельничук П. П., Житомир – ЖІТІ, 2001.
18. Кирилович В.А., Мельничук П.П., Яновський В.А. Нормування часу та режимів різання для токарних верстатів з ЧПУ: Навчальний посібник для студентів спеціальностей 7.090202 “Технологія машинобудування”, 7.090203 “Металорізальні верстати і системи”, 7.092501 “Автоматизоване управління технологічними процесами і виробництвами” / Під заг. ред. В.А. Кириловича. – Житомир: ЖІТІ, 2001.– 600 с.
19. Яновський В. А.,Сніцар В. Г.. Технологічна оснастка. Практичні заняття. Навчально–методичний посібник. – Житомир: ЖДТУ, 2005.
20. Яновський В.А., Полонський Л.Г., Мельничук П.П., Ковальов В.В. Дипломне проектування з спеціальності «Технологія машинобудування». Навчально–методичний посібник для студентів спеціальностей: 7.090202 «Технологія машинобудування» всіх форм навчання – Житомир: ЖІТІ, 2001.– 106 с

					<i>MI 131.00.1/Б 102/с 005 00-ПЗ</i>	Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

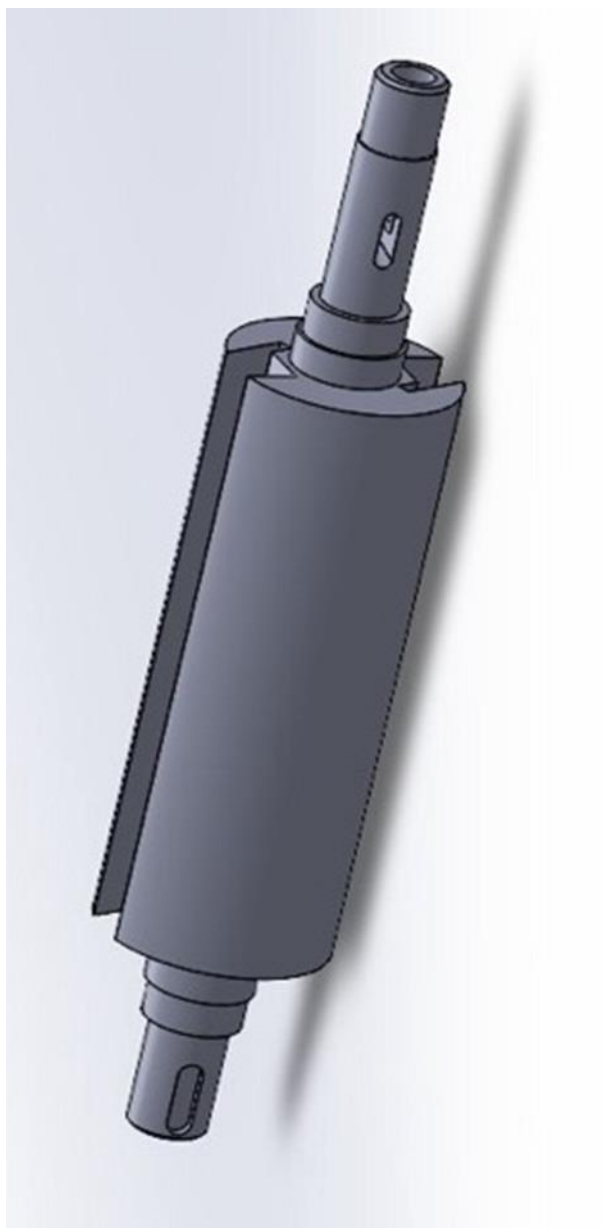
ДОДАТКИ



Загальний вигляд деталі «Вал для ножів» фугувального верстата Powermatik

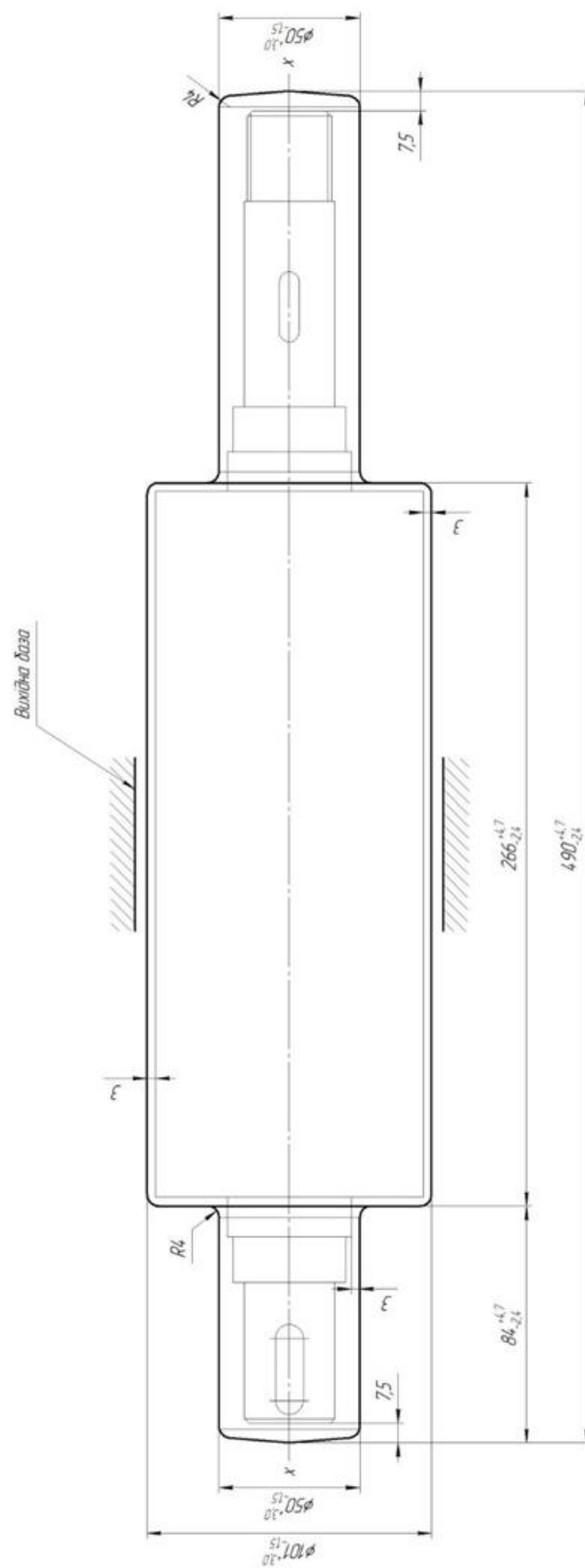


«Вал для ножів» фугувального верстата Powermatik



«Вал для ножів» фугувального верстата Powermatik

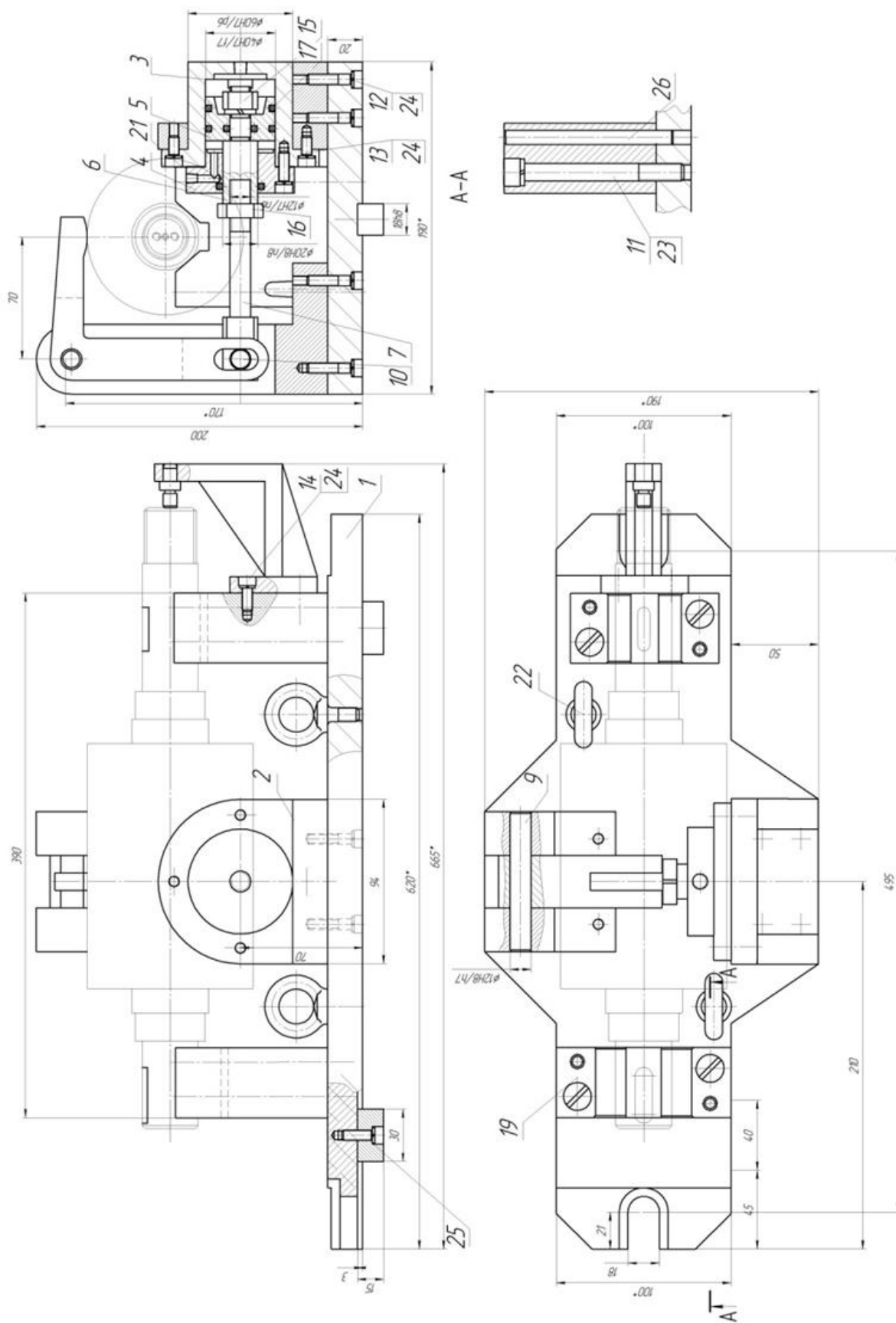
11/1A



1. Допоміжні пропуски згідно з поверхні розрізку штампів - 0,6 мм, відхилення від площинності - 10 мм.
2. Клас точності виготовлення - 15; група сталі - М2, ступінь складності - С2.

[illegible]

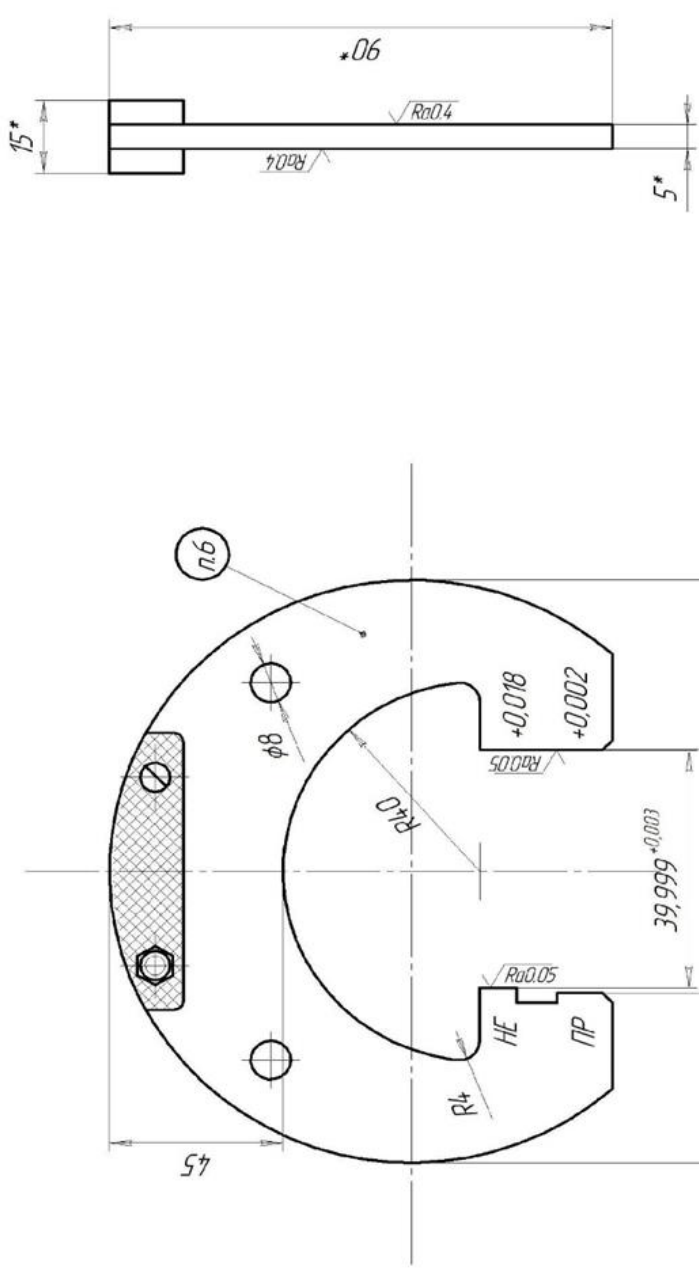
Заготовка



Пристрій фрезерувальний

МІ 13100.2/Б 102/с 005 006-КВІ

√ Ra3.2



- * Розміри для довідок.
1. Твердість вимірювальних поверхонь 58.64 HRCe.
 2. Невказані граничні відхилення розмірів: отворів – H14, валів –

- h14; решта – ±IT/2.
3. Покриття неробочих поверхонь – хім. окс. пром.
 4. Решта технічних вимог – по ДСТУ 2015:2006.
 5. Маркування – по ДСТУ 2015:2006 з додатковим позначенням калібр-скоди.

МІ 13100.2/Б 102/с 005 006-КВІ		Лист	Масштаб
Калібр-скода		0,27	2:1
Сталь 20 ДСТУ 7809:2015		Лист	Листов
		Державний університет "Львівська політехніка" Група ПМ-14.2	

Спеціальна калібр-скоба

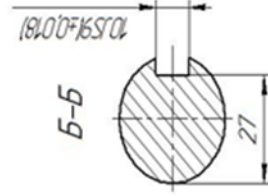
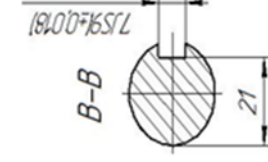
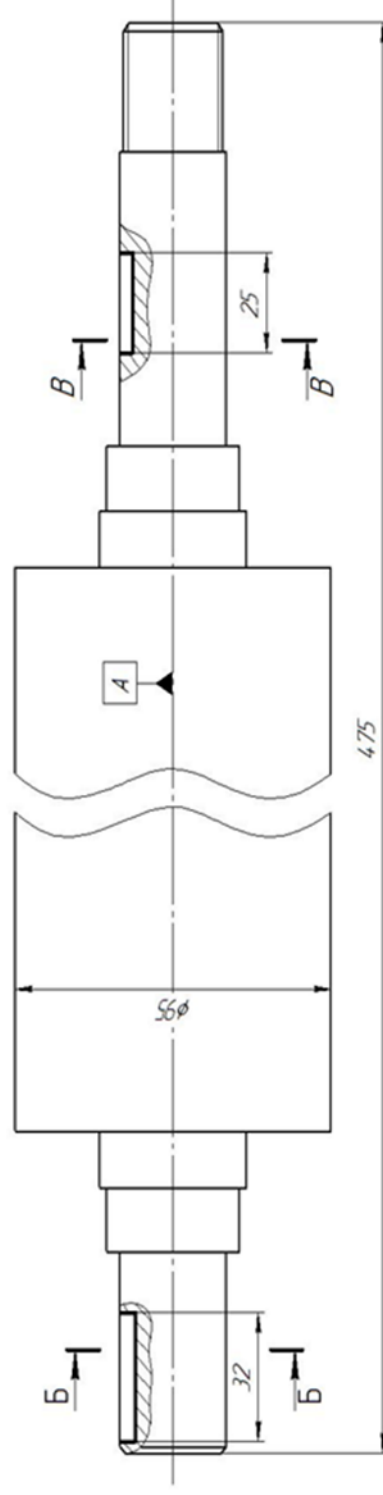
																				Аркуші		Аркушів									
Розроб.		Василевський В.Р.								Державний університет «Житомирська політехніка»																					
Перегляд		Полонський Л.Г.																													
Т.контр.																															
Н. контр.														«Вал для ножів» фугувального верстата Rowetmatik																	
M01		Сталь 45 ДСТУ 7809:2015																													
M02		Код		ОВ		МД		ОН		Н.вист		КВМ		Код загот.		Профіль і розміри				КД		МЗ									
		41112X		Kz		14						0,88		41211X						1		15,6									
А		Це	Уч.	РМ	Опер	Код, назва операції										СМ		Проф.	Р	УП	КР	КОВД	ОН	ОП	Кшт.	Тп.з	Тшт.				
Б		Код, назва обладнання										Позначення документа																			
Інструкція з охорони праці №025																															
А		xx	xx	xx	025	4022 Різенарізна										2		1529	311	1P	1	1	1	50	1	7,1	9,2				
Б		381024				16K20Ф3																									
А		xx	xx	xx	030	4163 Фрезерна																									
Б		381024				692Д										-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
А		xx	xx	xx	035	4284 Вертикально-свердлильна																									
Б		381024				2H135										2		1529	311	1P	1	1	1	50	1	14,6	12,7				
xx		xx	xx	xx	040	4284 Горизонтально-фрезерна																									
		381024				X6140										2		1832	311	1P	1	1	1	50	1	12,8	12,7				
А																															
Б																															
МК		МК																													

																Аркуш	Аркушіє					
																	3					
Розроб.	Василевський В.Р.																					
Перевірів	Полонський Л.Г.																					
Державний університет «Житомирська політехніка»																						
Т. контр.																						
Н. контр.																						
«Вал для ножів» фугувального верстата Rometmatik																						
Стать 45 ДСТУ 7809:2015																						
M01																						
M02		Код		ОВ	МД	ОН	Н. вит	КВМ	Код загот.	Профіль і розміри		КД	МЗ									
		41112X		К2	14			0,88	41211X			1	15,6									
А		Це	Уч.	РМ	Опер	Код, назва обладнання			Код, назва операції			СМ	Проф.	Р	УП	КР	КОВД	ОН	ОП	Кит.	Тн.з	Тит.
Б		Позначення документа																				
А		xx	xx	xx	045	4825 Круглошліфувальна			Інструкція з охорони праці №045													
Б		381024			3К12			2	1832	311	1Р	1	1	1	50	1	6,8	9,7				
А		xx	xx	xx	050	4668 Обробка конуса			Інструкція з охорони праці №050													
Б		381024			3М1553			2	1832	311	1Р	1	1	1	50	1	5,56	6,7				
А																						
Б																						
А																						
Б																						
МК																						

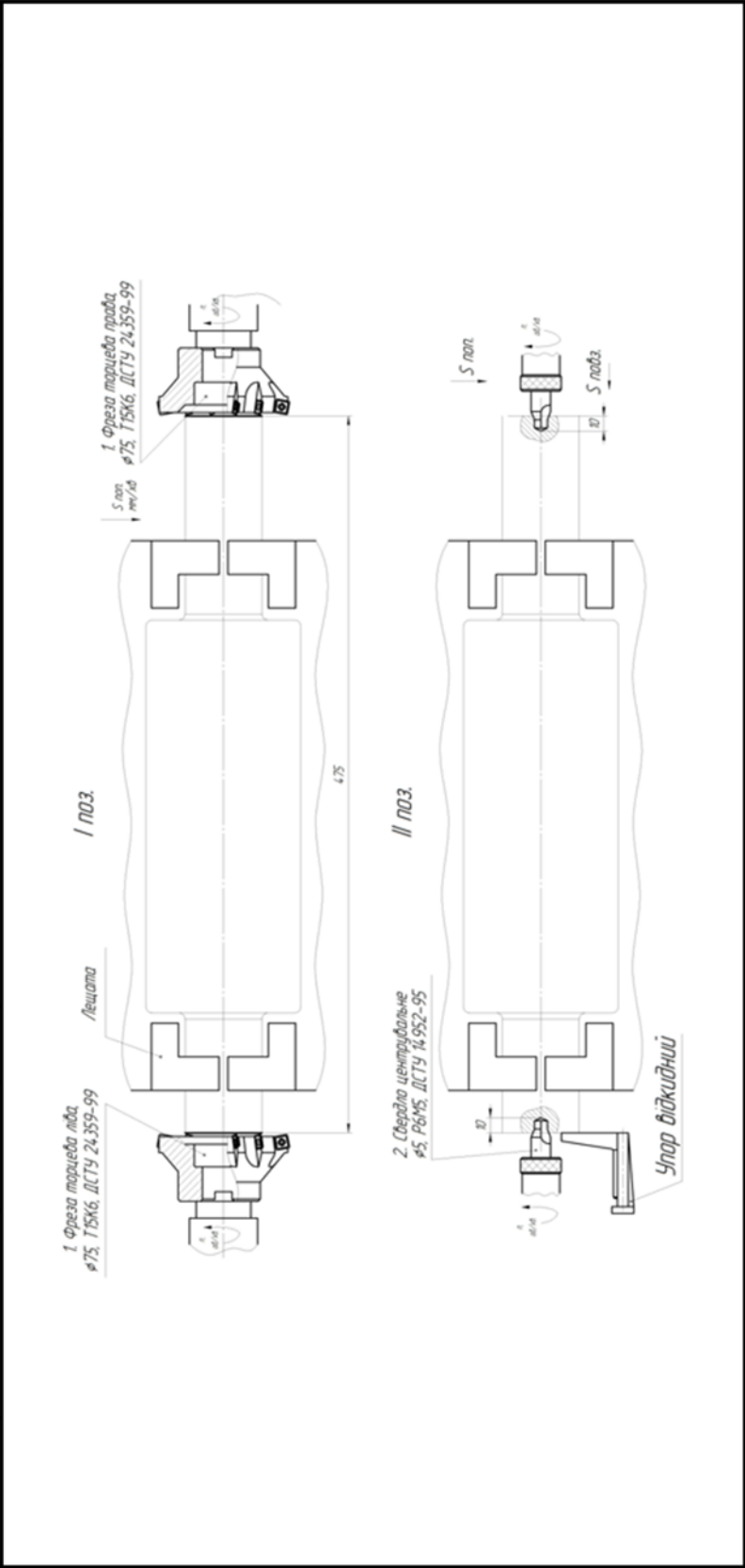
Форма 2

								Архиви		Архивіс	
										I	
Розроб.	Василевський В.Р.									601.40.xxxxx	
Перевірів	Полонський Л.Г.										
Т.контр.										N операції	
Н. контр.										010	
Назва операції		Матеріал		Твердість		ОВ		МД		МЗ	
005 Фрезерно-центрувальна		Сталь 45 ДСТУ 7809:2015		-		К2		14		15,6	
Обладнання, пристрій ЧПК		Позначення програми		T _о		T _д		T _{н.з.}		T _{шт.}	
2Г942		-		0,86		0,44		17		2,91	
P		III	D або B	L	t	i	s	n	v		
O	А. Встановити і закріпити деталь в пристосуванні										
T	396100 Верстатні лежача.										
O	1. Фрезерувати 2 торці в розмір 475 мм										
T	391810 Фреза торцева права, ліва, Ø75, T15K6, ДСТУ 24359-99.										
P		I	95	475	2,0	I	1,2	600	141		
O	2. Центрувати два торця А5х10 ДСТУ 14034-95.										
T	393113 Свердло центрувальне Ø5, Р6М5, ДСТУ 14952-95										
		2	95	475	1,5	I	0,2	800	29		
	Б. Відкріпити деталь, контролювати, покласти в тару.										
	393113 Штангенциркуль ШЦІ-250-01 ДСТУ 166-98. Зразки шорсткості.										
OK											

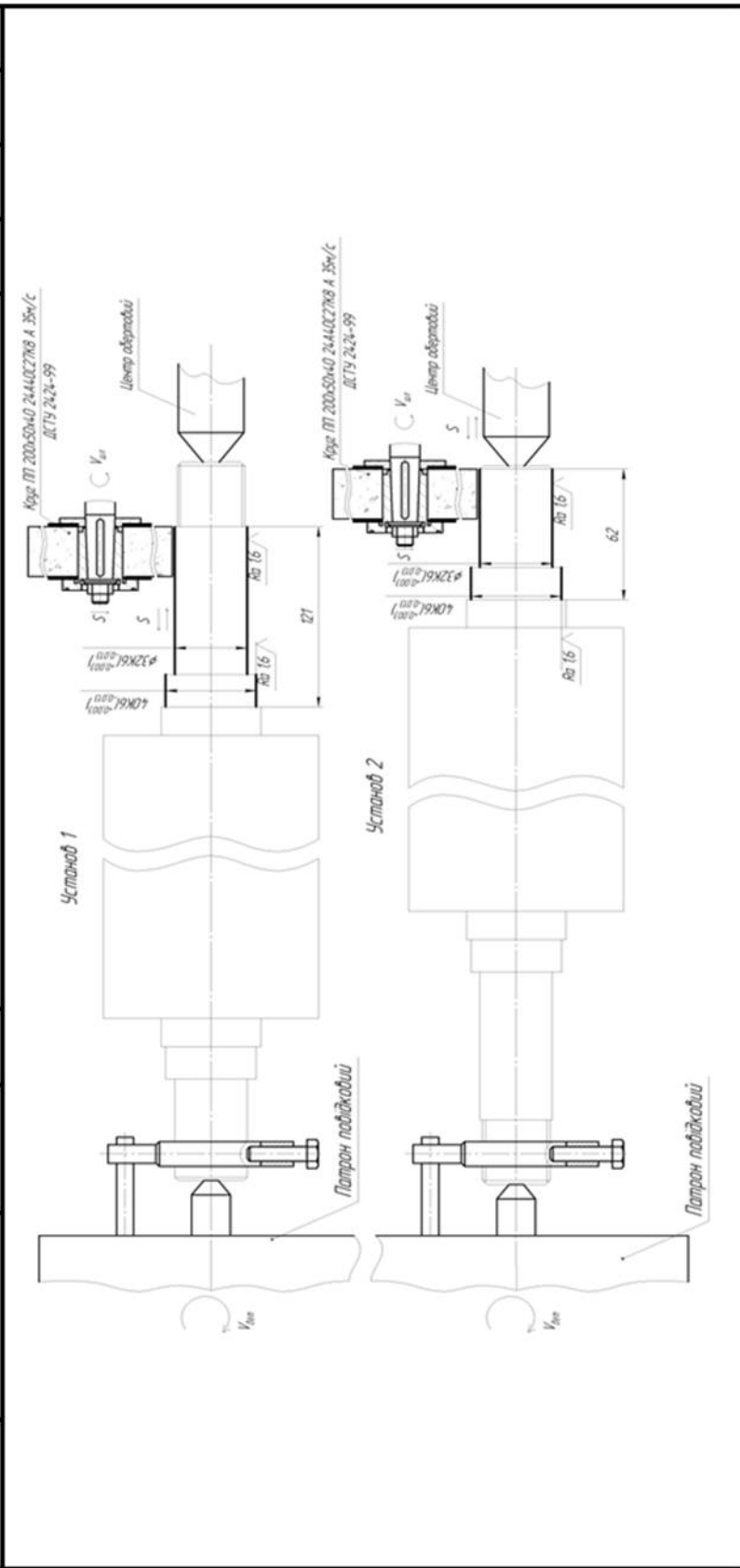
										Аркуш		Аркушів	
												1	
Розробив	Василевський					Державний університет «Житомирська політехніка»							
Перевірів	Полонський Л.Г.												
						«Вал для ножів» фугувального верстата Powermatik				н			
Н. контр										030			



				Аркуш		Аркушів	
						I	
Розробив	Василевський				Державний університет «Житомирська політехніка»		
Перевірів	Полонський.Л.Г.						
					«Вал для ножів» фугувального верстата Powermatik	Н	005
Н. контр							



										Аркуш		Аркушіє	
												1	



[illegible]

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				<u>Документация</u>		
				Складальне креслення	1	
				<u>Деталі</u>		
		1		Корпус	1	
		2		Плита	1	
		3		Циліндр	1	
		4		Кришка	1	
		5		Поршень	1	
		6		Шток	1	
		7		Тяга	1	
		8		Прихват	1	
				<u>Складальні вироби</u>		
		9		Вісь 12x80 ДСТУ 9650-96	1	
		10		Вісь 12x30 ДСТУ 9650-90	1	
		11		Гвинт М10x48.6.6 ДСТУ 1491-90	4	
		12		Гвинт М6x26.6.6 ДСТУ 1491-90	4	
		13		Гвинт М6x18.5.8 ДСТУ 1491-90	6	
		14		Гвинт М6x15.5.8 ДСТУ 1491-90	4	
		15		Гайка М12.6 ДСТУ 5927-90	1	
		16		Гайка М12.6 ДСТУ 11871-90	1	
		17		Кільце 5	4	
		18		Палець 7030-1236-4d6		
			МІ 131.00.2/Б 102/с 005 00-СП			
Изм.	Лист	№ док-м.	Подп.	Дата	Пристрій для фрезерування шпонкових пазів	
Разраб.		Василевський ВР.				
Проб.		Полонський ЛГ.			Державний університет "Житомирська політехніка" Група ПМ-142	
Н.контр.						
Утв.		Мельник О.Л.			Лист	Лист
					1	2

[illegible]

Додаток Е

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
				<u>Документація</u>		
A1				Складальне креслення	1	
				<u>Складальні одиниці</u>		
		1		Кутник	1	
				<u>Деталі</u>		
		2		Плита	1	
		3		Планка притискна	1	
		4		Тяга	1	
		5		Пружина	1	
				<u>Стандартні вироби</u>		
		7		Втулка 7034-0181	1	
				ДСТУ 18430-98		
		8		Гайка М12 ДСТУ 5915-96	1	

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.				
Перев.				
Н. контр.				
Затв.				

Пристрій для свердління отвору			Літ	Архи	Архив
			Н	1	2

[illegible]