

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Інститут інженерної механіки

Кафедра комп'ютеризованого машинобудування

Іванишин Любомир Ігорович

(прізвище, ім'я, по батькові)

УДК 621.27
(індекс)

БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

Технологія виготовлення деталі “Вал РЦ 001.07.12 циліндричного

редуктора приводу конвеєра”

(назва роботи)

Прикладна механіка

(назва освітньої програми)

131 – Прикладна механіка

(шифр і назва спеціальності)

Л. І. Іванишин

(підпис, ініціали та прізвище здобувача освітнього ступеня)

Науковий керівник Роп'як Любомир Ярославович, д.т.н., проф.

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

Допущено до захисту

Завідувач кафедри КМВ

професор

(посада)

(підпис)

(дата)

В. Г. Панчук

(ініціали та прізвище)

Рецензент

(посада)

(підпис)

(дата)

(ініціали та прізвище)

Робота містить результати власних розробок. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають право посилання на відповідне джерело.

м. Івано-Франківськ – 2022 рік

РЕФЕРАТ

кваліфікаційної бакалаврської роботи на тему:
«Технологія виготовлення деталі
«Вал РЦ 001.07.12 циліндричного редуктора приводу конвеєра»

Розрахунково-пояснювальна записка: 65 сторінок, 17 рисунків, 20 таблиць, 20 посилань, 14 аркушів формату А4 додатків.

Графічна частина: 3 аркуші формату А1, 1 аркуш формату А2, 2 аркуші формату А3.

Об'єкт дослідження – технологічний процес механічної обробки.

Предмет дослідження – деталь «Вал РЦ 001.07.12 циліндричного редуктора приводу конвеєра».

Мета роботи – розробити технологічний процес механічної обробки вала РЦ 001.07.12 циліндричного редуктора приводу конвеєра, який дозволить виготовити деталь в умовах середньосерійного виробництва з мінімальними витратами, а також розробити конструкції спеціальних верстатних пристроїв та пристрою для контрольної операції.

Відповідно до поставленої мети у роботі проведено детальний аналіз конструкції деталі, методу одержання заготовки та базового маршруту механічної обробки вала. На основі результатів проведеного аналізу та рекомендацій літературних джерел розроблено раціональний маршрут механічної обробки вала для умов заданого типу виробництва. Обґрунтовано спосіб одержання заготовки, розраховано припуски, режими різання та проведено нормування операцій. Для встановлення та закріплення валу на механообробних операціях спроектовано верстатний пристрій із пневмоприводом для фрезерування шпоночного паза, пристрій для контролю радіального биття. Спроектовано також спеціальний вимірний інструмент для контролю зовнішнього діаметра. В додатках наведено комплект технологічної документації.

Результати роботи можуть бути використані у машинобудівній галузі та на ремонтних підприємствах.

Ключові слова: вал, заготовка, технологічний процес, режими різання, припуски, операція, інструмент, пристрій, верстат.

Студент Іванишин Л. І.

ABSTRACT

of the qualifying bachelor's thesis on the topic:
“Technology of manufacturing part “Shaft ПІІ 001.07.12 cylindrical gearbox
conveyor drive”

Calculation and explanatory note: 65 pages, 17 figures, 20 tables, 20 references, 14 sheets of A4 appendices.

Graphic part: 3 sheets of A1 format, 1 sheet of A2 format, 2 sheets of A3 format.

The object of research is the technological process of machining.

The subject of research is the part "ПІІ shaft 001.07.12 of the cylindrical reducer of the conveyor drive".

The purpose of the work is to develop the technological process of mechanical processing of the shaft ПІІ 001.07.12 cylindrical reducer drive conveyor, which will produce a part in medium production with minimal costs, as well as to develop designs of special machine tools and devices for control operation.

In accordance with the set goal, a detailed analysis of the design of the part, the method of obtaining the workpiece and the basic route of machining of the shaft. Based on the results of the analysis and the recommendations of the literature, a rational route of mechanical processing of the shaft for the conditions of a given type of production. The method of obtaining the workpiece is substantiated, allowances are calculated, cutting and rationing modes of operations are calculated. A machine-driven device with a pneumatic drive for milling a keyway and a device for controlling radial beating have been designed to install and fix the shaft during machining operations. A special measuring tool for controlling the outer diameter has also been designed. The appendices contain a set of technological documentation.

The results of the work can be used in the engineering industry and in repair plants.

Key words: shaft, workpiece, technological process, cutting modes, allowances, operation, tool, device, machine tool.

Student

Ivanishin L.I.

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

(повне найменування закладу вищої освіти)

Інститут інженерної механіки

Кафедра комп'ютеризованого машинобудування

Освітній рівень – бакалавр

Спеціальність 131 – Прикладна механіка

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

_____ В. Г. Панчук

“ ___ ” _____ 20 __ року

ЗАВДАННЯ **НА БАКАЛАВРСЬКУ РОБОТУ**

Іванишин Любомир Ігорович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Технологія виготовлення деталі “Вал РЦ 001.07.12 циліндричного редуктора приводу конвєсєра”

Керівник роботи

Роп'як Любомир Ярославович, д.т.н., проф.

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

затвержені наказом закладу вищої освіти від “18” травня 2022 року № 130/7

2. Термін подання студентом роботи 15 червня 2022 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи)

3.1. Робоче креслення деталі;

3.2. Тип виробництва – середньосерійний.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити)

1. Конструкторсько-технологічний аналіз.

2. Проектування технології виготовлення деталі.

3. Проектування технологічного оснащення.

4. Створення керуючої програми для обробки на верстаті з ЧПК.

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

5.1. Креслення деталі;

5.2. Карти технологічного налагодження;

5.3. Складальне креслення пристрою;

5.4. Креслення технологічного оснащення;

5.5. Керуюча програма для верстату з ЧПК.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1-5	Роп'як Л.Я., д.т.н., проф.		

7. Дата видачі завдання 12 березня 2022 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів бакалаврської роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Конструкторсько-технологічний аналіз	26.03.2022	
2	Проектування технології виготовлення деталі	20.04.2022	
3	Проектування технологічного оснащення	20.05.2022	
4	Створення керуючої програми для обробки на верстаті з ЧПК	02.06.2022	
5	Науково-дослідна частина	26.03.2022	
6	Пояснювальна записка	12.06.2022	
7	Графічна частина	15.06.2022	

Студент _____ Іванишин Л. І.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ Роп'як Л.Я.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Зміст

Вступ	5
1 Конструкторсько-технологічний аналіз.....	6-17
1.1. Аналіз призначення і конструкції деталі	6-8
1.2. Аналіз технологічності деталі	9-11
1.3. Визначення організаційних умов виробництва	12-14
1.4. Аналіз базового технологічного процесу виготовлення деталі	15-17
2 Проектування технології виготовлення деталі	18-47
2.1. Вибір заготовки	18-20
2.2. Вибір маршруту і операцій обробки деталі	21-27
2.3. Вибір засобів технологічного оснащення	28-32
2.4. Визначення міжопераційних припусків і розмірів обробки	33-38
2.5. Визначення режимів різання	39-42
2.6. Нормування технологічної операції	43-46
2.7. Аналіз техніко-економічних показників	47
3 Проектування технологічної оснастки	48-57
3.1. Пристрій для механічної обробки	48-52
3.2. Перевірка працездатності інструментів	53-54
3.3. Конструювання спеціального вимірної інструменту або контрольного пристрою.....	55-57
4 Створення керуючої програми для обробки на верстаті з ЧПК	58-61
Перелік літературних джерел	62-63

					БР.ПМ-18-007.00.00.000 ПЗ
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	
Розроб.		Іванишин			ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
Перевір.		Роп'як			
Реценз.					
Н. Контр.		Роп'як			
Затверд.		Панчук В.Г.			
					Літ. Аркуш Акрушів
					4 65
					ІФНТУНГ гр. ПМ-18-1

Вступ

Машинобудування – комплекс галузей промисловості, які виготовляють засоби виробництва, транспортні засоби, предмети масового споживання та іншу промислову продукцію. Машинобудування відображає рівень розвитку технічного прогресу та економіки країни і має велике значення для підвищення економічної могутності держави та добробуту народу. Машинобудівну галузь справедливо називають серцевиною індустрії.

Кожна конкретна машина має своє призначення, тому її виготовляють з такого матеріалу, який забезпечує надійність і довговічність експлуатації, зручність та безпеку в роботі. Ці критерії визначають кваліфікацію фахівця, який бере безпосередню участь не тільки у виготовленні машини, а й у виборі матеріалів, які найкраще відповідають поставленим до неї вимогам.

Метою науки і техніки є розвиток економічних і соціальних завдань, сприяння швидкому переходу економіки на інтенсивний шлях розвитку.

Для цього треба:

- освоїти серійне виробництво таких нових машин, засобів автоматизації і приладів, обладнання, які сприятимуть впровадженню високопродуктивної технології в широких масштабах;
- збільшити виробництво систем машин та обладнання, автоматичних маніпуляторів з ЧПК.

Тенденції розвитку машинобудівного виробництва в даний час орієнтовані на підвищення якості продукції машинобудування, на широке застосування прогресивних інструментальних та конструкційних матеріалів, на комплексну автоматизацію на основі використання верстатів з числовим програмним керуванням і САПР, вимагають підготовки кваліфікованих фахівців, які володіють не тільки глибокими теоретичними знаннями, але і здатні використовувати їх на практиці у своїй виробничій діяльності.

У зв'язку з цим інженери-механіки спеціальності “Прикладна механіка” мають володіти такими навичками та знаннями: методи оцінки якості виробів, розрахунок і аналіз технологічних розмірних ланцюгів, розмірний аналіз технологічних процесів, вибір раціональних схем базування заготовок, розрахунок похибок, що впливають на точність механічної обробки, розрахунок припусків, оптимальних режимів різання, нормування часу і технологічної собівартості. Фахівці повинні володіти також практичними навичками з проектування технологічних процесів складання, механічної обробки, включаючи користування верстатами з ЧПК.

					БР.ПМ-18-007.00.00.000 ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. Конструкторсько-технологічний аналіз.

Аналіз призначення і конструкції деталі.

Деталь “Вал РЦ 001.07.12” входить в циліндричний редуктор приводу конвеєра ливарної автоматичної лінії РЦ 001, яку виготовляла на ПАТ “Автолившаш”. Вона служить для передачі крутного моменту від приводу через муфту на проміжний вал конічного редуктора.

Вал РЦ 001.07.12 має форму тіла обертання, яке має шийки різних діаметрів, що збільшуються від країв до середини. В конструкції деталі присутні: зовнішня конічна поверхня $<5^{\circ}43'29''$ на $\varnothing45h9(-0,062)$, закритий шпоночний паз для призматичної шпонки 10N9, шпоночний паз для сегментної шпонки 9N9, канавки 22 і 23 розмірами $\varnothing27,8h14(-0,52)$, $4^{+0,3}$ і $\varnothing39,5h14(-0,62)$, $3^{+0,3}$.

Розширений опис поверхонь деталі, службового призначення поверхонь, конфігурацію і розміри приведено у таблиці.

Таблиця 1.1 – Характеристики поверхонь деталі

№ поверхні	Геометрична форма, профіль поверхні	Службове призначення і функції поверхні	Розмір, допуск та квалітет	Точність форми та розміщення	Шорсткість, мкм
1	2	3	4	5	6
1	Зовнішня циліндрична поверхня.	Допоміжна база. Призначена для встановлення півмуфти.	$\varnothing36k6(+0,018/-0,002)$	0,02	Ra0,8
2	Фаска між зовнішньою циліндричною поверхнею 1 і торцем 3	Вільна поверхня.	$2 \times 45^{\circ}$	-	Ra6,3
3	Торець.	Вільна поверхня.	$330h14(-1,4)$	-	Ra6,3
4	Внутрішня циліндрична поверхня.	Допоміжна база. Призначення - для встановлення штифта для фіксації півмуфти.	$\varnothing4K7(+0,003/-0,009)$	-	Ra6,3
5	Галтель.	Вільна поверхня.	$80 \pm 0,37$	-	Ra6,3
6	Зовнішня циліндрична поверхня.	Основна база. Призначення – встановлення деталі на підшипники в корпусі редуктора.	$\varnothing36k6(+0,018/-0,002)$	0,02	Ra1,25
7	Плоска поверхня кільцеподібної форми, обмежена зовнішніми циліндричними поверхнями 6 і 8.	Основна база. Призначення - для встановлення деталі на підшипники в корпусі редуктора.	$210 \pm 0,55$	0,02	Ra2,5
8	Зовнішня циліндрична поверхня.	Допоміжна база. Призначена для встановлення	$\varnothing45h9(-0,062)$	-	Ra0,8
9	Зовнішня конічна поверхня.	уцільнюючого кільця. Допоміжна база. Призначена для встановлення шестерні.	$\varnothing45h9(-0,062)$	0,02	Ra0,4

										Арк.
										6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	БР.ПМ-18-007.00.00.000 ПЗ					

Найвідповідальнішими і найточнішими поверхнями деталі є: поверхня 1 задана розміром $\varnothing 36k6^{(+0,018}_{+0,002)}$, шорсткість Ra0,8, поверхня 6 задана розміром $\varnothing 40k6^{(+0,018}_{+0,002)}$, шорсткість Ra1,25, поверхня 9 задана розміром $\varnothing 45h9_{(-0,062)}$, шорсткість Ra0,4, поверхня 4 задана розміром $\varnothing 4K7^{(+0,003}_{-0,009)}$, шорсткість Ra0,4.

Взаємне розміщення поверхонь 1, 6 і 9 задане допуском радіального биття 0,02 мм. Шорсткість поверхні 9 Ra0,4 необхідна для забезпечення точності встановлення зубчатого колеса на конічну поверхню вала з заданою точністю.

В процесі експлуатації до деталі прикладені крутний момент, радіальна і осьова сили від конічної зубчатої передачі, тому матеріалом для даної деталі вибрано вуглецеву конструкційну якісну сталь 45 ГОСТ1050-88. Вона задовольняє вказані вище вимоги до механічних властивостей деталі. Деталь підлягає об'ємному гартуванню до HB 241...285.

Хімічний склад та механічні властивості матеріалу Сталь 45 ГОСТ1050-88 відображені в таблицях 1.2 і 1.3.

Таблиця 1.2 – Хімічний склад Сталі 45 ГОСТ1050-88, %

C	Si	Mn	Cr	S	P	Cu	Ni	As
0,42-0,5	0,17-0,37	0,5-0,8	0,25	0,04	0,035	0,25	0,25	0,08

Таблиця 1.3 – Механічні властивості Сталі 45 ГОСТ1050-88

σ_T	σ_B	$\Delta s, \%$	$\Psi, \%$	$a_n, \text{Дж/см}^2$	HB (не більше)	
не менше					гарячештампована	відпалена
360	610	16	40	—	241	197

Згідно стандарту ISO-513:2012 даний матеріал відноситься до групи P за оброблюваністю (вуглецева сталь, зміцнена до $HB \leq 400$).

									Арк.
									8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	БР.ПІМ-18-007.00.00.000 ПЗ				

1.2 Аналіз технологічності деталі.

Послідовність обробки поверхонь деталі занесено в таблицю 1.4

Таблиця 1.4 – Плани механічної обробки поверхонь деталі.

№ поверхні	Послідовність обробки (методи, вид); інструменти	Точність, шорсткість	Тип верстата; пристрій
1	2	3	5
1	1) точіння чорнове; різець токарний прохідний упорний. 2) точіння чистове; різець токарний прохідний упорний.	h14, Ra12,5 h11, Ra6,3	Верстат токарно-гвинторізний Токарний самоцентруючий трикулачковий патрон. Центр обертовий. Круглошліфувальний верстат. Центри.
2	3) шліфування чорнове; круг шліфувальний плоский прямий. 4) шліфування чистове; круг шліфувальний плоский прямий. Точіння; різець прохідний відігнутий.	h8, Ra1,6 k6, Ra0,8 h14, Ra6,3	Поводковий патрон. Верстат токарно-гвинторізний Токарний самоцентруючий трикулачковий патрон. Центр обертовий.
3	Точіння; різець прохідний відігнутий.	it14, Ra6,3	Верстат токарно-гвинторізний Токарний самоцентруючий трикулачковий патрон.
4	1) Свердління; свердло спіральне з циліндричним хвостовиком. 2) Розвірчування; розвертка з циліндричним хвостовиком.	H11, Ra3,2 K7, Ra0,4	Вертикально-свердлильний верстат. Кондуктор з гвинтовим затиском.
5, 7, 10	1) точіння чорнове; різець токарний прохідний упорний. 2) точіння чистове; Різець токарний прохідний упорний.	h14, Ra12,5 h11, Ra2,5	Верстат токарно-гвинторізний Токарний самоцентруючий трикулачковий патрон. Центр обертовий.
8, 9	1) Чорнове точіння; Різець токарний прохідний відігнутий.. 2) Чистове точіння; різець токарний прохідний відігнутий. 3) шліфування однократне; Круг шліфувальний плоский прямий.	h14, Ra12,5 h11, Ra6,3 h9, Ra0,8	Верстат токарно-гвинторізний Токарний самоцентруючий трикулачковий патрон. Центр обертовий. Круглошліфувальний верстат. Центри. Поводковий патрон.

1	2	3	4
11	1) точіння чорнове; різець токарний прохідний упорний. 2) точіння чистове; різець токарний прохідний упорний. 3) Нарізання різьби; різець токарний різьбовий для зовнішньої метричної різьби.	h14, Ra12,5 h11, Ra3,2 6g, Ra3,2	Верстат токарно-гвинторізний Токарний самоцентруючий трикулачковий патрон. Центр обертовий.
12	Точіння; різець токарний прохідний відігнутий.	It14, Ra6,3	Верстат токарно-гвинторізний Токарний самоцентруючий трикулачковий патрон. Центр обертовий.
13.	Точіння; різець токарний прохідний упорний.	h14, Ra6,3	Верстат токарно-гвинторізний Токарний самоцентруючий трикулачковий патрон.
14, 16-17	Фрезерування; фреза дискова трьохстороння.	it14, Ra6,3 N9, Ra3,2	Горизонтально-фрезерний верстат. Призми. Прихвати.
15, 18-21	Фрезерування; фреза шпоночка з циліндричним хвостовиком.	H13, Ra6,3 N9, Ra3,2	Шпоночно-фрезерний верстат. Призми. Прихвати.
22, 23	Точіння; різець токарний для зовнішніх канавок.	h14, Ra6,3 h14, Ra6,3	Верстат токарно-гвинторізний. Токарний самоцентруючий трикулачковий патрон. Центр обертовий.
24	1) Свердління; свердло спіральне з циліндричним хвостовиком. 2) Нарізання різьби; мітчик машинний для метричної різьби.	H12, Ra6,3 7H, Ra6,3	Верстат токарно-гвинторізний Токарний самоцентруючий трикулачковий патрон.
25	Зенкування; Зенківка конічна <60°.	H14, Ra6,3	Верстат токарно-гвинторізний. Токарний самоцентруючий трикулачковий патрон.

Матеріал деталі – сталь 45 ГОСТ1050-88.

Згідно базового технологічного процесу заготовку деталі отримують з круглого гарячекатаного прокату ГОСТ 2590-88.

Заготовку ще можна отримати такими способами: вільним куванням, гарячим об'ємним штампуванням.

За здатністю до обробки тиском даний матеріал належить до групи М1- має вміст вуглецю до 0,45% та легуючих елементів до 2%, Серед трьох груп найкраще обробляється тиском.

					БР.ПМ-18-007.00.00.000 ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Оброблюваність матеріалу деталі різанням визначає коефіцієнт оброблюваності різцями відносно еталонного матеріалу – сталі 45 з $G_b=650\text{МПа}$; 197НВ за [2].с.12:

$$K_v = V_{60} / V_{e60}, \quad (1)$$

де V_{60} – швидкість різання матеріалу при стійкості інструменту 60 хвилин;

V_{e60} – швидкість різання еталонного матеріалу при стійкості інструменту 60 хв;
За [10]с.29-34 $V_{60}=86,25\text{м/хв}$; $V_{e60}=115\text{м/хв}$;

$$K_v = 86,25 / 115 = 0,75;$$

таке значення коефіцієнта свідчить про дещо гіршу оброблюваність різанням сталі 45, загартованої до НВ 241...285, порівняно з сталлю, нормалізованою до НВ197.

Аналіз технологічності деталі виконуємо за методикою [1].с.13:

- 1) На прохід можливо обробити торці 3 і 13, точіння поверхонь 8 і 9.
- 2) Діаметральні розміри шийок вала зменшуються до кінця.
- 3) Буртики великих діаметрів в конструкції деталі відсутні.
- 4) Закриті шпонкові пази не можливо замінити на відкриті.
- 5) Через конструкторське призначення зовнішніх циліндричних і конічної поверхонь деталі, що мають різні діаметри, замінити цю деталь на гладкий вал неможливо.
- 6) Всі канавки валу можна обробити на токарному верстаті з ЧПК.
- 7) Співвідношення довжини валу до діаметра $L/d = 330/36 = 9,17 < 12$, тому жорсткість валу є достатньою для отримання точності поверхонь за 6..8 квалітетом.
- 8) Деталь має ступінчасту форму. Діаметри збільшуються до середини, по одній з крайніх шийок деталь кріпиться у патроні. Таким чином, з одного установа обробку виконати неможливо.
- 9) принцип постійності баз можна застосувати при обробці груп зовнішніх циліндричних конічної і торцевих поверхонь, що обробляються з одного установа.

Врахування можливостей обробки деталі на верстатах з ЧПК:

- 1) Поверхні, утворені обертанням заготовки відносно осі, є відкритими з одного боку, за винятком канавок 22, 23.
- 2) Конфігурація деталі не дозволяє повну чорнову і чистову обробку з однієї установки. При установці в центрах деталь не має достатньої жорсткості для запобігання деформацій для зняття великого припуску, при цьому в деталі є достатньо місця для кулачків або поводків і для затиску в кулачковому патроні.
- 3) В конструкції немає виступів, які утворюються при обертанні, тому відсутня необхідність в застосовуванні спеціального інструменту з великим вильотом.
- 4) Місця спряження поверхонь циліндричних з торцями і конічними мають різні радіуси.
- 5) Канавки 22 і 23 мають різну форму і розміри.

					БР.ПМ-18-007.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

1.3. Визначення організаційних умов виробництва.

1.3.1. Організаційні умови.

Тип виробництва – середньо-серійний.

Режим роботи підприємства – 2 зміни на добу.

Дійсний річний фонд годин робочого часу обладнання за [2.с.22; Табл..2.1.]:

$$F_d=4029 \text{ год.}$$

Число робочих днів у році: – $F=253$ дні.

Дійсний фонд годин робочого часу обладнання в 1 зміну – $F_o=480$ хв.

Нормативний коефіцієнт завантаження верстатів – 0,8.

Коефіцієнт серійності $K_c = 11..20$ – середньо-серійний тип виробництва:.

Маса деталі 3 кг;

Таблиця 1.5 – Трудомісткість операцій обробки деталі

№ операції	Назва операції			T _o , хв	ФФ _к	T _{шт-к} (T _{штг}), хв
	№№ переходів	Розрахунок основного часу	i			
1	2	3	4	5	6	7
005.	Фрезерно-відрізна			0,48	1,84	0,88
1	$T_{005}=0,19D^2=0,19\cdot 50^2$	1	0,48			
010.	Термічна			-	-	-
015.	Токарно-гвинторізна			0,2	2,14	0,43
1	$0,037(D^2-d^2)=0,037\cdot 50^2$	1	0,09			
2	$0,037(D^2-d^2)=0,037\cdot 50^2$	1	0,09			
3	$0,52dl=0,52\cdot 6,3\cdot 5$	1	0,01			
4	$0,52dl=0,52\cdot 6,3\cdot 5$	1	0,01			
020.	Токарно-гвинторізна			4,5	2,14	9,63
1	$0,17dl=0,17\cdot 50\cdot 210$	1	1,78			
2	$0,17dl=0,17\cdot 43\cdot 80$	1	0,59			
3	$0,17dl=0,17\cdot 37,5\cdot 2,45$	1	0,02			
4	$0,037(D^2-d^2)=0,037(46,5^2-39,5^2)$	1	0,3			
5	$0,18dl=0,18\cdot 41,5\cdot 130$	1	0,97			
6	$0,18dl=0,18\cdot 37,5\cdot 80$	1	0,54			
7	$0,037(D^2-d^2)=0,037(41,5^2-37,5^2)$	1	0,3			
025.	Токарно-гвинторізна			3,2	2,14	6,85
1	$0,17dl=0,17\cdot 50\cdot 120$	1	1,78			
2	$0,17dl=0,17\cdot 48\cdot 110$	4	0,83			
3	$0,17dl=0,17\cdot 32\cdot 28$	1	0,11			
4	$0,17dl=0,17\cdot 32\cdot 2,6$	1	0,01			
5	$0,037(D^2-d^2)=0,037(38^2-27,8^2)$	1	0,12			
6	$0,18dl=0,18\cdot 47\cdot 10$	1	0,1			
7	$0,18dl=0,18\cdot 45,5\cdot 82$	1	0,18			
8	$0,18dl=0,18\cdot 32\cdot 28$	1	0,07			
БР.ПМ-18-007.00.00.000 ПЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.3.2. Розрахунок програми випуску та партії деталей:

Число операцій обробки: $n = 12$;

Сумарний штучний час:

$$\sum T_{шт} = 38,16 \text{ хв};$$

Середній штучний час:

$$T_{шт.сер.} = \sum T_{шт.} / n = 38,16 / 12 = 3,19 \text{ хв}; \quad (5)$$

Такт випуску деталей:

$$t_B = K_3 \cdot T_{шт.сер.} = 15 \cdot 3,19 = 47,85 \text{ хв}; \quad (6)$$

Річна програма випуску деталей:

– розрахункова:

$$N = F_d \cdot 60 / t_B = 4029 \cdot 60 / 47,85 = 5040,5 \text{ шт}; \quad (7)$$

– прийнята $N = 5040$ шт;

Розрахункова кількість деталей в партії:

$$n_d = N \cdot a / F = 5040,5 \cdot 12 / 253 = 240,1 \text{ шт}; \quad (8)$$

Розрахункове число змін на обробку партії деталей:

$$C = T_{шт.сер.} \cdot n_d / 480 \cdot 0,8 = 3,19 \cdot 240 / 480 \cdot 0,8 = 1,98; \quad (9)$$

Прийнята кількість змін $C_{пр.} = 2$ зміни;

Прийнятий обсяг партії деталей:

$$N_{пр} = 480 \cdot 0,8 / T_{шт.сер.} = 2 \cdot 480 \cdot 0,8 / 3,19 = 240 \text{ шт}; \quad (10)$$

					БР.ПМ-18-007.00.00.000 ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.4. Аналіз базового технологічного процесу виготовлення деталі.

На базовому підприємстві ПАТ “Автолившаш” вал РЦ 001.07.12 виготовляють в умовах дрібносерійного типу виробництва. Інформацію про технологічний процес (базовий) та його аналіз оформлено в вигляді таблиці 1.6.

Таблиця 1.6 – Опис базового технологічного процесу виготовлення вала РЦ 001.07.12.

№ операції	Назва операції		Верстат (потужність); пристрій, оснастка
	№№ переходів	Основні технологічні переходи; інструменти	
1	2	3	4
005	Фрезерно-відрізна		Фрезерно-відрізний 8Г642 (N=7,5 кВт); призми в комплекті верстата з гвинтовим затиском.
1	Відрізати заготовку з прокату Ø50 мм в розмір L=337 мм; пила кругла.	3; 13	
010	Термічна.		
015	Токарно-гвинторізна.		Верстат токарно-гвинторізний 16К20 (N=10 кВт); Центр обертовий Токарний самоцентруючий трикулачковий патрон Ø250 мм.
1	Підрізати торці; різець токарний прохідний відігнутий.	3; 13	
2	Обробити центрові отвори Ø2 мм; Свердло центровочне <60°.		
020	Токарно-гвинторізна.		Верстат токарно-гвинторізний 16К20 (N=10 кВт); Токарний самоцентруючий трикулачковий патрон Ø250 мм. Центр обертовий.
1	Точити поверхні начорно; токарний прохідний упорний різець.	1; 5; 6; 7	
2	Точити поверхню; токарний прохідний відігнутий різець	2	
3	Точити поверхню; різець токарний для зовнішніх канавок.	23	
4	Точити поверхні начисто; різець токарний прохідний упорний.	1; 5; 6; 7	

продовження таблиці 1.6

1	2	3	4
045	Горизонтально-фрезерна.		Верстат горизонтально- фрезерний 6P82Г (N=7,5 кВт); Призми та прихвати із гвинтовим затиском.
1	Фрезерувати шпонковий паз 8N9; фреза дискова трьохстороння.	14; 16-17	
050	Вертикально-свердлильна.		Верстат вертикально- свердлильний 2H125 (N=2,5 кВт); Кондуктор з гвинтовим затиском.
1	Свердлити отвір; свердло спіральне з циліндричним хвостовиком.	4	
2	Розвірчувати отвір; розвіртка з циліндричним хвостовиком.	4	
055	Круглошліфувальна.		Верстат круглошліфу- вальний 3M151 (N=10 кВт); центри верстата. Поводок.
1	Шліфувати поверхню; круг шліфувальний плоский прямий.	8	
2	Шліфувати поверхню начорно; круг шліфувальний плоский прямий.	1; 6	
3	Шліфувати поверхню начисто; круг шліфувальний плоский прямий..	1; 6	
060	Круглошліфувальна.		Верстат круглошліфу- вальний 3M151 (N=10 кВт); центри верстата. Поводок.
	Шліфувати поверхню; круг шліфувальний плоский прямий.	9	
065	Слюсарна.		Стіл слюсарний.
070	Контрольна.		Стіл контрольний.

2. Проектування технології виготовлення деталі.

2.1. Вибір заготовки.

Розрахунок маси заготовки з визначенням коефіцієнту використання матеріалу.

Початкові дані:

- маса деталі $m_d=3$ кг;
- тип виробництва – середньо-серійний;
- матеріал деталі – Сталь 45 ГОСТ1050-88;
- $\rho=7814$ кг/м³.

При виборі раціонального методу отримання заготовки в проектному технологічному процесі виконуємо порівняння базового і кількох альтернативних варіантів.

Базова заготовка – гарячекатаний прокат круглого профілю.

За базовими даними розміри заготовки $\varnothing 50$ мм, $L=337$ мм.

Об'єм заготовки:

$$V=\pi \cdot D^2/4 \cdot L=3,14 \cdot 50^2/4 \cdot 337=661362,5 \text{ мм}^3; \quad (11)$$

Де D – діаметр заготовки, мм;

L – довжина заготовки, мм;

Коефіцієнт використання матеріалу $K_{вм}=M_d/M_z=3/5,17=0,58$;

$$\text{Маса заготовки: } m=V \cdot \rho=661362,5 \cdot 10^{-9} \cdot 7814=5,17 \text{ кг}; \quad (12)$$

Вартість заготовки з прокату за [3.с.30]

$$S_{заг}=M+\Sigma C_{о.з}. \quad (13)$$

Де M – витрати на матеріал заготовки;

$\Sigma C_{о.з}$ – технологічна собівартість операцій правки, калібрування та розрізання прутків на штучні заготовки;

$$\text{Згідно [3.с.30]: } C_{о.з.}=C_{п.з.} \cdot T_{шт}/60 \quad (14)$$

де $C_{п.з.}$ – приведені витрати на робочому місці, грн./год;

$T_{шт}$ – штучний час виконання операції;

Згідно даних, які одержані з відділу праці та зарплати ПАТ “Автолившмаш” витрати на годину роботи на робочому місці становлять:

відрізання заготовок на відрізних верстатах дисковими пилами $C_{п.з.}=16,5$ грн/год;

Штучний час для відрізання круга $\varnothing 80$ мм довжиною $L=337$ мм на верстаті 8Г662 при подачі 25 мм/хв. буде:

$$T_{шт}=1,5 \cdot T_0=1,5 \cdot (50+10)/25=3,6 \text{ хв};$$

$$C_{о.з.}=16,5 \cdot 3,6/60=1 \text{ грн.};$$

Витрати на матеріал за [3.с.30]:

$$M=Q \cdot S-(Q-q) \cdot S_{відх}/1000 \quad (15)$$

Де Q – маса заготовки; q – маса деталі; S – ціна 1 кг матеріалу заготовки;

$S_{відх}$ – ціна 1 т відходів;

Згідно базових даних для круглого прокату $\varnothing 50$ мм з Сталі 45 ГОСТ 1050-88

$S = 10$ грн.; $S_{відх} = 900$ грн./т;

$$M = 3,42 \cdot 10 - (5,17 - 3) \cdot 900/1000 = 32,25 \text{ грн.};$$

$$S_{заг} = 32,25 + 1 = 33,25 \text{ грн.};$$

					БР.ПМ-18-007.00.00.000 ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Об'єм заготовки:

$$V_1+V_2+V_3+V_4+V_5+V_6 \quad (19)$$

$$V_1=\pi \cdot d^2 \cdot L/4=3,14 \cdot 41,4^2 \cdot 80,2/4=107905,8 \text{ мм}^3;$$

$$V_2=\pi \cdot d^2 \cdot L/4=3,14 \cdot 45,8^2 \cdot 129,8/4=213734,8 \text{ мм}^3;$$

$$V_3=\pi \cdot d^2 \cdot L/4=3,14 \cdot 50,8^2 \cdot 16,9/4=123371,3 \text{ мм}^3;$$

$$V_4=\pi \cdot d^2 \cdot L/4=3,14 \cdot ((50,8+42,6)/2)^2 \cdot 79,6/4=60947 \text{ мм}^3;$$

$$V_5=\pi \cdot d^2 \cdot L/4=3,14 \cdot 35^2 \cdot 28,4/4=27310 \text{ мм}^3;$$

$$V=107905,8+213734,8+123371,3+60947+27310=533268,9 \text{ мм}^3;$$

$$\text{Маса заготовки: } m_3=533268,9 \cdot 10^{-9} \cdot 7814=4,17 \text{ кг};$$

$$\text{Коефіцієнт використання матеріалу } K_{\text{вм}}=3/4,17=0,719;$$

Вартість штампованої заготовки за [3.с.31]:

$$S_{\text{заг}}=(C/1000 \cdot Q \cdot K_{\text{т}} \cdot K_{\text{с}} \cdot K_{\text{в}} \cdot K_{\text{м}} \cdot K_{\text{п}})-(Q-q) \cdot S_{\text{відх}}/1000; \quad (20)$$

де С – базова вартість однієї тони заготовок;

$K_{\text{т}}$, $K_{\text{с}}$, $K_{\text{в}}$, $K_{\text{м}}$, $K_{\text{п}}$ – коефіцієнти, що залежать від класу точності, групи складності, маси, марки матеріалу та об'єму виробництва заготовок;

за базовими даними $C = 15400$ грн;

За [3.с.37-38]: $K_{\text{т}}=1$; $K_{\text{м}}=1$; $K_{\text{с}}=0,84$; $K_{\text{в}}=0,87$; $K_{\text{п}}=1$;

$$S_{\text{заг}} = (15400/1000 \cdot 4,17 \cdot 1 \cdot 0,84 \cdot 0,87 \cdot 1 \cdot 1)-(4,17-3) \cdot 900/1000=45,88 \text{ грн};$$

Основні техніко-економічні показники варіантів отримання заготовки наведені у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Техніко-економічні показники методів отримання заготовки для деталі «Вал РЦ 001.07.12»

Основні техніко-економічні показники	Варіанти отримання заготовки	
	Прокат круглого профілю	Штампована на кривошипному гарячештампувальному пресі
Маса заготовки, кг	5,17	4,17
Коефіцієнт використання металу	0,58	0,719
Собівартість заготовки для однієї деталі, грн	33,25	45,88

При отриманні заготовки з гарячекатаного прокату круглого профілю великі витрати матеріалу і низький коефіцієнт використання матеріалу.

Заготовка з круглого прокату дешевша від штампованої заготовки.

В середньо серійному виробництві доцільнішим є використовувати штампованої заготовки, форма якої є більш наближеною до форми готової деталі. Використання такої заготовки зменшує час та витрати на механічну обробку заготовки. Тому для проектного маршруту обробки деталі приймаєм заготовку, яка отримана гарячим об'ємним штампуванням на кривошипному гарячештампувальному пресі.

					БР.ЛМ-18-007.00.00.000 ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2. Вибір маршруту і операцій обробки деталі.

Згідно завдання для проекту вал РЦ 001.07.12 виготовляється в умовах середньо-серійного виробництва.

Детальний опис проектного технологічного процесу та його аналіз оформлено в вигляді таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Опис проектної технології обробки вала РЦ 001.07.12.

№ операції	Назва операції		Ескіз обробки деталі на операції
	Верстат (потужність); пристрій, оснастка		
№№ переходів	Основні технологічні переходи; інструмент	№ обр. пов.	
1	2	3	4
005	Заготівельна.		
	Кривошипний гарячештампувальний прес.		
010	Термічна		
015	Фрезерно-центрувальна		Рис. 1
	Фрезерно-центрувальний верстат МР71 (N=13 КВт); призми в комплекті верстата з гвинтовим затиском		
1	Фрезерувати торці одночасно; Фреза торцева з вставними зубами.	3; 13	
2	Центрувати отвори Б2 ГОСТ 14034-74 на торцях; Свердло центровочне <60°.		
020	Токарна з ЧПК		Рис. 2
	Токарно-гвинторізний верстат з ЧПК мод. 1А616Ф3 (N=7,1 КВт); Токарний самоцентруючий трикулачковий патрон Ø250 мм; центр обертовий.		
1	Точити поверхні начорно; різець токарний прохідний упорний.	1; 5; 6; 7	
2	Точити поверхні начорно; різець токарний прохідний відігнутий.	2; 8	
3	Точити поверхні начисто; різець токарний прохідний упорний.	1; 5; 6; 7	
4	Точити поверхню; різець токарний для зовнішніх канавок.	23	

1	2	3	4
045	Свердлильна з ЧПК		Рис. 7
	Вертикально-свердильний верстат з ЧПК 2P135 Ф2-1 (N=3,7 кВт); Кондуктор з гвинтовим затиском		
1	Свердлити отвір; свердло спіральне з циліндричним хвостовиком.	4	Рис. 8
2	Розвірчувати отвір; розвіртка з циліндричним хвостовиком.	4	
050	Круглошліфувальна		Рис. 8
	Круглошліфувальний верстат 3M151 (N=10 кВт); центри верстата. Поводок		
1	Шліфувати поверхню начорно; круг шліфувальний плоский прямий	1	Рис. 9
2	Шліфувати поверхню начорно; круг шліфувальний плоский прямий	6	
3	Шліфувати поверхню; круг шліфувальний плоский прямий	8	
055	Круглошліфувальна		Рис. 9
	Круглошліфувальний верстат 3M151 (N=10 кВт); центри верстата. Поводок		
1	Шліфувати поверхню; круг шліфувальний плоский прямий.	9	Рис. 10
060	Круглошліфувальна		
	Круглошліфувальний верстат 3M151 (N=10 кВт); центри верстата. Поводок		
1	Шліфувати поверхню начисто; круг шліфувальний плоский прямий	1	Рис. 10
2	Шліфувати поверхню начисто; круг шліфувальний плоский прямий	6	
065	Слюсарна		
	Стіл слюсарний		
070	Контрольна		
	Стіл контрольний слюсарний		

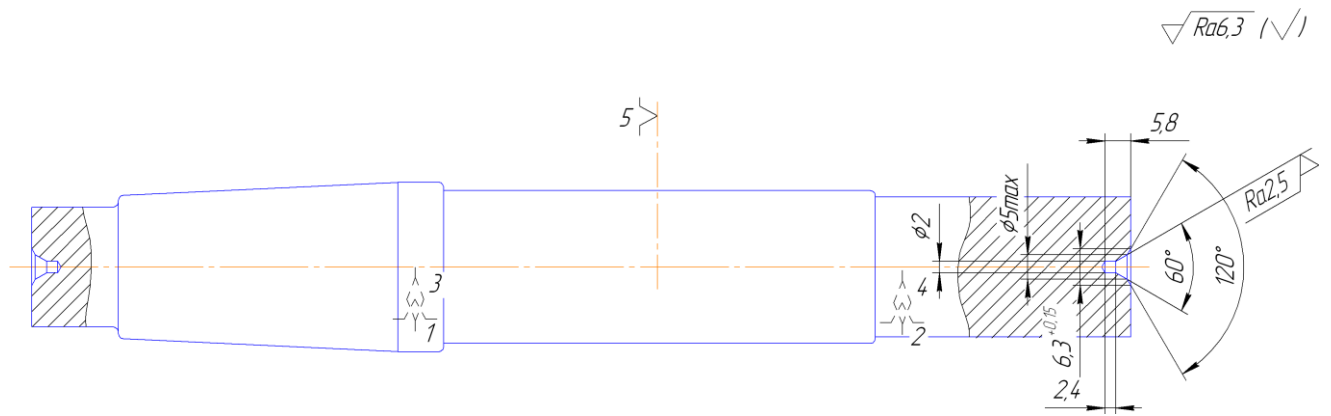


Рис.1 – Ескіз обробки деталі на операції 015

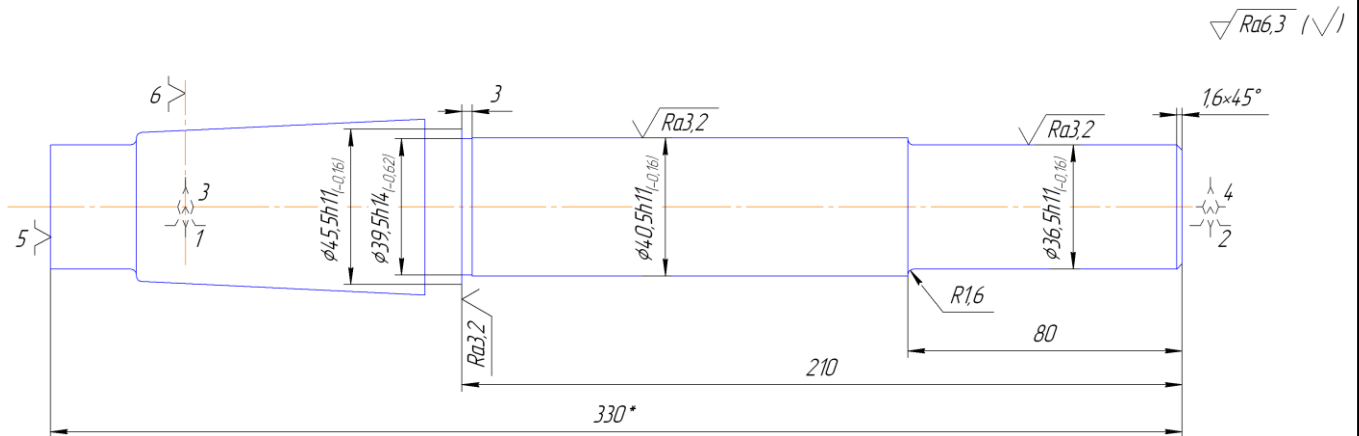


Рис.2 – Ескіз обробки деталі на операції 020

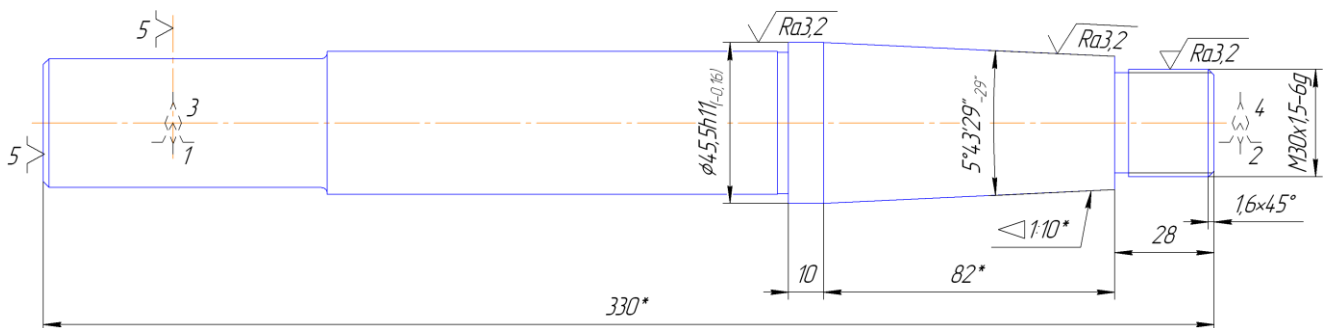


Рис.3 – Ескіз обробки деталі на операції 025

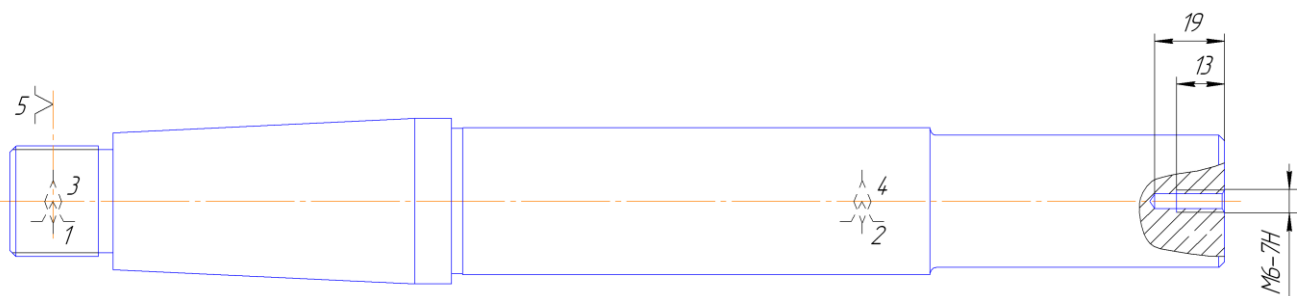


Рис.4 – Ескіз обробки деталі на операції 030

				БР.ПМ-18-007.00.00.000 ПЗ		Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		
					24	

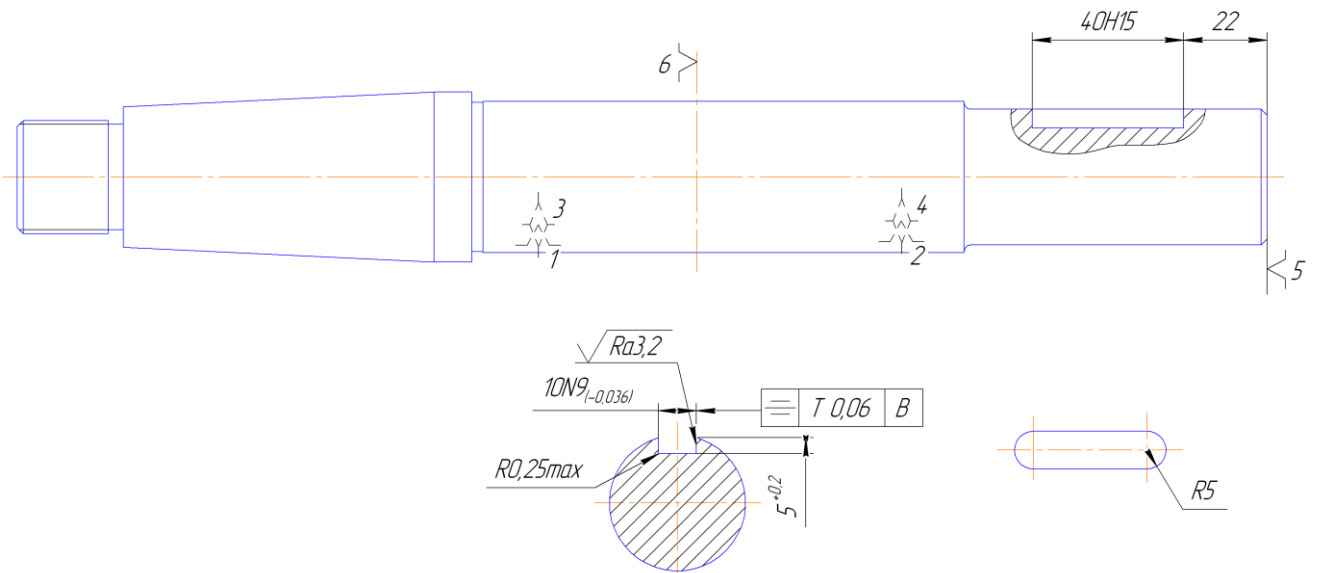


Рис.5 – Ескіз обробки деталі на операції 035

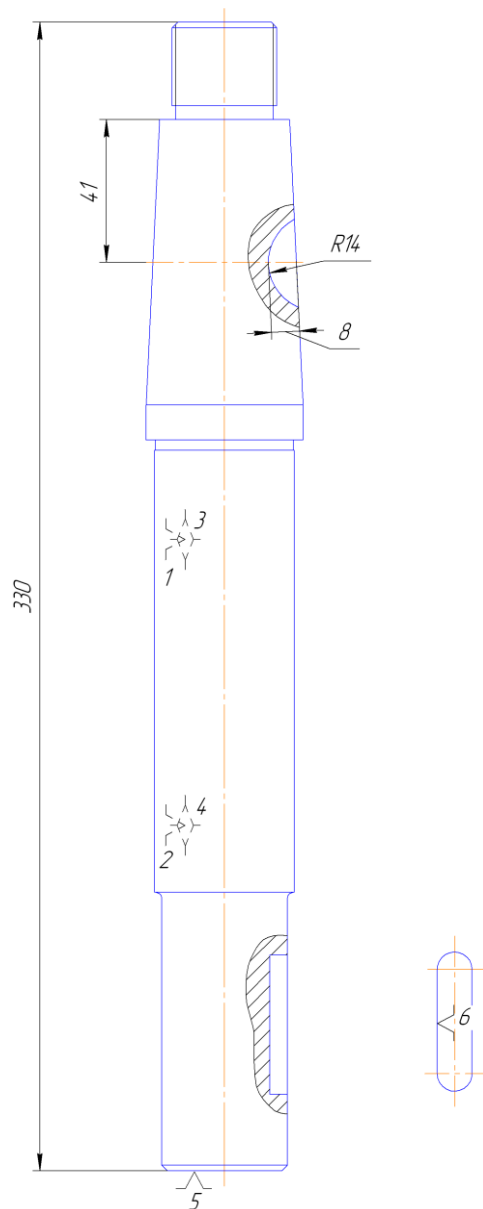


Рис.6 – Ескіз обробки деталі на операції 040

					БР.ПІМ-18-007.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

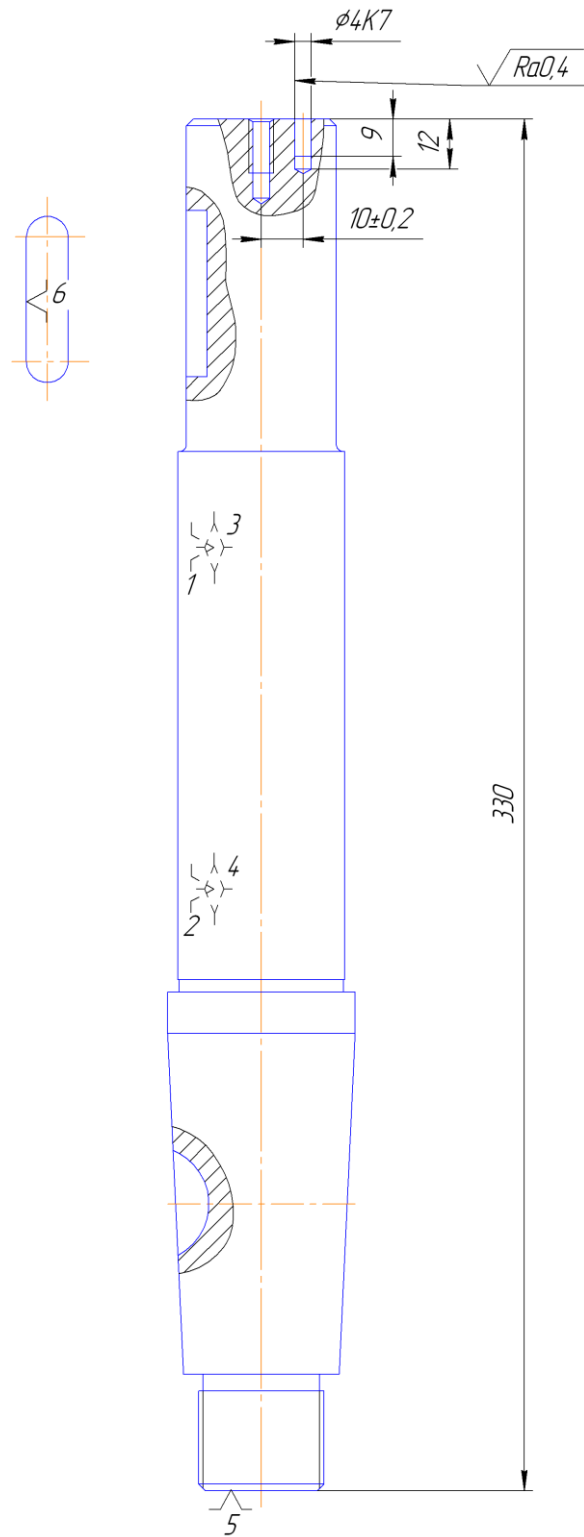


Рис.7 – Ескіз обробки деталі на операції 045

					БР.ПІМ-18-007.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

2.3. Вибір засобів технологічного оснащення.

Таблиця 2.3 – Опис різальних інструментів для виготовлення вала РЦ 001.07.12

№ операції	Назва операції	
№ переходу	Зміст переходу	Різальний інструмент
1	2	3
005.	Заготівельна	
010.	Термічна	
015.	Фрезерно-центрувальна	
1.	Фрезерувати торці 3; 13.	Фреза торцева з вставними зубами, оснащеними твердосплавними пластинами Т5К10; D=100мм; d=32 мм; z=10; L=32 мм: фреза 2214-0001 Т5К10 ГОСТ 24359-80
2.	Центрувати отвори Б2 ГОСТ 14034-74 на торцях 3;13	Свердло центровочне <60°; d=2 мм; D=10 мм; L=40 мм: Свердло 2317-0015 ГОСТ 14952-68
020.	Токарна з ЧПК	
1.	Точити поверхні 1; 5; 6; 7 начорно.	Різець токарний для контурного точіння, оснащений пластиною з твердого сплаву Т5К10; φ=93°; φ ₁ =45°; α=15°; bхh=16х16 мм; r=0,5 мм; L=125: Різець 2103-0657 Т5К10 ГОСТ 20872-80.
2.	Точити поверхні 2; 8 начорно	Різець токарний для контурного точіння, оснащений пластиною з твердого сплаву Т5К10; φ=45°; φ ₁ =45°; α=15°; bхh=16х16 мм; r=0,5 мм; L=125: Різець 2101-0955 Т5К10 ГОСТ 20871-80.
3.	Точити поверхні 1; 5; 6; 7 начисто	Різець токарний для контурного точіння, оснащений пластиною з твердого сплаву Т15К6; φ=93°; φ ₁ =45°; α=15°; bхh=16х16 мм; r=0,5 мм; L=125: Різець 2103-0657 Т5К10 ГОСТ 20872-80.
4.	Точити канавку 23	Різець токарний для зовнішніх канавок, оснащений пластиною з твердого сплаву Т5К10; φ=93°; φ ₁ =93°; α=15°; bхh=16х16 мм; r=0,5 мм; L=125: Різець 2130-0055 Т5К10 ГОСТ 18884-73.

Таблиця 2.4 – Опис металорізальних верстатів для виготовлення вала
РЦ 001.07.12

№ операції	Назва операції	Обладнання
1	2	3
005.	Заготівельна	Кривошипний гарячештампувальний прес
010.	Термічна	
015.	Фрезерно-центрувальна	Фрезерно-центрувальний верстат МР-71М: Діаметр оброблюваної заготовки: 25-125 мм; Довжина оброблюваної заготовки: 200-500 мм; Конус шпинделя: 7:24; Потужність всіх електродвигунів: Ндв=13 кВт.
020.	Токарна з ЧПК	Токарно-гвинторізний верстат з ЧПК 1А616Ф3; Найбільші розміри встановлюваної деталі: Діаметр: - над станиною: 250 мм; - над супортом: 145 мм; Довжина: 500 мм; Потужність приводу головного руху: Ндв=7,1 кВт.
025.	Токарна з ЧПК	
030.	Токарна з ЧПК	
035.	Шпонково-фрезерна	Шпонково-фрезерний верстат 692М: Ширина оброблюваного паза: 3-20 мм; Конус шпинделя: 7:24; Робоча поверхня стола 200x800 мм; відстань від торця до робочої поверхні стола 75-175 мм; Потужність приводу головного руху: Ндв=1,4кВт.
040.	Горизонтально-фрезерна	Горизонтально-фрезерний верстат 6Р82Г: Конус шпинделя: 7:24; Робоча поверхня стола 320x1250 мм; відстань від осі шпинделя до робочої поверхні стола 30-450 мм; Потужність приводу головного руху: Ндв=7,5 кВт.

					БР.ПМ-18-007.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

1	2	3
045.	Свердлильна з ЧПК	Вертикально-свердильний верстат з ЧПК 2P135 Ф3-1: Найбільший умовний діаметр свердління: 30 мм; Конус шпинделя: Морзе №4; Робоча поверхня стола 400x710 мм; відстань від торця до робочої поверхні: стола 600 мм; Потужність приводу головного руху: Ндв=3,7кВт.
050.	Круглошліфувальна	Круглошліфувальний верстат 3М150: Найбільші розміри встановлюваної деталі: Діаметр: 100 мм; Довжина: 360 мм; Потужність приводу головного руху: Ндв=4 кВт.
055.	Круглошліфувальна	
060.	Круглошліфувальна	

					БР.ПМ-18-007.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

Після чорнового точіння Rz=50мкм; T=50мкм;
 Після чистового точіння Rz=30мкм; T=30мкм;
 Після чорнового шліфування Rz=10мкм; T=20мкм;
 Після чистового шліфування Rz=5мкм; T=15мкм; [3] с.64. табл.4.5;
 Сумарне значення просторових відхилень для даної схеми базування за [3] с.67. табл.4.7:

$$\rho_z = \sqrt{\rho_{зм}^2 + \rho_{кор}^2 + \rho_{ц}^2} \quad (22)$$

$\rho_{зм} = 0,8\text{мм}$ [7].с.184 табл.12;

$\rho_{кор} = \Delta_k \cdot l$;

$\Delta_k = 0,7 \text{ мкм}$; [2]с.71.табл.4.8;

$\rho_{кор} = 0,7 \cdot 10^{-3} \cdot 336,4 = 0,235 \text{ мм}$;

$$\rho_{ц} = 0,25 \cdot \sqrt{T^2 + 1^2};$$

де T – допуск на діаметр поверхні, при якій базується заготовка при зацентровці, мм;

Для $\varnothing 50,8^{+1,3}_{-0,7}$ T=2 мм;

$$\rho_{ц} = 0,25 \cdot \sqrt{2^2 + 1^2} = 0,56\text{мм};$$

$$\rho_z = \sqrt{0,8^2 + 0,235^2 + 0,56^2} = 0,658\text{мм};$$

Похибка установки заготовки згідно [3] с.73:

$$E_y = \sqrt{E_{б}^2 + E_{з}^2 + E_{пр}^2} \quad (23)$$

де Eб – похибка базування, мкм;

Eз – похибка закріплення заготовки в пристрої, мкм;

Eпр – похибка виготовлення і зносу опорних елементів пристрою, мкм;

Похибка базування в самоцентруючому пристрої Eб=0;

Похибка закріплення згідно [3].с.82.Табл.4.13 Eз=100 мкм;

Похибка виготовлення і зносу опорних елементів пристрою згідно [3].с.74

Eпр=50 мкм;

$$E_y = \sqrt{0^2 + 100^2 + 50^2} = 112\text{мкм} = 0,112\text{мм}$$

Проміжні значення просторових відхилень згідно [3].с.73:

$\rho_{ост} = K_y \cdot \rho_z$,

де K_y -коефіцієнт уточнення форми;

для чорнового точіння $K_y=0,06$;

для чистового точіння $K_y=0,04$;

для чорнового шліфування $K_y=0,02$;

після чорнового точіння $\rho_2=0,06 \cdot 658=39,48 \text{ мкм}$;

після чистового точіння $\rho_3=0,04 \cdot 658=26,32 \text{ мкм}$;

після чорнового шліфування $\rho_4=0,02 \cdot 658=13,16 \text{ мкм}$;

Похибка установки заготовки на проміжних переходах:

за [3].с.85 для чистового точіння $E_2=0,05 \cdot E_1 + E_{інд}$ (24)

Чорнове і чистове точіння проводиться з одної установки,

тому похибка індексації $E_{інд} = 0$;

$E_2 = 0,05 \cdot 112 = 5,6\text{мкм}$;

Для чорнового шліфування:

за [3].с.82.Табл.4.13 Eз=40мкм;

					БР.ПМ-18-007.00.00.000 ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Загальні припуски z_{\min} і z_{\max} визначаємо, як суму проміжних припусків:

$$2z_{\min} = 0,166 + 0,253 + 0,29 + 2,34 = 3,049 \text{ мм};$$

$$2z_{\max} = 0,189 + 0,374 + 0,75 + 3,72 = 5,033 \text{ мм};$$

Загальний номінальний припуск:

$$2z_{\text{зоном}} = 2z_{\min} + Hd_3 - Hd_d, \quad (27)$$

де Hd_3 і Hd_d – нижні відхилення по розмірах на заготовку і готову поверхню;

$$2z_{\text{зоном}} = 3,049 + 0,7 + 0,002 = 3,751 \text{ мм};$$

$$d_{\text{доном}} = d_{\text{дном}} + 2z_{\text{зоном}} = 36 + 3,751 = 39,751 \text{ мм};$$

Перевірка правильності виконаних розрахунків:

$$2z_{\max \text{пр}_1} - 2z_{\min_1} = 0,189 - 0,166 = 0,023; \quad T_2 - T_1 = 0,039 - 0,016 = 0,023;$$

$$2z_{\max \text{пр}_2} - 2z_{\min_2} = 0,374 - 0,253 = 0,121; \quad T_3 - T_2 = 0,16 - 0,039 = 0,121;$$

$$2z_{\max \text{пр}_3} - 2z_{\min_3} = 0,75 - 0,29 = 0,46; \quad T_4 - T_3 = 0,62 - 0,16 = 0,46;$$

$$2z_{\max \text{пр}_4} - 2z_{\min_4} = 3,72 - 2,34 = 1,38; \quad T_4 - T_3 = 2 - 0,62 = 1,38;$$

Результати розрахунку припусків і допусків на поверхню $\varnothing 36k6^{(+0,018)}_{(+0,002)}$ записуємо в таблиці 2.5.

За розрахунками будемо схему графічного розташування припусків та допусків на обробку поверхні $\varnothing 36k6^{(+0,018)}_{(+0,002)}$ (дивись рис. 12).

Таблиця 2.5 – Розрахунок припусків на механічну обробку поверхні $\varnothing 36k6^{(+0,018)}_{(+0,002)}$

Техно логічні переходи обробки поверхні	Елементи припуску, мкм				$2Z_{\min}$, мм	d_p , мм	T, мм	Граничні розміри, мм		Граничні припуски, мм	
	Rz	T	ρ	E				d_{\min}	d_{\max}	$2Z_{\min}$	$2Z_{\max}$
Заготовка	150	250	658			39,08	2	39,08	41,051		
Точіння:											
-чорнове	50	50	39,48	112	2·1,67	36,711	0,62	36,711	37,331	2·1,67	2·1,851
-чистове	30	30	26,32	5,6	2·0,43	36,421	0,16	36,421	36,581	2·0,43	2·0,372
Шліфування:											
-чорнове	10	20	13,16	40	2·0,1265	36,168	0,038	36,168	36,207	2·0,1265	2·0,187
-чистове	5	15		40	2·0,083	36,002	0,016	36,002	36,018	2·0,083	2·0,095

					БР.ПМ-18-007.00.00.000 ПЗ					Арк.
										36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

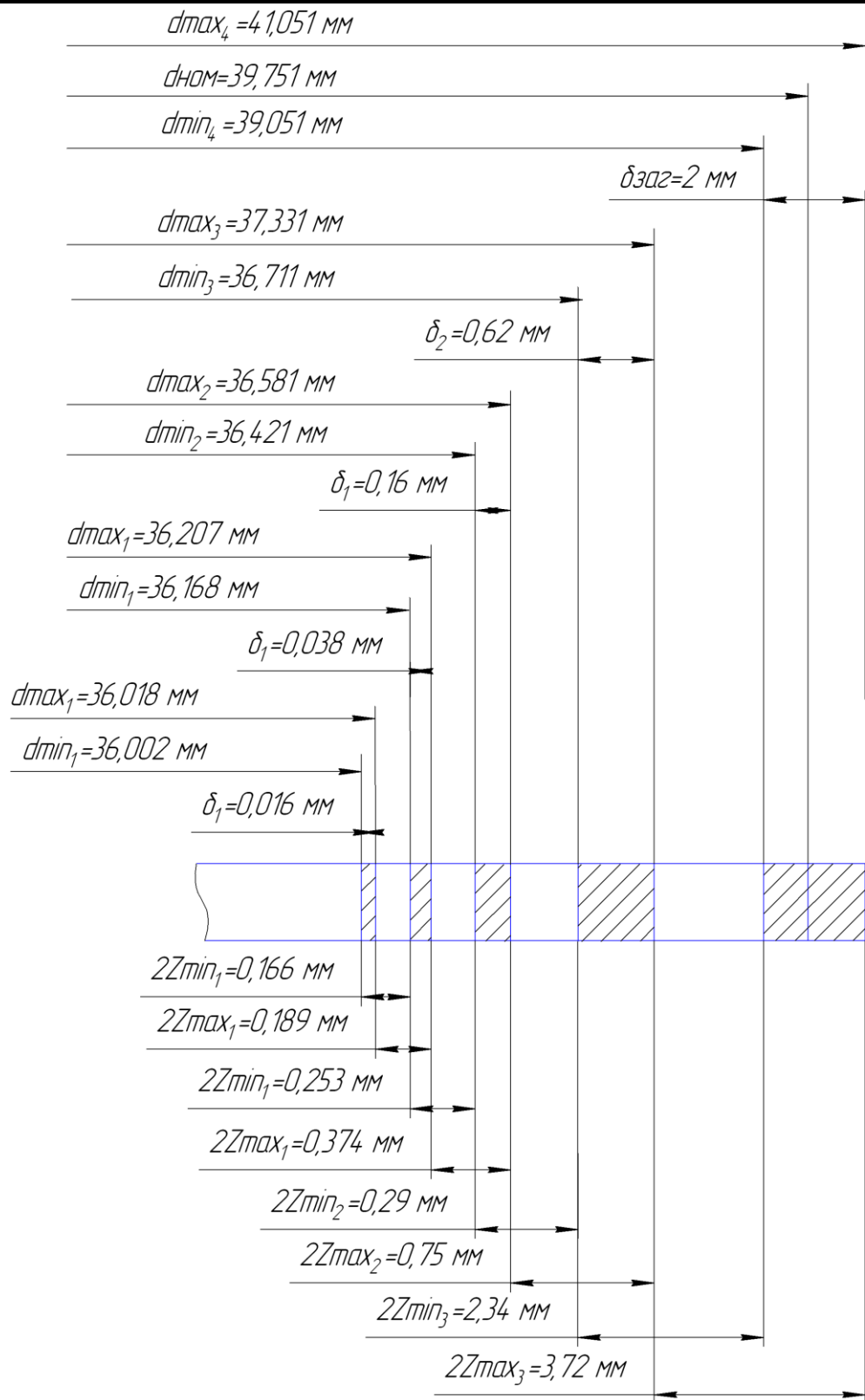


Рис.12 – Схема розміщення допусків і припусків на обробку поверхні $\text{Ø}36k6 \begin{matrix} +0,018 \\ +0,002 \end{matrix}$

					БР.ПМ-18-007.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

На інші поверхні припуски і допуски назначаємо табличним методом за [8] с.248.
Табл.49.

Таблиця 2.6 – Табличні припуски на розміри вала РЦ 001.07.12

№ пов.	Розмір, мм	Припуск, мм	Допуск, мм
1	2	3	4
1	Ø36k6(^{+0,018} / _{+0,002})	2·2,7	0,016
2, 12	1,6×45°	2·1,6	0,25
3, 13	330h14(_{-1,4})	3,2	1,4
4	Ø4K7(^{+0,003} / _{-0,009})	2·2	0,012
5	80IT14/2(±0,37)	3	0,74
6	Ø40k6(^{+0,018} / _{+0,002})	2·2,9	0,016
7	210IT14/2(±0,55)	3,7	1,1
8	Ø45h9(_{-0,062})	2·2,9	0,062
9	Ø45h9(_{-0,062}), <1:10	2·2,9	0,062
10	28IT14/2(±0,26)	2,8	0,52
11	M30-6g	2·2,5	0,16
14	8IT14/2(±0,18)	8	0,36
15	5 ^{+0,2}	5	0,2
16-17	8N9(_{-0,036})	8	0,036
18-19	R5	2·5	0,3
20-21	10N9(_{-0,036})	5	0,036
22	4 ^{+0,3} ; Ø27,8h14(_{-0,52})	4	0,52
23	3 ^{+0,3} ; Ø39,5h14(_{-0,62})	3	0,62
24	M6-7H	2·3	0,11
25	Ø6,3H14(^{+0,15}), <60°	2·3	0,15

2.5. Визначення режимів різання

Виконуємо розрахунок режимів різання розрахунково–аналітичним методом на чорнове точіння поверхні 1 (Ø36k6).

Операція 020. Токарна з ЧПК, перехід №1: чорнове точіння поверхні 1 – Ø36k6 до Ø37,331h14(-0,62):

Початкові дані:

- обладнання: токарно-гвинторізний верстат з ЧПК 1А616Ф3;
- інструмент: різець токарний для контурного точіння, оснащений пластиною твердого сплаву Т5К10:

Різець 2103-0671 Т5К10 ГОСТ 20872-80:

геометричні параметри: $\varphi=93^\circ$; $\varphi_1=45^\circ$; $\alpha=15^\circ$; $b \times h=16 \times 16$ мм; $r=0,5$ мм; $L=125$ мм; матеріал заготовки сталь 45 ГОСТ 1050-88 HB241...285; $G_B=610$ МПа;

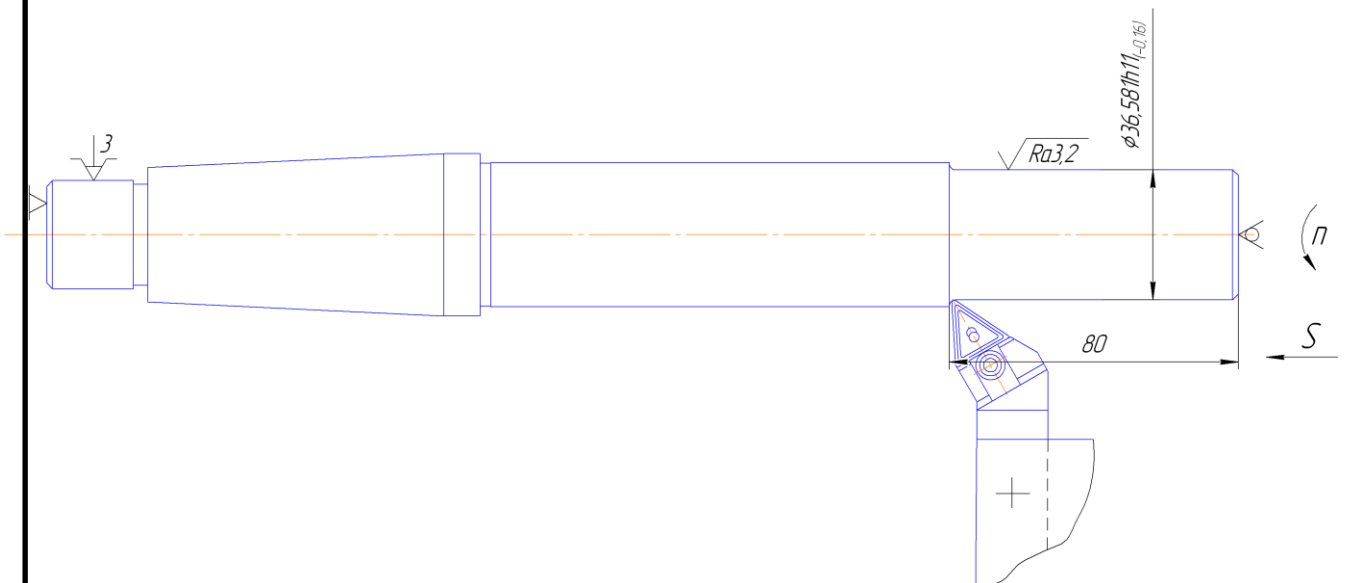


Рис.13 – Ескіз на чорнове точіння поверхні 1 – Ø36k6 вала РЦ 001.07.12

- 1) Довжина обробки $l=80$ мм;
- 2) Глибина різання $t=2$ мм;
- 3) Вибираєм подачу: згідно [6], с.266, табл.11 $S=0,4$ мм/об;
- 4) Період стійкості різця: $T=60$ хв; [6], с. 268;
- 5) Швидкість різання при точінні:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v, \quad (28)$$

де: $C_v = 350$ ([6], с. 269, табл. 17) – показник степеня;

$m = 0,2$ ([6], с. 269, табл. 17) – показник степеня;

$x = 0,15$ ([6], ст. 269, табл. 17) – показник степеня;

$y = 0,35$ ([6], ст. 269, табл. 17) – показник степеня;

K_v – поправочний коефіцієнт на швидкість різання;

$$K_v = K_m \cdot K_n \cdot K_r \cdot K_i \cdot K_f \cdot K_\varphi \cdot K_{\varphi 1}$$

де: K_m – коефіцієнт, який враховує оброблюваний матеріал;

K_i – коефіцієнт, який враховує інструментальний матеріал;

K_n – коефіцієнт, який враховує стан оброблюваної поверхні;

					БР.ПМ-18-007.00.00.000 ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

K_r – коефіцієнт, який враховує радіус при вершині різця;

K_ϕ – коефіцієнт, який враховує головний кут в плані;

$$K_r = n_v = 1 \text{ – показник степеня;} \quad (29)$$

$$n_v = 1 \text{ [6], с. 262, табл. 2;} \quad (30)$$

$$K_M = K_r \cdot \left(\frac{750}{G_6}\right)^{n_v} = 1 \left(\frac{750}{610}\right)^1 = 1,229;$$

$\sigma_B = 610$ МПа – фактичні параметри, що характеризують оброблюваний матеріал.

$K_n = 1$ [6], с. 263, табл. 5;

$K_i = 0,65$ [6], с. 263, табл. 6;

$K_\phi = 0,7$; $K_{\phi 1} = 0,97$; $K_r = 0,94$ [7], с. 271, табл. 18;

$$K_v = 1,229 \cdot 1 \cdot 0,65 \cdot 0,7 \cdot 0,97 \cdot 0,94 = 0,51;$$

$$V = \frac{350 \cdot 0,51}{60^{0,2} \cdot 2^{0,15} \cdot 0,4^{0,35}} = 97,77 \text{ м/хв};$$

Частота обертів шпінделя, яка відповідає знайдений швидкості різання:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, \text{ хв}^{-1}; \quad (31)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 97,77}{3,14 \cdot 42,6} = 730,92 \text{ хв}^{-1};$$

коригуємо частоту обертання згідно паспортних даних верстата $n = 630 \text{ хв}^{-1}$;

Дійсна подача $S_{хв} = S_o \cdot n$, мм/хв.;

$$S_{хв} = 0,4 \cdot 630 = 252 \text{ мм/хв.};$$

Дійсна швидкість різання:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}, \text{ м/хв}; \quad (32)$$

$$V = \frac{3,14 \cdot 42,6 \cdot 630}{1000} = 84,27 \text{ м/хв};$$

Згідно паспортних даних верстата при безступінчатому регулюванні подач дійсна подача становить: $S_o = 0,4 \text{ мм/об.}; S_{хв} = 252 \text{ мм/хв.};$

Сила різання:

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

де: $C_p = 300$ ([6], с. 273, табл. 22) – коефіцієнт;

$x = 1$ ([6], с. 274, табл. 22) – показник степеня;

$y = 0,75$ ([6], с. 274, табл. 22) – показник степеня;

$n = -0,15$ ([6], с. 274, табл. 22) – показник степеня;

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{r p}, \quad (33)$$

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n = \left(\frac{610}{750}\right)^{0,75} = 0,856; \quad (34)$$

$n = 0,75$ [6], с. 264, табл. 9 – показник степеня.

$K_{\phi p} = 0,89$ [6], с. 275, табл. 23;

$K_{\gamma p} = 1$ [6], с. 275, табл. 23;

$K_{\lambda p} = 1$ [6], с. 275, табл. 23;

$K_{r p} = 0,93$ [6], с. 275, табл. 23.

$$K_p = 0,856 \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,93 = 0,709;$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 2^1 \cdot 0,4^{0,75} \cdot 84,27^{-0,15} \cdot 0,709 = 1099,78 \text{ Н};$$

					БР.ПМ-18-007.00.00.000 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Потужність різання визначаємо за формулою:

$$N_{\text{різ}} = P_z \cdot V / 1020 \cdot 60 = 1099,78 \cdot 84,27 / 1020 \cdot 60 = 1,51 \text{ кВт}; \quad (35)$$

Згідно знайденої потужності різання проводим перевірку достатності потужності верстата за умовою: $N_{\text{різ}} < N_{\text{шп}}$

$$N_{\text{шп}} = N_{\text{дв}} \cdot \eta, \quad (36)$$

де $N_{\text{шп}}$ -потужність на шпинделі верстата, кВт;

$N_{\text{дв}}$ -потужність двигуна верстата, кВт;

η -ККД верстата;

згідно паспортних даних верстата 1А616Ф3 $N=7,1$ кВт; $\eta=0,8$;

$$N_{\text{шп}} = 7,1 \cdot 0,8 = 5,68 \text{ кВт};$$

в даному випадку $N_{\text{різ}} < N_{\text{шп}}$ ($1,51 < 5,68$), отже потужність даного верстата достатня для механічної обробки на даних режимах;

$$\text{Основний (машинний) час: } T_o = \frac{L_{\text{рр}}}{S_o \cdot n}, \text{ хв}; \quad (37)$$

де $L_{\text{р.х.}}$ -довжина робочого ходу інструменту, мм;

$$L_{\text{р.х.}} = l_{\text{різ}} + l_1 + l_2, \text{ мм}; \quad (38)$$

де $l_{\text{різ}}$ -довжина оброблюваної поверхні, мм; $l_{\text{різ}}=80$ мм;

l_1+l_2 -величина врізання і перебігу інструменту, мм;

За [7] с.620, табл.2 $l_1+l_2=3$ мм;

$$L = 80 + 3 = 83 \text{ мм.}$$

$$T_o = \frac{83}{252} = 0,33 \text{ хв};$$

На решту переходів режими різання визначаєм табличним методом за [10]:

Операція 015. Фрезерно-центрувальна.

Перехід №2 Свердління центрових отворів Б2 ГОСТ 14034-74:

Обладнання: фрезерно-центрувальний верстат МР71М;

Інструмент: свердло ($\varnothing 2$) 2317-0015 Р6М5 ГОСТ 14952-69:

матеріал – Р6М5;

геометричні параметри $L=56$ мм; $l=3,1$ мм; $D=10$ мм; $d=2$ мм; $\varphi=60^\circ$; $\varphi_1=120^\circ$;

матеріал деталі сталь 45 ГОСТ 1050-88 НВ241; $G_B=610$ МПа;

1) Довжина робочого ходу інструменту:

$$L = l + \Delta + y, \text{ мм} \quad (39)$$

Де $l=7,9$ мм - довжина оброблюваної поверхні, мм;

Δ і y – величина врізання і перебігу інструменту, мм;

Згідно [7]с.620 Табл.3 при свердлінні глухого отвору $\varnothing 6,3$ мм

$$\Delta + y = 2,5 \text{ мм}$$

$$L = 7,9 + 2,5 = 10,4 \text{ мм};$$

2) глибина різання $t=3,15$ мм;

3) подача на оберт шпинделя за [10], с.111 при centruванні подача становить

$S_o \leq 0,01d$: для $d=2$ мм приймаєм $S_o=0,02$ мм/об;

4) стійкість свердла згідно [10], с.114 $T=20$ хв;

5) Швидкість різання: за [10], с.118: $V=30$ м/хв.;

поправочний коефіцієнт на швидкість різання;

$$K_v = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (40)$$

					БР.ПМ-18-007.00.00.000 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де: K_1 – коефіцієнт, який враховує оброблюваний матеріал;
 K_2 – коефіцієнт, який враховує інструментальний матеріал;
 K_3 – коефіцієнт, який враховує довжину отвору.

Для сталі НВ 241 $K_1 = 0,8$ [10], с.118;

$K_2 = 1,25$ [10], с.119;

$K_3 = 1$ [10], с.119;

$K_v = 0,8 \cdot 1,25 \cdot 1 = 1$;

$V = 30 \cdot 1 = 30$ м/хв.;

б) Частота обертів шпинделя, яка відповідає знайдений швидкості різання:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 30}{3,14 \cdot 6,3} = 1516,53 \text{ об}^{-1}.$$

Згідно паспортних даних верстата приймаємо $n = 1125$ хв⁻¹;

7) Дійсна швидкість різання $V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 6,3 \cdot 1125}{1000} = 22,25 \text{ м/хв}$ (41)

8) Хвилинна подача: $S_{хв} = S_o \cdot n = 0,02 \cdot 1125 = 22,5$ мм/хв.; (42)

Згідно паспортних даних верстата при безступінчатому регулюванні подачі приймаємо $S_{хв} = 22$ мм/хв.;

Дійсна подача на оберт шпинделя: $S_o = S_{хв}/n = 22/1125 = 0,02$ мм/хв.; (43)

9) Потужність різання за [10], с.126:

$$N_p = N_{\text{табл}} \cdot K_N \cdot \frac{n}{1000} \quad (44)$$

$N_{\text{табл}} = 0,22$ кВт [10], с.127;

$$N_p = 0,22 \cdot 1,1 \cdot \frac{1125}{1000} = 0,27 \text{ кВт}$$

$K_N = 1,1$ [10], с.128;

Згідно знайденої потужності різання перевіряємо достатність потужності приводу головного руху верстата за умовою:

$$N \leq N_{\text{шп}}$$

$$N_{\text{шп}} = N_{\text{дв}} \cdot \eta, \text{ кВт}$$

де $N_{\text{шп}}$ - потужність на шпинделі верстата;

$N_{\text{дв}}$ - потужність приводу головного руху верстата;

η - ККД верстата;

згідно паспортних даних верстата МР-71М потужність приводу свердлильного шпинделя $N = 1,2$ кВт; $\eta = 0,75$;

$$N_{\text{шп}} = 1,2 \cdot 0,75 = 0,9 \text{ кВт};$$

в даному випадку $N_{\text{різ}} < N_{\text{шп}}$ ($0,27 < 0,9$), отже потужність даного верстата достатня для механічної обробки на даних режимах.

Основний (машинний) час: (45)

$$T_o = \frac{L \cdot i}{S};$$

Де L – довжина робочого ходу, мм;

i – кількість проходів;

S – хвилинна подача, мм/хв

$$T_o = \frac{8,5 \cdot 1}{22} = 0,39 \text{ хв.}$$

					БР.ПМ-18-007.00.00.000 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Норми часу і режими різання заносимо у зведену таблицю 2.7.

Таблиця 2.7 – Зведена таблиця режимів різання та норм часу на технологічний процес механічної обробки вала РЦ 001.07.12

Номер, назва і зміст операції, переходу	Розміри поверхні		Режими різання						Норми часу			
	D/B	L	t	So	V _H	V	n	N	To	T _д	T _{шт}	T _{пз}
	мм		мм/об	м/хв		хв ⁻¹	кВт	хв				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
005. Заготівельна.												
010. Термічна.												
015. Фрезерно-центрувальна. 1) Фрезерувати торці 2 і 14 одночасно. 2) Центрувати отвори Б2 ГОСТ 14034-74 на торцях 2 і 14.	100 41,4	41,4	3,2	0,8	150	112,4	358	2,3	0,32	0,51	1,34	31 240
020. Токарна з ЧПК. 1) Точити поверхні 1 і 5 начорно. 2) Точити поверхню 6 начорно. 3) Точити поверхню 7 начорно. 4) Точити поверхню 8 начорно. 5) Точити поверхні 1 і 5 начисто. 6) Точити поверхню 6 начисто. 7) Точити поверхню 7 начисто. 8) Точити поверхню 8 начисто. 9) Точити поверхню 2. 10) Точити поверхню 23.	41,4 45,8 50,8 50,8 37,33 42 46,7 46,7 36,58 40,8	80 129,4 4,4 16,9 80 130 3 16,9 2,25 0,65	2 1,9 2 2,05 0,4 0,6 0,5 0,6 2,25 3	0,4 0,4 0,4 0,4 0,4 0,25 0,25 0,25 0,25 0,1	97,77 93,75 93,75 93,75 146 146 146 162 162 137	84,27 90,6 79,76 79,76 117,2 131,88 117,31 146,6 143,6 128,11	630 630 500 500 1000 1000 800 1000 1250 630	1,51 1,4 1,25 1,25 0,8 0,95 0,8 1,1 1,3 1	0,33 0,53 0,04 0,1 0,09 0,53 0,1 0,1 0,03 0,1	0,4	2,23	33,2 240

Продовження таблиці 2.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
025. Токарна з ЧПК.												
1) Точити поверхню 11 начорно.	35	27,5	1,9	0,4	93,75	87,92	800	1,8	0,11			
2) Точити поверхню 10 начорно.	42,6	6	2	0,4	93,75	84,27	630	1,5	0,04			
3) Точити поверхню 9 начорно.	45,5	82	2	0,4	93,75	90,4	630	1,5	0,34	0,27	1,98	<u>34,2</u>
4) Точити поверхню 11 начисто.	31,2	28	0,6	0,25	146	122,46	1250	0,9	0,1			240
5) Точити поверхню 10 начисто.	38,5	6	0,5	0,25	146	120,89	1000	0,8	0,04			
6) Точити поверхню 9 начисто.	45,5	82	0,6	0,25	162	142,87	1000	1,1	0,35			
7) Точити поверхню 12.	29,7	1,6	1,6	0,25	162	149,2	1600	1,4	0,02			
8) Точити поверхню 22.	29,7	1,1	4	0,2	137	116,57	1250	1	0,03			
8) Нарізати різьбу М30-6g на поверхні 11.	29,7	28	1,4	1,5	93	74,6	800	0,5	0,5			
030. Токарна з ЧПК.												
1) Свердлити отвір 24.	5	19	2,5	0,12	23	19,62	1250	0,3	0,16	0,21	0,47	<u>30</u>
2) Нарізати різьбу М6-7H в отворі 24.	6	13	0,5	1	12,5	11,87	630	0,06	0,06			240
035. Шпоночно-фрезерна.												
Фрезерувати паз 10N9 поверхні 15, 18-21.	10	30	0,3	0,32	21,37	19,78	630	0,048	1,65	0,22	2,06	<u>23</u>
												240
040.												
Горизонтально-фрезерна.												
Фрезерувати паз 8N9 поверхні 14, 16-17.	28	8	8	0,24	45	43,96	500	0,9	0,1	0,21	0,34	<u>24</u>
												240
045. Свердлильна з ЧПК.												
1) Свердлити отвір 4.	3,9	12	1,95	0,08	21	19,6	1600	0,09	0,12	0,17	0,53	<u>31</u>
2) Розвірчувати отвір .	4	9	0,05	0,1	10,8	10,05	800	0,04	0,19			240

Продовження таблиці 2.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
050. Кругло-шліфувальна. 1) Шліфувати поверхню 1 начорно. 2) Шліфувати поверхню 6 начорно. 3) Шліфувати поверхню 8.	36,58	80	0,187	$\frac{1,34}{0,38}$	35 м/с	29,52 м/с	2350	2,3	0,41	1,3	3,1	$\frac{30}{240}$
055. Кругло-шліфувальна. 1) Шліфувати поверхню 9.	45	82	0,25	$\frac{1,34}{0,38}$	35 м/с	29,52 м/с	2350	2,7	0,45	0,6	1,15	$\frac{30}{240}$
060. Кругло-шліфувальна. 1) Шліфувати поверхню 1 начисто. 2) Шліфувати поверхню 6 начисто.	36,2	80	0,1	$\frac{0,87}{0,21}$	35 м/с	29,52 м/с	2350	2	0,45	1,3	2,82	$\frac{30}{240}$
065. Слюсарна.												
070. Контрольна.												

2.7. Техніко-економічні показники створеного технологічного процесу.

1) Коефіцієнти використання матеріалу заготовки:

$$K_{м баз}=0,58; \quad K_{м пр}=0,719;$$

2) Планова річна економія основного матеріалу:

$$E_m = M_d \cdot N \cdot (K_{м пр}^{-1} - K_{м баз}^{-1}), \text{ кг}; \quad (51)$$

$$E_m = 3 \cdot 5040 \cdot (0,719 - 0,58) = 2101,68 \text{ кг};$$

3) Трудомісткість процесу за штучним часом:

$$\sum T_{шт. баз.} = 38,16 \text{ хв}; \quad \sum T_{шт. пр.} = 14,66 \text{ хв};$$

4) Планова річна економія часу:

$$E_t = (\sum T_{шт. баз.} - \sum T_{шт. пр.}) \cdot N, \text{ хв.}; \quad (52)$$

$$E_t = (38,16 - 14,66) \cdot 5040 = 118440 \text{ хв.}; \quad E_t = 1974 \text{ год.};$$

5) Коефіцієнт використання верстатів за основним часом:

$$K_o = \frac{\sum T_o}{\sum T_{шт}} \quad (53)$$

$$K_{обаз} = \frac{18,3}{38,16} = 0,48;$$

$$K_{опр} = \frac{8,17}{14,66} = 0,557;$$

6) Коефіцієнт використання верстатів за потужністю:

$$K_n = \frac{\sum N_p}{\sum N_b} \quad (54)$$

$$K_{n баз} = \frac{2,1 + 1,4 + 1,8 + 1,1 + 1 + 0,9 + 0,048 + 0,9 + 0,09 + 2,7 + 2,4}{7,5 + 10 + 10 + 10 + 10 + 10 + 1,4 + 7,5 + 2,5 + 10 + 10} = 0,213;$$

$$K_{n пр} = \frac{2,3 + 1,51 + 1,8 + 0,3 + 0,048 + 0,9 + 0,09 + 2,7 + 2,7 + 2,4}{13 + 7,1 + 7,1 + 7,1 + 7,1 + 1,4 + 7,5 + 3,7 + 10 + 10 + 10} = 0,24;$$

Таблиця 2.8 – Порівняння варіантів технологічного процесу механічної обробки валу РЦ 001.07.12

Найменування показників	базовий варіант	проектний варіант
1) Коефіцієнт використання матеріалу Кв.м.	0,58	0,719
2) Планова річна економія основного матеріалу Ем, кг	-	2101,68
3) Трудомісткість процесу за штучним часом $\sum T_{шт}$	38,16	14,66
4) Планова річна економія часу Ет, год	-	1974
5) Коефіцієнт використання верстатів за основним часом К _о	0,48	0,557
6) Коефіцієнт використання верстатів за потужністю К _н	0,213	0,24

3. Проектування технологічної оснастки.

3.1. Пристрій для механічної обробки.

3.1.1. Призначення, будова і робота пристрою.

Початкові дані:

Вид обробки: фрезерування паза 10N9_(-0,036) з витриманням розмірів 22±0,26; 5^{+0,2} в валі РЦ 001.07.12.

Верстат: шпонково-фрезерний моделі 692М.

Інструмент: шпонкова фреза з швидкорізальної сталі Р6М5:

Фреза 2235-0007 Р6М5 ГОСТ 9140-78;

геометричні параметри: d=8мм; L=55мм; l=11мм; z=2; ω=20°; φ=90°; φ₁=3°; γ=10°; α=15°;

матеріал заготовки сталь 45 ГОСТ 1050-88 НВ 241...285; G_B=610 МПа;

Схему встановлення заготовки показано на рис.14

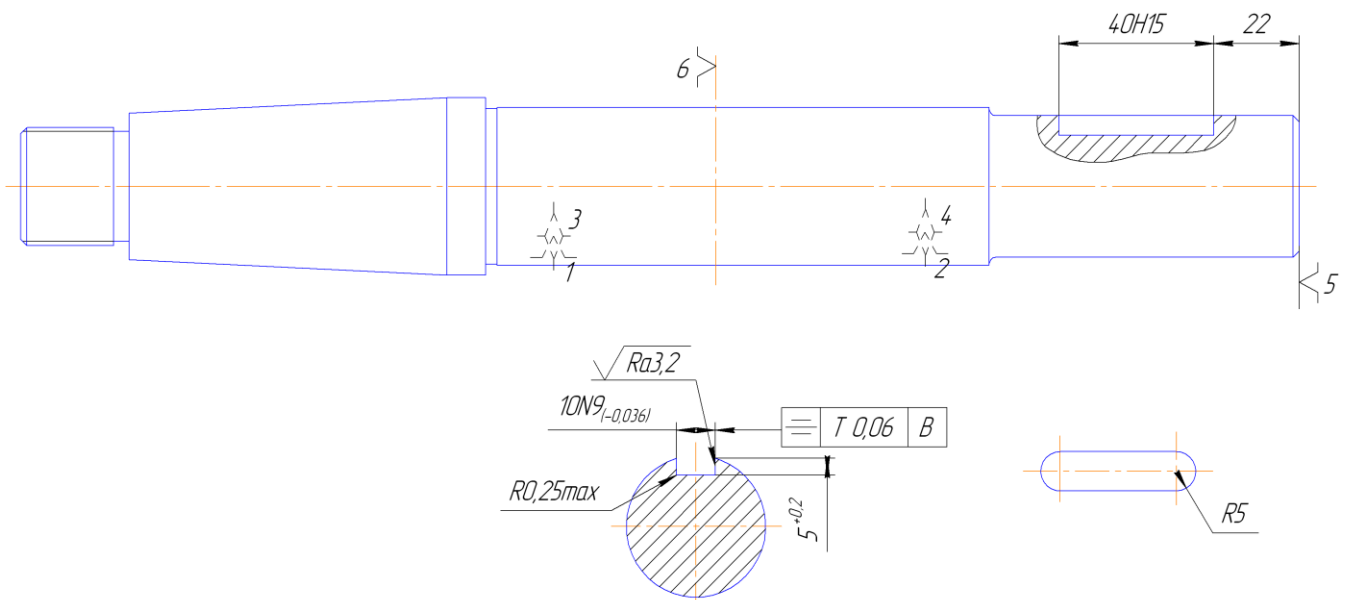


Рис.14 – Ескіз на фрезерування паза 10N9_(-0,036) в валі РЦ 001.07.12

Пристрій призначений для встановлення і закріплення вала РЦ 001.07.12 при фрезеруванні паза 10N9_(-0,036) на шпонково-фрезерному верстаті моделі 692М.

На столі верстата пристрій встановлений плитою 1. Положення пристрою фіксується напрямними шпонками 38, які встановлені в пази плити 1

і стола верстата з посадкою $18 \frac{H8}{g8}$, і кріпляться до плити гвинтами 17 з шайбами 31. Плита кріпиться до стола верстата болтами 16 з гайками 22 і шайбами 34.

На плиту встановлений корпус 2, який кріпиться до плити гвинтами 20 з шайбами 33 і штифтами 41. Пневмоциліндр кріпиться через фланець 9 болтами 15 і шайбами 33. Розподільчий кран 30 кріпиться гвинтами 18 і шайбами 32

					Арк.
					48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

3.1.2. Визначення діючих сил.

Для даного пристрою складаємо розрахункову схему закріплення у пристрої, де вказуємо усі активні і реактивні сили, які діють на деталь в процесі обробки, що показано на рисунку 15.

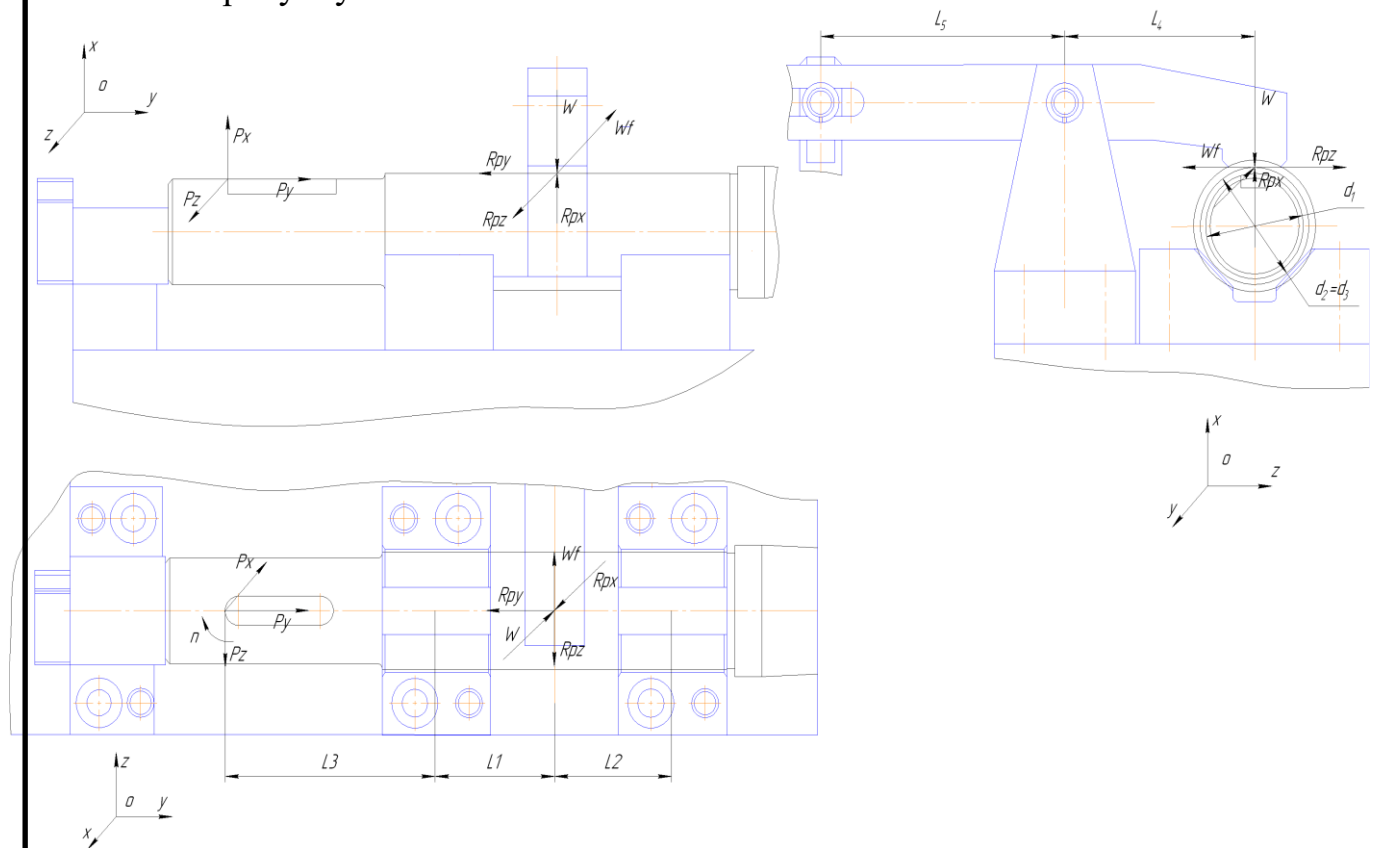


Рис. 15 – Розрахункова схема дії сил на деталь при фрезеруванні пазу 10N9_(-0,036)

Діаметри установчих поверхонь і плечі дії сил $d_1=36,6$ мм; $d_2=40,8$ мм; $d_3=40,8$ мм; $L_1=50$ мм; $L_2=50$ мм; $L_3=95$ мм.

1) Рівняння рівноваги даної системи сил:

$$W - \sqrt{\left[P_x \cdot \left(\frac{L_1 + L_2 + L_3}{L_2} \right) \right]^2 + \left(\frac{P_y}{f_1 + f_2 \cdot \frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}}} \right)^2} + \frac{2M_{кр}}{f_1 \cdot \frac{d_3}{2} + f_2 \cdot \frac{d_2}{2 \cdot \sin \frac{\alpha}{2}}} = 0; \quad (56)$$

де $M_{кр}$ – крутний момент, Н·м;

d_1 – діаметр поверхні, на якій розташований паз, мм;

d_2 – діаметр поверхні, по якій базується деталь, мм;

d_3 – діаметр поверхні, по якій відбувається затиск деталі, мм;

f_1 і f_2 – коефіцієнти тертя ковзання між поверхнею заготовки, установчих і затискних елементів пристрою;

R_{px} – реакція осьової складової сили різання, Н;

R_{py} – реакція радіальної складової сили різання, Н;

α – кут нахилу робочих поверхонь призми, °;

									Арк.
									50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Згідно розрахунку режимів різання (п. 1.5.2): $P_z=137,64$ Н;

$$M = P_z \cdot \frac{d_1}{2} = 137,64 \cdot \frac{36,6 \cdot 10^{-3}}{2} = 2,5 \text{ Н} \cdot \text{м}; \quad (57)$$

Згідно[5] с.292. Табл. 42: $P_x=0,3 \cdot P_z \cdot \text{tg}\omega=0,3 \cdot 88,28 \cdot \text{tg}20^\circ=14,75$ Н;

Де $\omega=20^\circ$ – кут підйому гвинтової лінії зубів фрези;

$P_y=0,5 \cdot P_z=0,5 \cdot 137,64=68,82$ Н;

де: P_z - колова сила різання, Н;

$$R_{px} = P_x \cdot \left(\frac{L_1 + L_2 + L_3}{L_2} \right) \quad (58)$$

$R_{py}=P_y=68,82$ Н;

З врахуванням коефіцієнта запасу необхідна сила затиску:

$$W = k \sqrt{\left[P_x \cdot \left(\frac{L_1 + L_2 + L_3}{L_2} \right) \right]^2 + \left(\frac{P_y}{f_1 + f_2 \cdot \frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}}} \right)^2 + \left[\frac{2Mkp}{f_1 \cdot \frac{d_3}{2} + f_2 \cdot \left(\frac{d_2}{2 \cdot \sin \frac{\alpha}{2}} \right)} \right]^2} \quad (59)$$

$$k=k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6$$

де k_0 – гарантований коефіцієнт запасу;

k_1 – коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання через нерівності на оброблюваній поверхні;

k_2 – коефіцієнт, що характеризує збільшення сил різання внаслідок затуплення інструменту;

k_3 – коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання при перервному різанні;

k_4 – коефіцієнт, що характеризує постійність сили закріплення в механізмах затиску;

k_5 – коефіцієнт, що характеризує ергономіку ручних механізмів затиску;

k_6 – коефіцієнт, що враховує моменти, які повертають заготовку встановлену плоскою поверхнею на постійні опори;

Згідно[5]с.85: $k_0=1,5$; $k_1=1$; $k_2=1,6$; $k_3=1$; $k_4=1$; $k_5=1$; $k_6=1$;

$k=1,5 \cdot 1 \cdot 1,6 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1=2,4$;

Приймаєм $k=2,5$;

$$W = 2,5 \cdot \sqrt{\left[14,75 \cdot \left(\frac{0,05 + 0,05 + 0,095}{0,05} \right) \right]^2 + \left(\frac{68,82}{0,16 + 0,16 \cdot \frac{1}{\sin \frac{90^\circ}{2}}} \right)^2 + \left[\frac{2 \cdot 2,5}{0,16 \cdot \frac{0,0408}{2} + 0,16 \cdot \left(\frac{0,0408}{2 \cdot \sin \frac{90^\circ}{2}} \right)} \right]^2} = 1649,46 \text{ Н};$$

3.1.3. Силовий розрахунок механізму і приводу.

Необхідна сила на штоці пневмоциліндра

$$Q = W \frac{L_4}{L_5} = 1649,46 \cdot \frac{0,07}{0,11} = 1049,65H; \quad (60)$$

3) Діаметр поршня пневмоциліндра двохсторонньої дії при подачі стиснутого повітря з робочим тиском $p=0,63$ мПа в поршневу порожнину пневмоциліндра згідно [6] :

$$D = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{Q}{p \cdot \eta}} = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{1049,65}{0,63 \cdot 0,9}} = 48,62\text{мм} \quad (61)$$

Згідно стандартного ряду пневмоциліндрів приймаємо пневмоциліндр двохсторонньої дії з діаметром поршня $D=50$ мм, діаметром штока $d=18$ мм, довжина робочого ходу поршня $L=40$ мм.

4) Дійсна сила на штоці пневмоциліндра при подачі стиснутого повітря в поршневу порожнину пневмоциліндра:

$$Q = 0,785 \cdot D^2 \cdot p \cdot \eta = 0,785 \cdot 50^2 \cdot 0,63 \cdot 0,9 = 1112,7 \text{ Н}; \quad (62)$$

5) Дійсна сила затиску заготовки:

$$W = Q \frac{L_5}{L_4} = 1112,7 \cdot \frac{0,11}{0,07} = 1748,5H \quad (63)$$

					БР.ПІМ-18-007.00.00.000 ПЗ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.2. Перевірка працездатності інструментів.

3.2.1. Різальний інструмент.

Операція 020. Токарна з ЧПК, перехід №1: чорнове точіння поверхні 1 – Ø36k6 до Ø37,331h14(-0,62):

Початкові дані:

- обладнання: токарно-гвинторізний верстат з ЧПК 1А616Ф3;
- інструмент: різець токарний для контурного точіння, оснащений пластиною з твердого сплаву Т5К10:

Різець 2103-0671 Т5К10 ГОСТ 20872-80:

геометричні параметри: $\varphi=93^\circ$; $\varphi_1=45^\circ$; $\alpha=15^\circ$; $b \times h=16 \times 16$ мм; $r=0,5$ мм; $L=125$ мм;

матеріал державки різця сталь 45 ГОСТ 1050-88 НВ241...285; $G_B=610$ МПа; допустиме напруженням на згин $G_{зг}=172$ МПа;

Різець кріпиться в різцетримач верстата. Виліт різця $l=32$ мм.

Сила різання згідно розрахунків п. 2.5 $P_z=1099,78$ Н;

Провіряємо жорсткість державки різця:

максимальне навантаження

$$P_{\max} = \frac{BH^2 \cdot \sigma_{зг}}{6l} = \frac{16 \cdot 16^2 \cdot 172}{6 \cdot 32} = 3669,3 \text{ Н}; \quad (64)$$

максимальне навантаження, допустиме жорсткістю різця

$$P_{\max \text{ доп}} = \frac{3fEJ}{l^3} = \frac{3 \cdot 0,1 \cdot 25000 \cdot 5462}{32^3} = 10001,2 \text{ Н}; \quad (65)$$

де $E=2 \cdot 10^5$ МПа – модуль пружності матеріала державки різця;

J – момент інерції прямокутного січення державки;

$$J = \frac{BH^3}{12} = \frac{16 \cdot 16^3}{12} = 5462 \text{ мм}^4; \quad (66)$$

Різець володіє достатньою міцністю і жорсткістю, так як

$$P_{\max} > P_z < P_{\max \text{ доп}} \quad (3669,3 > 1099,78 < 10001,2).$$

3.2.2. Контрольно-вимірювальний інструмент

Розраховуємо виконавчі розміри скоби для контролю діаметра поверхні 6 – Ø40k6 (+0,018 / +0,002).

Верхнє і нижнє відхилення для вала: $es=0,018$ мм, $ei=0,002$ мм.

Найбільший граничний розмір вала:

$$d_{\max} = d_{\text{ном}} + es = 40 + 0,018 = 40,018 \text{ мм}. \quad (67)$$

Найменший граничний розмір вала:

$$d_{\min} = d_{\text{ном}} + ei = 40 + 0,002 = 40,002 \text{ мм}. \quad (68)$$

Згідно ГОСТ 24853-81 приймаєм: $Z1=3,5$ мкм; $Y1=3$ мкм; $H1=4$ мкм;

$H_p=1,5$ мкм.

					БР.ПМ-18-007.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

Таблиця 3.1 – Визначення розмірів і допусків робочого калібра для контролю розміра $\varnothing 40k6 \begin{matrix} +0,018 \\ +0,002 \end{matrix}$ вала РЦ 001.07.12

Контрольований розмір	Позначення	Значення, мм
Номінальний	d	40
Мінімальний	d_{\min}	40,002
Максимальний	d_{\max}	40,018
Допуск	T	0,016
Квалітет	k	6
Допуски і відхилення калібра	Позначення	Значення, мм
Допуск калібра	H_1	0,004
Відхилення середини допуску прохідного калібра від	Z_1	0,0035
Вихід спрацьованого прохідного калібра за межу	Y_1	0,003
Робочий калібр	Розмір (формула), мм	Допуск (формула), мм
Прохідний калібр новий	$d_{\max} - z_1 - H_1/2 = 40,018 - 0,0035 - 0,004/2 = 40,0125$	$H_1 = 0,004$
Прохідний калібр спрацьований	$d_{\max} - y_1 = 40,0125 - 0,003 = 40,0095$	$H_1 = 0,004$
Непрохідний калібр	$d_{\min} - H_1/2 = 40,002 - 0,004/2 = 40$	$H_1 = 0,004$

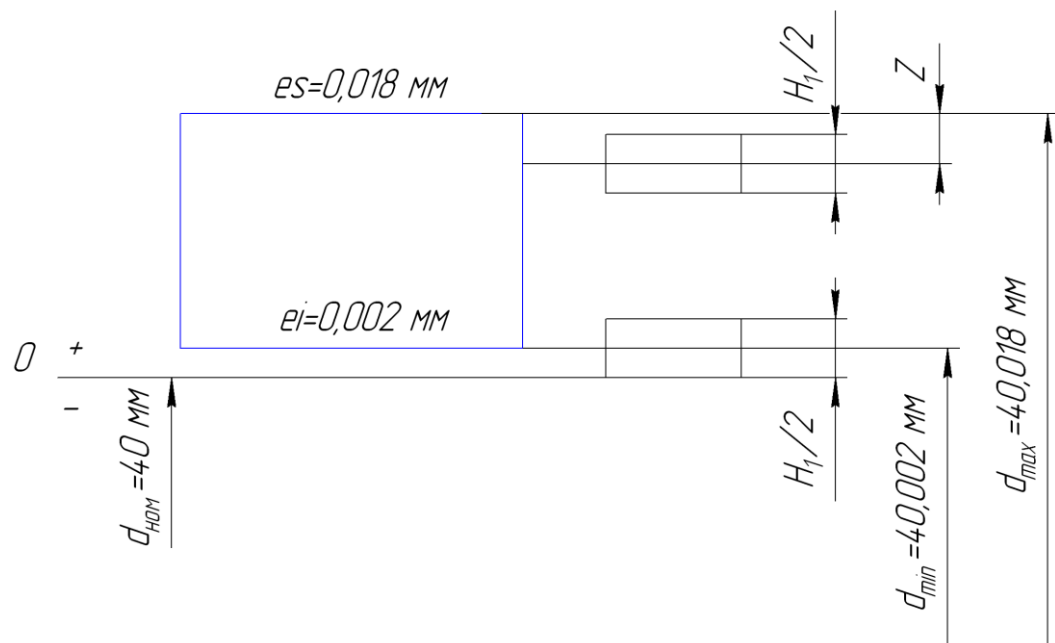


Рис. 16 – Схема розташування допусків робочих поверхонь скоби для контролю розміру $\varnothing 40k6 \begin{matrix} +0,018 \\ +0,002 \end{matrix}$

3.3. Конструювання спеціального контрольного пристрою:

3.3.1. Призначення, будова і робота пристрою.

Пристрій призначений для контролю радіального биття 0,02 мм поверхні Ø36к6 відносно поверхні “Б” Ø40к6 вала РЦ 001.07.12.

Базовою деталлю пристрою є плита 1, в отвір якої встановлений штатив 3 з посадкою Ø18H7/p7.

На штативі 3 встановлений корпус 2 з індикатором 7, який фіксується болтом 5 з гайкою 6 і шайбою 11; пружина 10 з шайбами 12, які фіксуються гайкою 6 по різьбовій поверхні штатива.

В штативі 3 передбачений шпонковий паз для встановлення шпонки 13.

Шпонка заходить в шпонковий паз в отворі корпуса 2.

В отвори плити 1 встановлені осі 4 з посадкою Ø14H7/p7, на які встановлені підшипники 9 з посадкою Ø17H7/m6. Підшипники фіксуються кільцями 8, які встановлені в канавки осей 4.

Принцип роботи пристрою:

При відведеному вверх корпусі 2, що утримується при цьому від переміщення вниз шпонкою 13, деталь встановлюється на зовнішні кільця підшипників поверхнею розміром Ø40к6. Корпус 2 встановлюється пазом на шпонку 13. Корпус 2 під дією пружини 10 переміщується вниз до упора головки індикатора 7 в поверхню деталі Ø36к6.

При обертанні деталі на підшипниках 9 на один оберт відносно осі різниця показів індикатора дає дійсну величину радіального биття поверхні Ø36к6 відносно поверхні Ø40к6.

Коефіцієнт застосування стандартних або уніфікованих деталей та вузлів в пристрої визначаємо за формулою:

$$K_{\text{пр}} = (\sum \text{заг} - \sum \text{о}) / \sum \text{заг} \cdot 100, \% \quad (69)$$

Де $\sum \text{заг}$ – загальна кількість назв типорозмірів складових частин пристрою;

$\sum \text{о}$ – кількість назв типорозмірів оригінальних деталей та вузлів;

$\sum \text{заг} = 13$ шт; $\sum \text{о} = 4$ шт;

$$K_{\text{пр}} = (13 - 4) / 13 \cdot 100\% = 69,23\%$$

					БР.ПМ-18-007.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

При встановленні в підшипниках виникає ефект призми, тому

$$\text{Похибка базування } \varepsilon_6 = 0,5 \cdot Td \cdot \left(\frac{1}{\sin \alpha} - 1 \right) \quad (71)$$

Де: $Td=0,016\text{мм}$ – допуск на розмір установчої поверхні $\varnothing 40k6^{(+0,018/+0,002)}$;

$\alpha=45^\circ$ – кут нахилу установчих поверхонь призми;

$$\varepsilon_6 = 0,5 \cdot 0,016 \cdot \left(\frac{1}{\sin 45^\circ} - 1 \right) = 0,0033\text{мм};$$

Закріплення відсутнє, тому $\varepsilon_3=0$;

Похибка від зусилля пристрою рівне максимальному прогину плеча штатива $L=55$ мм під дією зусилля пружини індикатора

$$\varepsilon_{з.п.} = \frac{P \cdot L^3}{3EJ}; \quad (72)$$

Де: $P=0,5\text{Н}$ – коливання вимірювального зусилля індикатора 1МИГ згідно [6] с. 562;

$L=55$ мм – плече штатива;

$E=2 \cdot 10^5$ МПа – модуль повздовжньої пружності матеріала корпусу пристрою (Сталь 35 ГОСТ 1050-88);

J – мінімальний осьовий момент інерції поперечного січення плеча корпусу, на яке встановлений індикатор, мм^4 ;

$$\text{Для квадратного перерізу } J = \frac{a^4}{12}; \quad (73)$$

Де $a=16$ мм – сторона квадрата;

$$J = \frac{16^4}{12} = 5461\text{мм}^4;$$

$$\varepsilon_{з.п.} = \frac{0,5 \cdot 55^3}{3 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 5461} = 0,000025\text{мм};$$

Похибка вимірювання індикаторів 1МИГ згідно [6] с. 562 $\Delta_{з.в.} = 0,0018\text{мм}$;

Пристрій не вимагає еталонного налагодження, тому $\Delta_e=0$;

Похибка даного пристрою, виникає від передавального відношення плечей корпусу L_1 і L_2 і максимального зазору між отвором корпусу 3 і штоком 2:

$$\Delta_M = S_{\max} \cdot L_1/L_2; \quad (74)$$

де S_{\max} – максимальний зазор між отвором корпусу 3 і штоком 2;

L_1, L_2 – плечі дії зазору S_{\max} на індикатор (дивись графічну частину);

Згідно складального креслення $L_1=50\text{мм}$; $L_2=170\text{мм}$;

$$S_{\max} = ES + ei; \quad (75)$$

де ES – верхнє відхилення поля допуску отвору;

ei – нижнє відхилення поля допуску валу;

Для посадки $\varnothing 12H5/g5$: $ES=0,008$ мм; $ei=0,014\text{мм}$;

$$S_{\max} = 0,008 + 0,014 = 0,022\text{мм};$$

$$\Delta_M = \Delta = 0,022 \cdot 50/170 = 0,0054\text{ мм};$$

$$\varepsilon_{в.им} = 1,2 \sqrt{0,0033^2 + 0 + 0,000025^2 + 0,0018^2 + 0 + 0,0064^2} = 0,0058\text{мм}.$$

Отримане значення порівнюємо з допуском $T=0,02\text{мм}$ згідно [1]. с. 56:

$$\varepsilon_{в.им} \leq (0,1 \dots 0,3)T \quad (76)$$

В даному випадку

$\varepsilon_{в.им} = 0,3 \cdot T$ ($0,0058/0,02=0,29$), отже пристрій придатний для вимірювання даного параметру.

					БР.ПМ-18-007.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

4. Створення керуючої програми для обробки на верстаті з ЧПК.

Операція 020. Токарна з ЧПК.

Обладнання: Токарно-гвинторізний верстат з ЧПК 1А616Ф3.

1) Вибір оснастки:

Пристрій токарний самоцентруючий трикулачковий патрон D=200 мм:
Патрон 7100-0031 ГОСТ2675-80.

Інструмент:

Різці токарні для контурного точіння: $\varphi=93^\circ$; $\varphi_1=30^\circ$; $\alpha=15^\circ$; $b \times h=16 \times 16$ мм; $r=0,5$ мм; $L=125$ мм; $l=32$ мм:

Різець 2103-0657 Т5К10 ГОСТ 20872-80; Різець 2103-0657 Т15К6 ГОСТ 20872-80.
Різці токарні для контурного точіння: $\varphi=45^\circ$; $\varphi_1=45^\circ$; $\alpha=15^\circ$; $b \times h=16 \times 16$ мм; $r=0,5$ мм; $L=125$ мм; $l=32$ мм:

Різець 2101-0955 Т5К10 ГОСТ 20872-80; Різець 2101-0955 Т15К6 ГОСТ 20872-80.
Різець канавочний $\varphi=93^\circ$; $L=125$ мм; $l=32$ мм; $b=3$ мм:

Різець 2130-0053 Т15К6 ГОСТ 18884-73.

2) Систему координат вихідної точки вибираємо в робочій зоні верстата на деякій відстані від деталі для зручності затискання заготовки, зменшення довжин холостих та допоміжних ходів, безпечної заміни інструменту. У вихідній точці Ов.т початок координат переміщення інструмента по керуючій програмі. Положення точки Ов.т задане в СКВ і зв'язане з базуючими елементами пристрою для затискання деталі відстанями $x_d=0$, $u_d=0$, $x_v=0$, $u_v=0$.

Таблиця 4. 1 – Координати опорних точок при виконанні операції 020

Точка №п/п	Координати в СКВ, мм		Точка №п/п	Координати в СКВ, мм	
	X	Y		X	Y
1	333	18,615	5	120	20,4
2	252,1	18,615	6	125	28
3	250,5	20,115	7	120	28
4	250,5	21	8	120	20,4
5	120,5	21	0; 9	500	200
6	125	29	1	335	18
7	120,5	29	2	335	10,4
8	120,5	21	3	335	18
0; 9	500	200	4	125	18
1	124	23,35	5	106	22,9
2	106	23,35	0; 6	500	200
0; 3	500	200	1	120	30
1	333	18,29	2	120	25
2	251,6	18,29	3	120	19,75
3	250	19,89	4	120	25
4	250	20,4	0; 5	500	200

3) Розрахунок координатних переміщень.

Відстань Z_H , мм від бази деталі до торця шпинделя, що знаходиться в позиції початку циклу обробки, визначається за формулою:

$$Z_H = L + R + H + l, \quad (77)$$

де: L – налагоджувальний розмір інструмента, мм;

R – відстань швидкого переміщення інструмента до деталі, мм;

H – висота деталі (довжина обробки), мм;

l – робоче переміщення інструмента до оброблюваної деталі, мм.

									Арк.	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	БР.ПМ-18-007.00.00.000 ПЗ					58

Приймаєм інструмент у якого максимальний налагоджувальний розмір L_{\max} .

$$\text{Тоді: } Z_H = L_{\max} + R + H + l, \quad (78)$$

Для різця 2103-0657 Т5К10 ГОСТ 20872-80 довжина $L=125$ мм;

Поперечний розмір $b+m=16+8=24$ мм; $H=330$ мм; $D=50,8$ мм; $R=0$ мм; $l=3$ мм.

Тоді: $X_H=24+167+330+3=524$ мм; $Y_H=125+171,4+25,4+3=325$ мм.

4) Кодування інформації.

На токарно-гвинторізному верстаті 1А616Ф3 використовується пристрій числового набору і цифрової індикації Ф5147.

Таблиця 4.2 – Розрахунково-технологічна карта на токарно-гвинторізню операцію з ЧПК 020

деталь		операція					верстат					Система ЧПК		
Вал РЦ 001.07.12		020. Токарна з ЧПК					1А616Ф3					NC		
Геометрична інформація					Технологічна інформація									
№ о. т.	X (ΔX) мм	Y (ΔY) мм	L, мм	K, мм	t, мм	S, мм /об	S, мм /хв	V, м/хв	N, хв. ⁻¹	Напр. оберт.	Охолод ження	№ інстр.	L, № корек-	
														Кон-тур
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0		500	200	0	0								1	101
1		333	18,615	167	181,385	2	0,4	250	84,27	630	Пр.	+		
2		252,1	16,615	80,8	0	2	0,4	250	84,27	630	Пр.	+		
3		250,5	20,115	1,6	3,5	2	0,4	250	84,27	630	Пр.	+		
4		250,5	21	0	0,885	1,9	0,4	250	90,6	630	Пр.	+		
5		120,5	21	130	0	1,9	0,4	250	90,6	630	Пр.	+		
6		125	29	4,5	8									
7		120,5	29	4,5	0	2	0,4	200	79,76	500	Пр.	+		
8		120,5	21	0	8	2	0,4	200	79,76	500	Пр.	+		
9		500	200	379,5	179									
0		500	200	0	0								2	102
1		124	23,35	376	176,65	2,05	0,4	200	79,76	500	Пр.	+		
2		106	23,35	18	0	2,05	0,4	200	79,76	500	Пр.	+		
3		500	200	394	176,65									
0		500	200	0	0								3	103
1		333	18,29	167	171,71	0,4	0,25	250	117,2	1000	Пр.	+		
2		251,6	18,29	80,8	0	0,4	0,25	250	117,2	1000	Пр.	+		
3		250	19,89	1,6	1,6	0,6	0,25	250	117,2	1000	Пр.	+		
4		250	20,4	0	0,51	0,6	0,25	250	131,88	1000	Пр.	+		
5		120	20,4	130	0	0,6	0,25	250	131,88	1000	Пр.	+		
6		125	28	5	7,6									
7		120	28	5	0	0,5	0,25	200	117,31	800	Пр.	+		
8		120	20,4	0	7,6	0,5	0,25	200	117,31	800	Пр.	+		
9		500	200	380	179,6									
0		500	200	0	0								4	104
1		335	18	165	182	2,25	0,25	312	143,6	1250	Пр.	+		
2		335	10,4	0	7,6	2,25	0,25	312	143,6	1250	Пр.	+		
3		335	18	0	7,6									
4		125	18	210	0	0,6	0,25	250	146,6	1000	Пр.	+		
5		106	22,9	19	4,9	0,6	0,25	250	146,6	1000	Пр.	+		
6		500	200	394	177,1									
0		500	200	0	0								5	105
1		120	30	380	170									
2		120	25	0	5	3	0,1	63	128,11	630	Пр.	+		
3		120	19,75	0	5,25	3	0,1	63	128,11	630	Пр.	+		
4		120	25	0	5,25	3	0,1	63	128,11	630	Пр.	+		
5		500	200	380	175									

БР.ПМ-18-007.00.00.000 ПЗ

Арк.

59

Змн. Арк. № докум. Підпис Дата

Коди режимів роботи системи ЧПК, що задаються адресою G, і допоміжні коди, що задаються адресою M по ІСО-7біт, наведені в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Коди режимів роботи системи ЧПК та допоміжні коди

Код	Найменування
G01	Лінійна інтерполяція (нормальний розмір)
G17	Вибір площини обробки ХУ
G25	Початок координат
G40	Відміна корекції положення інструменту
G42	Корекція положення інструменту
G60, G61	Точне позиціонування Х і У
G81	Постійний цикл при свердлінні отворів
G82	Постійний цикл при зенкеруванні отворів
G91	Переміщення в абсолютній системі координат
M00	Безумовна зупинка
M02	Кінець програми
M03	Обертання шпинделя за годинниковою стрілкою
M05	Зупинка шпинделя
M06	Зміна інструмента
M08	Включення охолодження
M09	Виключення охолодження

Коди подач, частоти обертання шпинделя наведені в таблиці 4.4.

Кожен код G, F, S, T, M діє в наступних кадрах до вводу нового коду по даній адресі. Програма обробки для токарно-гвинторізної операції з ЧПК 020 приведена в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 – Таблиця кодів чисел обертів і кодів подач для верстата мод. 1А616Ф3

Число обертів шпинделя, хв, ⁻¹	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250		
Код	Число	01	02	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	
	Адреса	S																	
Подача S, мм/об	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	
Код	Число	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	Адреса	F																	

Список використаної літератури:

1. Панчук В. Г., Карпик Р. Т., Врюкало В. В., Одосій З. М. Бакалаврська робота: методичні вказівки. Для студентів спеціальності 131 – «Прикладна механіка» освітньо-кваліфікаційного рівня – «бакалавр». Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2021.
2. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни ”Технологія машинобудування” для спеціальності 7.090202 – технологія машинобудування МВ 02070855-704-2000.
3. Горбацевич А. Ф., Шкред В. А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. – Минск.: Высшая школа, 1983 – 256 с.
4. Руденко П. А. и др. Проектирование технологических процессов у машинобудуванні: Навчальний посібник. – Київ, Вища школа, 1993. – 414 с.
5. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 1 / Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985 – 496 с.
6. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 2 / Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985 – 496 с.
7. Обработка металлов резанием: Справочник технолога . Под ред. А. А. Панова – М.: Машиностроение, 1988 – 736 с.
8. Косилова А. Г. Мещеряков Р. К. Точность обработки, заготовки и припуски в машиностроении. Справ очник технолога. – М.: Машиностроение, 1976.
9. Руденко П. А. и др. Проектирование и производство заготовок в машиностроении. – К., Висш. школа, 1991, 247 с.
10. Режимы резания металлов. Справочник. Под ред. Барановского– М.: Машиностроение, 1972, 406 с.
11. Корсаков В. С. Основы конструирования приспособлений. – М.: Машиностроение, 1983, 277 с.
12. Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного и подготовительно-заключительного для технического нормирования станочных работ. – М.: Машиностроение, 1964.
13. Общемашиностроительные нормы времени и режимов резания для нормирования работ выполняемых на станках с ЧПУ. Часть 1. Нормативы времени. – М.: Экономика, 1990, 208 с.
14. Сторож Б. Д., Карпик Р. Т. Розрахунок пристроїв на точність: навч. Посібник/Під ред.. Карпика Р. Т. – Івано-Франківськ, «Факел», 1999. 216 с., іл..
15. Ансеров М. А. Приспособления для металлорежущих станков. – Л.: Машиностроение, 1975, 656 с.
16. Станочные приспособления. Справочник в 2 томах. Том 1. Под ред. Н. Вардашкина, – М.: Машиностроение, 1984, 592 с.

					БР.ПІМ-18-007.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

17. Станочные приспособления. Справочник в 2 томах. Том 2. Под ред. Н. Вардашкина, – М.: машиностроение, 1984, 592 с.
18. Корсаков В. С. Основы конструирования приспособлений. – М.: Машиностроение, 1983, 277 с.
19. Кузнецов Ю. И. и др. Оснастка для станков с ЧПУ: Справочник. – М.: Машиностроение, 1990, 512 с.
20. Горошкин А. К. Приспособления для металлорежущих станков. Справочник. – М.: Машиностроение, 1979.-303 с.

					БР.ПМ-18-007.00.00.000 ПЗ	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

Дубл.			
Взамін.			
Підпис			

--	--	--	--	--

Зм	Ар	№ док.	Підпис	Дата

1	8
---	---

	І Ф Н Т У Н Г	ПМ-18-1	
	Вал РЦ 001.07.12		

«Затверджую»

Зав.кафедрою КМВ

**КОМПЛЕКТ
технологічної
документації**

Технологічний процес
механічної обробки
вала РЦ 001.07.12

Розробив: ст.гр.ПМ-18-1

Іваншин . .

Перевірів:

Роп'як Л. Я.

Акт № __ від «__» _____ 20__ р

Дубл.																	
Взамін.																	
Підпис													Зм.	Арк	№докум.	Підпис	Дата
															2		
А	Цех	Уч	Рм	Опер	Код найменування операції					Позначення документу							
Б	Код найменування операції					См	Проф.	Р	Уп	Кр	Ковд	Он	Оп	Кшт	Тп.з	Тшт.	
Р						ПІ	Д або В		L	t	i	S		n	v		
A 01				070	9016 Контрольна					ІОП №24-85							
Б 02	Стіл контрольний					2		2		1	1	1					
03																	
04																	
05																	
06																	
07																	
08																	
09																	
10																	
11																	
12																	
13																	
14																	
15																	
16																	
17																	
18																	
19																	
20																	
21																	
22																	
23																	
МК																4	

Дубл.														
Взам.														
Оригінал										Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата

2

Розроб.	<i>Іванишин</i>							<i>Вал РЦ 001.07.12</i>				
Перевір.	<i>Роп'як</i>											
Затверд.												

Р	Ш	Д або В	L	t	i	S	n	V	Тд	То
Р		мм	мм	мм		мм (мм/хв.)	1/хв.	м/хв.	хв.	хв.

01										
002	<i>8.Покласти деталь в тару</i>									
Т03	<i>Тара технологічна І-533.</i>									
04										
05										
06										
07										
08										
09										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										
18										
19										
20										

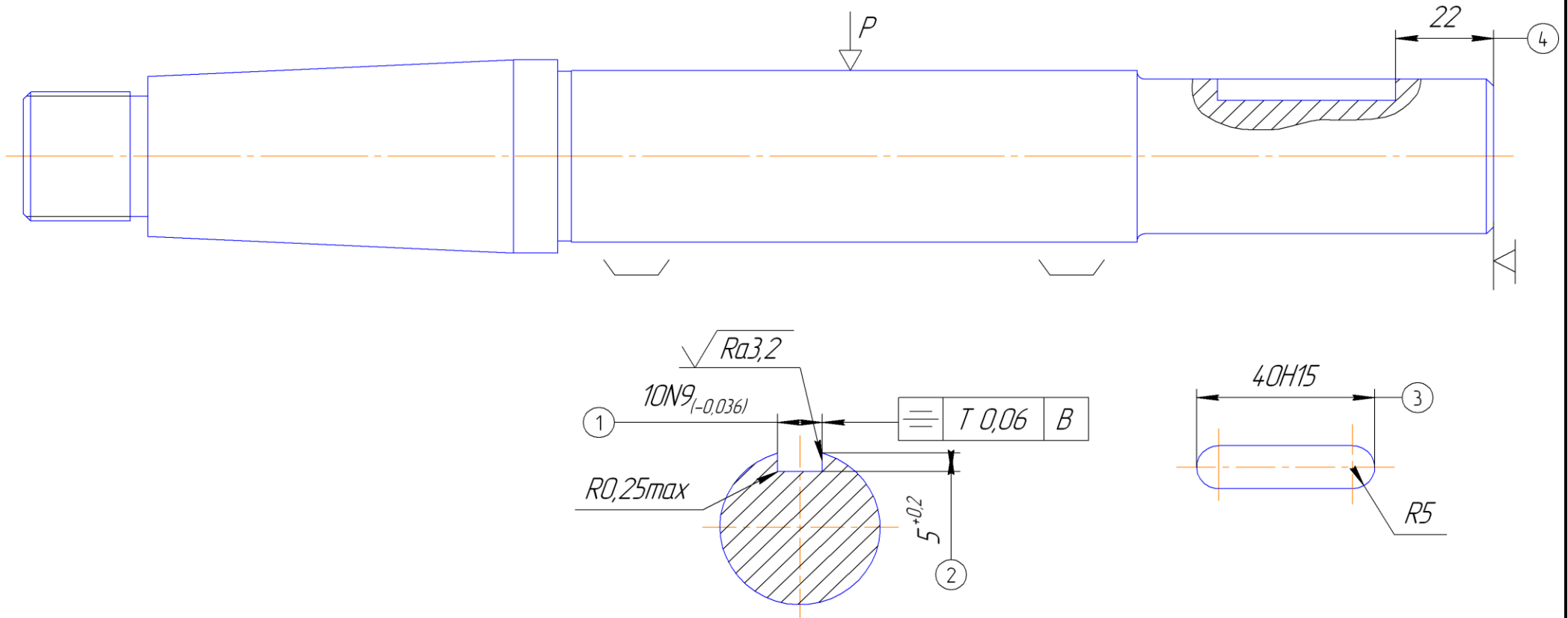
ОК											6
-----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------

Дубл.														
Взамін.														
Підпис										Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата
													1	1
Розробив	Іванишин													
Перевірів	Роп'як													
Н. контр.	Роп'як												Н	035

ІФНТУНГ

ПМ-18-1

Вал РЦ 001.07.12



Формат		Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
					<u>Документація</u>			
A1				БР.ПМ-18-007.00.00.000 СК	Складальне креслення			
					<u>Складальні одиниці</u>			
		1		БР.ПМ-18-007.00.01.000	Плита	1		
		2		БР.ПМ-18-007.00.02.000	Корпус	1		
					<u>Деталі</u>			
		3		БР.ПМ-18-007.00.00.001	Штатив	1		
		4		БР.ПМ-18-007.00.00.002	Вісь	4		
					<u>Стандартні вироби</u>			
		5			Болт М8х30,58 ГОСТ 7798-70	1		
		6			Гайка М8.56 ГОСТ 5915-70	1		
		7			Індикатор 1 МИГ ГОСТ 9696-82	1		
		8			Кільце 140-200-30-2-4 ГОСТ 9833-73	4		
		9			Підшипник 1000903 ГОСТ 8338-75	4		
		10			Пружина №237 ГОСТ 3224-75	1		
				БР.ПМ-18-007.00.00.000 СП				
Изм.		Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
Разраб.		Іванишин				Лит.	Лист	
Проб.		Роп'як				Н	Листов	
							1	
							2	
Н.контр.		Роп'як		Пристрій контрольний			ІФНТУНГ гр. ПМ-18-1	
Утв.		Панчук						

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
		35		Шайба 10.05.88 ГОСТ 10572-75	5	
		36		Шайба 10.05.88 ГОСТ 11453-75	1	
		37		Шпилька М8х110 ГОСТ 22032-77	4	
		38		Шпонка 5432-7024 ГОСТ 7652-73 Штифты ГОСТ 6288-75	2	
		39		6т6х30	2	
		40		8т6х40	4	
		41		8т6х45	4	
		42		Штуцер 7421-4001 ГОСТ 17652-73	5	
		43		Установ 4478-4237 ГОСТ 5376-71	1	
		44		Щуп 4235-1231 ГОСТ 7342-71	1	
				Материали		
		45		Рукав В-10 ГОСТ 11074-73		L=1,2 м

Инд. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Подп. и дата
Инв. № дубл.	Подп. и дата

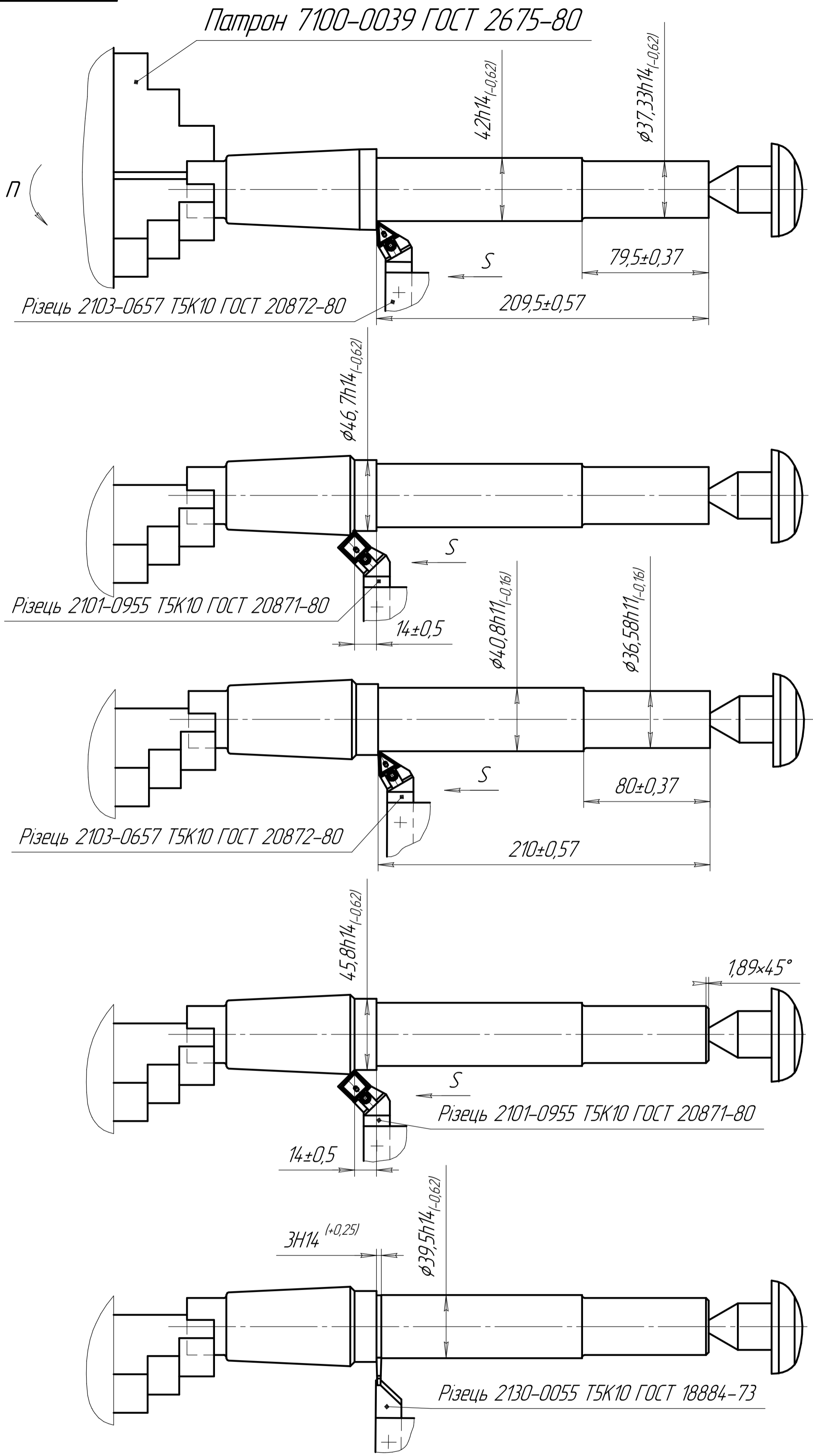
Изм. Лист № докум. Подп. Дата

БР.ПМ-18-007.00.00.000 СП

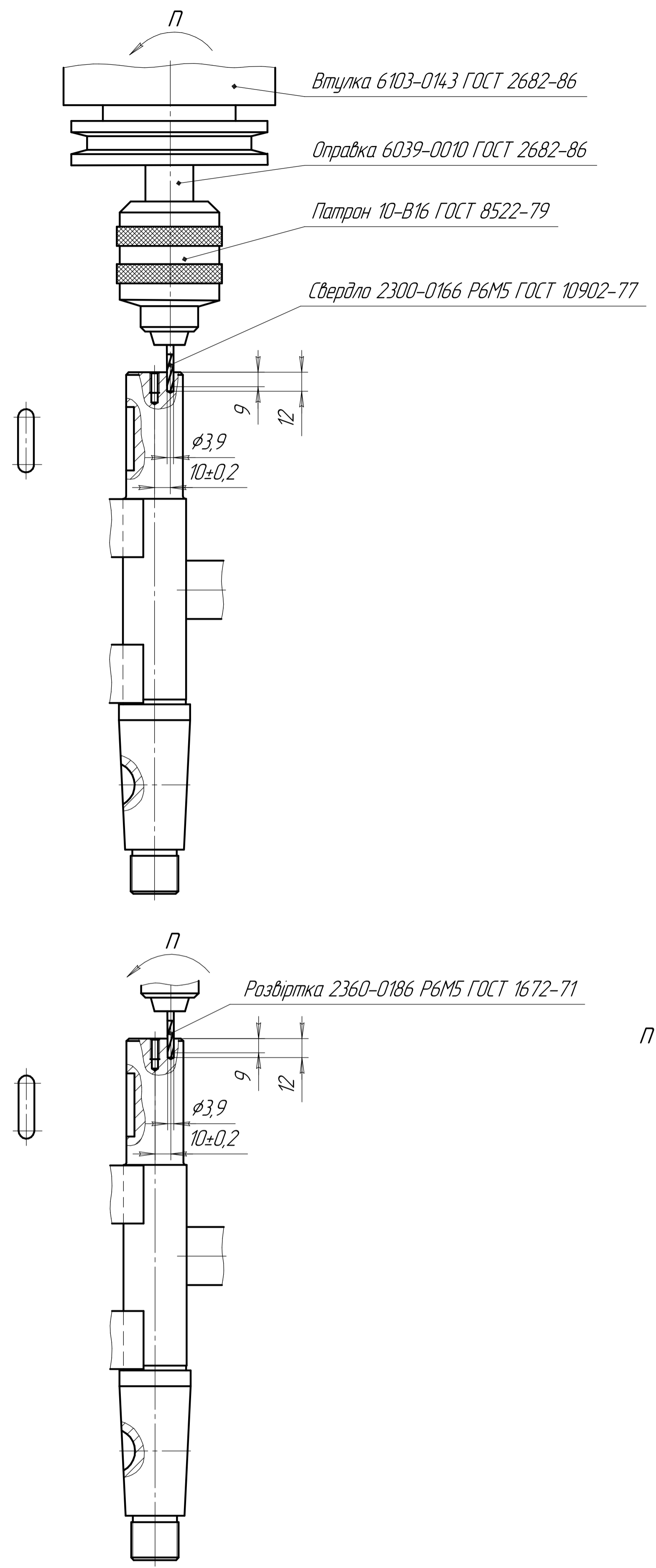
Лист
3

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
		17		Гвинт М6х30-6.88 ГОСТ 1491-71 Гвинты ГОСТ 10151-74	4	
		18		М6х50-6.88	4	
		19		М8х45-6.88	4	
		20		М8х50-6.88 Гайки ГОСТ5927-75	6	
		21		М8.05	4	
		22		М12.05	4	
		23		Гайка М10.05 ГОСТ5929-75	1	
		24		Гайка М10.05 ГОСТ 5932-75	5	
		25		Втулка С10.05 ГОСТ 7342-71	5	
		26		Кільце С10 ГОСТ8458-71 Кільця ГОСТ9748-73	3	
		27		18х12х30	2	
		28		50х42х40	4	
		29		Кільце 26х18х40 ГОСТ11341-73	2	
		30		Кран розподільчий В21-72 ГОСТ7648-71	1	
		31		Рим-болт М10 ГОСТ 7234-69	4	
		32		Шайби ГОСТ 6402-73 6.65Г	6	
		33		8.65Г	22	
		34		12.65Г	2	
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	БР.ПМ-18-007.00.00.000 СП	
Лист	2					
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

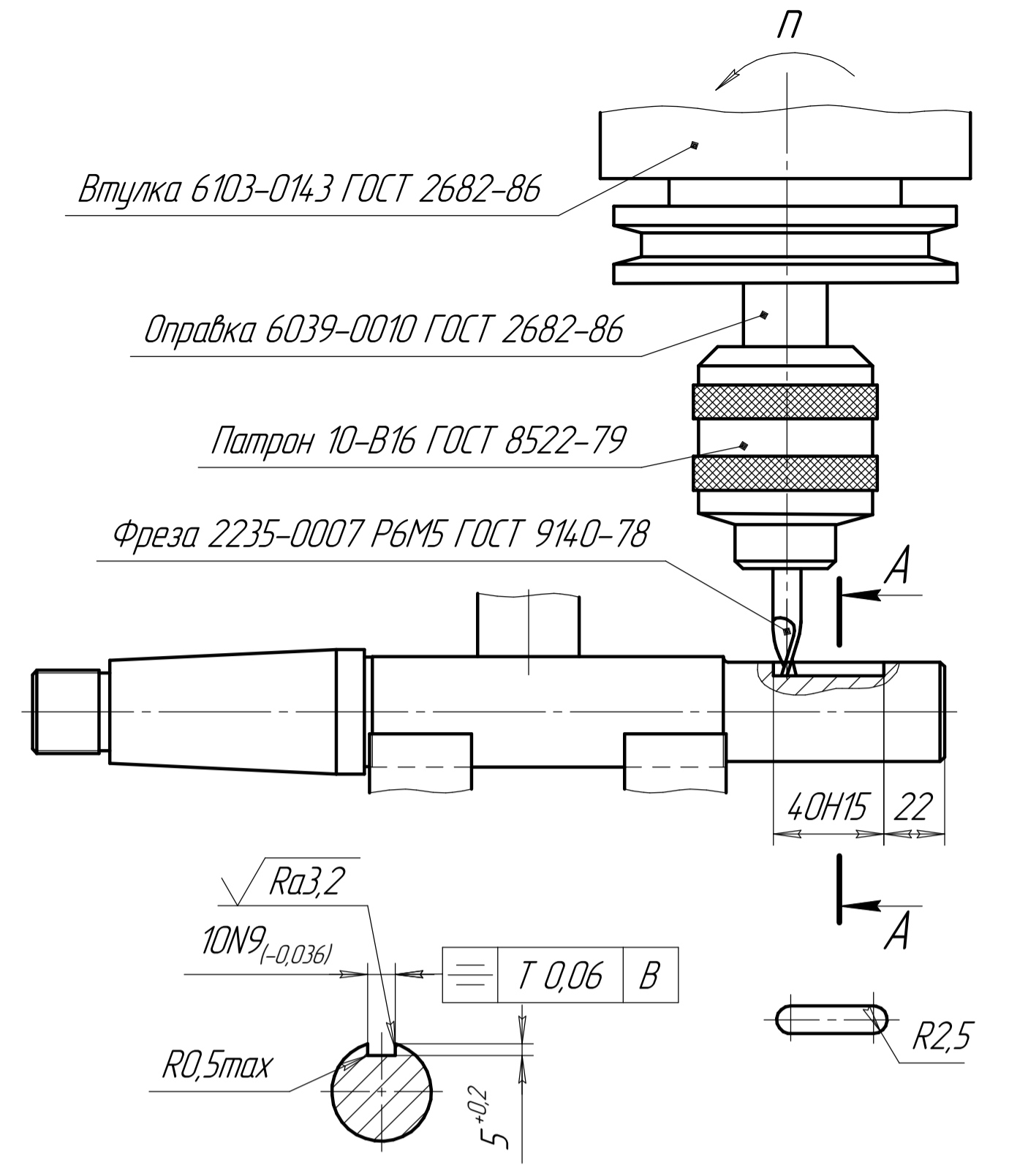
Формат		Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<i>Документація</i>							
A1				БР.ПМ-18-007.00.00.000 К	Складальне креслення	Х	
<i>Деталі</i>							
		1		БР.ПМ-18-007.00.00.001	Плита	1	
		2		БР.ПМ-18-007.00.00.002	Корпус	1	
		3		БР.ПМ-18-007.00.00.003	Призма	2	
		4		БР.ПМ-18-007.00.00.004	Упор	1	
		5		БР.ПМ-18-007.00.00.005	Кронштейн	1	
		6		БР.ПМ-18-007.00.00.006	Прихват	1	
		7		БР.ПМ-18-007.00.00.007	Вісь	1	
		8		БР.ПМ-18-007.00.00.008	Вісь	1	
		9		БР.ПМ-18-007.00.00.009	Фланець	1	
		10		БР.ПМ-18-007.00.00.010	Корпус	1	
		11		БР.ПМ-18-007.00.00.011	Кришка передня	1	
		12		БР.ПМ-18-007.00.00.012	Кришка задня	1	
		13		БР.ПМ-18-007.00.00.013	Поршень	1	
		14		БР.ПМ-18-007.00.00.014	Шток	1	
<i>Стандартні вироби</i>							
		15			Болт М8х30.58.05 ГОСТ 5929-73	4	
		16			Болт 7002-2584 ГОСТ 12193-66	4	
				БР.ПМ-18-007.00.00.000 СП			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Пристрій фрезерний		
Разраб.	Иванишин						
Проб.	Роп'як						
Н.контр.							
Ив. № подл.					Лит.	Лист	Листов
					Н	1	3
					ІФНТУНГ гр.ПМ-18-1		



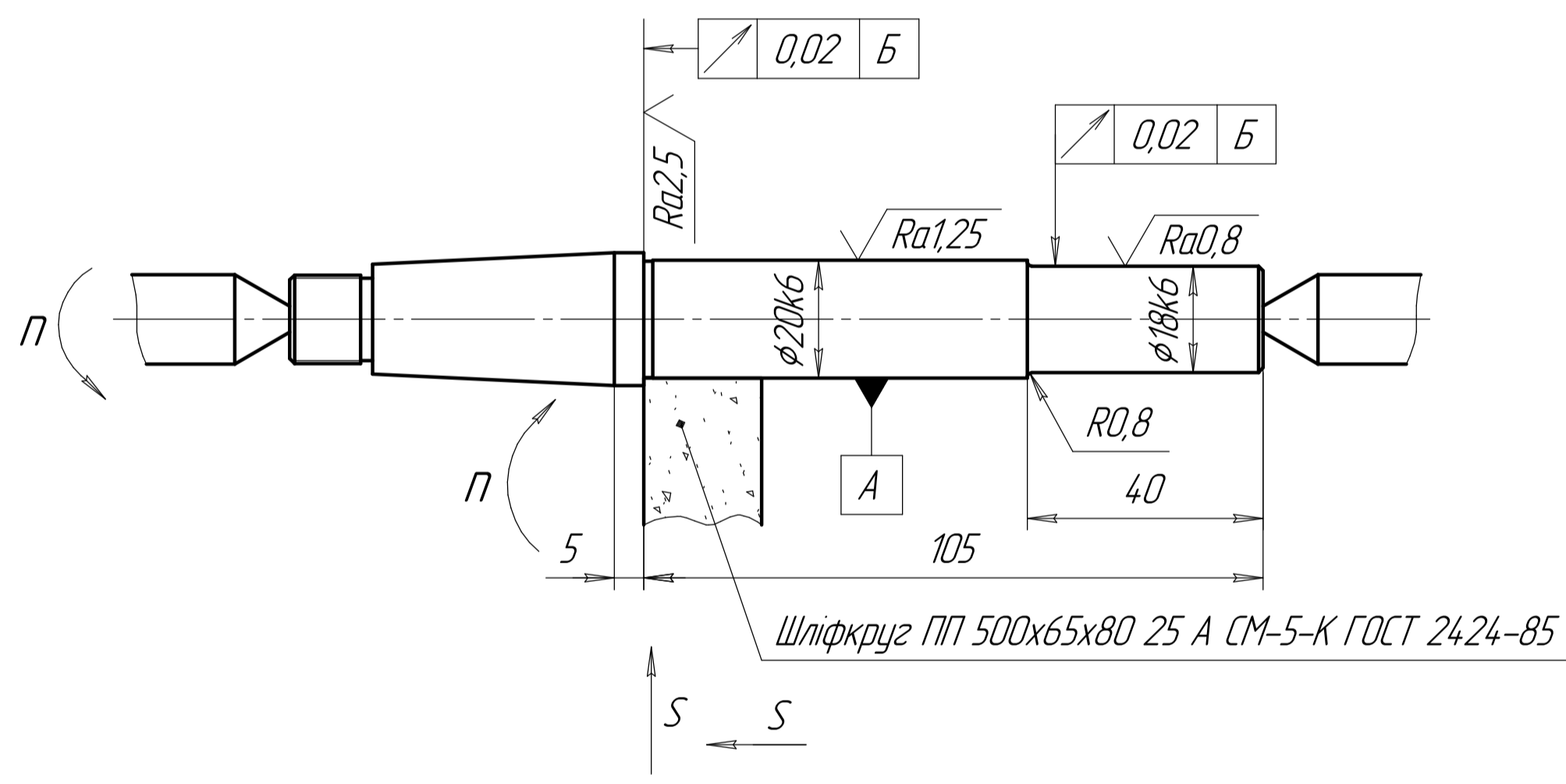
№020	Точарна з ЧПК	Режими різання				
	Точарно-гвинтарізний верстат з ЧПК 1А616Ф3	t, мм	S, мм/об.	n, 1/хв.	V, м/хв.	t ₀ , хв.
№ 1	Точити поверхні 1, 5, 6, 7 начарно	2	0,4	630	90,6	0,9
№ 2	Точити поверхню 8 начарно	2,05	0,4	500	79,76	0,1
№ 3	Точити поверхні 1, 5, 6, 7 начисто	0,6	0,25	800	131,88	0,72
№ 4	Точити поверхню 8 начисто	0,6	0,25	1000	146,6	0,1
№ 5	Точити поверхню 2	2,25	0,25	1250	143,6	0,03
№ 6	Точити поверхню 23	3	0,1	630	128,11	0,1



№045	Свердлильна з ЧПК	Режими різання				
	Вертикально-свердлильний верстат з ЧПК 2Р135Ф3-1	t, мм	S, мм/об.	n, 1/хв.	V, м/хв.	t ₀ , хв.
№ 1	Свердлити отвори 14-15	1,95	0,08	1600	19,6	0,12
№ 2	Розвірчувати фаски 16-17	0,05	0,1	800	10,05	0,19



№035	Вертикально-фрезерна	Режими різання				
	Вертикально-фрезерний верстат 692М	t, мм	S, мм/об.	n, 1/хв.	V, м/хв.	t ₀ , хв.
№ 1	Фрезерувати поверхні 15, 18-21	0,3	0,32	630	19,78	1,65



№055	Кругло-шліфувальна	Режими різання				
	Кругло-шліфувальний верстат 3М151	t, мм	S, мм/об.	n, 1/хв.	V, м/с.	t ₀ , хв.
№ 1	Шліфувати поверхню 1 начисто	0,1	0,87	2350	35	0,45
№ 2	Шліфувати поверхню 6 начисто	0,15	0,87	2350	35	0,81

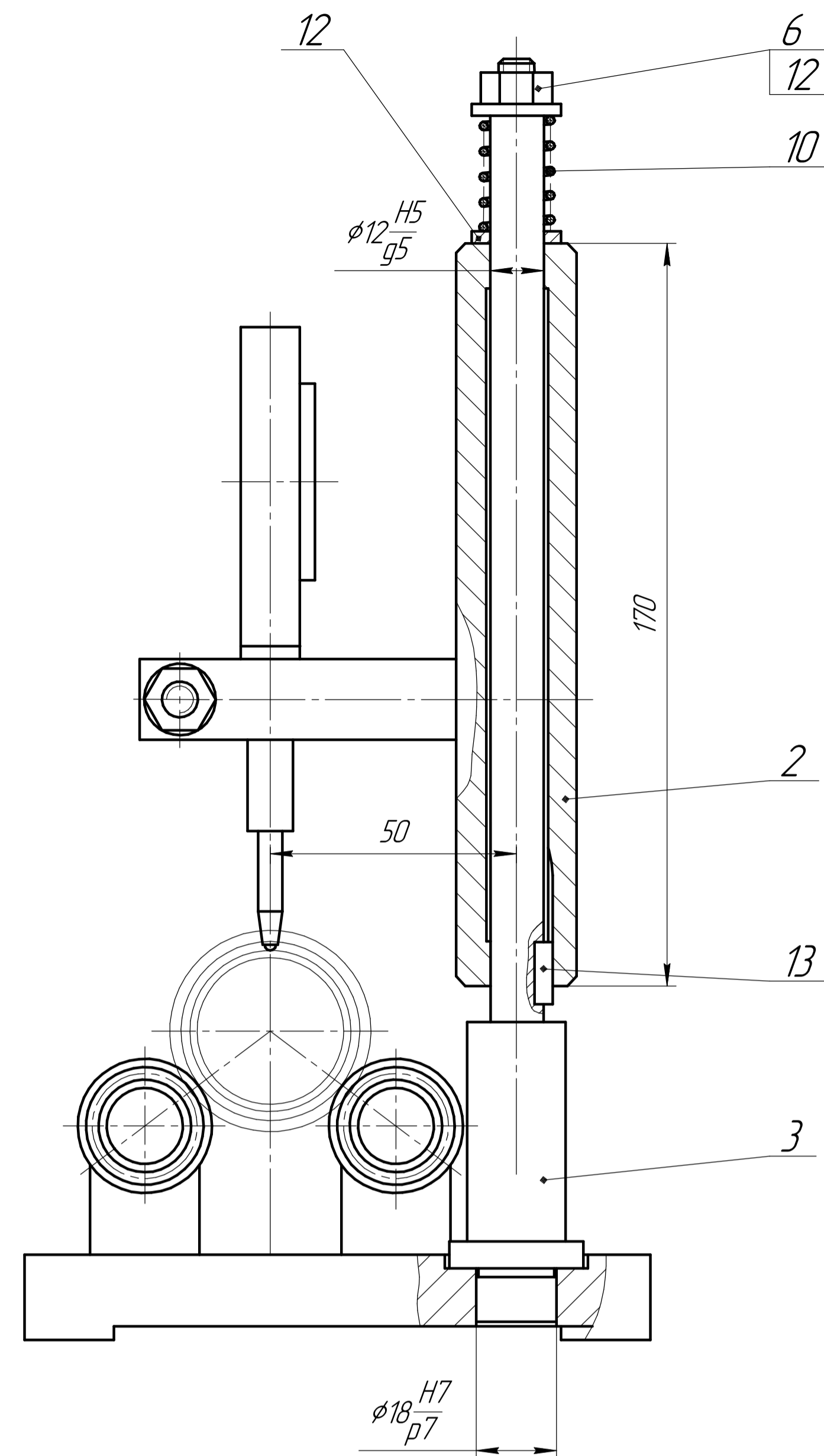
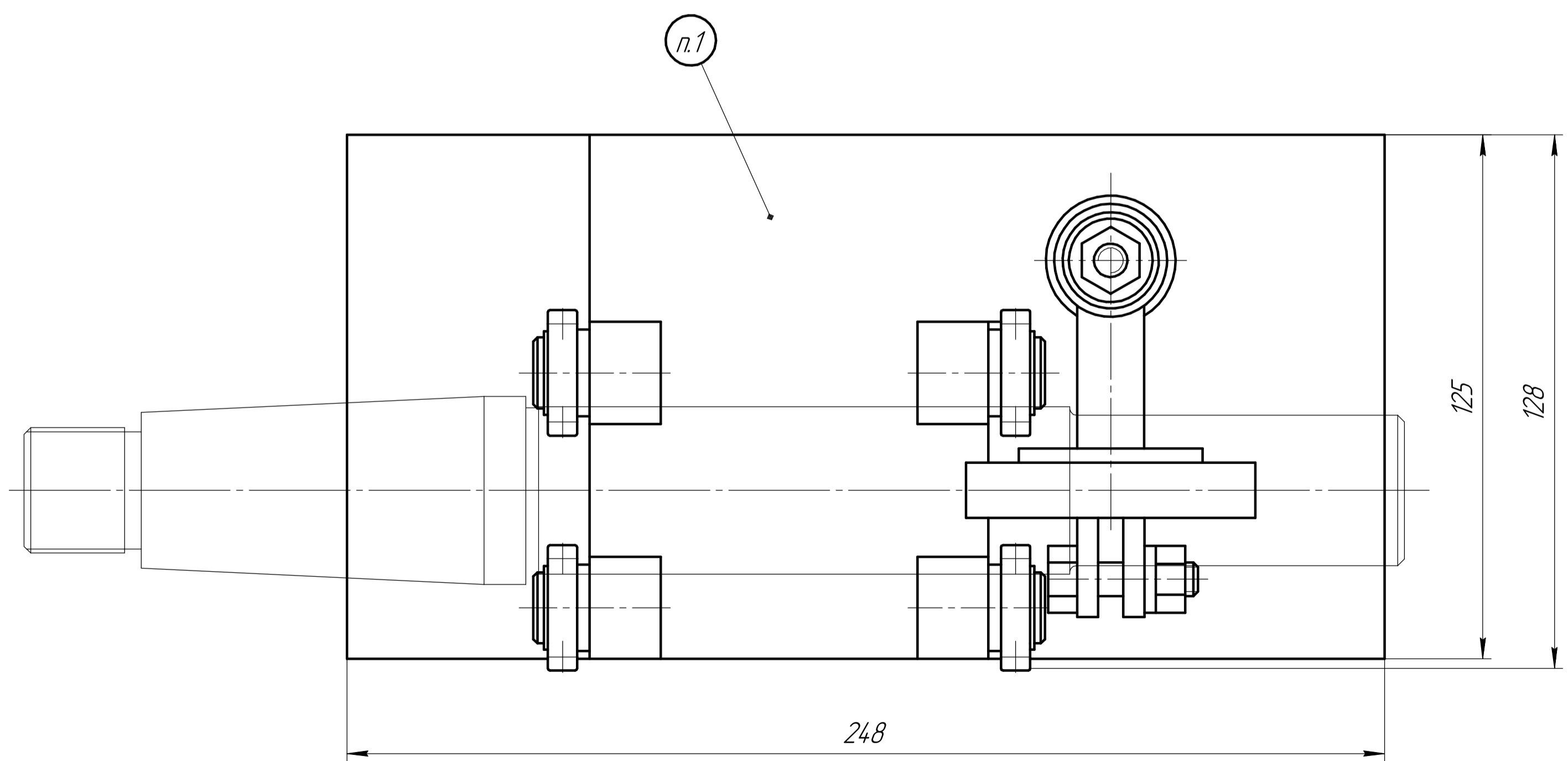
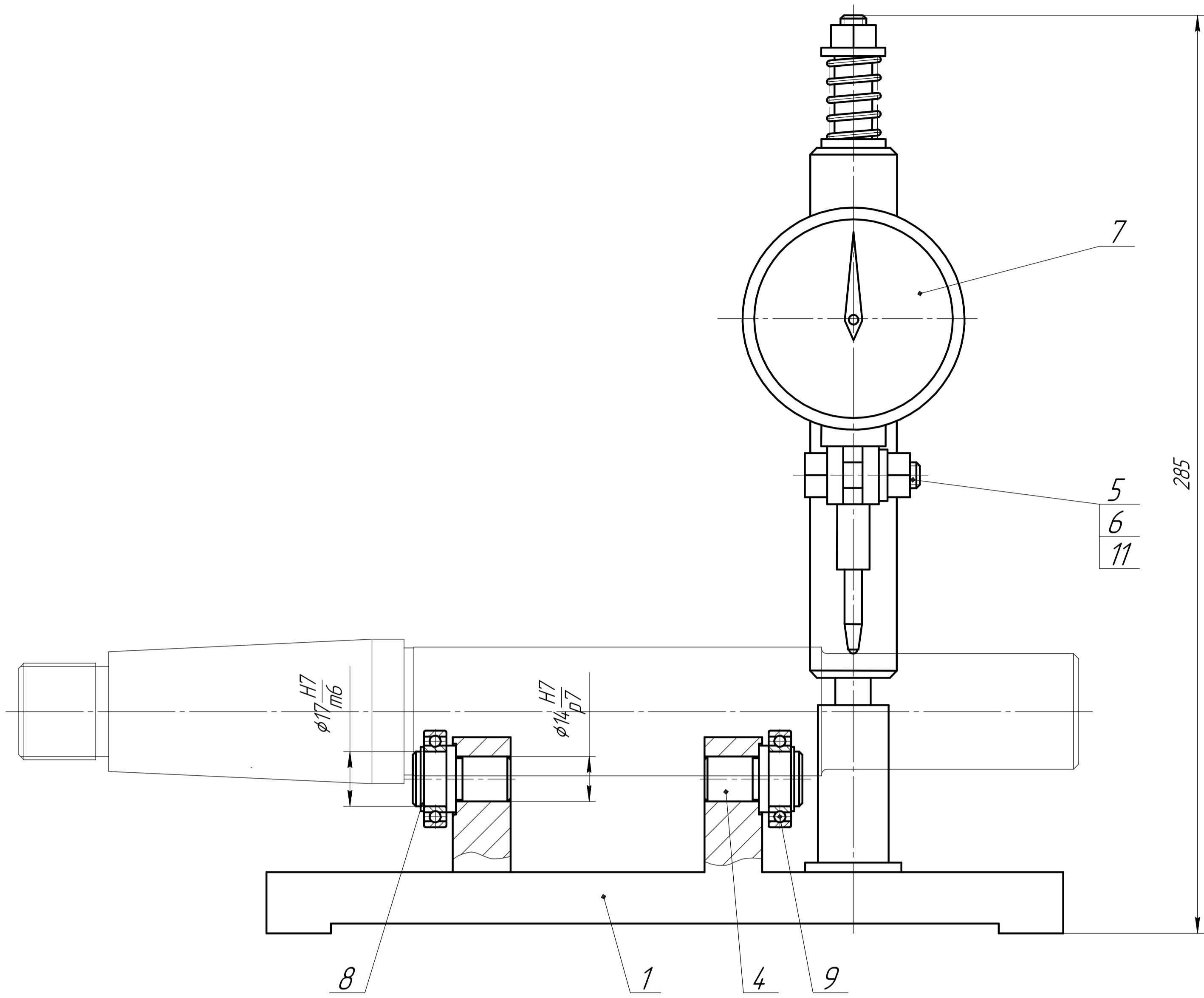
БП.ПМ-18-007.00.00.000 КН

Карта налагодження

Лист	№ докцм	Лист	Дата	Лист	Маса	Масштаб
Розроб	Іванюшин					1:1
Проб	Рагіяк					
Іконтр	Рагіяк					
Реценз						
Іконтр	Рагіяк					
Утв	Ланчик					

ІФНТЧНГ
гр. ПМ-18-1
Формат А1

Лист № 001
Лист № 002
Лист № 003
Лист № 004
Лист № 005
Лист № 006
Лист № 007
Лист № 008
Лист № 009
Лист № 010
Лист № 011
Лист № 012
Лист № 013
Лист № 014
Лист № 015
Лист № 016
Лист № 017
Лист № 018
Лист № 019
Лист № 020



Пристрій призначений для контролю радіального біття поверхні $\phi 36k6$ відносно поверхні "Б" $\phi 40k6$ вала РЦ 001.07.12.
 Похибка мікрометра 0,0018 мм.
 Похибка вимірювання пристрою 0,0058 мм.

1. Маркувати.

				БР.ПМ-18-007.00.00.000 СК		
Лист	№ доцм.	Подп.	Дата	Лист		
Разроб.	Іванюшин			1:1		
Проб.	Рагіяк			Лист		
Іконтр.	Рагіяк			Листов		
Реценз.				1		
Іконтр.	Рагіяк			ІФНТЧНГ		
Утв.	Панчук			гр. ПМ-18-1		
				Формат А1		