

**Івано-Франківський національний технічний університет  
нафти і газу**

Інститут інженерної механіки

Кафедра комп'ютеризованого машинобудування

Куцела Олександр Іванович

(прізвище, ім'я, по батькові)

УДК 621.27  
(індекс)

**БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА**

Технологія виготовлення деталі “Черв’як ЧР211.03.14

коробки подач установки для плазмового напилення покриттів”

(назва роботи)

Бакалавр

(назва освітньої програми)

131 – Прикладна механіка

(шифр і назва спеціальності)

Куцела О.І.

(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  
«ЧЕРВ'ЯК ЧР211.03.14 КОРОБКИ ПОДАЧ УСТАНОВКИ ДЛЯ  
ПЛАЗМОВОГО НАПИЛЕННЯ ПОКРИТТІВ»

Розрахунково-пояснювальна записка: 66 сторінок, 20 рисунків, 21 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 «Черв'як ЧР211.03.14 коробки подач установки для плазмового напилення покриттів».

Мета роботи – розробити технологічний процес механічної обробки черв'яка ЧР211.03.14 коробки подач установки для плазмового напилення покриттів, який дозволить виготовити деталь в умовах середньосерійного виробництва з мінімальними затратами, а також розробити конструкції спеціальних верстатних пристроїв та пристрою для контрольної операції.

Відповідно до поставленої мети у роботі проведено детальний аналіз конструкції деталі, методу отримання заготовки та базового маршруту механічної обробки черв'яка. На основі результатів проведеного аналізу та рекомендацій літературних джерел розроблено раціональний маршрут механічної обробки черв'яка для умов заданого типу виробництва. Обґрунтовано спосіб одержання заготовки, розраховано припуски, розраховано режими різання та нормування операцій. Для встановлення і закріплення черв'яка 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 в машинобудівній галузі та на ремонтних підприємствах.

Ключові слова: черв'як, заготовка, технологічний процес, припуски, режими різання, операція, інструмент, пристрій, верстат.

Студент Куцела О. І.

## **ABSTRACT**

of the qualifying bachelor's thesis on the topic:

**“TECHNOLOGY OF MAKING THE DETAIL "WORM CR211.03.14  
SUPPLY BOXES PLANTS FOR PLASMA SPRAYING OF COATINGS”**

Calculation and explanatory note: 66 pages, 20 figures, 21 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 detail "Worm CR211.03.14 feed box installation for plasma spraying coatings".

The purpose of the work is to develop the technological process of machining of the worm CR211.03.14 to the feed box of the plasma spraying unit, which will allow to manufacture a part in medium production with minimal costs, as well as to develop 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 worm. Based on the results of the analysis and the recommendations of the literature, a rational route of worm machining for the conditions of a given type of production has been developed. The method of obtaining the workpiece is substantiated, allowances are calculated, cutting and rationing modes of operations are calculated. To install and secure the worm in machining operations, a pneumatic device with a pneumatic drive for milling the keyway, a device for controlling the radial beating was designed. 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.

**Keywords:** worm, workpiece, technological process, allowances, cutting modes, operation, tool, device, machine tool.

Student Kutsela O.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**

“ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2022 року

**ЗАВДАННЯ  
НА БАКАЛАВРСЬКУ РОБОТУ**

Куцела Олександр Іванович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Технологія виготовлення деталі “Черв’як ЧР211.03.14  
коробки подач установки для плазмового напилення покриттів”

Керівник роботи Роп’як Любомир Ярославович, д.т.н., проф.  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступень, вчене звання)

затверджені 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. Науково-дослідна частина.
- 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 Любомир Ярославович, 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 \_\_\_\_\_ Куцела О.І.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

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

## Зміст

<b>Вступ .....</b>	<b>5</b>
<b>1 Конструкторсько-технологічний аналіз.....</b>	<b>6-16</b>
1.1. Аналіз призначення і конструкції деталі .....	6-7
1.2. Аналіз технологічності деталі .....	8-10
1.3. Визначення організаційних умов виробництва .....	11-13
1.4. Аналіз базового технологічного процесу виготовлення деталі .....	14-16
<b>2 Проектування технології виготовлення деталі .....</b>	<b>17-47</b>
2.1. Вибір заготовки .....	17-19
2.2. Вибір маршруту і операцій обробки деталі .....	20-27
2.3. Вибір засобів технологічного оснащення .....	28-32
2.4. Визначення міжопераційних припусків і розмірів обробки .....	33-38
2.5. Визначення режимів різання .....	39-41
2.6. Нормування технологічної операції .....	42-46
2.7. Аналіз техніко-економічних показників .....	47
<b>3 Проектування технологічної оснастки .....</b>	<b>48-58</b>
3.1. Пристрій для механічної обробки .....	48-52
3.2. Перевірка працездатності інструментів .....	53-54
3.3. Конструювання спеціального вимірного інструменту або контрольного пристрою.....	55-58
<b>4 Створення керуючої програми для обробки на верстаті з ЧПК .....</b>	<b>59-62</b>
<b>5 Науково-дослідна частина .....</b>	<b>63-64</b>
<b>Перелік літературних джерел .....</b>	<b>65-66</b>

					БР.ПМ-18-012.00.00.000 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Куцела			ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевір.		Роп'як				4	66	
Реценз.						ІФНТУНГ гр. ПМ-18-1		
Н. Контр.		Роп'як						
Затверд.		Панчук В.Г.						

## Вступ

Машинобудування – це комплекс галузей промисловості, що виробляють знаряддя виробництва, транспортні засоби, а також предмети споживання й іншу промислову продукцію. Машинобудування відображає рівень технічного прогресу країни і має значний вплив на розвиток її продуктивних сил, підвищення економічної могутності держави, добробуту народу. Машинобудування по справедливості називають серцевиною індустрії.

Кожна машина має чітке призначення, тому її виготовляють з такого матеріалу і таким чином, щоб вона добре й довго працювала, була надійною і безпечною у роботі. Все це зумовлює кваліфікацію спеціаліста, який бере участь не тільки безпосередньо у її виготовленні, а й у виборі матеріалів, які найкраще відповідають поставленим до машини вимогам.

Мета науки і техніки – це розвиток економічних та соціальних завдань, сприяння переходу економіки на шляхи інтенсивного розвитку.

Для цього необхідно наступне:

- освоїти серійне виробництво нових машин, засобів автоматизації і приладів, обладнання, які сприятимуть впровадженню у широких масштабах високопродуктивної технології;
- збільшити виробництво систем та комплексів машин і обладнання, автоматичних маніпуляторів з числовим програмним керуванням.

Усі назви програмних продуктів є зареєстрованими товарними марками відповідних фірм.

Сучасні тенденції розвитку машинобудування, яке орієнтоване на підвищення якості продукції галузі, на широке застосування прогресивних конструкційних та інструментальних матеріалів, на комплексну автоматизацію на основі застосування верстатів з ЧПК та САПР, вимагають якісної підготовки кваліфікованих спеціалістів, що володіють не тільки глибокими теоретичними знаннями, але ще й здатні практично їх використовувати у своїй виробничій діяльності.

В зв'язку з тим інженери-механіки спеціальності “Прикладна механіка” повинні володіти методами розрахунку і аналізу технологічних розмірних ланцюгів, оцінки якості виробів, розмірного аналізу технологічних процесів, розрахунку похибок, які впливають на точність механічної обробки, вибору раціональних схем базування заготовок, розрахунку припусків, оптимальних режимів різання, норм часу та технологічної собівартості. Вони повинні володіти також практичними навиками з проектування технологічних процесів складання та механічної обробки, в тому числі з застосуванням верстатів з ЧПК.

					БР.ПМ-18-012.00.00.000 ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# 1. Конструкторсько-технологічний аналіз.

## 1.1. Аналіз призначення і конструкції деталі.

Деталь черв'як ЧР211.03.14 входить в коробку подач для установки плазмового напилення покриттів, що виготовлялася на ПАТ "Автолившмаш". Черв'як служить для передачі крутного моменту від приводу через муфту на проміжний вал коробки подач.

Деталь представляє собою тіло обертання з шийками різних діаметрів, значення яких збільшуються від кінців до середини. В конструкції деталі присутні: черв'ячна поверхня з одним витком  $h_{o1}=3,013$ ,  $P_{z1}=9,42$ ,  $\gamma=4^{\circ}45'49''$  на  $\varnothing 42_{-0,06}$ , закритий шпонковий паз 5P9, канавки 24-25 з розмірами  $\varnothing 19,5_{-0,52}$ ,  $z^{+0,3}$ .

Докладний опис поверхонь деталі та їх службового призначення, конфігурацію та розміри оформляємо у вигляді таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Характеристики поверхонь деталі

№ поверхні	Геометрична форма, профіль поверхні	Службове призначення (функції) поверхні	Розмір, допуск, квалітет	Точність форми і розміщення	Шорсткість, мкм
1	2	3	4	5	6
1	Фаска між торцем 3 і зовнішньою циліндричною поверхнею 1.	Вільна поверхня.	$2 \times 45^{\circ}$	-	Ra6,3
2	Торець.	Вільна поверхня.	$236h14_{(-1,15)}$	-	Ra6,3
3	Зовнішня циліндрична поверхня.	Допоміжна база. Призначена для встановлення півмуфти.	$\varnothing 16h8_{(-0,027)}$	0,03	Ra1,6
4	Плоска поверхня кільцеподібної форми, яка обмежена зовнішніми циліндричними поверхнями 3 і 5.	Допоміжна база. Призначена для встановлення півмуфти.	$25 \pm 0,26$	-	Ra6,3
5	Зовнішня циліндрична поверхня.	Вільна поверхня.	$\varnothing 20h14_{(-0,52)}$	-	Ra6,3
6	Зовнішня циліндрична поверхня.	Основна база. Призначена для встановлення деталі на підшипники у корпусі коробки.	$\varnothing 20k6_{(-0,002)}^{+0,015}$	0,05	Ra0,8
7-8	Зовнішні циліндричні поверхні.	Вільні поверхні.	$\varnothing 20h14_{(-0,52)}$	-	Ra6,3
9-10	Зовнішні конічні поверхні.	Вільні поверхні.	$< 20^{\circ}$	-	Ra6,3
11	Черв'ячна поверхня.	Допоміжна база. Призначена для передачі крутного моменту до черв'ячного колеса.	$\varnothing 42_{-0,06}$	0,05	Ra1,6
12-13	Галтелі між зовнішніми конічними поверхнями 9-10 та зовнішніми циліндричними поверхнями 7-8.	Вільні поверхні.	R2,5	-	Ra6,3
14	Торець.	Вільна поверхня.	$236h14_{(-1,15)}$	-	Ra6,3

					Арк.
БР.ПМ-18-012.00.00.000 ПЗ					6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

## Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4	5	6
15	Фаска між торцем 3 та зовнішньою циліндричною поверхнею 1.	Вільна поверхня.	2×45°	-	Ra6,3
16	Зовнішня циліндрична поверхня.	Основна база. Призначена для встановлення деталі на підшипники в корпусі.	Ø20k6( <sup>+0,015</sup> <sub>-0,002</sub> )	-	Ra0,8
17, 18	Плоскі поверхні кільцевої форми, обмежені зовнішніми циліндричними поверхнями 7, 8 і канавками 23-24.	Основні бази. Призначені для встановлення деталі на підшипники.	14h14(-1)	-	Ra6,3
19, 20	Півкругла поверхня між стінками паза.	Вільна поверхня.	R2,5	-	Ra6,3
21	Площини, стінки паза.	Допоміжні бази. Призначені для встановлення шпонки.	13-0,1	-	Ra6,3
22, 23	Площини, стінки паза.	Бази допоміжні. Призначені - для встановлення шпонки.	5P9( <sup>-0,012</sup> <sub>-0,042</sub> )	-	Ra3,2
24, 25	Канавки на зовнішніх циліндричних поверхнях.	Технологічні пов. Призначені для виходу інструмента при обробці поверхонь 9 і 20.	3 <sup>+0,3</sup> Ø19,5h14(-0,52)	-	Ra6,3

Основними і найточнішими поверхнями на деталі є: поверхні 6 і 16, які задані розміром  $\text{Ø}20\text{k}6(\text{}^{+0,015}_{-0,002})$ , шорсткість Ra0,8, поверхня 3 розміром  $\text{Ø}16\text{h}8(\text{}_{-0,027})$ , шорсткість Ra1,6, поверхня 11 розміром  $\text{Ø}42\text{}_{-0,06}$ , шорсткість Ra1,6.

Взаємне розташування поверхонь 6, 16 і 11 задається допуском радіального биття 0,05 мм. Взаємне розташування поверхонь 3 і 16 задане допуском радіального биття 0,03 мм. Шорсткість поверхонь 6 і 16 Ra0,8 потрібна для забезпечення точності встановлення черв'яка на підшипники у коробці подач.

В процесі роботи на деталь діє крутний момент, радіальна та осьова сили, тому матеріалом деталі вибрано сталь 45 ГОСТ1050-88 – вуглецеву конструкційну якісну сталь, що задовольняє задані вимоги до механічних властивостей деталі. Деталь підлягає об'ємному гартуванню до HRC 32...38. Хімічний склад та механічні властивості матеріалу деталі подано 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
			не більше					
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

σT	σB	Δs.%	Ψ.%	ан, Дж/см <sup>2</sup>	HB (не більше)	
					гарячештампована	відпалена
360	610	16	40	-	241	197

За оброблюваністю даний матеріал згідно ISO-513:2012 відноситься до групи P (вуглецева сталь, зміцнена до HB≤400).

								Арк.
								7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	БР.ПМ-18-012.00.00.000 ПЗ			



1	2	3	4
11	1) Точіння чорнове різець токарний прохідний відігнутий. 2) Точіння чистове різець токарний прохідний відігнутий.  3) Однократне шліфування зовнішнього діаметра. круг шліфувальний плоский прямий.  4) Однократне шліфування профілю червяка. круг шліфувальний плоский з двохстороннім конічним профілем.	h14, Ra12,5 h11, Ra6,3  h9, Ra1,6	Токарно-гвинторізний верстат. Токарний самоцентруючий трикулачковий патрон. Центр обертовий. Круглошліфувальний верстат. Центри. Поводковий патрон. Різьбошліфувальний верстат. Центри. Поводковий патрон.
12, 13	1) Точіння чорнове 2) Точіння чистове	h14, Ra12,5 Ra6,3	Токарно-гвинторізний верстат. Токарний самоцентруючий трикулачковий патрон. Центр обертовий.
19-20, 21, 22-23	Фрезерування. фреза шпоночка з циліндричним хвостовиком.	it14, Ra6,3 h11, Ra6,3 P9 Ra3,2	Шпоночно-фрезерний верстат. Призми. Прихвати.
24-25	Точіння. різець токарний для зовнішніх канавок.	h14, Ra6,3	Токарно-гвинторізний верстат. Токарний самоцентруючий трикулачковий патрон. Центр обертовий.

Матеріал деталі – сталь 45 ГОСТ1050-88.

В базовому технологічному процесі заготовка для деталі отримується з круглого гарячекатаного прокату ГОСТ 2590-88.

Крім прокату можна отримати заготовку вільним куванням або гарячим об'ємним штампуванням.

Матеріал за здатністю обробки тиском належить до групи М2 – має вміст вуглецю 0,35...0,65% і легуючих елементів до 2%, яка серед трьох груп задовільно обробляється тиском.

Оброблюваність різанням оцінюється коефіцієнтом оброблюваності різцями відносно еталонного матеріалу (сталь45 з  $G_b=650\text{МПа}$ ; 197НВ) згідно [2].с.12:

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

де  $V_{60}$ -швидкість різання матеріалу при 60 хвилинній стійкості інструменту;

$V_{e60}$ -швидкість різання еталонного матеріалу при 60 хвилинній стійкості інструменту;

						БР.ПМ-18-012.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			9

Згідно [9]с.29-34  $V_{60}=84,5\text{м/хв}$ ;  $V_{e60}=117\text{м/хв}$ ;

$K_v=84,5/117=0,72$ ;

одержане значення свідчить про поганішу оброблюваність різанням сталі 45, загартованої до HRC 32...38, порівняно з нормалізованою до HB197.

Аналіз технологічності черв'яка проводимо за методикою [2].с.13:

- 1) На прохід можна обробити торці 2 і 14, точіння і нарізання черв'ячної лінії на поверхні 11.
- 2) Діаметральні розміри шийок черв'яка зменшуються до кінця.
- 3) Діаметр поверхні 11  $\varnothing 42_{-0,06}$  неможливо зменшити через її конструкторське призначення.
- 4) При обробці шпонкового паза 5P9 дисковою фрезою буде врізання інструменту в поверхні 4 і 5  $\varnothing 34h8$ , тому бажано застосовувати тільки шпоночну фрезу.
- 5) В зв'язку з конструкторським призначенням зовнішніх циліндричних поверхонь деталі, що мають різні діаметри, замінити дану деталь на гладкий вал неможливо.
- 6) Всі канавки черв'яка можна обробити на токарному верстаті з ЧПК.
- 7) Співвідношення довжини вала та діаметра  $L/d=236/16=14,75>12$ , тому жорсткість вала недостатня для одержання точності поверхонь 6...8 квалітету.
- 8) Деталь має ступінчасту форму із збільшенням діаметрів від країв до середини. Деталь кріпиться в патроні по одній з крайніх шийок, тому обробку з одного установа виконати неможливо.
- 9) Принцип постійності баз є можливим при обробці груп зовнішніх циліндричних, торцевих та черв'ячної поверхонь, які обробляються з одного установа.

За вимогами з врахуванням можливостей обробки деталі на верстатах з ЧПК:

- 1) Поверхні, утворені обертанням заготовки відносно осі, є відкритими з одного боку (за винятком канавок 24-25).
- 2) Конфігурація деталі не дає можливість повної обробки – чорнової та чистової з одного установа. Деталь при встановленні в центрах не має достатньої жорсткості для запобігання деформацій під час зняття великого припуску, при цьому є достатньо місця для кулачків чи поводків і для затиску в кулачковому патроні.
- 3) В конструкції деталі немає виступів, які утворюються при обертанні, тому немає необхідності вкористовувати спеціальний інструмент з великим вильотом.
- 4) Місця спряження циліндричних поверхонь з торцями і конічними поверхнями мають один радіус.
- 5) Канавки 24-25 мають однакову форму і розміри  $3^{+0,3}$  і R1, яка забезпечує можливість їх формування одним різцем.

					БР.ПМ-18-012.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

### 1.3. Визначення організаційних умов виробництва.

#### 1.3.1. Організаційні умови.

Тип виробництва: середньосерійний.

Режим роботи підприємства: 2 зміни за добу.

Дійсний річний фонд робочого часу обладнання [2 ] с.22; Табл..2.1.:  $F_d=4029$  год.

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

Дійсний фонд робочого часу обладнання за 1 зміну:  $F_o=480$  хв.

Нормативний коефіцієнт завантаження верстатів: 0,8.

Коефіцієнт серійності для середньосерійного типу виробництва:  $K_c=11 \dots 20$ .

Маса деталі 1,2 кг;

Таблиця 1.5 – Трудомісткість операцій обробки деталі

№ операції	Назва операції			T <sub>o</sub> , хв	Φφ <sub>к</sub>	T <sub>ш-к</sub> (T <sub>шт</sub> ), хв
	№№ переходів	Розрахунок основного часу	i			
1	2	3	4	5	6	7
005.	Фрезерно-відрізна			0,44	1,84	0,81
1	$T_{005}=0,19D^2=0,19 \cdot 48^2$	1	0,44			
010.	Термічна			-	-	-
015.	Токарно-гвинторізна			0,19	2,14	0,41
1	$0,037(D^2-d^2)=0,037 \cdot 48^2$	1	0,015			
2	$0,037(D^2-d^2)=0,037 \cdot 48^2$	1	0,015			
3	$0,52dl=0,52 \cdot 10 \cdot 8$	1	0,08			
4	$0,52dl=0,52 \cdot 10 \cdot 8$	1	0,08			
020.	Токарно-гвинторізна			1,48	2,14	3,17
1	$0,17dl=0,17 \cdot 48 \cdot 110$	1	0,8			
2	$4 \cdot 0,17dl=4 \cdot 0,17 \cdot 42 \cdot 63$	4	0,56			
3	$0,17dl=0,17 \cdot 28 \cdot 15$	1	0,06			
4	$0,037(D^2-d^2)=0,037(42^2-28^2)$	1	0,03			
5	$0,037(D^2-d^2)=0,037(28^2-24^2)$	1	0,03			
025.	Токарно-гвинторізна			1,56	2,14	3,34
1	$0,17dl=0,17 \cdot 28 \cdot 80$	1	0,31			
2	$4 \cdot 0,17dl=4 \cdot 0,17 \cdot 48 \cdot 126$	4	0,9			
3	$0,17dl=0,17 \cdot 24 \cdot 25$	1	0,08			
4	$0,037(D^2-d^2)=0,037(42^2-28^2)$	1	0,12			
5	$0,037(D^2-d^2)=0,037(28^2-24^2)$	1	0,08			
6	$0,037(D^2-d^2)=0,037(24^2-20^2)$	1	0,07			
030.	Термічна					
035.	Токарно-гвинторізна					
1	$0,1dl=0,1 \cdot 10 \cdot 8 \cdot 8=0,04$ хв;	1	0,021	0,042	2,1	0,09
2	$0,1dl=0,1 \cdot 10 \cdot 8 \cdot 8=0,04$ хв;	1	0,021	0,042	2,1	0,09

					БР.ПМ-18-012.00.00.000 ПЗ		Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			11



Середній штучний час:

$$T_{шт.сер.} = \sum T_{шт.} / n, \text{ хв} \quad (3)$$

де n- кількість операцій; n=12;

$\sum T_{шт.}$ - сумарний штучний час, хв;

$$T_{шт.к.} = T_o \cdot \phi_k; \quad (4)$$

де:  $T_o$  – основний технологічний час, хв.;

$\phi_k$  – коефіцієнт, який залежить від типу виробництва і виду верстата.

Основні технологічні часи  $T_o$  і  $\phi_k$  для всіх операцій згідно [2] с. 146 додаток 1.

### 1.3.2. Розрахунок програми випуску і партії деталей:

Число операцій обробки: n=12;

Сумарний штучний час:

$$\sum T_{шт.} = 24 \text{ хв};$$

Середній штучний час:

$$T_{шт.сер.} = \sum T_{шт.} / n = 24 / 12 = 2 \text{ хв}; \quad (5)$$

Такт випуску деталей:

$$t_b = K_3 \cdot T_{шт.сер.} = 15 \cdot 2 = 30 \text{ хв}; \quad (6)$$

Річна програма випуску деталей:

– розрахункова:

$$N = 4029 \cdot 60 / 30 = 8058 \text{ шт}; \quad (7)$$

– прийнята N=8058 шт;

Розрахункова кількість деталей в партії:

$$n_d = N \cdot a / F = 8058 \cdot 12 / 253 = 382,2 \text{ шт}; \quad (8)$$

Розрахункове число змін на обробку партії деталей:

$$C = T_{шт.сер.} \cdot n_d / 480 \cdot 0,8 = 2 \cdot 240 / 480 \cdot 0,8 = 1,99; \quad (9)$$

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

Прийнятий обсяг партії деталей:

$$n_{пр} = C_{пр.} \cdot 480 \cdot 0,8 / T_{шт.сер.} = 2 \cdot 480 \cdot 0,8 / 2 = 384 \text{ шт}; \quad (10)$$

					БР.ПМ-18-012.00.00.000 ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



1	2	3	4
025	Токарно-гвинторізна		Токарно-гвинторізний верстат 1А616 (N=7,1 кВт); Токарний самоцентруючий трикулачковий патрон Ø200 мм. Центр обертвий.
1	Точити задані поверхні начорно; різець токарний прохідний упорний.	3-7; 18	
2	Точити поверхні начорно; різець прохідний токарний відігнутий.	9; 13	
030	Термічна.		
035	Центрошліфувальна.		Центрошліфувальний верстат МВ119 (N=2,2 кВт); Пристрій в комплекті верстата.
1	Шліфувати центрові отвори; Шліфувальна головка конічна.		
040	Токарно-гвинторізна.		Токарно-гвинторізний верстат 1А616 (N=7,1 кВт); Токарний самоцентруючий трикулачковий патрон Ø200 мм. Центр обертвий.
1	Точити поверхні начисто; різець прохідний токарний упорний.	8; 16; 17	
2	Точити поверхні начисто; різець прохідний токарний відігнутий.	10-12; 15	
3	Точити поверхню; різець токарний для зовнішніх канавок.	25	
045	Токарно-гвинторізна.		Токарно-гвинторізний верстат 1А616 (N=7,1 кВт); Токарний самоцентруючий трикулачковий патрон Ø200 мм. Центр обертвий.
1	Точити поверхні начисто; різець токарний прохідний упорний.	3-7; 18	
2	Точити поверхні начисто; різець токарний прохідний відігнутий.	9; 13	
3	Точити поверхню; різець токарний для зовнішніх канавок.	24	
050	Шпоночно-фрезерна.		Шпоночно-фрезерний верстат 692М (N=1,4 кВт); Призми і прихвати з гвинтовим затиском.
1	Фрезерувати шпоночний паз 5Р9; фреза шпоночка з циліндричним хвостовиком.	19-23	

					БР.ПМ-18-012.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

Продовження таблиці 1.6

1	2	3	4
055	Токарно-гвинторізна.		Токарно-гвинторізний верстат 1А616 (N=7,1 кВт); Токарний самоцентруючий трикулачковий патрон Ø200 мм. Центр обертовий.
1	Нарізання профілю черв'яка $m=3$ , $z=1$ ; різець токарний для нарізання черв'ячних ліній.	11	
060	Круглошліфувальна.		Круглошліфувальний верстат 3М151 (N=10 кВт); центри верстата. Поводок.
1	Шліфувати поверхню; круг шліфувальний плоский прямий.	11	
2	Шліфувати поверхню начорно; круг шліфувальний плоский прямий.	16	
3	Шліфувати поверхню начисто; круг шліфувальний плоский прямий.	16	
065	Круглошліфувальна.		Круглошліфувальний верстат 3М151 (N=10 кВт); центри верстата. Поводок.
1	Шліфувати поверхню; круг шліфувальний плоский прямий.	3	
2	Шліфувати поверхню начорно; круг шліфувальний плоский прямий.	6	
3	Шліфувати поверхню начисто; круг шліфувальний плоский прямий.	6	
070	Різьбошліфувальна.		Різьбошліфувальний верстат 5822. Центри верстата. Поводок.
	Шліфувати поверхню; Шліфування профілю черв'яка $m=3$ , $z=1$ ; круг шліфувальний плоский з двохстороннім конічним профілем.	11	
075	Слюсарна.		Стіл слюсарний.
080	Контрольна.		Стіл контрольний.

## 2. Проектування технології виготовлення деталі

### 2.1. Вибір заготовки.

Розрахунки маси заготовки та визначення коефіцієнта використання матеріалу.

Початкові дані:

- маса деталі -  $m_d=1,2$  кг;
- тип виробництва – середньо-серійний;
- матеріал деталі - Сталь 45 ГОСТ1050-88;
- густина  $\rho=7814$  кг/м<sup>3</sup>.

Для вибору раціонального методу одержання заготовки в проектному техпроцесі проводимо порівняння базового і декількох альтернативних варіантів.

Базова заготовка – прокат гарячекатаний круглого профілю.

Згідно базових даних розміри заготовки  $\varnothing 48$  мм,  $L=242$  мм.

Об'єм заготовки:

$$V=\pi \cdot D^2/4 \cdot L=3,14 \cdot 48^2/4 \cdot 242=437691 \text{ мм}^3; \quad (11)$$

Де  $D$  – діаметр заготовки, мм;

$L$  – довжина заготовки, мм;

$$\text{Маса заготовки: } m=V \cdot \rho=437691 \cdot 10^{-9} \cdot 7814=3,42 \text{ кг}; \quad (12)$$

Коефіцієнт використання матеріалу  $K_{вм}=M_d/M_z=1,2/3,42=0,351$ ;

Вартість заготовки з прокату згідно [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 і 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;

За даними відділу праці і зарплати ПАТ “Автоливмаш” витрати на годину роботи на робочому місці становить:

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

Штучний час для відрізання круга  $\varnothing 48$  мм довжиною  $L=242$  мм на верстаті

8Г662 при подачі 25 мм/хв. становить:  $T_{шт}=1,5 \cdot T_0=1,5 \cdot (48+5)/25=3,2$  хв;

$C_{о.з.}=16,5 \cdot 3,2/60=0,88$  грн.;

Витрати на матеріал згідно [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  $\varnothing 48$  мм з Сталі 45 ГОСТ 1050-88

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

$M=3,42 \cdot 10-(3,42-1,2) \cdot 900/1000=32,2$  грн.;

$S_{заг}=32,2+0,88=33,08$  грн.;

					БР.ПМ-18-012.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

Альтернативним методом для отримання заготовки даної деталі є заготовка, що отримана гарячим об'ємним штампуванням на кривошипному гаряче штампувальному пресі.

Група сталі згідно[9.с.243.] –М1-містить до 0,45% вуглецю.

Ступінь складності штамповки:  $C=C_{\pi}/C_{\phi}$

Де  $C_{\pi}$ -маса(об'єм) заготовки;

$C_{\phi}$ -маса(об'єм) геометричної фігури мінімального об'єму, в яку вписується заготовка;

Приблизний об'єм заготовки, що має форму, наближену до форми готової деталі в нашому випадку:

$$C_{\pi}=V_1+V_2+V_3+V_4+V_5+V_6 \quad (16)$$

$$V_1=\pi \cdot d^2 \cdot L/4=3,14 \cdot 20^2 \cdot 15/4=4710 \text{ мм}^3;$$

$$V_2=\pi \cdot d^2 \cdot L/4=3,14 \cdot 25^2 \cdot 48/4=23550 \text{ мм}^3;$$

$$V_3=\pi \cdot d^2 \cdot L/4=3,14 \cdot 42^2 \cdot 45/4=62313 \text{ мм}^3;$$

$$V_4=\pi \cdot d^2 \cdot L/4=3,14 \cdot 25^2 \cdot 48/4=23550 \text{ мм}^3;$$

$$V_5=\pi \cdot d^2 \cdot L/4=3,14 \cdot 20^2 \cdot 55/4=17270 \text{ мм}^3;$$

$$V_6=\pi \cdot d^2 \cdot L/4=3,14 \cdot 16^2 \cdot 25/4=5024 \text{ мм}^3;$$

$$C_{\pi}=4710+23550+62313+23550+17270+5024=136417 \text{ мм}^3;$$

$$C_{\phi}=3,14 \cdot 42^2 \cdot 236/4=326798,6 \text{ мм}^3;$$

$$C=136417/326798,6=0,417;$$

Приблизна маса заготовки:

$$M_z=C_{\pi} \cdot \rho, \quad (17)$$

Де  $\rho$  – густина матеріалу заготовки, кг/м<sup>3</sup>;

$$M_z=136417 \cdot 10^{-9} \cdot 7814=1,066 \text{ кг};$$

За ГОСТ 7505-88, додаток 2 степінь складності штамповки при  $0,32 < C < 0,63$  ( $0,32 < 0,417 < 0,63$ ) С2;

За ГОСТ 7505-88 табл.19 клас точності – Т4;

Згідно ГОСТ 7505-88 табл.2 вихідний індекс – 12;

За ГОСТ7505-89,Табл.3, назначаем припуски на поверхні деталі:

поверхні 2, 14:  $t=2$  мм; поверхня 3:  $t=1,6$  мм; поверхня 4:  $t=1,7$  мм; поверхні 5, 6, 16:  $t=1,8$  мм; поверхні 7, 8:  $t=1,7$  мм; поверхні 9, 10:  $t=1,7$  мм; поверхня 11:  $t=1,7$  мм; поверхні 17, 18:  $t=1,8$  мм.

При гарячому об'ємному штампуванні заготовка піддається нагріву, тому з врахуванням окалини припуск на сторону збільшується на 0,5мм.

Додатковий припуск від зміщення поверхонь роз'єму штампів за ГОСТ 7505-88 табл.4 0,3мм.

На розміри заготовки, утворені з врахуванням припусків назначаем допуски згідно ГОСТ7505-89,Табл.8, внаслідок чого отримуем розміри заготовки:

$$\varnothing 20,8^{+1,3}_{-0,7}; \varnothing 25,2^{+1,3}_{-0,7}; \varnothing 30^{+1,3}_{-0,7}; \varnothing 47^{+1,4}_{-0,8}; 241,6^{+1,8}_{-1,0}; 25,3^{+0,7}_{-1,3}; 80,2^{+0,8}_{-1,4}; 48,1^{+0,8}_{-1,4}; 50^{+1,4}_{-0,8};$$

$$146,2^{+1,8}_{-1,0}.$$

Штампувальні нахили згідно [5.с.148]: 3°.

Радіуси заокруглень згідно [5.с.145]:

Зовнішні 2мм; внутрішні 5мм;

						БР.ПМ-18-012.00.00.000 ПЗ	Арк.
							18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Об'єм заготовки:

$$V_1+V_2+V_3+V_4+V_5+V_6 \quad (18)$$

$$V_1=\pi \cdot d^2 \cdot L/4=3,14 \cdot 25,2^2 \cdot 15,2/4=7577,3 \text{ мм}^3;$$

$$V_2=\pi \cdot d^2 \cdot L/4=3,14 \cdot 30^2 \cdot 48,1/4=33982,7 \text{ мм}^3;$$

$$V_3=\pi \cdot d^2 \cdot L/4=3,14 \cdot 47^2 \cdot 50/4=86703,3 \text{ мм}^3;$$

$$V_4=\pi \cdot d^2 \cdot L/4=3,14 \cdot 30^2 \cdot 48,1/4=33982,7 \text{ мм}^3;$$

$$V_5=\pi \cdot d^2 \cdot L/4=3,14 \cdot 25,2^2 \cdot 54,9/4=27368 \text{ мм}^3;$$

$$V_6=\pi \cdot d^2 \cdot L/4=3,14 \cdot 20,8^2 \cdot 25,3/4=8592,45 \text{ мм}^3;$$

$$V=7577,3+33982,7+86703,3+33982,7+27368+8592,45=198206,45 \text{ мм}^3;$$

$$\text{Маса заготовки: } m_z=198206,45 \cdot 10^{-9} \cdot 7814=1,55 \text{ кг};$$

$$\text{Коефіцієнт використання матеріалу } K_{\text{вм}}=1,2/1,55=0,774;$$

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

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

тут С-базова вартість одної 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;

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

$$S_{\text{заг}}=(15400/1000 \cdot 1,55 \cdot 1 \cdot 0,84 \cdot 0,87 \cdot 1 \cdot 1)-(1,55-1,2) \cdot 900/1000=17,13 \text{ грн};$$

Основні техніко-економічні показники для варіантів отримання заготовки заносимо в таблицю 2.1

Таблиця 2.1 - Техніко-економічні показники для методів отримання заготовки деталі вал-шестерня

Основні техніко-економічні показники	Варіанти отримання заготовки	
	Прокат круглого профілю	Штампована на кривошипному гаряче штампувальному пресі
Маса заготовки, кг	3,42	1,55
Коефіцієнт використання металу	0,351	0,774
Собівартість заготовки для однієї деталі, грн	33,08	17,13

При використанні заготовки - гарячекатаного прокату круглого профілю - великі витрати матеріалу та низький коефіцієнт використання матеріалу.

За рахунок вартості матеріалу заготовка з прокату дорожча від штампованої заготовки. В середньо-серійному виробництві більш доцільно використовувати штамповану заготовку, форма якої більш наближена до форми готової деталі. Використання такої заготовки зменшує час і витрати на механічну обробку заготовки, тому для проектного маршруту виготовлення деталі приймаємо заготовку одержану гарячою об'ємною штамповкою на кривошипному гарячештампувальному пресі.

					БР.ПМ-18-012.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19



продовження таблиці 2.2

1	2	3	4
030	Термічна.		
035	Центро-шліфувальна.		Рис. 4
	Центрошліфувальний верстат МВ119 (N=2,2 кВт); Пристрій в комплекті верстата.		
1	Шліфувати фаски $<60^\circ$ в 2-х центрових отворах ВЗ,15 ГОСТ 14034-74 на торцях; Шліфувальна головка конічна $<60^\circ$ .		
040	Токарна з ЧПК.		Рис. 5
	Токарно-гвинторізний верстат з ЧПК мод. 16Б058Ф3 (N=4 кВт); Токарний самоцентруючий трикулачковий патрон $\varnothing 160$ мм; центр обертовий.		
1	Точити поверхні начисто; різець токарний для контурного точіння $\varphi=93^\circ$ .	8; 16; 17; 10; 12	
2	Точити поверхні начисто; різець токарний для контурного точіння $\varphi=45^\circ$ .	11; 15	
3	Точити поверхню; різець токарний для зовнішніх канавок.	25	
045	Токарна з ЧПК.		Рис. 6
	Токарно-гвинторізний верстат з ЧПК мод. 16Б058Ф3 (N=4 кВт); Токарний самоцентруючий трикулачковий патрон $\varnothing 160$ мм; центр обертовий.		
1	Точити поверхні начорно; різець токарний для контурного точіння $\varphi=93^\circ$ .	1; 3-7; 18; 9; 13	
2	Точити поверхню; різець токарний для зовнішніх канавок.	24	
050	Шпоночно-фрезерна.		Рис. 7
	Шпоночно-фрезерний верстат 692М (N=1,4 кВт); Призми і прихвати з гвинтовим затиском.		
1	Фрезерувати шпоночний паз 5Р9; фреза шпоночка з циліндричним хвостовиком.	19-23	

					БР.ПМ-18-012.00.00.000 ПЗ		Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			21



продовження таблиці 2.2

1	2	3	4
085	Слюсарна.		
	Стіл слюсарний.		
090	Контрольна.		
	Стіл контрольний слюсарний.		

$\sqrt{Ra6,3}$

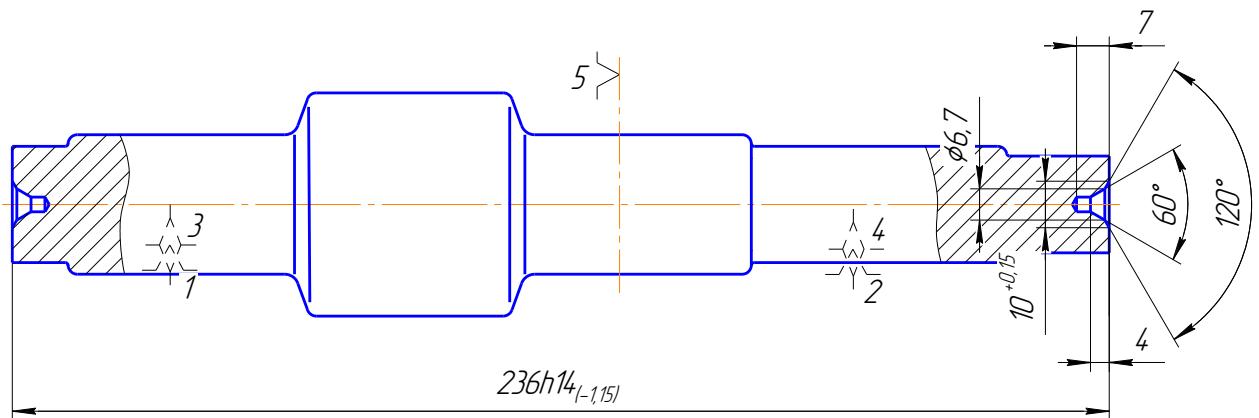


Рис.1 – Ескіз обробки деталі на операції 015

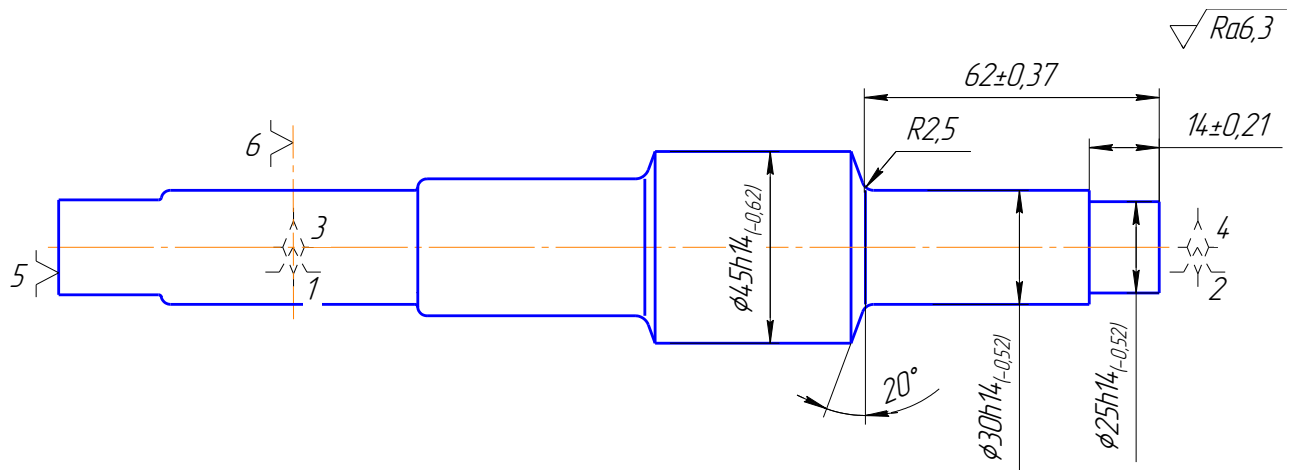


Рис.2 – Ескіз обробки деталі на операції 020

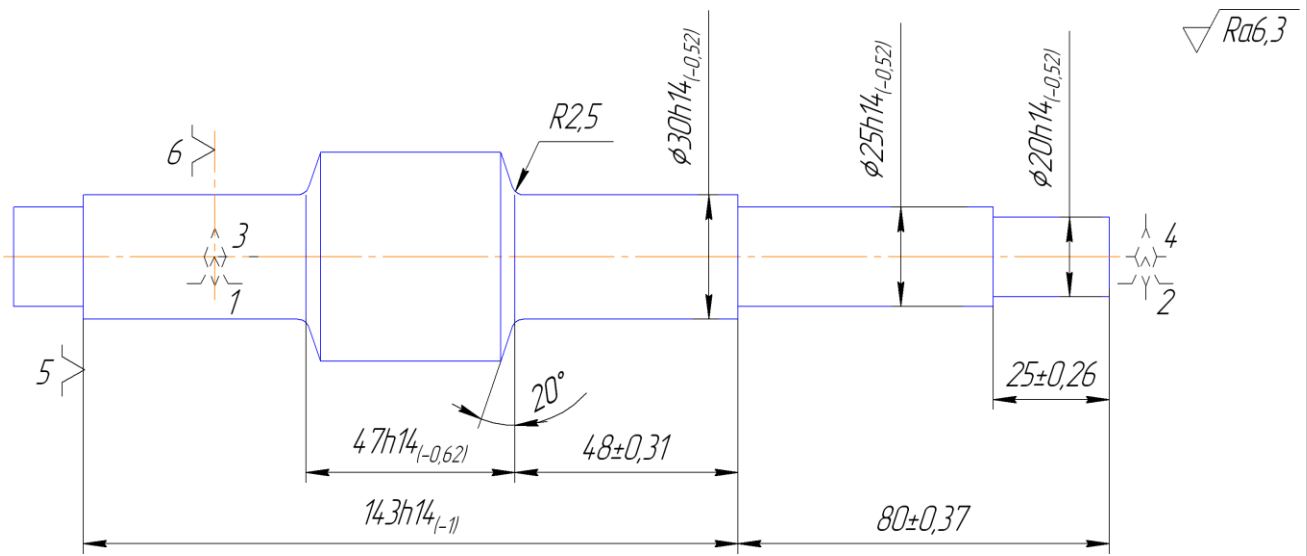


Рис.3 – Ескіз обробки деталі на операції 025

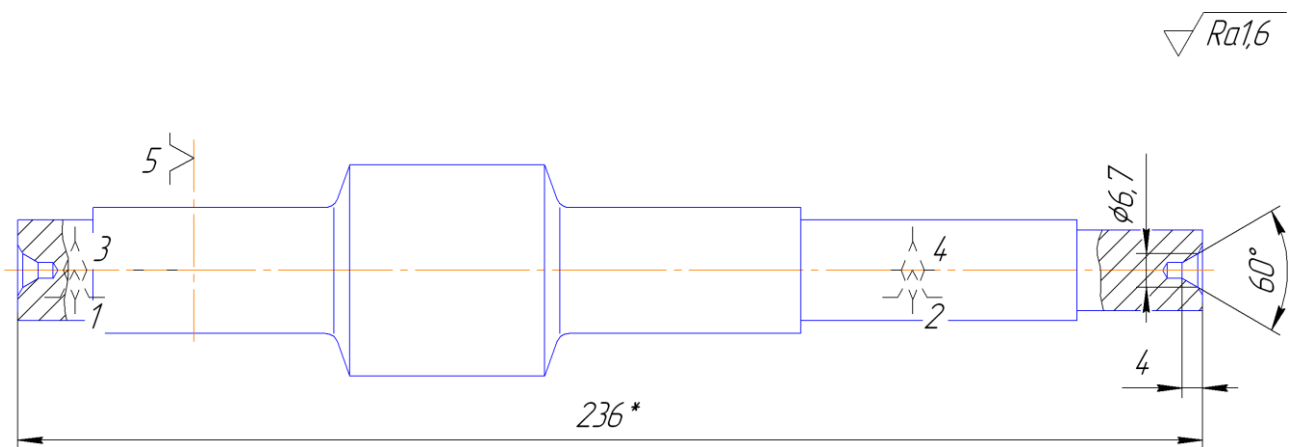


Рис.4 – Ескіз обробки деталі на операції 035

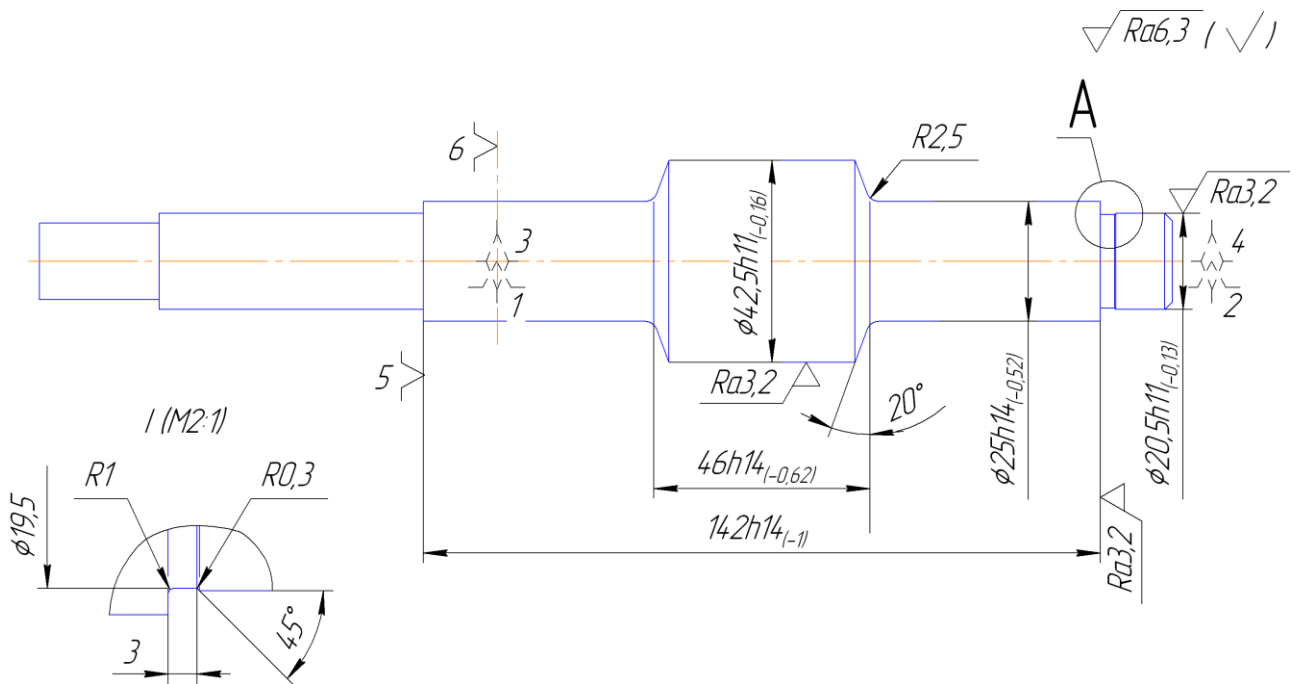


Рис.5 – Ескіз обробки деталі на операції 040

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БР.ПМ-18-012.00.00.000 ПЗ

Арк.

24

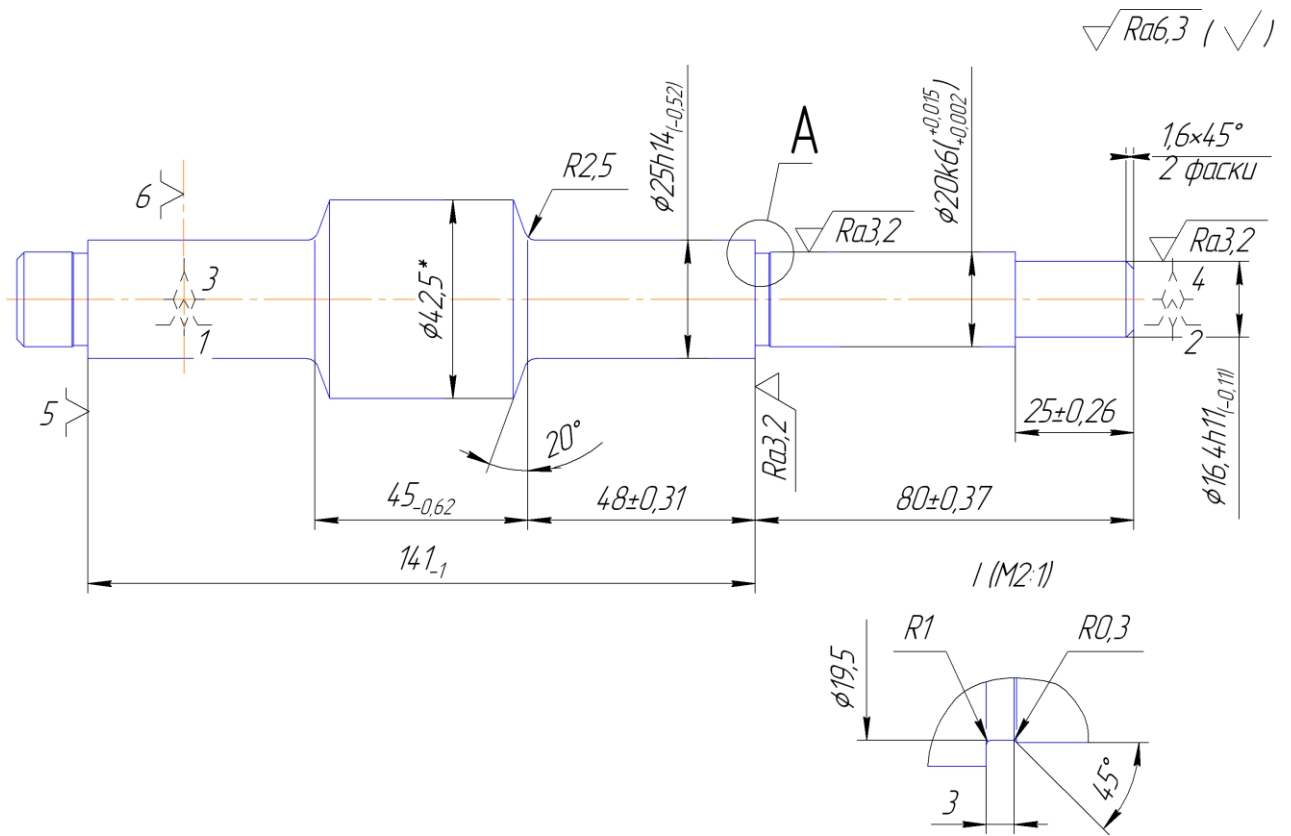


Рис.6 – Ескіз обробки деталі на операції 045

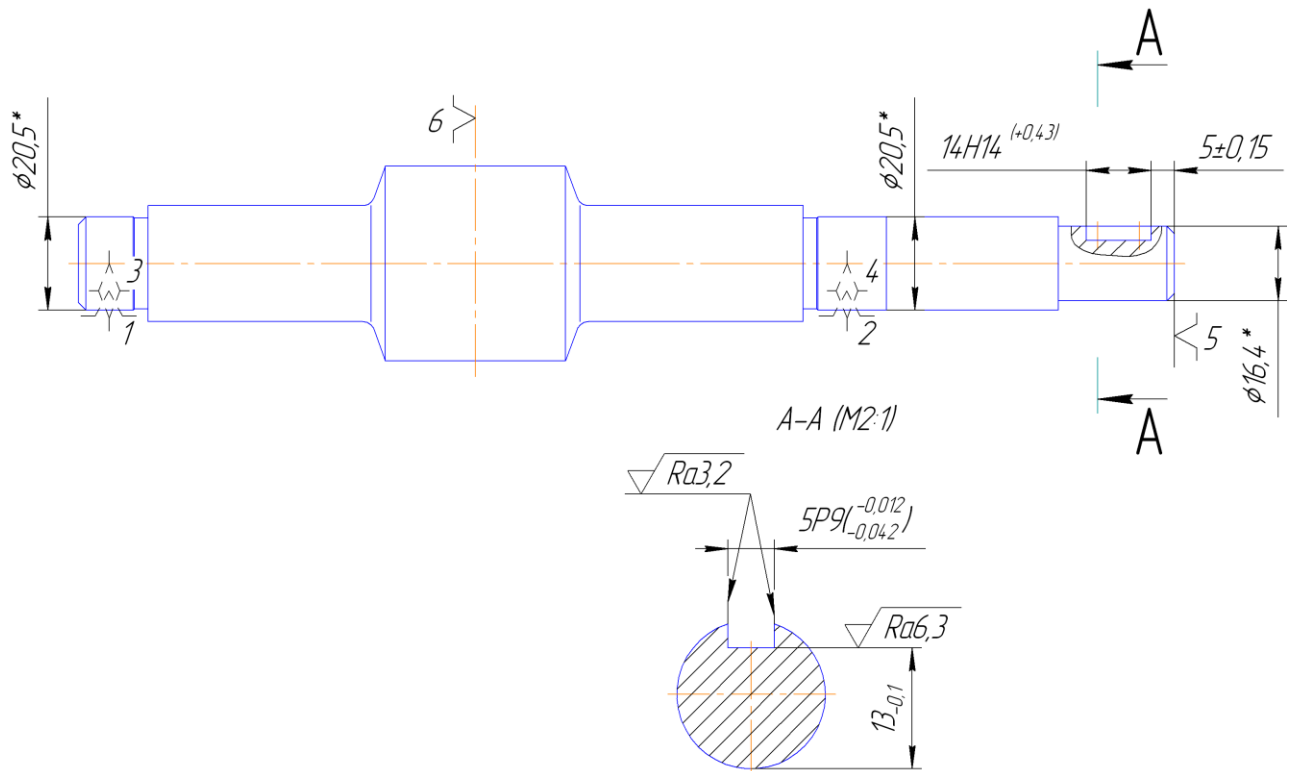


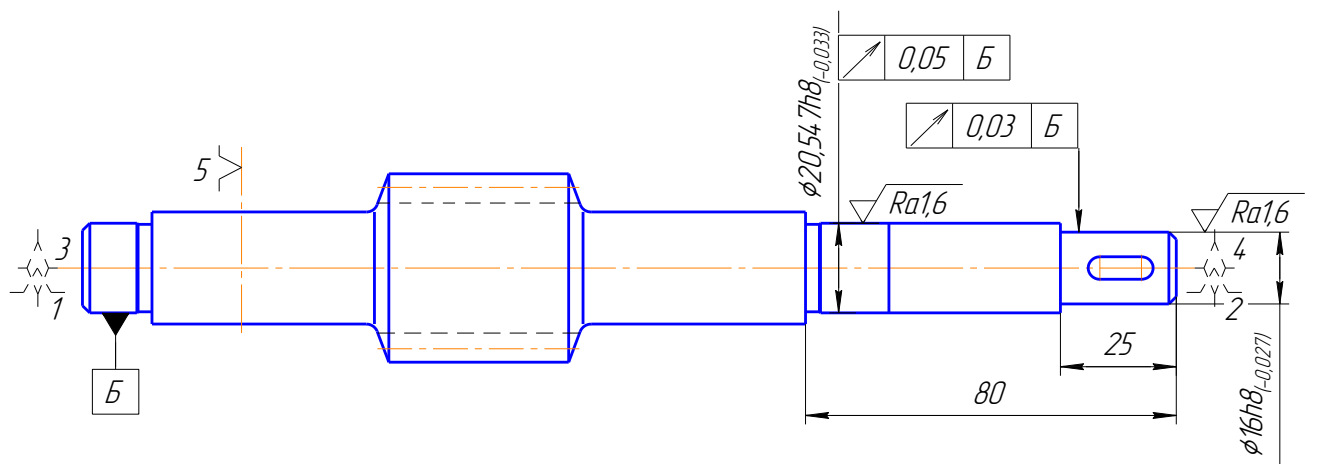
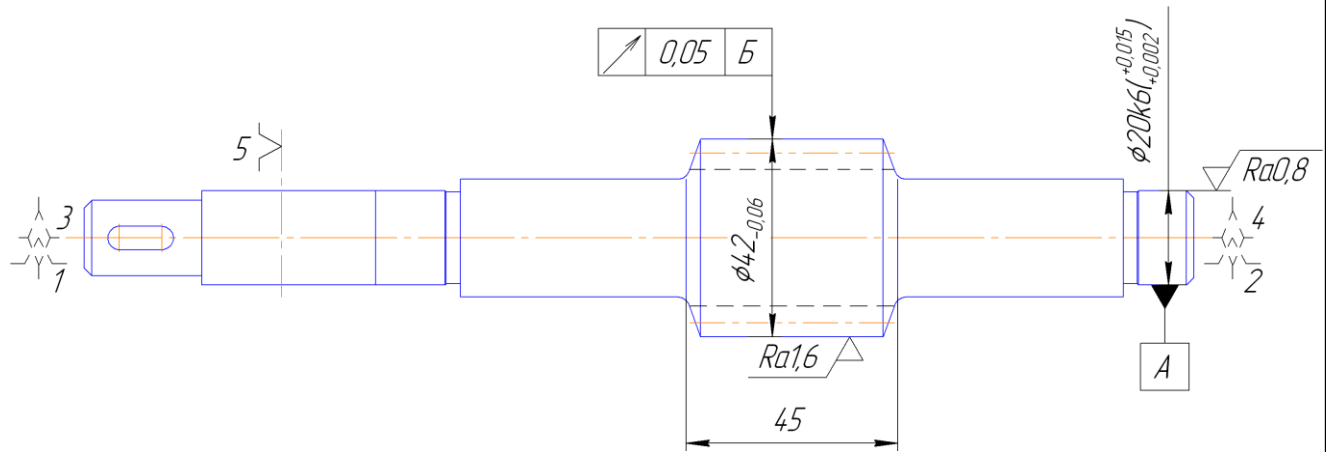
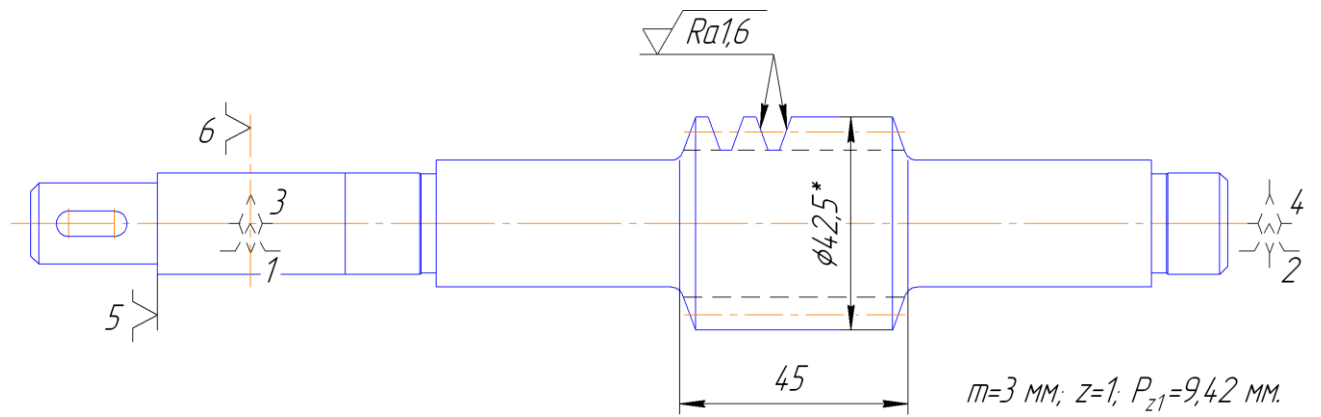
Рис.7 – Ескіз обробки деталі на операції 050

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БР.ПМ-18-012.00.00.000 ПЗ

Арк.

25



						БР.ПМ-18-012.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			26

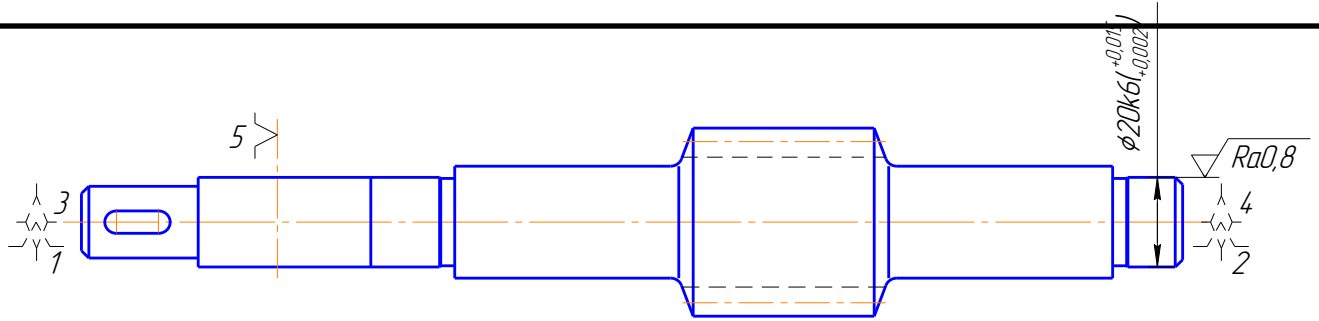


Рис.11 – Ескіз обробки деталі на операції 070

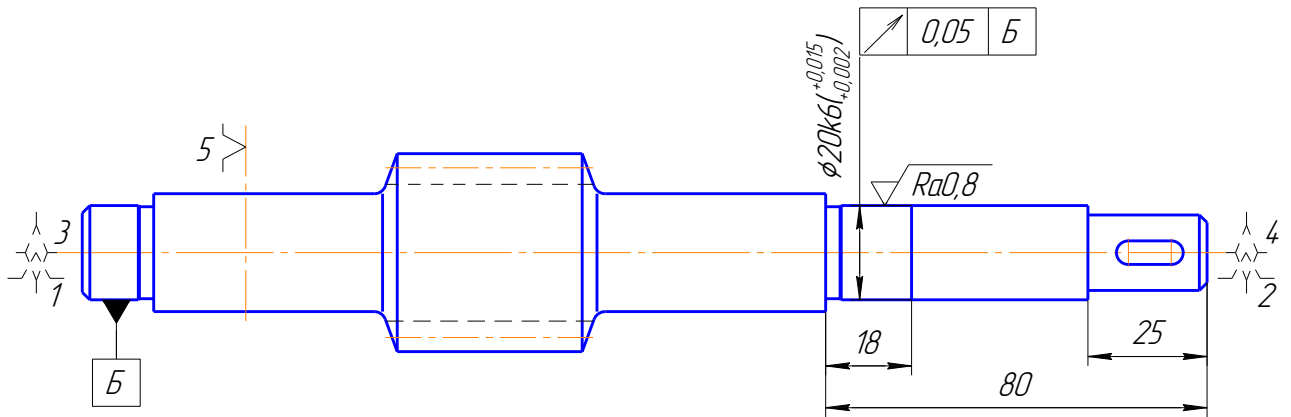


Рис.12 – Ескіз обробки деталі на операції 075

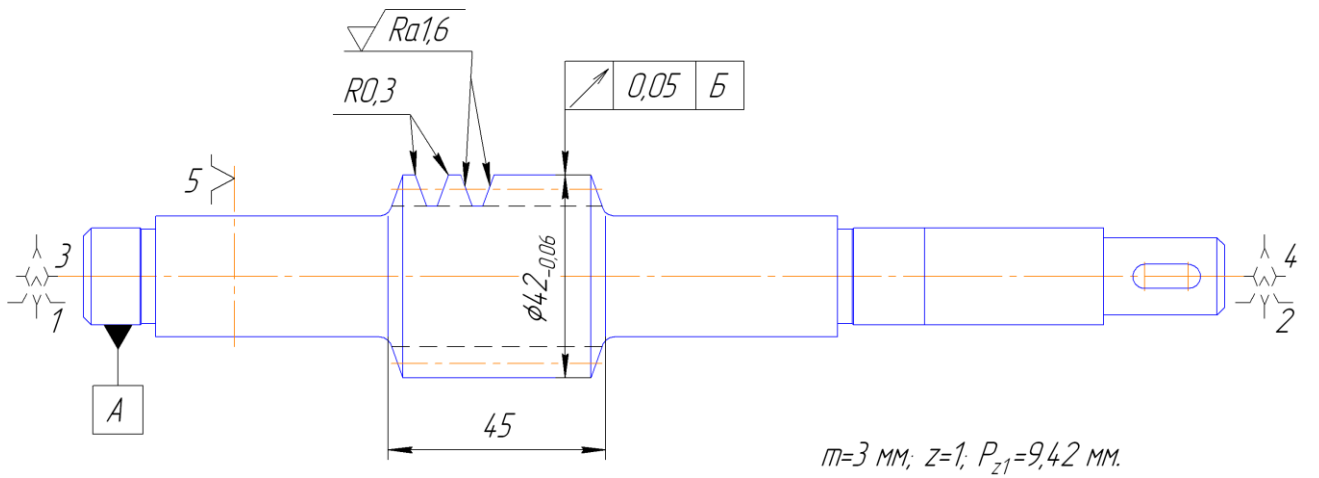


Рис.13 – Ескіз обробки деталі на операції 080

					БР.ПМ-18-012.00.00.000 ПЗ		Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			27

### 2.3. Вибір засобів технологічного оснащення.

Таблиця 2.3 – Опис різальних інструментів для виготовлення черв'яка ЧР211.03.14

№ операції	Назва операції	
№ переходу	Зміст переходу	Різальний інструмент
1	2	3
005.	Заготівельна	
010.	Термічна	
015.	Фрезерно-центрувальна.	
1.	Фрезерувати торці 2; 14.	Фреза торцюва 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 В3,15 ГОСТ 14034-74 на торцях 2;14.	Свердло центровочне <60°; <120°; d=3,15 мм; D=14 мм; L=50 мм: Інструмент: свердло (Ø3,15) 2317-0017 Р6М5 ГОСТ 14952-69
020.	Токарна з ЧПК.	
1.	Точити поверхні 8; 16; 17; 10; 12 начорно.	Токарний різець для контурного точіння, оснащений пластиною з твердого сплаву Т5К10; $\varphi=93^\circ$ ; $\varphi_1=45^\circ$ ; $\alpha=15^\circ$ ; bхh=16х16 мм; r=0,5 мм; L=125: Різець 2103-0657 Т5К10 ГОСТ 20872-80.
2.	Точити поверхню 11 начорно.	Токарний різець для контурного точіння, оснащений пластиною з твердого сплаву Т5К10; $\varphi=45^\circ$ ; $\varphi_1=45^\circ$ ; $\alpha=15^\circ$ ; bхh=16х16 мм; r=0,5 мм; L=125: Різець 2101-0955 Т5К10 ГОСТ 20871-80.
025.	Токарна з ЧПК.	
1.	Точити поверхні 3-7; 18; 9; 13 начорно.	Токарний різець для контурного точіння, оснащений пластиною з твердого сплаву Т5К10; $\varphi=93^\circ$ ; $\varphi_1=45^\circ$ ; $\alpha=15^\circ$ ; bхh=16х16 мм; r=0,5 мм; L=125: Різець 2103-0657 Т5К10 ГОСТ 20872-80.
030.	Термічна	

					БР.ПМ-18-012.00.00.000 ПЗ		Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			28





Таблиця 2.4 – Опис металорізальних верстатів виготовлення черв'яка ЧР211.03.14

№ 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: Nдв=13 кВт.
020.	Токарна з ЧПК.	Токарно-гвинторізний верстат з ЧПК 16Б058Ф3;
025.	Токарна з ЧПК.	Найбільші розміри встановлюваної деталі: Діаметр:
040.	Токарна з ЧПК.	- над станиною: 250 мм;
045.	Токарна з ЧПК.	- над супортом: 145 мм; Довжина: 500 мм;
055.	Токарна з ЧПК.	Потужність приводу головного руху: Nдв=4 кВт.
035.	Центрошліфувальна.	Центро-шліфувальний верстат МВ119: Найбільші розміри встановлюваної деталі: Діаметр: 100 мм; Довжина: 500 мм; Потужність приводу головного руху: Nдв=2,2 кВт.
050.	Шпоночно-фрезерна.	Шпоночно-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: Nдв=1,4кВт.

						БР.ПМ-18-012.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			31

## Продовження таблиці 2.4

1	2	3
060.	Круглошліфувальна.	Кругло-шліфувальний верстат 3М150: Найбільші розміри встановлюваної деталі: Діаметр: 100 мм; Довжина: 360 мм; Потужність приводу головного руху: N <sub>дв</sub> =4 кВт.
065.	Круглошліфувальна.	
070.	Круглошліфувальна.	
075.	Круглошліфувальна.	
080.	Різьбошліфувальна.	Різьбо-шліфувальний верстат 5822: Найбільші розміри встановлюваної деталі: Діаметр: 200 мм; Довжина: 500 мм; Потужність приводу головного руху: N <sub>дв</sub> =3 кВт.

					БР.ПМ-18-012.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

## 2.4. Визначення міжопераційних припусків і розмірів обробки.

Розраховуємо припуски на механічну обробку аналітичним методом на поверхні 6 –  $\text{Ø}20\text{k}6 \begin{smallmatrix} +0,015 \\ +0,002 \end{smallmatrix}$ .

На решту поверхонь припуски назначаємо за таблицями.

Початкові дані:

Заготовка – штамповка на кривошипному гарячештампувальному пресі.

Маса деталі – 1,2кг;

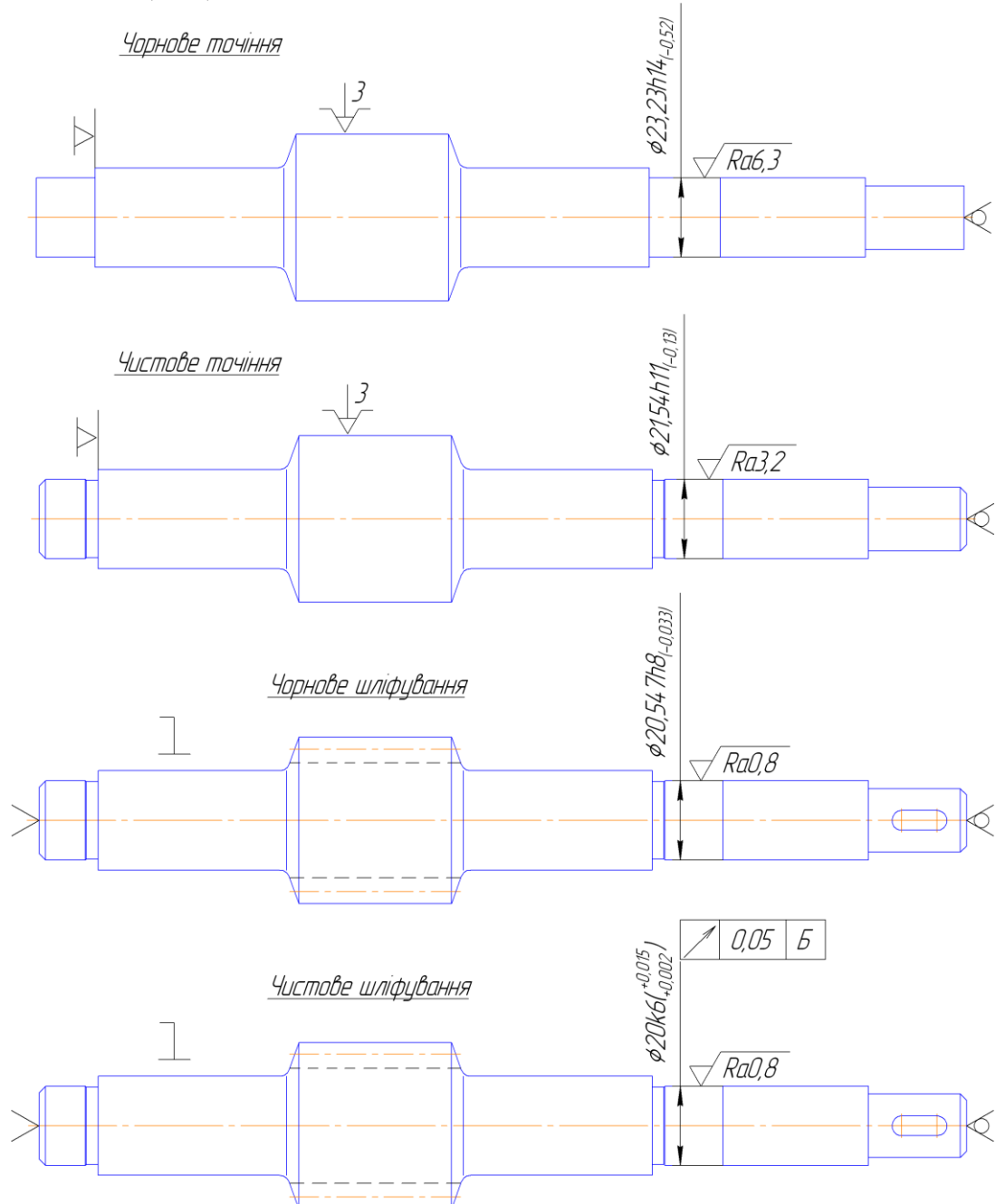


Рис.14 – Ескіз на обробку поверхні 6 –  $\text{Ø}20\text{k}6 \begin{smallmatrix} +0,015 \\ +0,002 \end{smallmatrix}$  черв'яка КБ 5530-25-406

2) Послідовність обробки:

- точіння чорнове;
- точіння чистове;
- шліфування чорнове;
- шліфування чистове;

					БР.ПМ-18-012.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		
					33	

При чорновому точінні деталь встановлюють в трикулачковий патрон по поверхні 11 і поверхні 17.

При чистовому точінні деталь встановлюють в трикулачковий патрон по поверхні 11 і поверхні 17, по центровому отворі на торці 2 підтискається заднім центром.

При шліфуванні деталь встановлюють в центрах.

3) Мінімальні значення припусків для зовнішньої циліндричної поверхні:

$$2z_{\min} = 2(R_{Z_{i-1}} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_{Yi}^2}) \quad (19)$$

де R-висота нерівностей, мкм;

t-глибина дефектного шару, мкм;

p-просторові відхилення, мкм;

ε-похибка установки заготовки, мкм;

Для штампованих заготовок з масою 1,55кг (0,25...2,5 кг) згідно

[3] с.63. табл.4.3 сумарне значення: Rz=150мкм; T=200мкм;

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 згідно [3]с.67.табл.4.7:

$$\rho_z = \sqrt{\rho_{зм}^2 + \rho_{кор}^2 + \rho_{ц}^2} \quad (20)$$

$\rho_{зм}=0,5\text{мм}$  [8].с.184 табл.12;

$\rho_{кор}=\Delta_k \cdot l$ ;

$\Delta_k=0,8$  мкм; [3]с.71.табл.4.8;

$\rho_{кор}=0,8 \cdot 10^{-3} \cdot 241,6=0,19$  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  $\varnothing 25,2^{+1,3}_{-0,7}$  T=2 мм;

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

$$\rho_z = \sqrt{0,5^2 + 0,19^2 + 0,56^2} = 0,774\text{мм};$$

Похибка установки заготовки згідно [3]с.73:

$$E_y = \sqrt{E_{б}^2 + E_{з}^2 + E_{пр}^2} \quad (21)$$

де Eб-похибка базування, мкм;

Eз-похибка закріплення заготовки у пристрої, мкм;

Eпр-похибка виготовлення та зносу опорних елементів пристрою, мкм;

Похибка базування в самоцентруючому пристрої Eб=0;

Похибка закріплення згідно [3].с.82.Табл.4.13 Eз=120мкм;

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

Eпр= 50мкм;

$$E_y = \sqrt{0^2 + 120^2 + 50^2} = 130\text{мкм} = 0,13\text{мм}$$

Проміжні значення просторових відхилень за [3].с.73:  $\rho_{ост}=K_y \cdot \rho_z$ ,

					БР.ПМ-18-012.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

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  $p_2=0,06 \cdot 774=464$  мкм;  
 після чистового точіння  $p_3=0,04 \cdot 774=310$  мкм;  
 після чорнового шліфування  $p_4=0,02 \cdot 774=155$  мкм;  
 Похибка установки заготовки на проміжних переходах:

Для чистового точіння:  
 згідно [3].с.82.Табл.4.13  $E_z=70$ мкм;  
 згідно [3].с.74  $E_{пр}=50$ мкм;

$$E_y = \sqrt{0^2 + 70^2 + 50^2} = 86 \text{ мкм} = 0,086 \text{ мм}$$

Для чорнового шліфування:  
 згідно [3].с.82.Табл.4.13  $E_z=60$ мкм;  
 згідно [3].с.74  $E_{пр}=50$ мкм;

$$E_y = \sqrt{0^2 + 60^2 + 50^2} = 78 \text{ мкм} = 0,078 \text{ мм}$$

Для чистового шліфування:  
 згідно [3].с.82.Табл.4.13  $E_z=50$ мкм;  
 згідно [3].с.74  $E_{пр}=50$ мкм;

$$E_y = \sqrt{0^2 + 50^2 + 50^2} = 71 \text{ мкм} = 0,071 \text{ мм}$$

Мінімальні значення припусків:

- на чорнове точіння:  $2z_{\min 1}=2(150+200+774+130)=2508$ мкм= $2,508$ мм;
- на чистове точіння:  $2z_{\min 2}=2(50+50+464+86)=1300$ мкм= $1,3$ мм;
- на чорнове шліфування:  $2z_{\min 3}=2(30+30+310+78)=896$ мкм= $0,896$ мм;
- на чистове шліфування:  $2z_{\min 4}=2(10+20+155+71)=512$ мкм= $0,512$ мм;

Розрахункові розміри, починаючи з кінцевого розміру  $\varnothing 20k6^{+0,015}_{+0,002}$ , визначаємо за формулою:

$$d_{pi}=d_{p_{i+1}}+2z_{\min i+1}; \quad (22)$$

- готової поверхні:  $d_{p1}=20,002$ мм;
- для чорнового шліфування:  $d_{p2}=20,002+0,512=20,514$ мм;
- для чистового точіння:  $d_{p2}=20,514+0,896=21,41$ мм;
- для чорнового точіння:  $d_{p3}=21,41+1,3=22,71$ мм;
- для заготовки:  $d_{p4}=22,71+2,508=25,218$ мм;

Найбільші граничні розміри:

$$d_{\max i}=d_{\min i}+T_i \quad (23)$$

- готової поверхні:  $d_{\max 1}=20,002+0,013=20,015$ мм;
- після чорнового шліфування:  $T_2=0,033$ мм (h8);  
 $d_{\max 2}=20,514+0,033=20,547$ мм;
- після чистового точіння:  $T_3=0,13$ мм (h11);  
 $d_{\max 3}=21,41+0,13=21,54$ мм;
- після чорнового точіння:  $T_4=0,52$ мм (h14);  
 $d_{\max 4}=22,71+0,52=23,23$ мм;
- заготовки:  $d_{\max 4}=25,218+2=27,218$ мм;

Мінімальні граничні значення припусків  $z_{\min пр}$  дорівнюють різниці найменших

					БР.ПМ-18-012.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

граничних розмірів переходів - виконуваного і попереднього, а максимальні значення  $Z_{\max\text{пр}}$  - відповідно різниці найбільших розмірів:

-для чистового шліфування:

$$2z_{\min\text{пр}_1} = 20,514 - 20,002 = 0,512 \text{ мм};$$

$$2z_{\max\text{пр}_1} = 20,547 - 20,015 = 0,532 \text{ мм};$$

-для чорнового шліфування:

$$2z_{\min\text{пр}_2} = 21,41 - 20,514 = 0,896 \text{ мм};$$

$$2z_{\max\text{пр}_2} = 21,54 - 20,547 = 0,993 \text{ мм};$$

-для чистового точіння:

$$2z_{\min\text{пр}_2} = 22,71 - 21,41 = 1,3 \text{ мм};$$

$$2z_{\max\text{пр}_2} = 23,23 - 21,54 = 1,69 \text{ мм};$$

-для чорнового точіння:

$$2z_{\min\text{пр}_3} = 25,218 - 22,71 = 2,508 \text{ мм};$$

$$2z_{\max\text{пр}_3} = 27,218 - 23,23 = 3,988 \text{ мм};$$

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

$$2z_{\min} = 0,512 + 0,896 + 1,3 + 2,508 = 5,216 \text{ мм};$$

$$2z_{\max} = 0,532 + 0,993 + 1,69 + 3,988 = 7,194 \text{ мм};$$

Загальний номінальний припуск:

$$2z_{\text{оном}} = 2z_{\min} + Hd_3 - Hd_d, \quad (24)$$

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

$$2z_{\text{оном}} = 5,216 + 0,7 + 0,002 = 5,918 \text{ мм};$$

$$d_{\text{оном}} = d_{\text{дном}} + 2z_{\text{оном}} = 20 + 5,918 = 25,918 \text{ мм};$$

Перевірка правильності виконаних розрахунків:

$$2z_{\max\text{пр}_1} - 2z_{\min_1} = 0,532 - 0,512 = 0,02; \quad T_2 - T_1 = 0,033 - 0,013 = 0,02;$$

$$2z_{\max\text{пр}_2} - 2z_{\min_2} = 0,993 - 0,896 = 0,097; \quad T_3 - T_2 = 0,13 - 0,033 = 0,097;$$

$$2z_{\max\text{пр}_3} - 2z_{\min_3} = 1,69 - 1,3 = 0,39; \quad T_4 - T_3 = 0,52 - 0,13 = 0,39;$$

$$2z_{\max\text{пр}_4} - 2z_{\min_4} = 3,988 - 2,508 = 1,48; \quad T_4 - T_3 = 2 - 0,52 = 1,48;$$

Результати розрахунку припусків і допусків на поверхню  $\varnothing 28js6(\pm 0,0065)$  заносимо в таблицю.

Таблиця 2.5 – Розрахунок припусків на механічну обробку поверхні  $\varnothing 20k6^{(+0,015}_{+0,002})$

Технологічні переходи обробки поверхні	Елементи припуску, мкм				$2Z_{\min}$ , мм	$d_p$ , мм	T, мм	Граничні розміри, мм		Граничні припуски, мм	
	Rz	T	$\rho$	E				dmin	Dmax	$2Z_{\min}$	$2Z_{\max}$
Заготовка	150	200	774			25,218	2	25,218	27,218		
Точіння:											
-чорнове	50	50	464	130	2·1,254	22,71	0,52	22,71	23,23	2·1,254	2·1,994
-чистове	30	30	310	86	2·0,65	21,41	0,13	21,41	21,54	2·0,65	2·0,845
Шліфування:											
-чорнове	10	20	155	78	2·0,448	20,514	0,033	20,514	20,547	2·0,448	2·0,496
-чистове	5	15	0	71	2·0,256	20,002	0,013	20,002	20,015	2·0,256	2·0,266

					БР.ПІМ-18-012.00.00.000 ПЗ				Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					36

На основі даних виконаних розрахунків будуємо схему графічного розташування припусків та допусків на обробку поверхні  $\text{Ø}20\text{k}6\left(\begin{smallmatrix} +0,015 \\ +0,002 \end{smallmatrix}\right)$ , (дивись рис. 15).

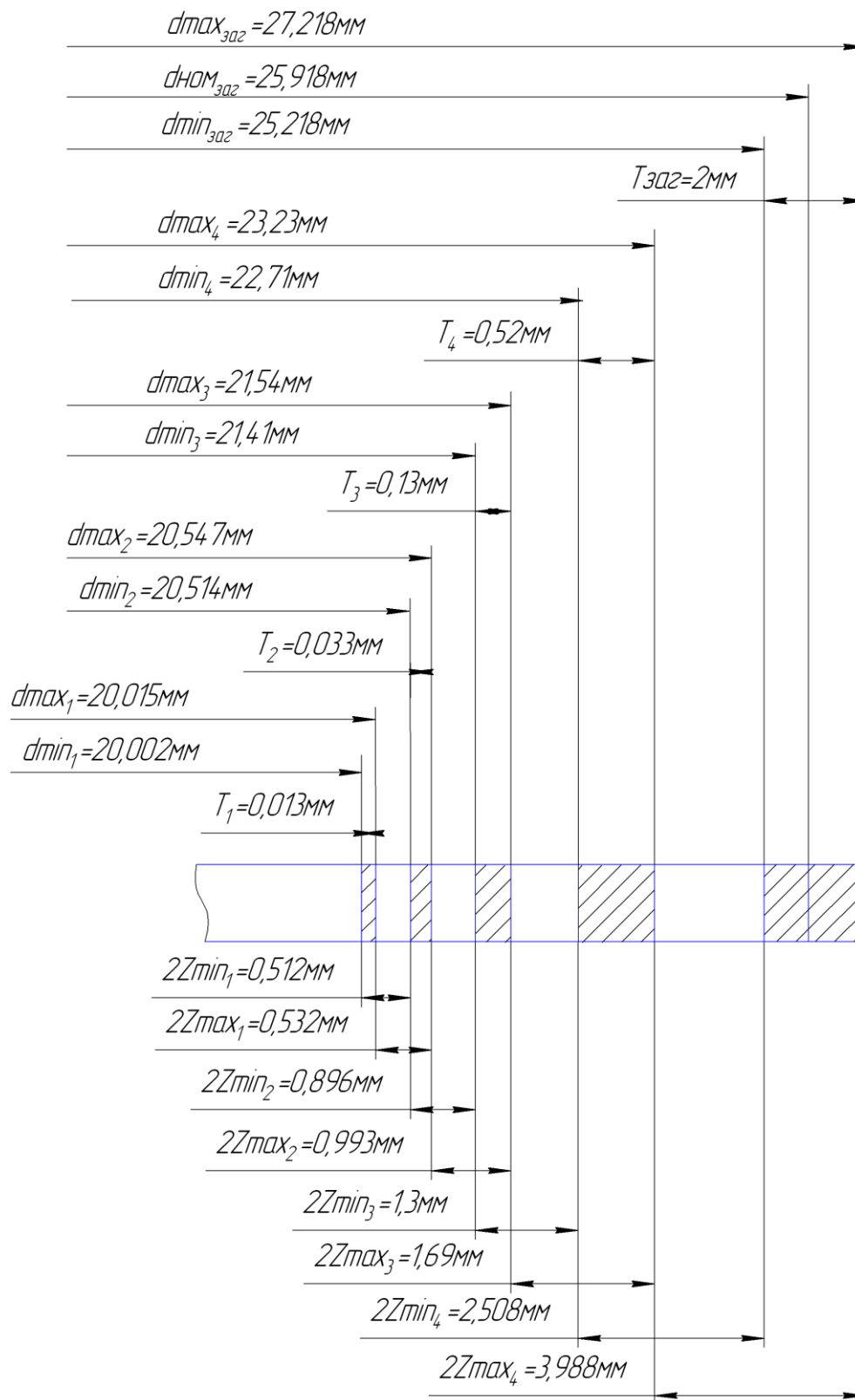


Рис.15 - Схема розміщення допусків і припусків на обробку поверхні  $\text{Ø}20\text{k}6\left(\begin{smallmatrix} +0,015 \\ +0,002 \end{smallmatrix}\right)$

										Арк.
										37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	БР.ПМ-18-012.00.00.000 ПЗ					

На решту поверхонь припуски та допуски назначаємо за довідниками [8] с.248.Табл.49.

Таблиця 2.6 - Табличні припуски на розміри черв'яка ЧР211.03.14

№пов.	Розмір, мм	Припуск, мм	Допуск, мм
1	2	3	4
1	1,6×45°	2·1,6	0,25
2, 14	236h14(-1,15)	2,8	1,15
3	Ø16h8(-0,027)	2·2,4	0,027
4	25IT14/2(±0,26)	2,2	0,52
5	Ø20h14(-0,43)	2·2,6	0,43
6	Ø20k6(+0,015 +0,002)	2·2,6	0,013
7-8	Ø25h14(-0,43)	2·2,5	0,43
9-10	<20°	2·2,2	0,62
11	Ø42 <sub>-0,06</sub>	2·2,5	0,06
12-13	R2,5	2·2,5	0,25
15	1,6×45°	2·1,6	0,25
16	Ø20k6(+0,015 +0,002)	2·2,6	0,013
17-18	141h14(-1)	2,6	1
19-20	R2,5	2·2,5	0,25
21	13 <sub>-0,1</sub>	3	0,1
22-23	5P9(-0,012 -0,042)	5	0,013
24-25	3 <sup>+0,3</sup> ; Ø19,5h14(-0,52)	3	0,52

					БР.ПМ-18-012.00.00.000 ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2.5. Визначення режимів різання

Проводимо розрахунок режимів різання розрахунково – аналітичним методом на два різних переходи: чорнове точіння поверхні 7 ( $\text{Ø}25\text{h}14$ ).

Операція 020. Токарна з ЧПК, перехід №3: чорнове точіння поверхні 7 –  $\text{Ø}25\text{h}14_{(-0,52)}$  до  $\text{Ø}27\text{h}14_{(-0,52)}$ :

Початкові дані:

-обладнання: токарно-гвинторізний верстат з ЧПК 16Б058Ф3;

-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 заготовки сталь 45 ГОСТ 1050-88 НВ241;  $G_v=610$  мПа;

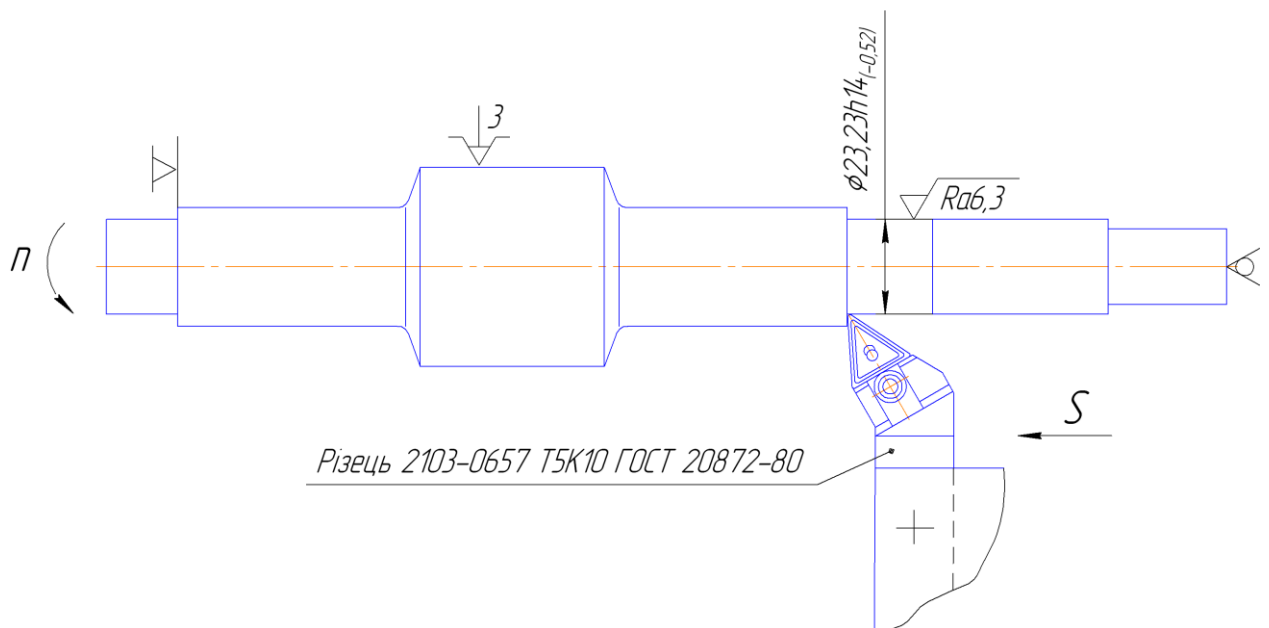


Рис.16 – Ескіз на обробку поверхні 7 –  $\text{Ø}25\text{h}14_{(-0,52)}$  черв'яка ЧР211.03.14

- 1) Довжина обробки  $l=48$  мм;
- 2) Глибина різання  $t=1,5$  мм;
- 3) Вибираємо 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:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v, \quad (25)$$

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;

$$K_v = K_m \cdot K_p \cdot K_r \cdot K_i \cdot K_f \cdot K_\varphi \cdot K_{\varphi_1} \quad (26)$$

де:  $K_m$  – коефіцієнт, який враховує оброблюваний матеріал;

						БР.ЛІМ-18-012.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			39

$$\begin{aligned}
 & K_i - \text{коефіцієнт, який враховує інструментальний матеріал;} \\
 & K_n - \text{коефіцієнт, який враховує стан оброблюваної поверхні;} \\
 & K_r - \text{коефіцієнт, який враховує радіус при вершині різця;} \\
 & K_\varphi - \text{коефіцієнт, який враховує головний кут в плані;} \\
 & K_r = n_v = 1 - \text{показник степеня;} \\
 & n_v = 1 \text{ [6], с. 262, табл. 2;}
 \end{aligned}
 \tag{27}$$

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

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

$K_n = 1$  [6], с. 263, табл. 5;

$K_i = 0,65$  [6], с. 263, табл. 6;

$K_\varphi = 0,7$ ;  $K_{\varphi 1} = 0,97$ ;  $K_r = 0,94$  [6], с. 271, табл. 18;

$K_v = 1,229 \cdot 1 \cdot 1,4 \cdot 0,7 \cdot 0,97 \cdot 0,94 \cdot 0,9 = 0,458$ ;

$$V = \frac{350 \cdot 0,458}{60^{0,2} \cdot 1,5^{0,15} \cdot 0,4^{0,35}} = 91,66 \text{ м/хв};$$

Частота обертів шпінделя, яка відповідає знайденій швидкості різання:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, \text{ хв}^{-1}; \tag{28}$$

$$n = \frac{1000 \cdot 91,66}{3,14 \cdot 30} = 971,04 \text{ хв}^{-1};$$

коректуємо частоту обертання згідно паспортних даних верстата  $n = 800$  хв<sup>-1</sup>;

Дійсна подача  $S_{XB} = S_0 \cdot n$ , мм/хв.;

$S_{XB} = 0,4 \cdot 800 = 320$  мм/хв.;

Дійсна швидкість різання:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}, \text{ м/хв}; \tag{29}$$

$$V = \frac{3,14 \cdot 30 \cdot 800}{1000} = 75,36 \text{ м/хв};$$

Згідно паспортних даних верстата при безступінчатому регулюванні подачі

дійсна подача становить:  $S_0 = 0,4$  мм/об.;  $S_{XB} = 320$  мм/хв.;

Сила різання:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \text{ Н} \tag{30}$$

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;

$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{yp} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp}$ ,  $\tag{31}$

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n = \left(\frac{610}{750}\right)^{0,75} = 0,856; \tag{32}$$

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

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

$K_{yp} = 1$  [6], с. 275, табл. 23;

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

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

					БР.ПМ-18-012.00.00.000 ПЗ	Арк.
						40
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;  
 $K_v = 0,8 \cdot 1,25 \cdot 1 = 1$ ;  
 $V = 40 \cdot 1 = 40$  м/хв.;

б) Частота обертів шпінделя, яка відповідає знайденій швидкості різання:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 40}{3,14 \cdot 10} = 1273,9 \text{ об}^{-1}.$$

Згідно паспортних даних верстата приймаємо  $n = 1125$  хв<sup>-1</sup>; (39)

7) Дійсна швидкість різання  $V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 10 \cdot 1125}{1000} = 35,33 \text{ м/хв}$  (40)

8) Хвилинна подача:  $S_{\text{хв}} = S_0 \cdot n = 0,03 \cdot 1125 = 33,75$  мм/хв.; (41)

Згідно паспортних даних верстата при безступінчатому регулюванні подачі приймаємо  $S_{\text{хв}} = 33$  мм/хв.;

Дійсна подача на оберт шпінделя:  $S_0 = S_{\text{хв}}/n = 33/1125 = 0,029$  мм/хв.; (42)

9) Потужність різання згідно [10], с.126:

$$N_p = N_{\text{табл}} \cdot K_N \cdot \frac{n}{1000} \quad (43)$$

$N_{\text{табл}} = 0,35$  кВт [9], с.127;

$$N_p = 0,35 \cdot 1,1 \cdot \frac{1125}{1000} = 0,43 \text{ кВт}$$

$K_N = 1,1$  [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;

$\eta$  – ККД верстата;

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

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

в даному випадку  $N_{\text{різ}} < N_{\text{шп}}$  ( $0,43 < 0,9$ ), отже потужність даного верстата достатня для механічної обробки на даних режимах.

Основний (машинний) час: (44)

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

Де  $L$  – довжина робочого ходу, мм;

$I$  – кількість проходів;

$S$  – хвилинна подача, мм/хв

$$T_o = \frac{10,4 \cdot 1}{33} = 0,32 \text{ хв.}$$

Результати розрахунку режимів різання заносимо в таблицю 1.18.

					БР.ПІМ-18-012.00.00.000 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Таблиця 2.7 – Зведена таблиця режимів різання і норм часу на технологічний процес механічної обробки черв'яка ЧР211.03.14

Номер, назва і зміст операції, переходу	Розміри поверхні		Режими різання						Норми часу			
	D/B	L	t	So	V <sub>H</sub>	V	n	N	To	Tд	Tшт	Tпз
	мм		мм/об		м/хв		хв <sup>-1</sup>	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 В3,15 ГОСТ 14034-74 на торцях 2 і 14.	100 25,2	25,5	2,8	0,8	150	112,4	358	2	0,2	0,51	1,03	31 384
	10	7,9	5	0,029	40	35,33	1250	0,86	0,32			
020. Токарна з ЧПК. 1) Точити поверхню 16 начорно. 2) Точити поверхню 17 начорно. 3) Точити поверхню 8 начорно. 4) Точити поверхню 11 начорно. 5) Точити поверхні 10 і 12 начорно.	27,2	15,2	2	0,4	86	85,4	1000	2,8	0,06	0,27	1,78	24,4 384
	30	3,4	2	0,4	90,3	75,36	800	2,49	0,025			
	30	48	1,5	0,4	91,66	75,36	800	1,03	0,19			
	47	50	1	0,4	93,75	92,97	630	1,53	0,22			
	47	10	1,5	0,4	86	73,79	500	1,8	0,09			
025. Токарна з ЧПК. 1) Точити поверхню 3 начорно. 2) Точити поверхню 4 начорно. 3) Точити поверхні 5 і 6 начорно. 4) Точити поверхню 18 начорно. 5) Точити поверхню 7 начорно. 6) Точити поверхні 9 і 13 начорно.	20,8	24	1,4	0,4	86	81,64	1250	1,97	0,06	0,27	0,81	24,4 384
	27,2	4,9	1,5	0,4	90,3	85,4	1000	2,8	0,02			
	27,2	15,2	2	0,4	86	85,4	1000	2,8	0,05			
	30	3,4	2	0,4	90,3	75,36	800	2,49	0,02			
	30	48	1,5	0,4	91,66	75,36	800	1,03	0,15			
	47	10	1,5	0,4	86	73,79	500	1,8	0,07			
030. Термічна HRC 32...38.												

## Продовження таблиці 2.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
035. Центро-шліфувальна. Шліфувати фаски <math>60^\circ</math> в 2-х центрових отворах В3,15 ГОСТ 14034-74 послідовно.	10	4	0,15	$\frac{0,25}{0,1}$	20	11,51	22000	1,1	1,58	0,49	0,84	$\frac{31}{384}$
040. Токарна зЧПК.												
1) Точити поверхню 16 начисто.	23,23	15	0,84	0,26	151	145,9	2000	2	0,03			
2) Точити поверхню 17 начисто.	27	2,8	1	0,26	158,6	135,65	1600	2,23	0,01			
3) Точити поверхню 8 начисто.	27	48	1	0,26	151	135,65	1600	2,23	0,12			
4) Точити поверхню 11 начисто.	44,5	45	1	0,26	151	139,73	1000	2,3	0,19	0,27	1,02	$\frac{28,2}{384}$
5) Точити поверхні 10 і 12.	44,5	9,75	1	0,26	151	139,73	1000	2,3	0,05			
6) Точити поверхню 15.	20,54	1,87	1,87	0,1	151	129	2000	2,9	0,02			
7) Точити поверхню 25.	20,54	2,77	3	0,08	110,8	103,2	1600	1,58	0,04			
045. Токарна з ЧПК.												
1) Точити поверхню 3 начисто.	18	25	0,8	0,26	151	113	2000	0,46	0,05			
2) Точити поверхню 4 начисто.	23,23	3,4	1	0,26	158,6	145,9	2000	2	0,013			
3) Точити поверхні 5 і 6 начисто.	23,23	37	1,6	0,26	120,9	116,7	1600	1,6	0,1			
4) Точити поверхню 18 начисто.	23,23	18	0,84	0,26	151	145,9	2000	2	0,05			
5) Точити поверхню 7.	27	2,8	1	0,26	158,6	135,65	1600	2,23	0,01	0,27	0,7	$\frac{29}{384}$
6) Точити поверхні 9 і 13.	27	48	1	0,26	151	135,65	1600	2,23	0,12			
7) Точити поверхню 1.	44,5	45	1	0,26	151	139,73	1000	2,3	0,05			
8) Точити поверхню 24.	16,4	1,8	1,8	0,1	151	103	2000	0,95	0,02			
050. Шпоночноо-фрезерна. Фрезерувати паз 5P9 поверхні 19-23.	20,54	0,52	0,52	0,08	110,8	103,2	1600	1,58	0,04			
	5	14	0,3	0,2	19,53	15,7	1000	0,023	0,5	0,22	0,79	$\frac{23}{384}$

## Продовження таблиці 2.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
055. Токарна зЧПК. 1) Нарізати профіль черв'яка $P_{z1}=9,42, m=3$ на поверхні 11.	42,45	45	6	9,42	83,1	66,65	500	2,1	0,42	0,27	0,76	<u>22,9</u> 384
060. Круглошліфувальна. 1) Шліфувати поверхню 16 начорно. 2) Шліфувати поверхню 11.	21,54	15	0,49	<u>2,88</u> 0,81	35 м/с	29,52 м/с	2350	2,5	0,37	0,51	1,35	<u>30</u> 384
065. Круглошліфувальна. 1) Шліфувати поверхню 3. 2) Шліфувати поверхню 6 начорно.	16,4 21,54	25 18	0,2 0,49	<u>1,87</u> 0,54 <u>2,88</u> 0,81	35 м/с 35 м/с	29,52 м/с 29,52 м/с	2350 2350	2,4 2,6	0,28 0,38	0,51	1,29	<u>30</u> 384
070. Круглошліфувальна. 1) Шліфувати поверхню 16 начисто.	20,547	15	0,25	<u>1,92</u> 0,54	35 м/с	29,52 м/с	2350	1,8	0,32	0,46	0,86	<u>30</u> 384
075. Круглошліфувальна. 1) Шліфувати поверхню 6 начисто.	20,547	18	0,25	<u>1,92</u> 0,54	35 м/с	29,52 м/с	2350	1,8	0,33	0,46	0,88	<u>30</u> 384
080. Різьбошліфувальна. 1) Шліфувати профіль черв'яка на поверхні 11.	42	45	0,4	<u>0,25</u> 0,05	35 м/с	34,69 м/с	1657	1,9	3,2	0,81	4,41	<u>34</u> 384
085. Слюсарна.												
090. Контрольна.												

					БР.ПМ-18-012.00.00.000 ПЗ							Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата								46

2.7. Техніко-економічні показники розробленого технологічного процесу.

1) Коефіцієнт використання матеріалу заготовки:

$$K_{м баз}=0,351; \quad K_{м пр}=0,774;$$

2) Планова річна економія основного матеріалу:

$$E_{м}=M_{д} \cdot N \cdot (K_{м пр}^{-1} - K_{м баз}^{-1}), \text{ кг}; \quad (50)$$

$$E_{м}=1,2 \cdot 8064 \cdot (0,774 - 0,351) = 4093,28 \text{ кг};$$

3) Трудомісткість процесу за штучним часом:

$$\sum T_{шт. баз.} = 24 \text{ хв}; \quad \sum T_{шт. пр.} = 16,41 \text{ хв};$$

4) Планова річна економія часу:

$$E_{т} = (\sum T_{шт. баз.} - \sum T_{шт. пр.}) \cdot N, \text{ хв.}; \quad (51)$$

$$E_{т} = (24 - 16,41) \cdot 8064 = 61205,76 \text{ хв.}; \quad E_{т} = 1020,1 \text{ год.};$$

5) Коефіцієнт використання верстатів за основним часом:

$$K_{о} = \frac{\sum T_{о}}{\sum T_{шт}} \quad (52)$$

$$K_{о баз} = \frac{11,53}{24} = 0,48;$$

$$K_{о пр} = \frac{10,09}{16,41} = 0,615;$$

6) Коефіцієнт використання верстатів за потужністю:

$$K_{п} = \frac{\sum N_{р}}{\sum N_{в}} \quad (53)$$

$$K_{п баз} = \frac{2,1 + 2,4 + 2,8 + 2,8 + 1,1 + 2,9 + 2,3 + 0,023 + 2,1 + 2,7 + 2,6 + 1,9}{5,5 + 4,6 + 4,6 + 4,6 + 2,2 + 4,6 + 4,6 + 2,2 + 4,6 + 10 + 10 + 3} = 0,372;$$

$$K_{п пр} = \frac{2 + 2,8 + 2,8 + 1,1 + 2,9 + 2,3 + 0,023 + 2,1 + 2,7 + 2,6 + 1,8 + 1,8 + 1,9}{13 + 4 + 4 + 2,2 + 4 + 4 + 2,2 + 4 + 4 + 4 + 4 + 4 + 3} = 0,484;$$

Таблиця 2.8 – Порівняння варіантів технологічного процесу механічної обробки черв'яка ЧР211.03.14

Найменування показників	базовий варіант	проектний варіант
1) Коефіцієнт використання матеріалу Кв.м.	0,351	0,774
2) Планова річна економія основного матеріалу Ем, кг	-	4093,28
3) Трудомісткість процесу за штучним часом $\sum T_{шт}$	24	16,41
4) Планова річна економія часу Ет, год	-	1020,1
5) Коефіцієнт використання верстатів за основним часом К <sub>о</sub>	0,48	0,615
6) Коефіцієнт використання верстатів за потужністю К <sub>п</sub>	0,372	0,484

### 3. Проектування технологічної оснастки.

#### 3.1. Пристрій для механічної обробки.

##### 3.1.1. Призначення, будова і робота пристрою.

Початкові дані:

Пристрій призначається для фрезерування паза 5P9 ( ${}_{-0,042}^{-0,012}$ ), витримуючи розміри  $13_{-0,1}$ ,  $5\pm 0,15$ ,  $14^{+0,43}$  в черв'яку ЧР211.03.14.

Верстат: шпонково-фрезерний моделі 692М.

Інструмент: фреза шпоночна з швидкорізальної сталі Р6М5:

Фреза 2235-0101 Р6М5 ГОСТ 9140-78;

геометричні параметри:  $d=5$  мм;  $L=42$  мм;  $l=8$  мм;  $z=2$ ;  $\omega=20^\circ$ ;  $\varphi=90^\circ$ ;  $\varphi_1=3^\circ$ ;  $\gamma=10^\circ$ ;  $\alpha=15^\circ$ ;

Схему встановлення заготовки показано на рис.17

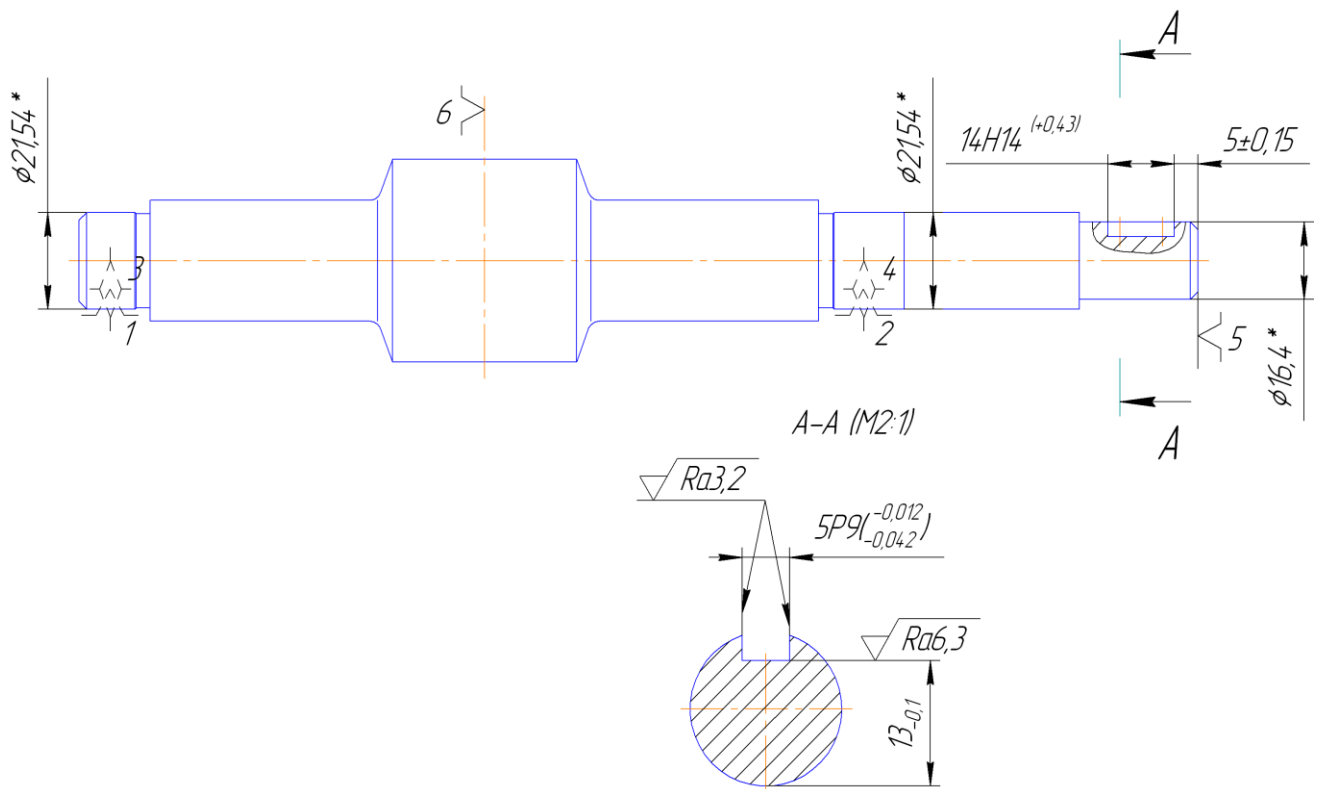


Рис.17 – Ескіз на фрезерування паза 5P9 ( ${}_{-0,042}^{-0,012}$ ) в черв'яку ЧР211.03.14

Пристрій призначено для установки та закріплення черв'яку ЧР211.03.14 при виконанні операції фрезерування паза 5P9 ( ${}_{-0,042}^{-0,012}$ ) на шпонково-фрезерному верстаті моделі 692М.

Пристрій на столі верстату встановлюється плитою 1. Положення пристрою на столі фіксується напрямними шпонками 38, які встановлені в пази плити 1 та стола верстату з посадкою  $18 \frac{H8}{g8}$ . Вони кріпляться до плити гвинтами 17 з шайбами 31.

					БР.ПМ-18-012.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

Плита кріпиться до стола верстату болтами 16, гайками 22 та шайбами 34.

На плиті встановлено корпус 2, що кріпиться до плити гвинтами 20 з шайбами 33 і штифтами 41. Пневмоциліндр закріплюється через фланець 9 болтами 15 та шайбами 33. Розподільчий кран 30 кріпиться гвинтами 18 та шайбами 32.

На корпусі 2 пристрою встановлені призми 3, що закріплюються гвинтами 19 з шайбами 33 та штифтами 40. Упор 4 кріпиться до корпусу гвинтами 20 з шайбою 33 та штифтами 41. Кронштейн 5 прикріплюється до корпусу болтами 15 з шайбами 33.

Установ 43 кріплять гвинтами 17 з шайбами 32 та штифтами 39. Через вісь 8 з кільцем 26 на кронштейні встановлений прихват 6, що з'єднано з штоком пневмоциліндра віссю 7 з кільцем 26.

Пневмоциліндр складається з корпусу 10, передньої 11 і задньої 12 кришок, фланця 9. Вони з'єднані шпильками 37 з гайками 21 і шайбами 33. Поршень 13 з'єднаний з штоком 14 гайкою 23 з шайбою 36. Для ущільнення поршня і штока в канавках останнього встановлені ущільнюючі кільця 27. Між поршнем та корпусом, кришками та корпусом передбачено ущільнюючі кільця 28, які встановлюються в канавках кришок та поршня. Між передньою кришкою та штоком в канавки отвору кришки поміщені ущільнюючі кільця 29. З'єднання (гайка 24, втулка 25, шайба 35 і штуцер 42) передбачено для подачі стисненого повітря. Вони з'єднані з рукавами 45 та вкручені в отвори пневмоциліндра і розподільчого крана.

Пристрій для фрезерування паза працює наступним чином:

Деталь встановлюється до упора на призми торцем Ø16 мм в упор 4. При повороті за годинниковою стрілкою рукоятки розподільчого крана, стиснуте повітря подається в поршневу порожнину пневмоциліндра. При цьому поршень із штоком буде рухатися вгору і повертати прихват 6 до упора в деталь. Відбувається затиск деталі. При повороті рукоятки проти годинникової стрілки стиснуте повітря подається вже в штокову порожнину пневмоциліндра. Поршень з штоком буде рухатися вниз і відводити прихват від деталі. Таким чином проходить звільнення деталі.

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

$$K_{\text{пр}} = (\sum_{\text{заг}} - \sum_{\text{о}}) / \sum_{\text{заг}} \cdot 100, \% \quad (54)$$

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

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

$\sum_{\text{заг}} = 45$  шт;  $\sum_{\text{о}} = 14$  шт;

$$K_{\text{пр}} = [(45 - 14) / 45] \cdot 100\% = 68,89\%$$

					БР.ПМ-18-012.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

### 3.1.2. Визначення діючих сил.

1) Щоб скласти рівняння рівноваги розглядаємо розрахункову схему закріплення деталі в пристрої. На ній вказуємо всі активні та реактивні сили, що діють на деталь в процесі обробки, як показано на рисунку 18.

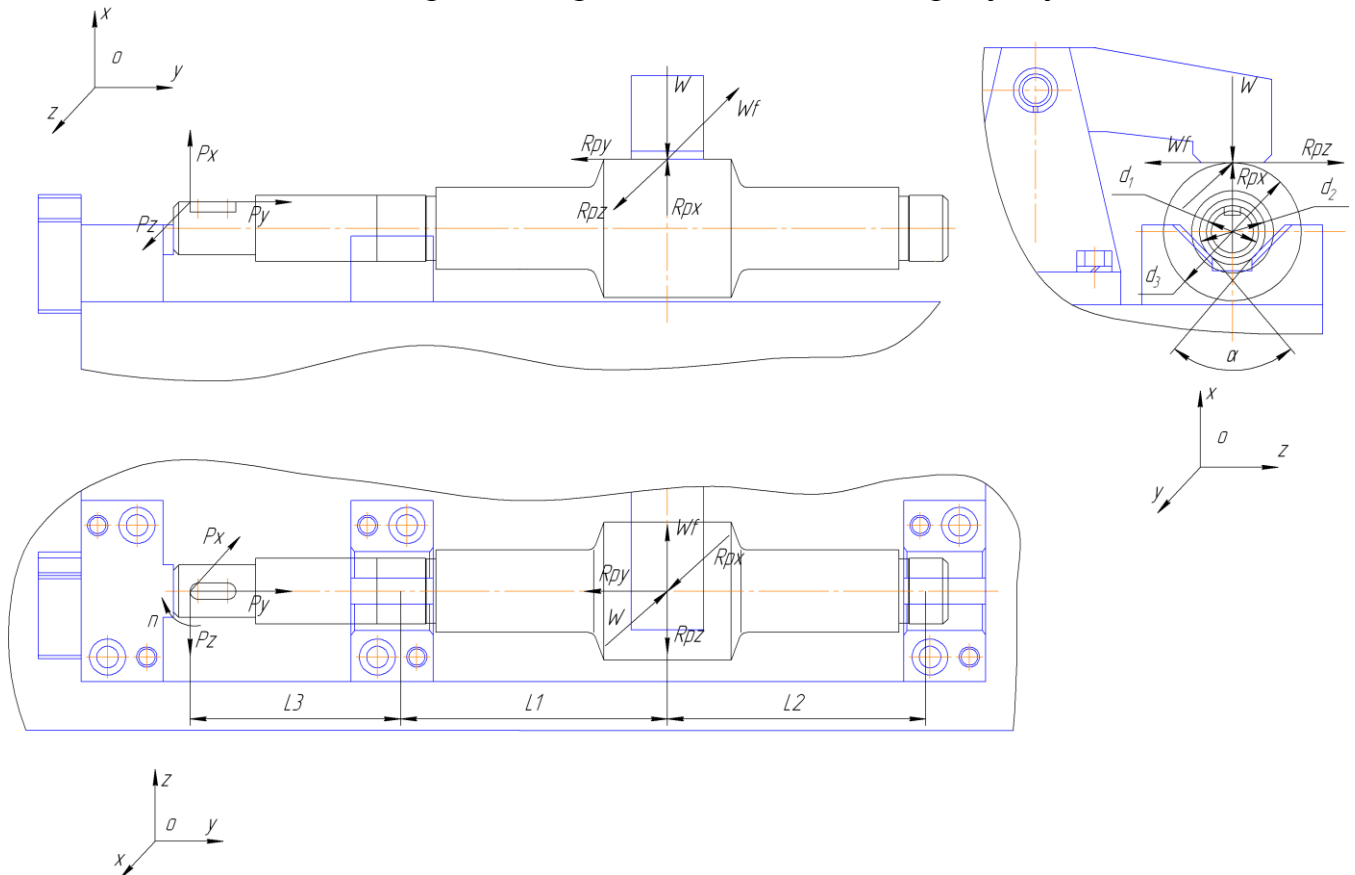


Рис. 18 – Схема сил, діючих на деталь при фрезеруванні паза 5P9<sup>(-0,012 / -0,042)</sup>

Діаметри установочних поверхонь та плечі сил  $d_1=16,4$  мм;  $d_2=21,54$  мм;  $d_3=42,45$  мм;  $L_1=81$  мм;  $L_2=79$  мм;  $L_3=64$  мм.

Рівняння рівноваги даної системи сил:

$$W - \left[ P_x \cdot \left( \frac{L_1 + L_2 + L_3}{L_2} \right) \right]^2 + \left( \frac{P_y}{f_1 + f_2 \cdot \frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}}} \right)^2 + \left[ \frac{2M_{кр}}{f_1 \cdot \frac{d_3}{2} + f_2 \cdot \frac{d_2}{2 \cdot \sin \frac{\alpha}{2}}} \right]^2 = 0; \quad (55)$$

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 осової складової сили різання, Н;

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

					БР.ПМ-18-012.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

$\alpha$  – кут нахилу робочих поверхнь призми, °;  
 Згідно розрахунку режимів різання (п. 1.5.2):  $P_z=88,28$  Н;

$$M = P_z \cdot \frac{d_1}{2} \quad (56)$$

$$M = 88,28 \cdot \frac{16,4 \cdot 10^{-3}}{2} = 0,72 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Згідно[5] с.292. Табл. 42:  $P_x=0,3 \cdot P_z \cdot \text{tg}\omega=0,3 \cdot 88,28 \cdot \text{tg}20^\circ=9,64$  Н;

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

$P_y=0,5 \cdot P_z=0,5 \cdot 88,28=44,14$  Н;

де:  $P_z$  - колова сила різання, Н;

$$R_{px} = P_x \cdot \left( \frac{L_1 + L_2 + L_3}{L_2} \right) \quad (57)$$

$R_{py}=P_y=44,14$  Н;

З врахуванням коефіцієнта запасу запишемо необхідну силу затиску:

$$W = k \sqrt{\left[ P_x \cdot \left( \frac{L_1 + L_2 + L_3}{L_2} \right) \right]^2 + \left( \frac{P_y}{f_1 + f_2 \cdot \frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}}} \right)^2 + \left[ \frac{2Mkp}{f_1 \cdot \frac{d_3}{2} + f_2 \cdot \frac{d_2}{\left( 2 \cdot \sin \frac{\alpha}{2} \right)}} \right]^2} \quad (58)$$

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

де  $k_0$  – гарантований коефіцієнт запасу;

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

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

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

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

$k_5$  – коефіцієнт, який характеризує ергономіку ручних механізмів затиску;

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

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

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

Приймаємо  $k=2,5$ ;

$$W = 2,5 \cdot \sqrt{\left[ 9,64 \cdot \left( \frac{0,081 + 0,079 + 0,064}{0,079} \right) \right]^2 + \left( \frac{44,14}{0,16 + 0,16 \cdot \frac{1}{\sin \frac{90^\circ}{2}}} \right)^2 + \left[ \frac{2 \cdot 0,72}{0,16 \cdot \frac{0,04245}{2} + 0,16 \cdot \frac{0,02154}{\left( 2 \cdot \sin \frac{90^\circ}{2} \right)}} \right]^2} = 683,61 \text{ Н};$$

					БР.ПМ-18-012.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

### 3.1.3. Силовий розрахунок механізму і приводу.

Необхідна сила дії рушія:

$$Q = W \frac{L_4}{L_5} = 683,61 \cdot \frac{0,06}{0,074} = 559,32H; \quad (59)$$

3) Діаметр поршня пневмоциліндра двохсторонньої дії при подачі стиснутого повітря в поршневу порожнину пневмоциліндра з робочим тиском  $p=0,4$  МПа згідно [6] :

$$D = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{Q}{p \cdot \eta}} = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{559,32}{0,4 \cdot 0,9}} = 44,54_{мм} \quad (60)$$

Вибираємо пневмоциліндр із стандартного ряду пневмоциліндрів двохсторонньої дії з діаметром поршня  $D=50$ мм, діаметром штока  $d=18$  мм, довжинлю робочого ходу поршня  $L=40$ мм.

4) Дійсна сила дії рушія при подачі стиснутого повітря в поршневу порожнину пневмоциліндра:

$$Q = 0,785 \cdot D^2 \cdot p \cdot \eta = 0,785 \cdot 50^2 \cdot 0,4 \cdot 0,9 = 706,5 \text{ Н}; \quad (61)$$

5) Дійсна сила затиску заготовки:

$$W = Q \frac{L_5}{L_4} = 706,5 \cdot \frac{0,074}{0,06} = 863,5H \quad (62)$$

					БР.ПМ-18-012.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

### 3.2. Перевірка працездатності інструментів.

#### 3.2.1. Різальний інструмент.

Операція 020. Токарна з ЧПК, перехід №1: чорнове точіння поверхні 16 – Ø20k6 до Ø23,23h14(-0,52):

Початкові дані:

-обладнання: токарно-гвинторізний верстат з ЧПК 16Б058Ф3;

-інструмент: різець токарний для контурного точіння, оснащений пластиною з твердого сплаву Т5К10:

Різець 2103-0657 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 HB241...285;  $G_B=610$  МПа; допустиме напруження на згин  $G_{зг}=172$  МПа;

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

Сила різання згідно розрахунків п. 2.5  $P_z=839,22$  Н;

Провіряємо жорсткість державки різця:

максимальне навантаження

$$P_{\max} = \frac{BH^2 \cdot \sigma_{зг}}{6l} = \frac{16 \cdot 16^2 \cdot 172}{6 \cdot 32} = 3669,3 \text{ Н}; \quad (63)$$

максимальне навантаження, допустиме жорсткістю різця

$$P_{\max \text{ доп}} = \frac{3fEJ}{l^3} = \frac{3 \cdot 0,1 \cdot 25000 \cdot 5462}{32^3} = 10001,2 \text{ Н}; \quad (64)$$

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

$J$  – момент інерції прямокутного січення державки;

$$J = \frac{BH^3}{12} = \frac{16 \cdot 16^3}{12} = 5462 \text{ мм}^4; \quad (65)$$

Різець володіє достатньою міцністю і жорсткістю, так як

$$P_{\max} > P_z < P_{\max \text{ доп}} \quad (3669,3 > 839,22 < 10001,2).$$

#### 3.2.2. Контрольно-вимірювальний інструмент.

Проводим розрахунок виконавчих розмірів скоби для контролю розміра поверхні 6 – Ø20k6<sup>(+0,015/+0,002)</sup>.

Верхнє і нижнє відхилення для вала:  $e_s=0,015$  мм,  $e_i=0,002$  мм.

Найбільший граничний розмір вала:

$$d_{\max} = d_{\text{ном}} + e_s = 20 + 0,015 = 20,015 \text{ мм}. \quad (66)$$

Найменший граничний розмір вала:

$$d_{\min} = d_{\text{ном}} + e_i = 20 + 0,002 = 20,002 \text{ мм}. \quad (67)$$

Згідно ГОСТ 24853-81 приймаєм:  $Z_1=3$  мкм;  $Y_1=3$  мкм;  $H_1=4$  мкм;

$H_p=1,5$  мкм.

					БР.ПМ-18-012.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

Таблиця 3.1 – Визначення розмірів і допусків робочого калібра для контролю розміра  $\text{Ø}20\text{k}6^{(+0,015/+0,002)}$  черв'яка ЧР211.03.14

Контрольований розмір	Позначення	Значення, мм
Номінальний	d	20
Мінімальний	$d_{\min}$	20,002
Максимальний	$d_{\max}$	20,015
Допуск	T	0,013
Квалітет	k	6
Допуски і відхилення калібра	Позначення	Значення, мм
Допуск калібра	$H_1$	0,004
Відхилення середини допуску прохідного калібра від	$Z_1$	0,003
Вихід спрацьованого прохідного калібра за межу	$Y_1$	0,003
Робочий калібр	Розмір (формула), мм	Допуск (формула), мм
Прохідний калібр новий	$d_{\max} - z_1 - H_1/2 = 20,015 - 0,003 - 0,004/2 = 20,01$	$H_1 = 0,004$
Прохідний калібр спрацьований	$d_{\max} - y_1 = 20,01 - 0,003 = 20,007$	$H_1 = 0,004$
Непрохідний калібр	$d_{\min} - H_1/2 = 20,002 - 0,004/2 = 20$	$H_1 = 0,004$

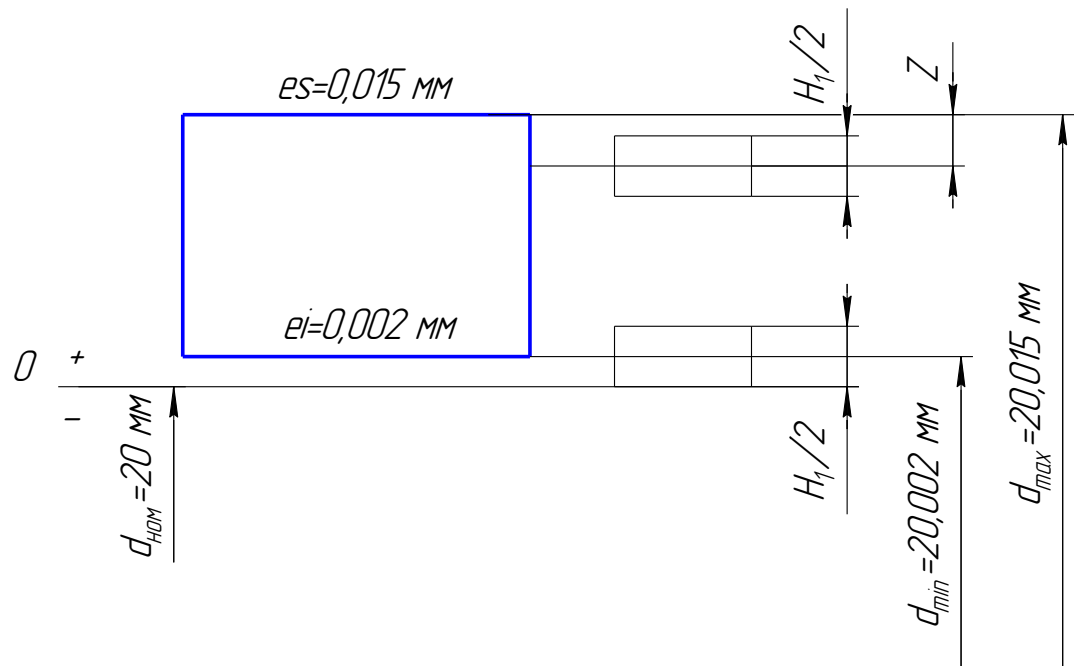


Рис. 19 – Схема розташування допусків робочих поверхонь скоби для контролю розміра  $\text{Ø}20\text{k}6^{(+0,015/+0,002)}$

### 3.3. Конструювання спеціального контрольного пристрою:

#### 3.3.1. Призначення, будова і робота пристрою.

Контрольний пристрій призначений для контролю радіального биття 0,05 мм поверхні  $\varnothing 42_{-0,06}$  відносно поверхні “Б”  $\varnothing 20k6$  черв’яка ЧР211.03.14.

Пристрій має корпус 1, в отвір якого встановлено штатив 3 з посадкою  $\varnothing 18H7/p7$ .

На штатив 3 встановлено корпус 2 з індикатором 14, що фіксується болтом 12, гайкою 13 та шайбою 16. На штатив 3 встановлені пружина 15 з шайбою 16, які фіксуються гайкою 13 по різьбовій поверхні штатива. В штативі 3 передбачено шпонковий паз, в який встановлена шпонка 18. Шпонка входить в шпонковий паз в отворі корпусу 2.

В отвори корпусу 1 встановлені: пружина 11, кільце 9, ролики 4 з обоймою 5, втулка 10, втулка розрізна 6 (встановлена з посадкою  $\varnothing 64H7/f6$ , кільце 8. Деталі в отворі корпусу 1 фіксуються гайкою 7.

Пристрій працює наступним чином:

При відведеному вгору корпусі 2, що утримується від переміщення вниз шпонкою 16, пристрій встановлюють роликами 4 на поверхню деталі  $\varnothing 42_{-0,06}$ . При закручуванні гайки 7 розрізна втулка 6 переміщується по отвору корпусу  $\varnothing 64H7$  до упору своєю конічною поверхнею в конічну поверхню втулки 10. Втулка 10 переміщується до упору в конічні поверхні роликів 4, розміщених під кутом  $120^\circ$  по периметру діаметра деталі і фіксованих обоймою 5. При цьому вибирається зазор між отвором корпусу та втулкою 6, а ролики 4 притискаються до поверхні деталі  $\varnothing 42_{-0,06}$ , завдяки чому похибка базування  $\varepsilon_6=0$ .

При встановленні корпусу 2 пазом на шпонку 18 він під дією пружини 15 переміщується вниз до упору головки індикатора 14 в поверхню деталі  $\varnothing 42_{-0,06}$ .

При повертанні пристрою на один оберт відносно осі деталі різниця показів індикатора визначає дійсну величину радіального биття поверхні  $\varnothing \varnothing 42_{-0,06}$  відносно поверхні “Б”  $\varnothing 20k6$ .

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

$$K_{\text{пр}} = (\sum_{\text{заг}} - \sum_{\text{о}}) / \sum_{\text{заг}} \cdot 100, \% \quad (68)$$

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

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

$\sum_{\text{заг}} = 18$  шт;  $\sum_{\text{о}} = 2$  шт;

$$K_{\text{пр}} = (18 - 2) / 18 \cdot 100\% = 88,88 \%$$

					БР.ПМ-18-012.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

### 3.3.2. Розрахунок пристрою на точність.

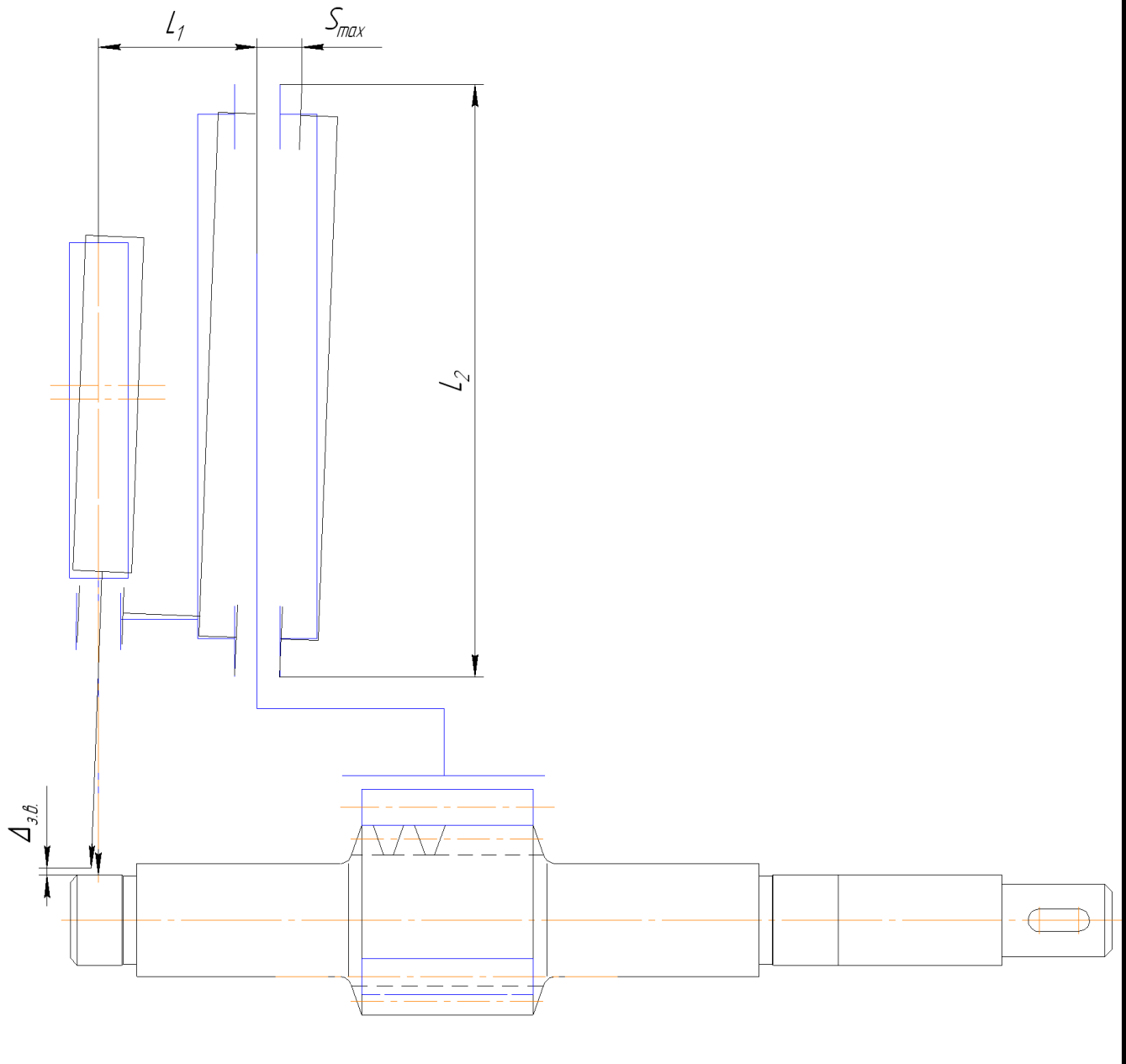


Рис.20 – Схема вимірювання контрольного пристрою для контролю радіального биття 0,05 мм поверхні  $\varnothing 42_{-0,06}$  відносно поверхні  $\varnothing 20k6$  черв'яка ЧР211.03.14.

Точність вимірювання пристрою залежить від зазору між корпусом 2 і штативом 3 –  $S_{max}$ . Внаслідок цього корпус 2 повертається відносно штатива 3 на кут  $\alpha$ .

Згідно [2]. с. 56 сумарна похибка вимірювання:

$$\varepsilon_{вим} = 1,2\sqrt{\varepsilon_0^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{з.п.}^2 + \Delta_{з.в.}^2 + \Delta_e^2 + \Delta_m^2}; \quad (69)$$

де  $\varepsilon_0$  – похибка базування, мм;

$\varepsilon_3$  – похибка закріплення, мм;

$\varepsilon_{з.п.}$  – похибка зусилля пристрою, мм;

$\Delta_{з.в.}$  – похибка засобу вимірювання, мм;

					БР.ПІМ-18-012.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

$\Delta_{\epsilon}$  – похибка виготовлення еталона, мм;

$\Delta_M$  – похибка властива даному пристрою, виникає від передавального відношення;

В даному випадку завдяки конічним поверхням роликів 4, втулки 10 і втулки кулачкової 6, вибирається зазор між деталлю і установчою поверхнею пристрою, тому похибка базування  $\epsilon_{\delta} = 0$ ;

(70)

Закріплення відсутнє, тому  $\epsilon_3 = 0$ ;

Похибка закріплення згідно [5] с.52, табл..22:

$$\Delta\epsilon_3 = CQ_n \cos \alpha \sqrt{\left(\frac{\Delta C}{C}\right)^2 + \left(\frac{n\Delta Q}{Q}\right)^2}; \quad (71)$$

де Q — сила, яка діє на опору;

C і Q — середні значення параметрів;

$\Delta C$  і  $\Delta Q$  — границі розсіювання значень C і Q;

Зміщення внаслідок контактних деформацій заготовка – опора виражається емпіричною залежністю:

$$\epsilon_3 = CQ_n \cos \alpha$$

де Q — сила, яка діє на опору;

C — коефіцієнт, який характеризує умови контакту, матеріал і твердість поверхні заготовки;

Згідно [5] с.51, табл..22:

$$\Delta C = \sqrt{(K_{HB} p HB^{p-1} \Delta HB)^2 + (K_{Rz} \Delta Rz)^2}; \quad (72)$$

Згідно [5] с.52, табл.22 при встановленні на плоску опору торцем:

$$\epsilon_3 = [(K_{Rz} Rz + K_{HB} HB) + C_1] \left(\frac{Q}{9,8}\right)^n \frac{1}{F^m}; \quad (73)$$

$K_{Rz} = 0,004$ ;  $K_{HB} = -0,0016$ ;  $n = 0,7$ ;  $m = 0,7$ ;

$C_1 = 0,4 + 0,012F$ ;

Де F – площа контакту опори і деталі;

$F = 3 \cdot 3,14 \cdot 8^2 / 4 \cdot 40 = 6028 \text{ мм}^2$

$C_1 = 0,4 + 0,012 \cdot 6028 = 72 \text{ мкм}$ ;

$$\epsilon_3 = [(0,004 \cdot 1,6 - 0,0016 \cdot 360) + 4,3] \left(\frac{50}{9,8}\right)^{0,7} \frac{1}{6028^{0,7}} = 0,035 \text{ мкм};$$

$$\Delta C = \sqrt{(-0,0016 \cdot 1 \cdot 360^{1-1} \cdot 60)^2 + (0,004 \cdot 1,6)^2} = 0,096 \text{ мкм};$$

$$\Delta\epsilon_3 = 1,2 \sqrt{\left(\frac{0,096}{72}\right)^2 + \left(\frac{0,7 \cdot 50}{50}\right)^2} = 0,7 \text{ мкм};$$

Похибка від зусилля пристрою рівне максимальному прогину плеча штатива  $L = 36 \text{ мм}$  під дією зусилля пружини індикатора

$$\epsilon_{3.n.} = \frac{P \cdot L^3}{3EJ};$$

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

$L = 36 \text{ мм}$  – плече штатива;

$E = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$  – модуль повздовжньої пружності матеріалу корпусу пристрою

					БР.ПМ-18-012.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

(Сталь 35 ГОСТ 1050-88);

$J$  – мінімальний осьовий момент інерції поперечного січення плеча корпусу, на яке встановлений індикатор,  $\text{мм}^4$ ;

$$\text{Для квадратного перерізу } J = \frac{a^4}{12}; \quad (74)$$

Де  $a=16$  мм – сторона квадрата;

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

$$\varepsilon_{з.п} = \frac{0,5 \cdot 36^3}{3 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 5461} = 0,000007 \text{мм};$$

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

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

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

$$\Delta_M = S_{\max} \cdot L_1 / L_2; \quad (75)$$

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  $L_1=36$ мм;  $L_2=130$ мм;

$$S_{\max} = ES + ei; \quad (76)$$

де  $ES$  – верхнє відхилення поля допуску отвору;

$ei$  – нижнє відхилення поля допуску валу;

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

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

$$\Delta_M = \Delta = 0,022 \cdot 36 / 130 = 0,0061 \text{мм};$$

$$\varepsilon_{вим} = 1,2 \sqrt{0^2 + 0,0007^2 + 0,000007^2 + 0,0018^2 + 0 + 0,0061^2} = 0,008 \text{мм}.$$

Отримане значення порівнюємо з допуском  $T=0,2$ мм згідно [2]. с. 56:

$$\varepsilon_{вим} \leq (0,1 \dots 0,3)T \quad (77)$$

В даному випадку

$$\varepsilon_{вим} = 0,3 \cdot T \quad (0,008 / 0,05 = 0,16), \text{ отже пристрій придатний для вимірювання}$$

даного параметру.

					БР.ПМ-18-012.00.00.000 ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

Операція 020. Токарна з ЧПК.

Обладнання: Токарно-гвинторізний верстат з ЧПК 16Б058Ф3.

1) Вибір оснастки:

Пристрій токарний самоцентруючий трикулачковий патрон D=160 мм:  
Патрон 7100-0027 ГОСТ2675-80.

Інструмент:

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

Різець 2103-0657 Т5К10 ГОСТ 20872-80.

Різець токарний 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 Т15К6 ГОСТ 20872-80.

2) Систему координат вихідної точки треба вибрати в робочій зоні верстата на певній відстані від деталі для зручності затиску заготовки, зменшення холостих ходів та допоміжних ходів, безпечності заміни інструменту. Програмоване переміщення інструмента починається у вихідній точці Ов.т за керуючою програмою. Положення точки Ов.т задають в СКВ і пов'язують з базуючими елементами пристрою для затискання деталі -  $x_d=0$ ,  $u_d=0$ ,  $x_v=0$ ,  $u_v=0$ .

Координати опорних точок наведено в таблиці 4.1.

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	239	11,615	1	176	22,25
2	222	11,615	2	124	22,25
3	226	18	0; 3	500	200
4	222	18			
5	222	11,615			
6	226	13,5			
7	175,75	13,5			
8	173,4	14,9			
9	168,75	27			
0; 10	500	200			

3) Розрахунок координатних переміщень.

При обробці деталей на верстатах з ЧПК треба забезпечити мінімальне переміщення інструмента при підході до деталі. Для токарно-гвинторізного верстаті з ЧПК 16Б058Ф3 відстань  $Z_H$ , мм від бази деталі до торця шпинделя, яка знаходиться в позиції початку циклу обробки, визначається за формулою:

$$Z_H = L + R + H + l, \quad (78)$$

де:  $L$  – налагоджувальний розмір інструмента, мм;

$R$  – відстань швидкого переміщення інструменту до деталі, мм;

$H$  – висота деталі (довжина обробки), мм;

					БР.ПМ-18-012.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

1 – робоче переміщення інструмента до оброблюваної деталі, мм.

Із інструментів достатньо вибрати той, у якого максимальний налагоджувальний розмір  $L_{\max}$ .

$$\text{Тоді: } Z_H = L_{\max} + R + H + 1, \quad (79)$$

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

Поперечний розмір  $b+m=16+8=24$  мм.

$H=236$  мм;  $D=47$  мм;  $R=0$  мм;  $l=3$  мм.

Тоді:  $X_H=33+252+236+3=524$  мм;  $Y_H=125+173,5+23,5+3=325$  мм.

4) Кодування інформації.

На токарно-гвинторізному верстаті 16Б058Ф3 використовується пристрій числового набору і цифрової індикації Ф5147.

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

деталь		операція				верстат					Система ЧПК			
Черв'як ЧР211.03.14		020. Токарна з ЧПК				16Б058Ф3					NC			
Геометрична інформація						Технологічна інформація								
Кон-тур	№ о. т. Екві-дис-танта	X (ΔX) мм	Y (ΔY) мм	L, мм	K, мм	t, мм	S, мм /об	S, мм /хв	V, м/хв	N, хв. <sup>-1</sup>	Напр. оберт.	Охолод ження	№ інстр.	L, № кодек-
0	85,4	500	200	0	0								1	101
1		239	11,615	261	188,385	2	0,4	400	85,4	1000	Пр.	+		
2	75,36	222	11,615	17	0	2	0,4	400	85,4	1000	Пр.	+		
3		226	18	4	6,385									
4	75,36	222	18	4	0	2	0,4	320	75,36	800	Пр.	+		
5		222	11,615	0	6,385	2	0,4	320	75,36	800	Пр.	+		
6	92,97	226	13,5	4	2,885	1,5	0,4	320	75,36	800	Пр.	+		
7		175,75	13,5	51,25	0	1,5	0,4	320	75,36	800	Пр.	+		
8	73,7	173,4	14,9	2,35	1,4	1	0,4	252	92,97	630	Пр.	+		
9	9	168,75	27	4,65	12,1	1	0,4	252	92,97	630	Пр.	+		
10		500	200	331,25	173								2	102
0		500	200	0	0									
1		176	22,25	324	177,75	1,5	0,4	200	73,79	500	Пр.	+		
2		124	22,25	52	0	1,5	0,4	200	73,79	500	Пр.	+		
3		500	200	299	177,75									

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

					БР.ПМ-18-012.00.00.000 ПЗ				Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					60

Таблиця 4.3 – Коды режимів роботи системи ЧПК та допоміжні коди

Код	Найменування
G01	Лінійна інтерполяція (нормальний розмір)
G17	Вибір площини обробки ХУ
G25	Початок відліку координат
G40	Відміна корекції для положення інструменту
G42	Корекція положення інструменту
G60, G61	Точне позиціонування Х і Y
G81	Постійний цикл свердління отворів
G82	Постійний цикл зенкерування 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 з кодів G, F, S, T, M діє в наступних кадрах до введення нового коду по даній адресі. Програма обробки для токарно-гвинторізної операції з ЧПК 020 подана в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 – Таблиця кодів чисел обертів і кодів подач для верстата мод. 16Б058Ф3

Число обертів шпинделя, хв, <sup>-1</sup>	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																	

Таблиця 4.5 – Карта програмування токарно-гвинторізної операції 020

Карта програмування														
Деталь			Операція					Верстат				Система ЧПК		
Черв'як ЧР211.03.14			020 Токарна з ЧПК					16Б058Ф3				NC 2П32-3		
№ о. т.		№ кадра	Підг. ф-кція	Геометрична інформація				Технологічна інформація				№ кор	Кін Код	Пояснення
Кон-тур	Екві-дистан-та													
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0		001	G01	500	200	0	0			01	06	101		
1		002		239	11,615	261	188,385	17	15		03, 08			
2		003		222	11,615	17	0	17	15					
3		004		226	18	4	6,385							
4		005		222	18	4	0	16	14					
5		006		222	11,615	0	6,385	16	14					
6		007		226	13,5	4	2,885	16	14					
7		008		175,75	13,5	51,25	0	16	14					
8		009		173,4	14,9	2,35	1,4	15	13					
9		010		168,75	27	4,65	12,1	15	13					
10		011		500	200	331,25	173				05, 09			
0		012		500	200	0	0			02	06	102		
1		013		176	22,25	324	177,75	14	12		03, 08			
2		014		124	22,25	52	0	14	12					
3		015		500	200	299	177,75				05, 09			

## 5 Науково-дослідна частина.

Короткий опис програми AutoCAD.

Заповітною мрією креслярів та конструкторів є задача автоматизувати процес створення проектно-конструкторської документації. Вони традиційно виконували ці документи “вручну” або на кульмані.

Збільшення обсягів проектно-конструкторських робіт, підвищення складності проєктованих об’єктів, необхідність скорочення термінів розробки технічної документації, підвищення її якості зумовили ширшу автоматизацію проектно-конструкторських робіт при використанні сучасних ЕОМ. Найбільш функціонально повним та популярним пакетом, що в принципі реалізує поставлені задачі, на сьогодні є САПР – гнучкі програми автоматизованого проєктування для підготовки графічної, конструкторської документації і геометричного моделювання. За кордоном такі системи називаються CAD (Computer Aided Design).

Пакет AutoCAD 2012 є програмним продуктом, який призначено для автоматизації проектно-конструкторських робіт. Серед інших аналогічних графічних пакетів (Компас, 3d Studio).

AutoCAD розроблена компанією AutoDesk. Спочатку вона використовувалась в ролі “електронного кульмана”, тобто була універсальним графічним пакетом, який дозволяє виконувати плоске викреслювання, об’ємне моделювання та фотореалістичну візуалізацію за допомогою ЕОМ. Пізніше система стала відкритим графічним середовищем для функціонування створених для неї великої кількості програмних додатків, які призначені для розв’язування конкретних проектних і технічних задач в різних галузях застосування.

Перша версія AutoCAD побачила світ у 1982 році, зараз уже 15 версія застосовується в 125 країнах світу.

AutoCAD – потужна система векторної комп’ютерної графіки. Це означає, що вся вихідна інформація про графічні елементи зберігається і обробляється в системі у вигляді наборів координат, а відповідні задіяні алгоритми системи використовують математичний апарат аналітичної геометрії. Зображення на екрані – растрове.

AutoCAD включає в себе такі функціональні можливості:

- робота з підшивками креслень.

Протягом роботи над проектом розроблювачі витрачають значний час на комплектацію аркушів за розділами проекту, їх нумерацію та марки.

За допомогою нового диспетчера підшивок стало можливим ефективно керувати всім комплектом креслень, які відносяться до проекту;

- побудова таблиць.

У багатьох випадках аркуші проекту складаються з табличних даних (специфікацій, легенд, експлікацій і т.п.). Побудова таких таблиць і внесення до них змін за допомогою стандартних команд системи AutoCAD вимагає занадто багато часу і зусиль. У AutoCAD 2012 передбачена спеціальна команда, з допомогою якої можна генерувати таблиці та заповнювати табличні дані через стандартні офісні латки:

					БР.ПІМ-18-012.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

– виконання надписів.

Нанесення текстової інформації (номера аркушів, графі основного напису і т.д.) дотепер залишалось досить трудомісткою непростю задачею. Нова команда ПОЛЕ значно спрощує задачу нанесення і зміни написів. При зміні вмісту полів текстові значення автоматично змінюються в одному чи відразу в багатьох кресленнях. Це не тільки заощаджує час, але також зменшує ймовірність помилок у проєкті;

– публікація підшивок.

Диспетчер підшивок допомагає прискорити відправлення проєкту замовнику. При цьому можна бути упевненим у тому, що всі листи є в наявності і їхня нумерація не переплутана. А можливість друку у фоновому режимі дозволяє ні на хвилину не зупиняти основні роботи.

Інтегровані засоби перевірки та проведення узгодження проєктування складаються з безлічі повторюваних фаз узгодження та внесення змін. Часто ці операції виконують вручну олівцем і папером. Застосовуючи новий засіб AutoCAD, можна замінити ручні позначки електронними, які потім для усунення зауважень можна переглядати в AutoCAD. Така електронна технологія перевірки й узгодження заощаджує час та зменшує кількість помилок .

					БР.ПІМ-18-012.00.00.000 ПЗ	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 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. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2020.
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.ПМ-18-012.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

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-18-012.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

## **ДОДАТКИ**

Дубл.			
Взамін.			
Підпис			

--	--	--	--	--	--

Зм	Ар	№ док.	Підпис	Дата

1	8
---	---

<b>І Ф Н Т У Н Г</b>		<b>ПМ-18-1</b>			
<b>Черв'як</b>					

«Затверджую»

Зав.кафедрою КМВ

**КОМПЛЕКТ  
технологічної  
документації**

Технологічний процес  
механічної обробки  
черв'яка ЧР211.03.14

Розробив: ст.гр.ПМ-18-1

Куцела . . .

Перевірів:

Роп'як Л. Я.

Акт № \_\_ від «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р









Дубл.														
Взам.														
Оригінал										Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	
														2
Розроб.	Куцела							<i>Черв'як</i>						
Перевір.	Роп'як													
Затверд.	Роп'як													
<b>Р</b>		<b>Ш</b>	<b>Д або В</b>	<b>L</b>	<b>t</b>	<b>i</b>	<b>S</b>	<b>n</b>	<b>V</b>	<b>Тд</b>	<b>То</b>			
<b>Р</b>			<b>мм</b>	<b>мм</b>	<b>мм</b>		<b>мм (мм/хв.)</b>	<b>1/хв.</b>	<b>м/хв.</b>	<b>хв.</b>	<b>хв.</b>			
01														
002	<i>8.Покласти деталь в тару</i>													
T03	<i>Тара технологічна І-533.</i>													
04														
05														
06														
07														
08														
09														
10														
11														
12														
13														
14														
15														
16														
17														
18														
19														
20														
OK													6	

Дубл.														
Взам.														
Оригінал										Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата
											1	1		
Розроб.	Куцела			ІФНТУНГ	ПМ-18-1									
Перевір.	Роп'як													
Затверд.	Панчук													
Н.Контр.	Роп'як			Черв'як								П		
Номер і назва операції			Матеріал		Твердість	ОВ	МД	Профіль і розміри			МЗ	КООД		
090. Контрольна.			Сталь 45 ГОСТ1050-88		HRC 32...38	к2	1,2	Ø47×241,6			1,55	1		
Номер переходу	Зміст переходу			Пристрій (код, назва)		Вимірювальний інструмент (код, назва)		% контролю	Особливі вказівки					
1 01	Контролювати лінійні розміри													
02	5P9					Нутромір НИ-10		20						
03						ГОСТ 868-82								
04	13-0,1					Штангенглибино-		10						
05						мір								
06						ШГ-I-160-0,05								
07	14 <sup>+0,42</sup>					Штангенциркуль		10						
08	5±0,15					ШЦ-I-160-0,05								
09						ГОСТ 166-89								
10														
11														
12														
13														
14														
КТК	040 Контрольна											8		



Формат		Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
					<b>Документація</b>		
A1				БР.ПМ-18-012.00.00.000 СК	Складальне креслення	×	
					<b>Деталі</b>		
		1		БР.ПМ-18-012.00.00.001	Плита	1	
		2		БР.ПМ-18-012.00.00.002	Корпус	1	
		3		БР.ПМ-18-012.00.00.003	Призма	2	
		4		БР.ПМ-18-012.00.00.004	Упор	1	
		5		БР.ПМ-18-012.00.00.005	Кронштейн	1	
		6		БР.ПМ-18-012.00.00.006	Прихват	1	
		7		БР.ПМ-18-012.00.00.007	Вісь	1	
		8		БР.ПМ-18-012.00.00.008	Вісь	1	
		9		БР.ПМ-18-012.00.00.009	Фланець	1	
		10		БР.ПМ-18-012.00.00.010	Корпус	1	
		11		БР.ПМ-18-012.00.00.011	Кришка передня	1	
		12		БР.ПМ-18-012.00.00.012	Кришка задня	1	
		13		БР.ПМ-18-012.00.00.013	Поршень	1	
		14		БР.ПМ-18-012.00.00.014	Шток	1	
					<u>Стандартні вироби</u>		
		15			Болт М8х30.58.05 ГОСТ 5929-73	4	
		16			Болт 7002-2584 ГОСТ 12193-66	4	
				<b>БР.ПМ-18-012.00.00.000 СП</b>			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<b>Пристрій фрезерний</b>		
Разрад.	Кучела						
Пров.	Роп'як						
Реценз.							
Н.контр.	Роп'як						
Утв.	Панчук				Лит.	Лист	Листов
					Н	1	3
					ІФНТУНГ зр.ПМ-18-1		

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 Шайби ГОСТ 6402-73	4	
		32		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-18-012.00.00.000 СП	
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата		
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лист 2	

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	
				<u>Материалу</u>		
		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

БР.ПМ-18-012.00.00.000 СП

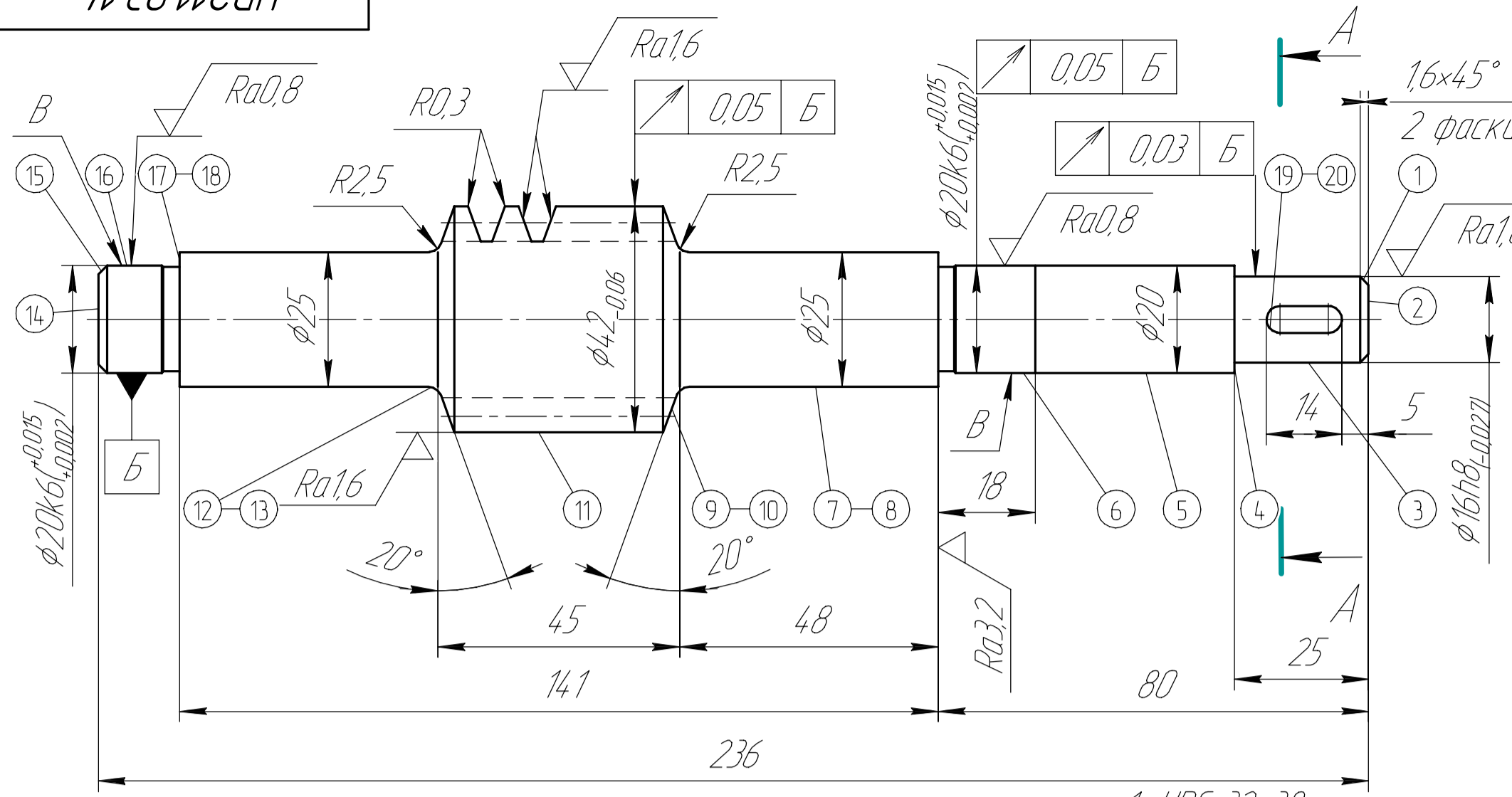
Лист  
3

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				<b>Документація</b>		
A1			БР.ПМ-18-012.00.00.000 СК	Складальне креслення	×	
				<b>Складальні одиниці</b>		
		1	БР.ПМ-18-012.00.01.000	Корпус	1	
		2	БР.ПМ-18-012.00.02.000	Корпус	1	
				<b>Деталі</b>		
		3	БР.ПМ-18-012.00.00.001	Штатив	1	
		4	БР.ПМ-18-012.00.00.002	Ролик	3	
		5	БР.ПМ-18-012.00.00.003	Обойма	1	
		6	БР.ПМ-18-012.00.00.004	Втулка розрізна	1	
		7	БР.ПМ-18-012.00.00.005	Гайка	1	
		8	БР.ПМ-18-012.00.00.006	Кільце	1	
		9	БР.ПМ-18-012.00.00.007	Кільце	1	
		10	БР.ПМ-18-012.00.00.008	Втулка	1	
		11	БР.ПМ-18-012.00.00.009	Пружина	1	
				<b>Стандартні вироби</b>		
		12		Болт М8х30.58.05 ГОСТ 7808-71	1	
		13		Гайка М8.05 ГОСТ 5927-75	2	
			<b>БР.ПМ-18-012.00.00.000 СП</b>			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
Разрад.	Кучела				Лит.	Лист
Проб.	Роп'як				Н	1
Реценз.						2
Н.контр.	Роп'як				ІФНТУНГ	
Утв.	Панчук				гр. ПМ-18-1	



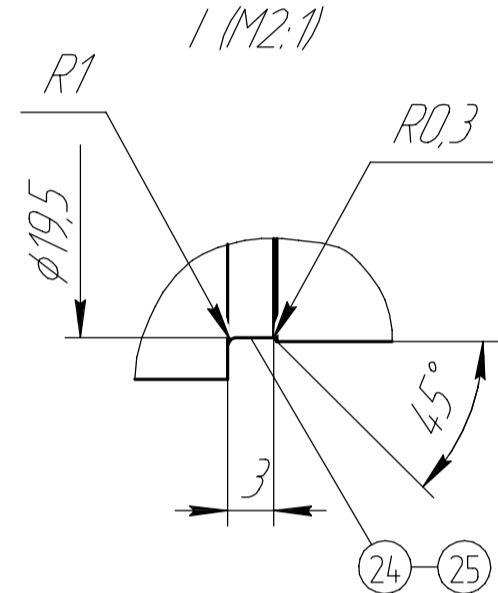
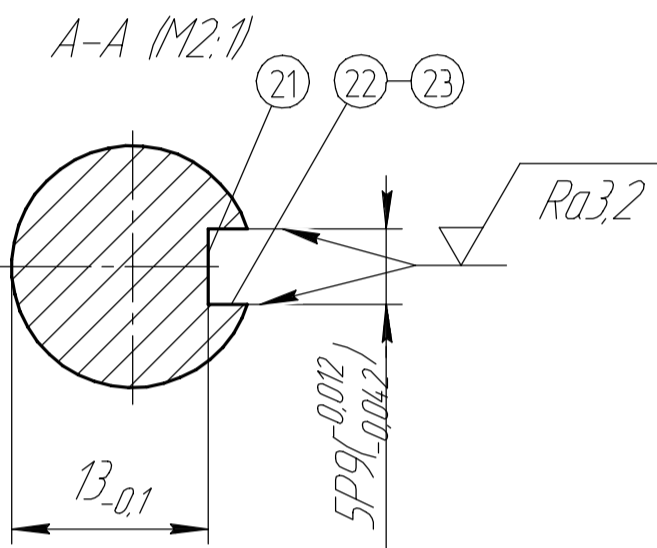


71 E0112dh

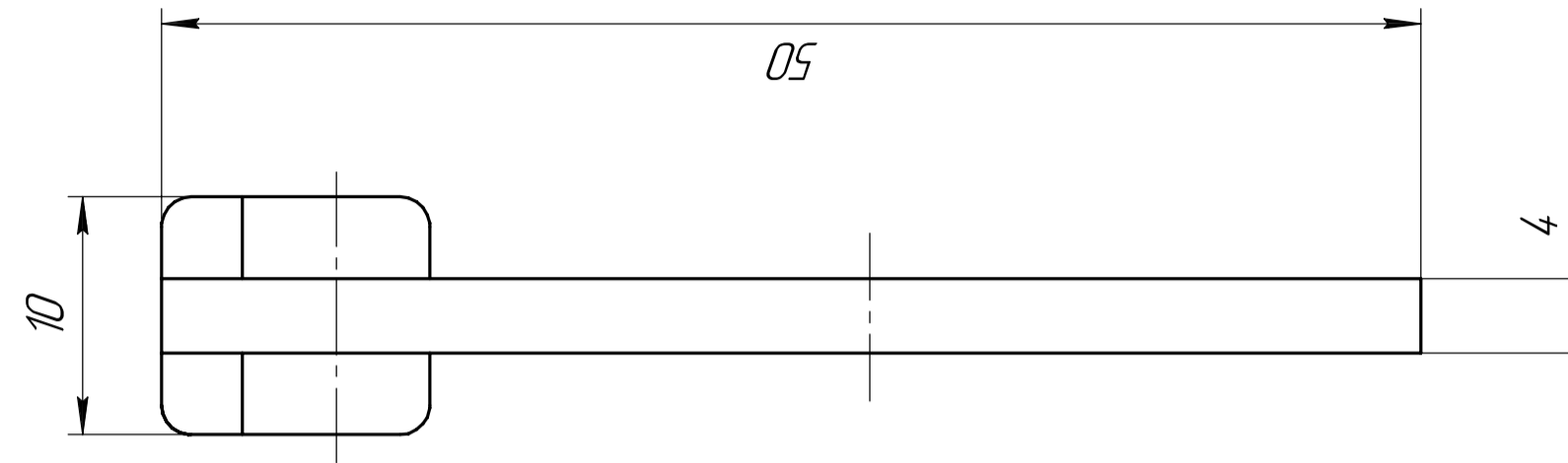


Модуль	m	3
Число витків	z <sub>1</sub>	1
Вид черв'яка	-	ZA
Дільний кут підйому	γ	4°45'49"
Напрямок лінії витка	-	правий
Вихідний черв'як	-	ГОСТ 19036-73
Степінь точності	-	8-X
Дільна товщина по хорді витка	S <sub>01</sub>	4,69-0,2
Висота до хорди	h <sub>01</sub>	3,013
Дільний діаметр черв'яка	d <sub>1</sub>	36
Хід витка	P <sub>z1</sub>	9,42
Позначення креслення спряженого колеса		ЧР211.03.15

1. HRC 32...38.
2. Західну частину витків заокруглити R0,6 мм.
3. Невказані граничні відхилення валів h14; отворів H14; інших IT14; ± 2.
4. Обвальність і конусоподібність поверхні B не більше 0,007 мм.
5. Кінці витків товщиною менше 3 мм зібрати.
6. Неповні витки зняти до товщини вершини повних витків.
7. Маркувати позначення креслення на дірці.

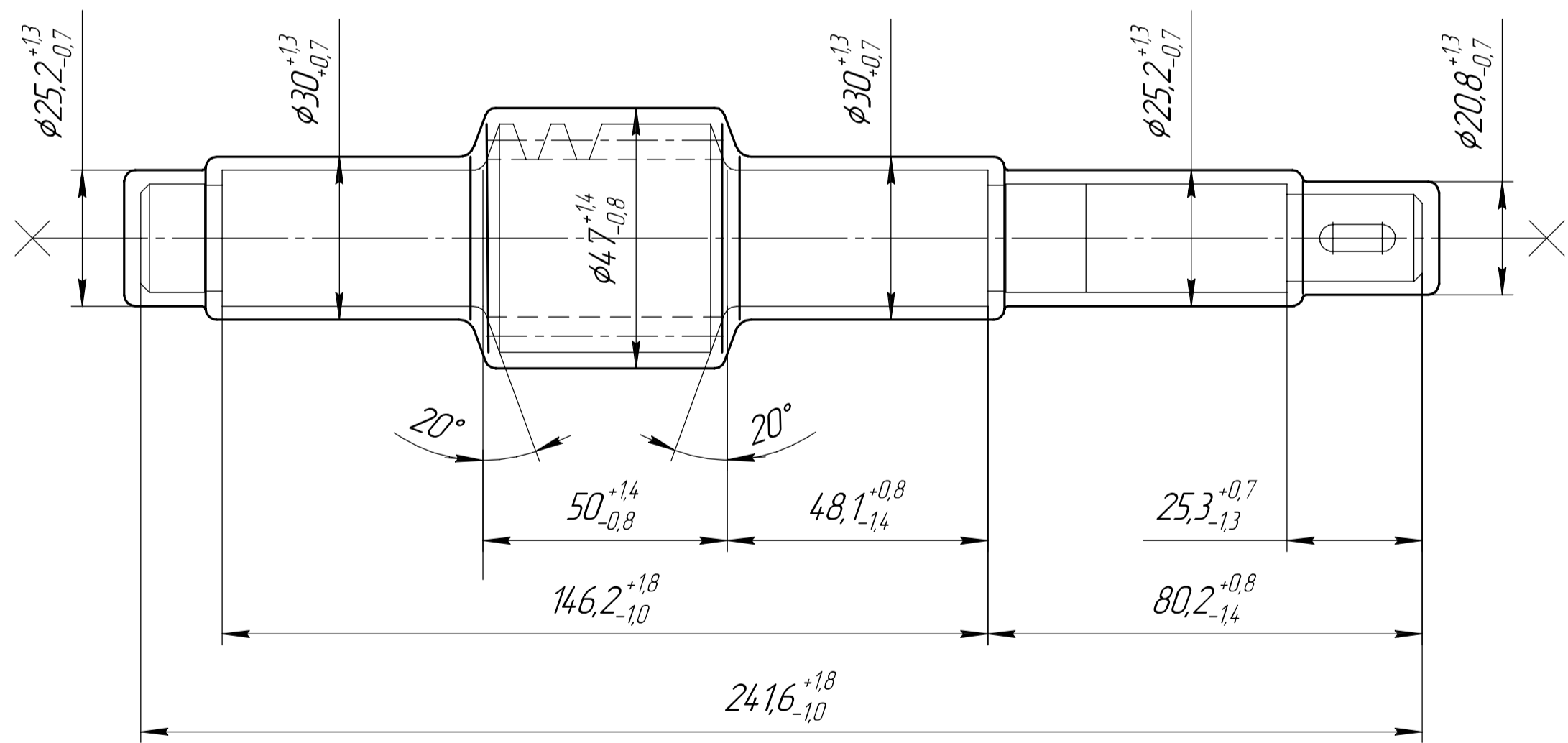


ЧР211.03.14			
Лит.	Маса	Масштаб	
	1,2	1:1	
Черв'як			
Аркши Аркшів 1			
Сталь 45 ГОСТ 1050-88			
ІФНТУНГ			
гр.ПМ-18-1			



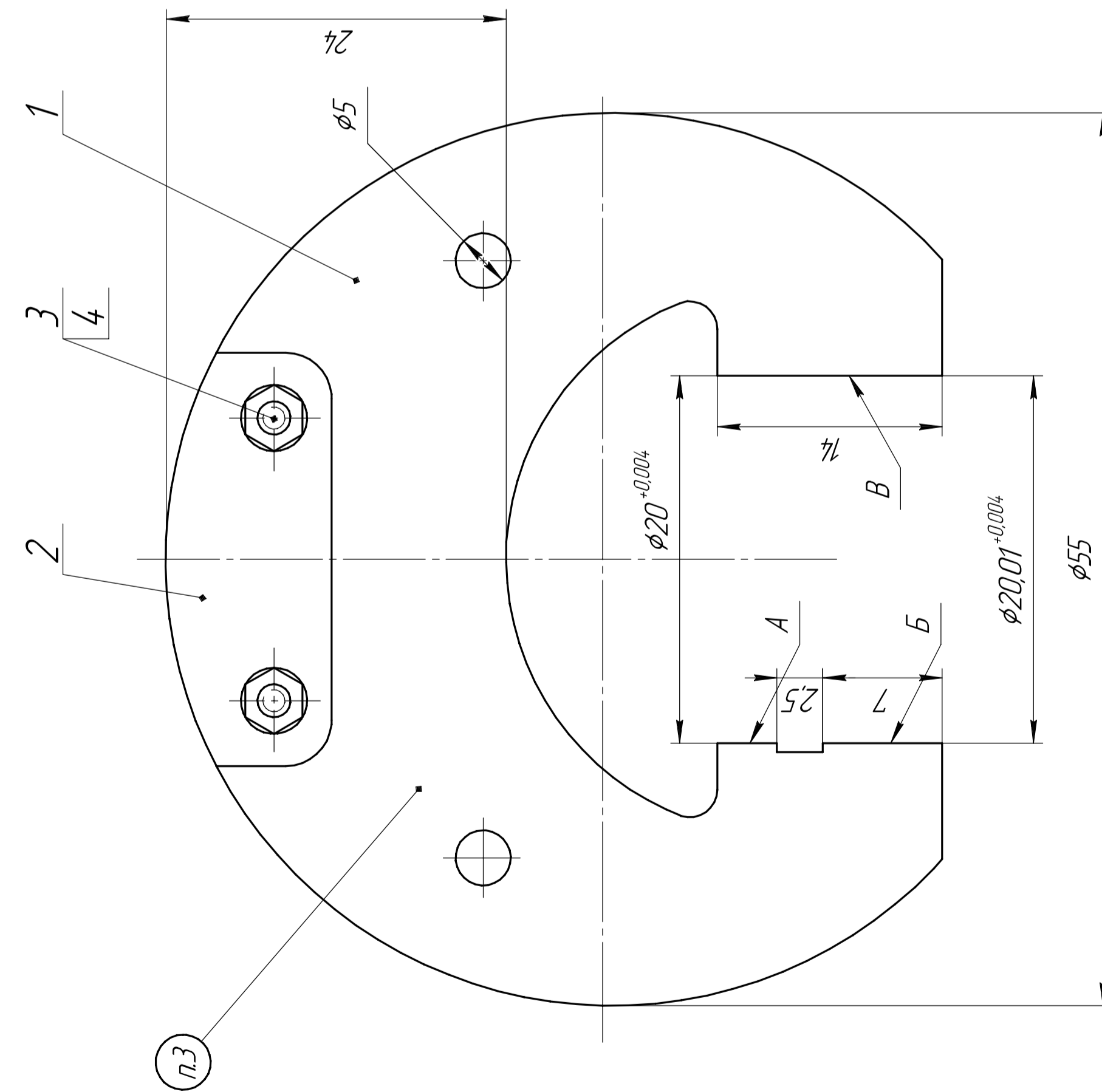
1. H14, h14, ± 2.
2. Поверхні А, В цементувати h 0.8...1.2 мм. HRC 30...35.
3. Маркувати.

БР.ПМ-18-012.00.00.000 3



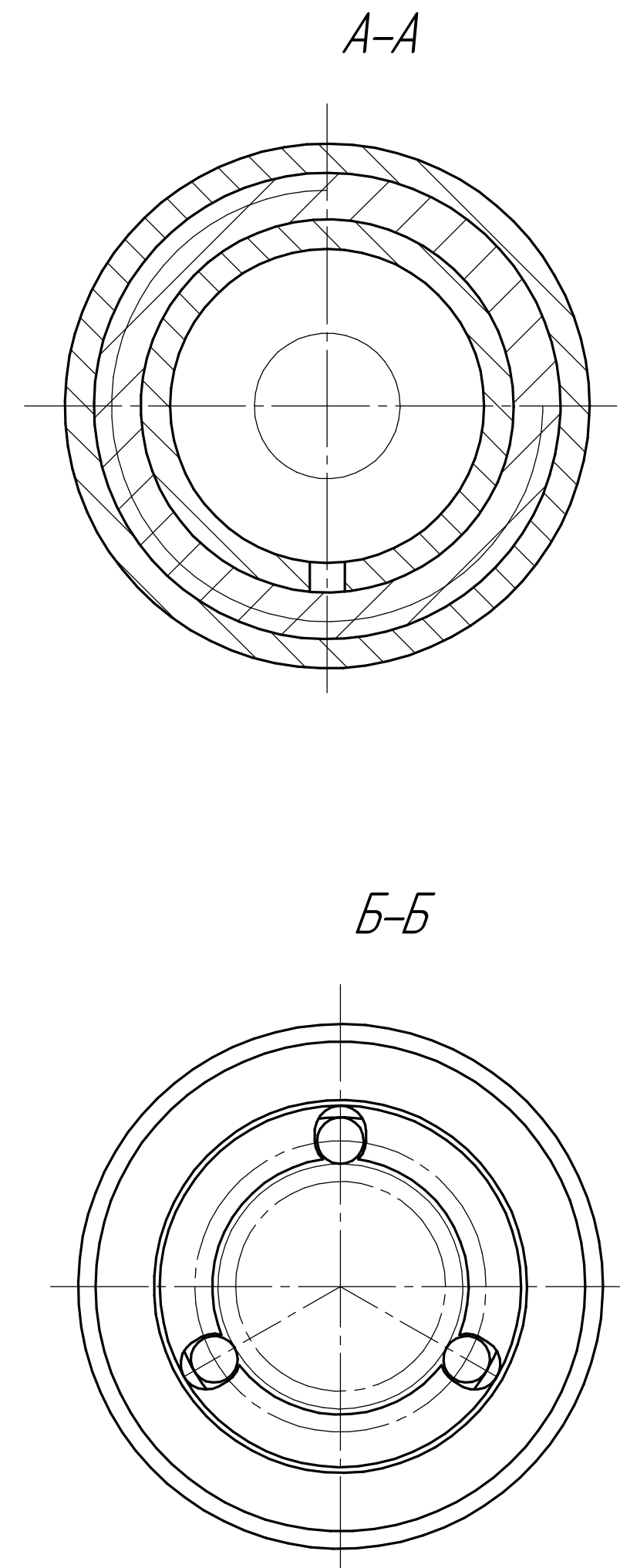
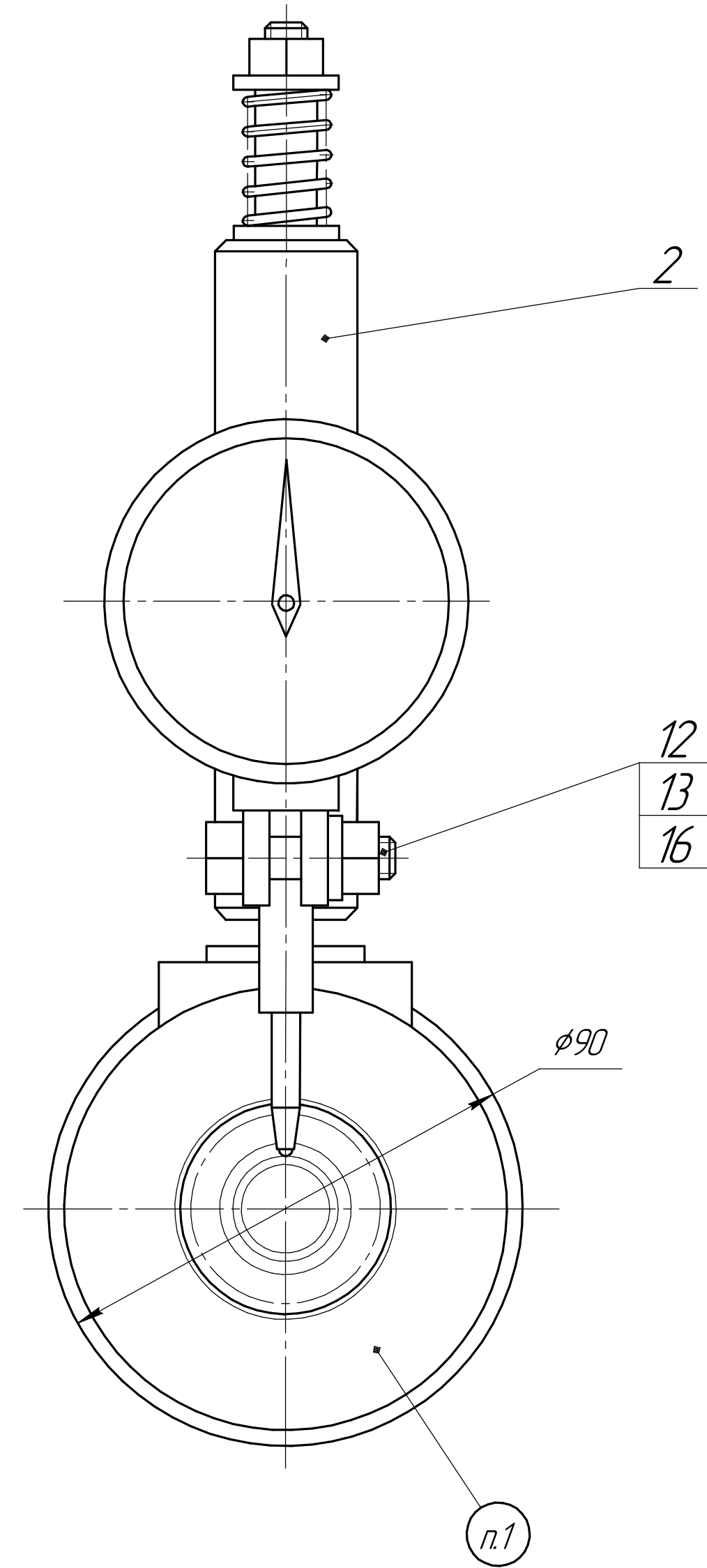
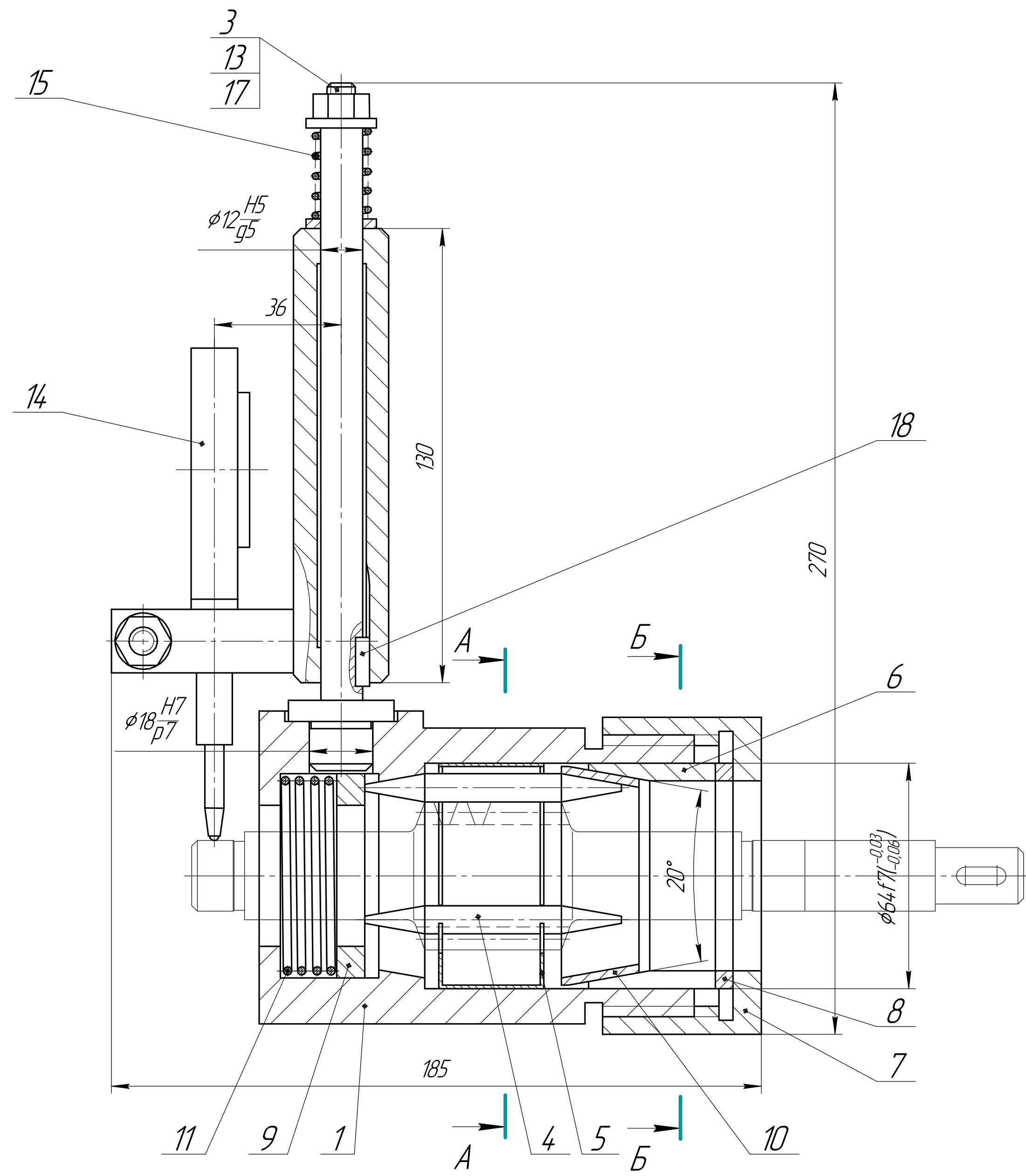
Радіуси заокруглень: зовнішні R2, внутрішні R5.  
Штамповачні уклони: зовнішні 2°.  
Зміщення штампів 0,3мм.

БР.ПМ-18-012.00.00.000 3			
Лит.	Маса	Масштаб	
	1,55	1:1	
Заготовка черв'яка			
Аркши Аркшів 1			
Сталь 45 ГОСТ 1050-88			
ІФНТУНГ			
гр.ПМ-18-1			



БР.ПМ-18-012.00.00.000 СК

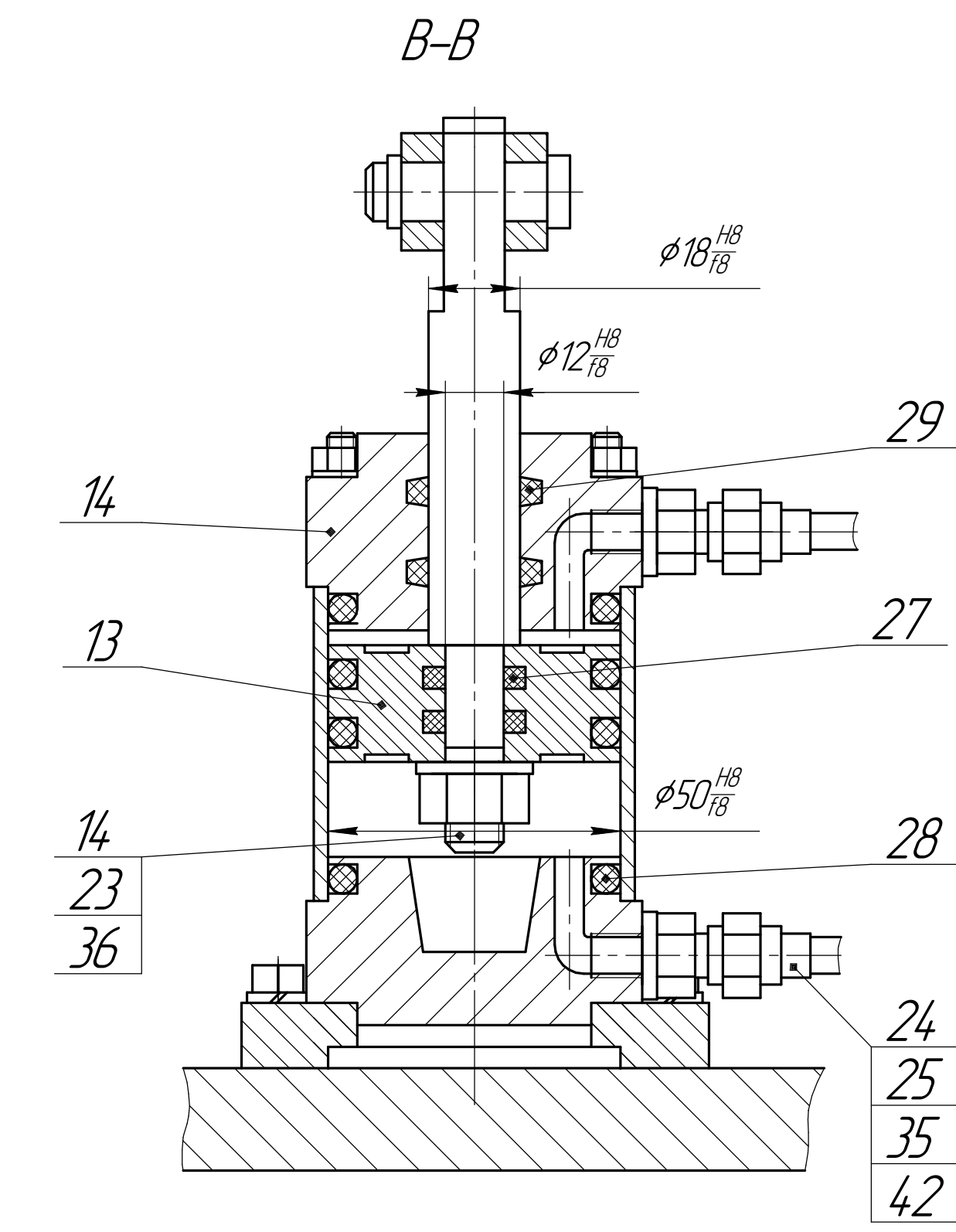
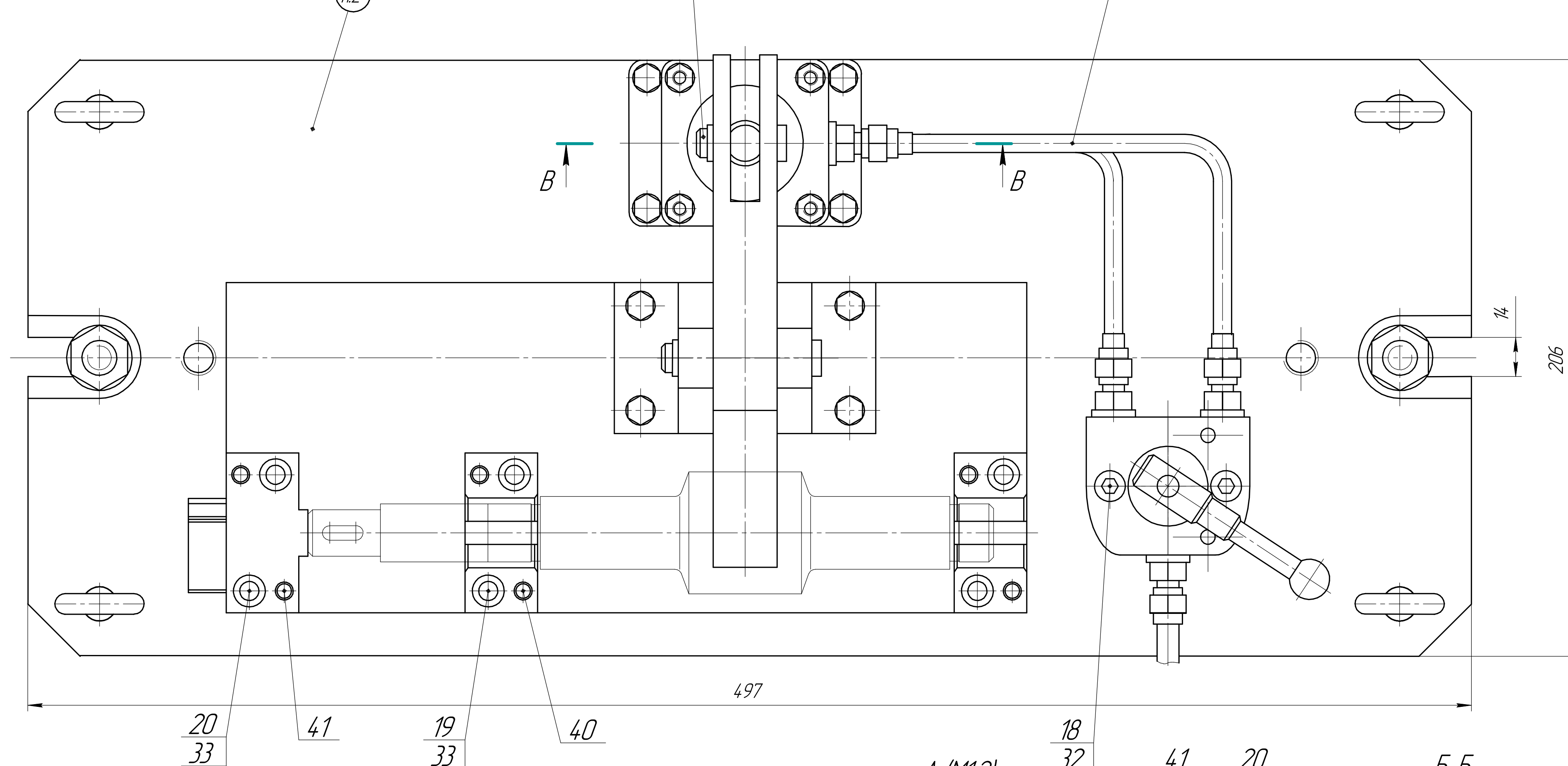
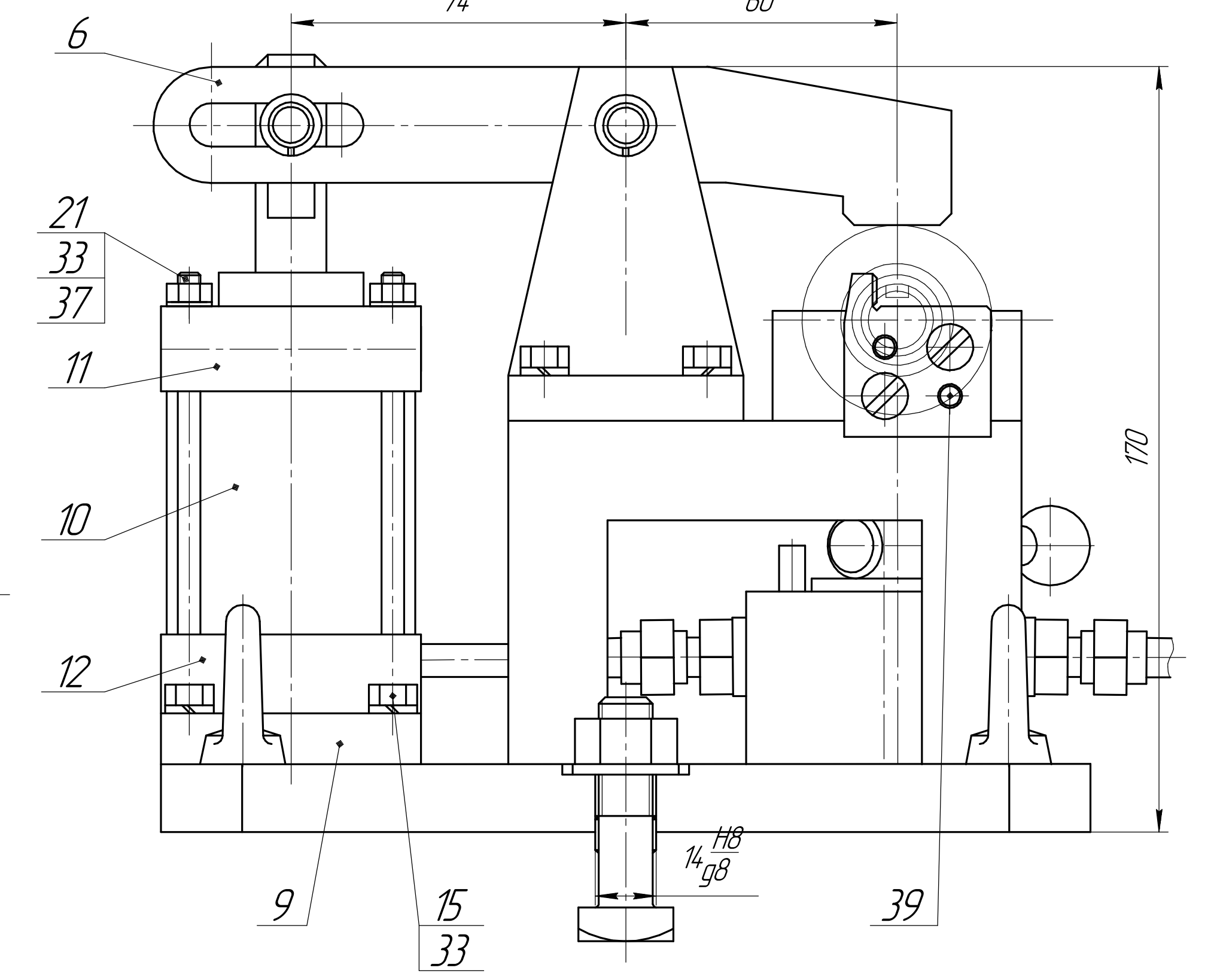
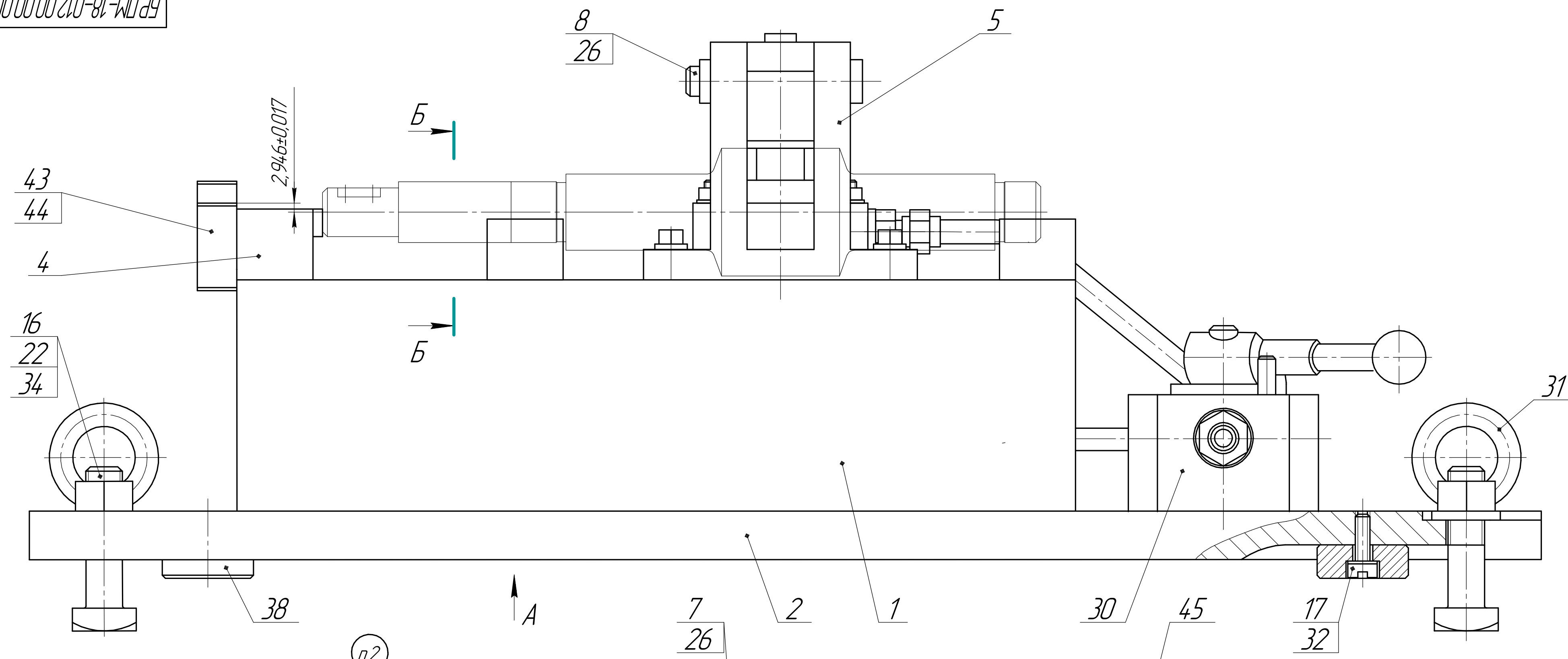
БР.ПМ-18-012.00.00.000 СК		Масштаб	
Лит.	Маса	Аркши	Аркшів
	0,14	1	1
Калібр-скода		ІФНТУНГ	
Сталь 20Х ГОСТ 4354-81		гр.ПМ-18-1	



Пристрій призначений для контролю радіального біття поверхні  $\phi 42_{-0,06}$  відносно поверхні "Б"  $\phi 20k6$  черв'яка ЧР21103.14.  
 Похибка мікрометра 0,0018 мм.  
 Похибка вимірювання пристрою 0,008 мм.

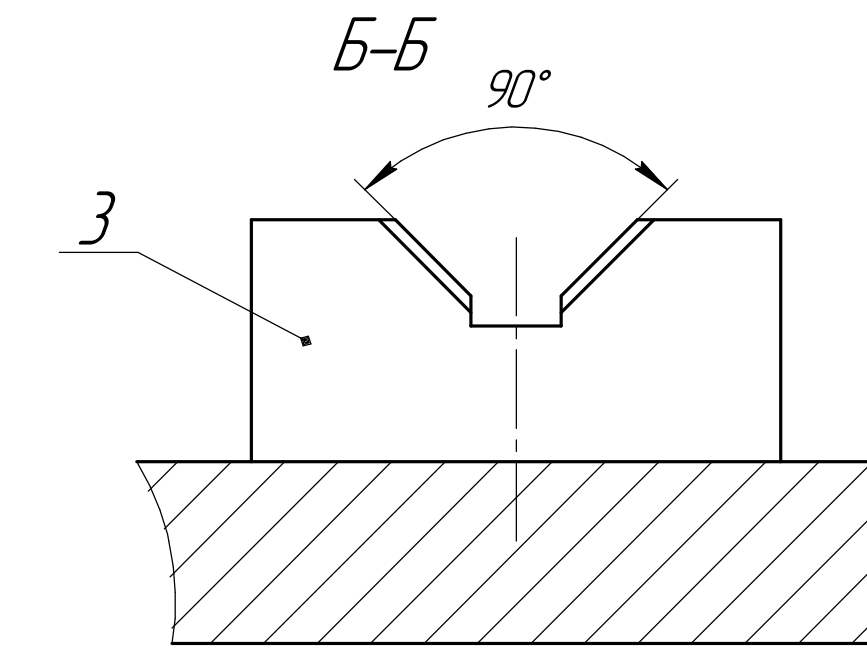
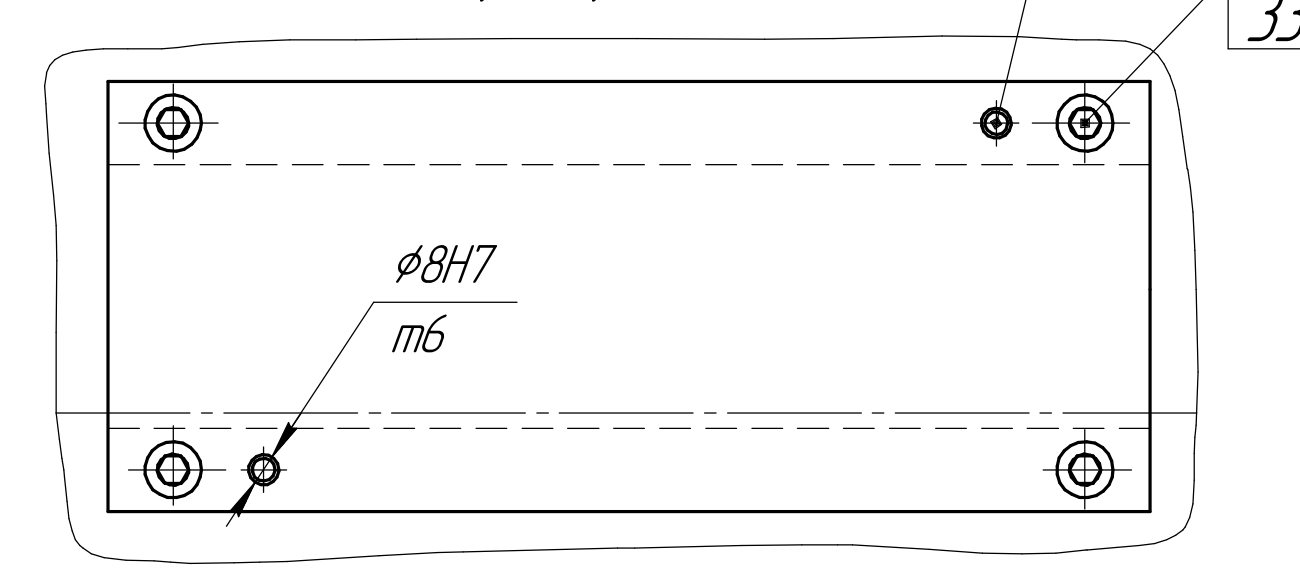
1. Маркувати.

БР.ПМ-18-012.00.00.000 СК					Лист	Маса	Масштаб
Зм.	Арх.	№ докум.	Підп.	Дата	Пристрій контрольний	1	1:1
Розроб.	Кицела						
Перев.	Рап'як						
Т.контр.	Рап'як						
Реценз.	Рап'як						
Н.контр.	Рап'як				Архив	Архив	1
Затв.	Панчик				ІФНТЧНГ гр. ПМ-18-1		



**Технічна характеристика**

1. Пристрій призначений для встановлення і закріплення черв'яка ЧР21103.14 при фрезеруванні паза 5Р9 на верстаті 692М.
2. Тип приводу - пневматичний.
3. Сила затиску пристрою (при  $p=0,4$  МПа)  $W=863,5$  Н.
4. Тиск в пневмережі  $p=0,4$  МПа.
5. Довжина робочого ходу поршня - 40 мм.



1. \*Разміри для довідок.
2. Маркувати.
3. Випробування провести при тиску 15 Ррад.
4. Пристрій повинен працювати плавно, без ривків і заїдань.

БР.ПМ-18-012.00.00.000 СК					Лист		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	Лист	Маса	Масштаб
Розроб.		Кицела					1:1
Перев.		Роп'як					
Т.контр.		Роп'як					
Реценз.		Роп'як					
Н.контр.		Роп'як					
Затв.		Панчук					
Пристрій фрезерний для верстата моделі 692М					Аркш. 1	Аркшів 1	
					ІФНТУНГ		
					гр. ПМ-18-1		