

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

Інститут інженерної механіки

Кафедра комп'ютеризованого машинобудування

Павлюк Тарас Вікторович

(прізвище, ім'я, по батькові)

УДК 621.9  
(індекс)

**БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА**

Технологія виготовлення деталі "Вал 3E756.000 000 PЭ4"

(назва роботи)

Прикладна механіка

(назва освітньої програми)

131- Прикладна механіка

(шифр і назва спеціальності)

Т.В.Павлюк

(підпис, ініціали та прізвище здобувача освітнього ступеня)

Науковий керівник Одосій З.М., професор кафедри КМВ  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

**Допущено до захисту**

Завідувач кафедри

професор В.Г. Панчук

(посада) (підпис) (дата) (ініціали та прізвище)

Рецензент

(посада) (підпис) (дата) (ініціали та прізвище)

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

м.Івано-Франківськ-2021 рік

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

(повне найменування закладу вищої освіти)

Інститут інженерної механіки

Кафедра комп'ютеризованого машинобудування

Освітній рівень - бакалавр

Спеціальність 131-Прикладна механіка

(шифр і назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

**Завідувач кафедри**

В.Г. Панчук

«   »                      20   року

**З А В Д А Н Н Я  
НА БАКАЛАВРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ**

Павлюку Тарасу Вікторовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Технологія виготовлення деталі “Вал 3E756.000 000 PЭ4”

керівник роботи Одосій З.М., професор кафедри КМВ

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від “10”березня 2021 року № 42/8

2. Строк подання студентом роботи до 15.06.2021 р.

3. Вихідні дані до роботи 1. Робоче креслення деталі;

2. Типовий технологічний процес (базовий)

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Конструкторсько-технологічний аналіз

2. Проектування технології виготовлення деталі

3. Проектування технологічної оснастки

4. Створення керуючої програми для обробки на верстаті з ЧПК

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

1. Креслення деталі і заготовки

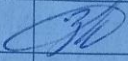

2. Карти технологічних налагоджень

3. Складальне креслення пристрою або вузла

4. Креслення технологічної оснастки

5. Автоматизована розробка керуючої програми для верстату з ЧПК

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
	Одосій З.М., професор кафедри КМВ		

7. Дата видачі завдання 12 березня 2021 р.

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів бакалаврської роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Конструкторсько-технологічний аналіз	26.03.2021	
2	Проектування технології виготовлення деталі	20.04.2021	
3	Проектування технологічної оснастки	20.05.2021	
4	Створення керуючої програми для обробки на верстаті з ЧПК	02.06.2021	
5	Пояснювальна записка	12.06.2021	
6	Графічна частина	15.06.2021	

Студент

  
(підпис)

Павлюк Т.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

  
(підпис)

Одосій З.М.

(прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

кваліфікаційної бакалаврської роботи: «Технологія виготовлення деталі «Вал 3E756.000.000 PЭ4»».

Розрахунково-пояснювальна записка: 57 сторінки, 17 рисунків, 18 таблиць, 11 посилань, 8 аркушів ф. А4 додатків.

Графічна частина – 5 аркушів формату А1.

Об'єкт дослідження – технологічний процес механічної обробки.

Предмет дослідження - деталь «Вал 3E756.000.000 PЭ4».

Мета роботи – розробити альтернативний базовому технологічний процес механічної обробки вала 3E756.000.000 PЭ4, з метою зменшити затрати на виготовлення його у порівнянні із заводським, та розробити конструкцію спеціального верстатного пристрою та керуючу програму для верстату з ЧПК.

Відповідно поставленій цілі у роботі на основі аналізу конструкції деталі, призначення деталі, базових методів отримання заготовки та маршруту механічної обробки та рекомендацій навчальної технічної літератури розроблено новий маршрут виготовлення даної деталі для середньосерійного типу виробництва. Відповідно вибрано оптимальний варіант отримання заготовки, призначено припуски та напуски, розраховано режими різання та проведено нормування операцій. Для закріплення деталі на шпонкофрезерній операції спроектовано спеціальний пристрій з пневмоприводом, для котрого проведено усі необхідні розрахунки щоб підтвердити його працездатність, розраховано різальний та контрольний інструменти. Для верстату з ЧПК розроблено керуючу програму. В додатках наведена технічна документація до маршруту виготовлення деталі та специфікація пристрою.

В графічній частині зображено креслення деталі, заготовки, описаних інструментів, схеми до карти наладки, складальне креслення пристрою, робоче креслення деталі пристрою, програма ЧПК верстату та схеми до неї.

Результати роботи можуть бути використані в машинобудівній галузі.

**Ключові слова:** *заготовка, деталь, технологічний процес, режими різання, швидкість різання, сила різання, операція, інструмент, обладнання, пристрій, сила затиску.*

Студент: Павлюк Т.В.

## SUMMARY

qualifying bachelor's thesis: "Technology of manufacturing parts" Shaft 3E756.000.000 RE4".

Calculation and explanatory note: 57 pages, 17 figures, 18 tables, 11 references, 8 sheets f. A4 applications.

Graphic part - 5 sheets of A1 format.

The object of research is the technological process of machining.

The subject of research - the part "Shaft 3E756.000.000 RE4".

The purpose of the work is to develop an alternative to the basic technological process of machining the shaft 3E756.000.000 RE4, in order to reduce the cost of its manufacture compared to the factory, and to develop a special machine tool and control program for CNC machine.

According to the set goal in the work on the basis of the analysis of a design of a detail, purpose of a detail, basic methods of reception of preparation and a route of machining and recommendations of educational technical literature the new route of manufacturing of this detail for average series type of production is developed. Accordingly, the optimal variant of obtaining the workpiece was selected, allowances and overhangs were assigned, cutting modes were calculated and operations were rationed. To fix the part on the key milling operation, a special device with a pneumatic drive was designed, for which all the necessary calculations were performed to confirm its operability, cutting and control tools were calculated. A control program has been developed for the CNC machine. The annexes provide technical documentation for the route of manufacture of the part and the specification of the device.

The graphic part shows the drawing of the part, the workpiece, the described tools, the scheme to the setup map, the assembly drawing of the device, the working drawing of the device part, the CNC program of the machine and the scheme to it.

The results can be used in the engineering industry.

*Keywords: workpiece, part, technological process, cutting modes, cutting speed, cutting force, operation, tool, equipment, device, clamping force.*

*Student: Pavlyuk T.V.*

## Зміст

Вступ .....	
1 Конструкторсько-технологічний аналіз .....	
1.1 Опис конструкції та роботи деталі .....	
1.2 Аналіз технологічності .....	
2 Проектування технології виготовлення деталі .....	
2.1 Визначення програми випуску і кількості деталей в партії .....	
2.2 Аналіз базового технологічного процесу .....	
2.3 Вибір і обґрунтування методу отримання заготовок .....	
2.4 Розробка маршруту обробки .....	
2.5 Вибір технологічного обладнання та технологічної оснастки .....	
2.6 Визначення між операційних припусків та між операційних розмірів	
2.7 Розрахунок режимів різання .....	
2.8 Технічне нормування операцій .....	
3 Конструкторська частина .....	
3.1 Проектування пристрою для механічної обробки .....	
3.1.1 Опис та принцип роботи пристрою .....	
3.1.2 Визначення сили затиску та розрахунок силового приводу .....	
3.1.3 Розрахунок пристрою на міцність .....	
3.1.4 Рівень уніфікації і стандартизації пристрою .....	
3.2 Опис та конструювання інструментів .....	
3.2.1 Конструювання та розрахунок одного ріжучого інструменту .....	
3.2.2 Контрольний інструмент .....	
4 Розробка керуючої програми для обробки на верстаті з ЧПК .....	
Висновки .....	
Список використаних джерел .....	
Додатки .....	

					<b>БР.ПМ-70.00.000 ПЗ</b>							
Змн.	Лист	№ Докум.	Підпис	Дата	<b>Технологія виготовлення деталі “Вал 3Е756.000 000 РЭ4” (пояснювальна записка)</b>				Літ.	Арк.	Акрушів	
Розроб.	Павлюк Т.В.										1	
Перевір.	Одосій З.М.											
Реценз.												
Н. Контр.	Одосій З.М.								<b>ПМЗ-19-1К</b>			
Затверд.	Панчук В.Г.											

## Вступ

Головним завданням машинобудівного виробництва є виготовлення машин належної високої якості з мінімізацією собівартості виготовлення та забезпечення високої продуктивності виробничого процесу.

Скорочення життєвого циклу виробів машинобудування характеризуються зростанням обсягів продукції, що виробляється в умовах багатомоделного виробництва, частина якого становить від 80% до 85% загального обсягу продукції машинобудування.

Комплексна автоматизація багатомоделного виробництва, для якого характерна часта змінність виробів, сприяла розвитку гнучкого автоматизованого виробництва.

Технічні засоби автоматизації автоматизованого виробництва, які мають властивості автоматично виконувати свої функції та швидко переналагоджуватися при зміні об'єкта виробництва, утворюючи гнучкі виробничі системи.

Останні характеризуються використанням сучасного обладнання з широкими технологічними властивостями, оснащені системами числового програмного керування, промисловими роботами та засобами автоматизації транспортних, нагромаджуючих та обслуговуючих операціях.

Ця зміна технічної бази машинобудівного виробництва безпосередньо впливає на його організацію і технологію.

					БР.ПМ-70.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# 1 Конструкторсько-технологічний аналіз

## 1.1 Опис конструкції та роботи деталі

Деталь вал 3E756.000.000.PЭ4 виготовляється із сталі 40X, яка повністю відповідає призначенню деталі. На валу виконані вісім шліців ( $D8 \times 32 \times 36 \times f7$ ) та один шпонковий паз (12H9), які служать для передачі крутного моменту, за допомогою шпонки та зубчастого колеса, чи шківів. Оскільки є передача крутного моменту значить вал в процесі роботи піддається дії втомним динамічним циклічним навантаженням, а отже повинен їх витримувати. Вал має посадочну циліндричну поверхню під підшипники з точністю k6. У шпонковому пазі виконано 2 різьбових отвори, які призначені для кріплення шпонки за допомогою гвинтів. На лівому кінці вала виконаний технологічний отвір, який призначений для транспортування та зберігання деталі, а також для виконання деяких операцій. Даний вал повинен мати твердість HB 229...285, яка забезпечується нормалізацією. При відсутності даного матеріалу його можна замінити сталями: 45ХН, 50ХН. Даний матеріал переважно служить для виготовлення: валів валів-шестірень, колінчатих валів, шпинделів, циліндрів і т.д.

До деталі ставляться такі вимоги до точності форми поверхонь: допуск радіального биття поверхні  $\varnothing 40k6$  відносно осі деталі не повинен перевищувати 0,03 мм, а також допуск радіального биття поверхні  $D8 \times 32 \times 36 \times 6_{-0,13}^{+0,2}$  відносно осі деталі не повинен перевищувати 0,03 мм. Такі вимоги забезпечуються обробкою в центрах.

Найбільш точними і відповідальними є поверхні  $\varnothing 40k6$  та  $\varnothing 36k6$  вони легко обробляються на круглошліфувальному верстаті. Канавка шириною  $b=3$ мм ( $\varnothing 39$ ) служить для виходу шліфувального круга.

Фаски служать для складання вала з іншими деталями та механізмами.

Таблиця 1.1 - Характеристика поверхонь деталей

№ поверхні	Розмір, який пов'язує поверхні	Точність форми і розміщення	Шорсткість, мкм
1	2	3	4
1, 10	$563h14_{-1,75}$	-	12,5
2	$2 \times 45^{\circ} js14_{-0,125}$	-	12,5
3	$\varnothing 36k6_{+0,002}^{+0,018}$	-	0,8

					БР.ПМ-70.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Продовження таблиці 1.1

1,4	470js10( $\pm 0,775$ )	-	12,5
5	$\varnothing 40k6^{(+0,018}_{+0,002})$		0,8
6	$\varnothing 39h14^{(-0,62)}; b = 3H14^{(+0,25)}$	-	12,5
7, 1	555js10 ( $\pm 0,875$ )	-	12,5
8	$\varnothing 48h14^{(-0,62)}$	-	12,5
9	$1 \times 45^{\circ} js14^{(-0,125)}$	-	12,5
11	$\varnothing 18,3H14^{(+0,52)}; 2\varphi = 120^{\circ}$	-	12,5
12	$\varnothing 12,5H14^{(+0,43)}; 2\varphi = 60^{\circ}$	-	12,5
13	$\varnothing 12,5H14^{(+0,43)}$	-	12,5
14	M10-7H	-	3,2
15-16	$\varnothing 0,5 \times 45^{\circ} js14^{(-0,125)}$	-	12,5
17-18	M4-7H	-	3,2
19	12H9( $+0,043$ )	-	3,2
20-27	$D8 \times 32 \times 36 \times 6^{+0,2}_{-0,13}$		3,2

ВИСНОВОК: При обробці деталі „Вал 3E756.000.000.PЭ4” основними поверхнями є поверхні 3, 5, 20-27, тому до них при обробці ставляться більші вимоги до точності та шорсткості. По цих поверхнях здійснюється базування при обробці. Технологічними є поверхні 2, 6, 9, 15-16 - це канавка, яка призначена для виходу різального інструменту при обробці; та фаски, які призначені для полегшення складальних робіт. Допоміжні поверхні 17-18 використовуються як кріпильні.

Хімічний склад сталі 40X згідно ГОСТ 4543-71 наведений у таблиці 1.2. Механічні властивості у таблиці 1.3.

Таблиця 1.2- Хімічний склад сталі 40X

C, %	Cr, %	Mn, %	Si, %	Інші легуючі елементи
0,36 -0,44	0,8 -1,1	0,5 - 0,8	0,17-0,37	0,15-0,25

Таблиця 1.3- Механічні властивості сталі 40X

Марка матеріалу	Твердість по Брінелю HB, не більше	Границя міцності при розтягу, $\sigma_B$ МПа	Межа текучості, $\sigma_T$ , МПа	Відносне видовження $\delta$ , 5, %
Сталь 40X	217	980	785	10

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	БР.ПМ-70.00.000 ПЗ				



## 1.2 Аналіз технологічності

Таблиця 1.4 - Плани механічної обробки

№ поверхні	Послідовність обробки (методи, види); інструменти	Точність, шорсткість поверхні	Тип верстата, пристрій
1	2	3	4
1, 10	Фрезерування торців і центрування отворів - фреза торцева і центрувальне свердло	$563h14_{(-1,75)}$ (12,5)	MP73M Пристрій при верстаті
2	Точіння фаски - різець для контурного точіння (Т5К10)	$2 \times 45^\circ js14_{(-0,125)}$ (12,5)	16K20Ф3 Патрон 3-х кулачковий
3	– Чорнове точіння - різець упорний (Т5К10) – Чистове точіння - різець упорний (Т5К10) – Попереднє шліфування - круг шліфувальний – Кінцеве шліфування - круг шліфувальний	$\varnothing 38,522h14_{(-0,62)}$ (12,5) $\varnothing 36,6k11_{(+0,162/+0,002)}$ (3,2) $\varnothing 36,18k8_{(+0,041/+0,002)}$ (1,6) $\varnothing 36k6_{(+0,018/+0,002)}$ (0,8)	16K20Ф3 Патрон 3-х кулачковий ЗУ142 Патрон повідковий, рухомий задній центр
4	Підрізання торця - різець для контурного точіння (Т5К10)	$470js10(\pm 0,775)$ (12,5)	16K20Ф3 Патрон 3-х кулачковий
5	– Чорнове точіння - різець упорний (Т5К10) – Чистове точіння - різець упорний (Т5К10) – Попереднє шліфування - круг шліфувальний – Кінцеве шліфування - круг шліфувальний	$\varnothing 40,522h14_{(-0,62)}$ (12,5) $\varnothing 40,6k11_{(+0,162/+0,002)}$ (3,2) $\varnothing 40,18k8_{(+0,041/+0,002)}$ (1,6) $\varnothing 40k6_{(+0,018/+0,002)}$ (0,8)	16K20Ф3 Патрон 3-х кулачковий ЗУ 142 Патрон повідковий, рухомий задній центр
6	Точіння канавки однократне - різець канавковий (Т5К10)	$\varnothing 39h14_{(-0,62)}$ ; $b = 3H14_{(+0,25)}$ (12,5)	16K20Ф3 Патрон 3-х кулачковий
7	Підрізання торця - різець для контурного точіння (Т5К10)	$555js10(\pm 0,875)$ (12,5)	16K20Ф3 Патрон 3-х кулачковий
8	Точіння однократне - різець упорний (Т5К10)	$\varnothing 48h14_{(-0,62)}$	16K20Ф3 Патрон 3-х кулачковий
9	Точіння фаски - різець упорний (Т5К10)	$1 \times 45^\circ js14_{(-0,125)}$ (12,5)	16K20Ф3 Патрон 3-х кулачковий
11	Зенкування фаски - зенківка (Р6М5)	$\varnothing 18,3H14_{(+0,52)}$ ; $2\varphi = 120^\circ$ (12,5)	16K20Ф3 Патрон 3-х кулачковий
12	Зенкування фаски - зенківка (Р6М5)	$\varnothing 12,5H14_{(+0,43)}$ ; $2\varphi = 60^\circ$ (12,5)	16K20Ф3 Патрон 3-х кулачковий

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БР.ПМ-70.00.000 ПЗ

Арк.

## Продовження таблиці 1.4

1	2	3	4
13	Свердління отвору - свердло (P6M5)	$\varnothing 12,5H14^{(+0,43)}$ (12,5)	16K20Ф3 Патрон 3-х кулачковий
14	Нарізання різьби - мітчик	M10-7H (3,2)	16K20Ф3 Патрон 3-х кулачковий
15-16	Зенкування фасок - зенківка (P6M5)	$\varnothing 0,5 \times 45^{\circ} js14^{(-0,125)}$ (12,5)	2Н125 Кондуктор
17-18	Свердління отвору 08,5 і нарізання різьби - свердло (P6M5) і мітчик	M4-7H (3,2)	2Н125 Кондуктор
19	Фрезерування пазу - фреза (P6M5)	12H9 <sup>(+0,043)</sup> (3,2)	692P Спеціальний пристрій
20-27	Фрезерування і шліфування шліців – черв'ячна та профільний шліф, круг	$D8 \times 32 \times 36 \times 6^{+0,2}_{-0,13}$ (3,2)	5350 Патрон повідковий, рухомий задній центр 3П451 Патрон повідковий, рухомий задній центр

					БР.ПМ-70.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Деталь вал 3E756.000.000.PЭ4 відноситься до довгих валів, оскільки відношення довжини до середнього діаметру становить:  $n = \frac{563}{41,3} = 14$ .

Креслення виконано правильно і технологічно про це свідчить ряд факторів. Правило розмірного ланцюга витримано та показані всі необхідні розрізи, перерізи та вигляди для повного розуміння конструкції деталі. Проставлені всі розміри та загальна шорсткість, винятком може бути отвір (поверхня 14), де вказано просто розмір 10. На мою думку тут необхідно передбачити різьбовий отвір. Вказані технологічні параметри, радіуси заокруглення під вихід інструменту. На деталі є шпонковий паз, який є глухим і замінити його на наскрізний немає можливості, судячи з технологічної можливості та призначення. На кресленні проставлена загальна шорсткість по Ra = 12,5мкм та невказані граничні відхилення H14, h14, ±IT14/2, твердість матеріалу досягається - нормалізацією.

Більшість обладнання, яке використовується досить продуктивним і ефективне, хоча виняток може становити шліфувальний верстат, який досить складний і вимогливий у обслуговуванні.

Але підвівши підсумок можна зробити загальний висновок, що деталь вал 3E756.000.000.PЭ4 в цілому є технологічною.

					БР.ПМ-70.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Приймаємо  $N=2300$  шт.

Кількість деталей у партії

$$n_{\partial} = \frac{N \cdot a}{F} = \frac{2300 \cdot 3}{254} = 27 \text{ шт}$$

де  $a$  – періодичність запуску виробів;  $a=3$  дні,

де  $F$  – число робочих днів у році;  $F=254$  дні.

розрахункове число змін на обробку партії деталей:

$$C = \frac{T_{\text{ум.сер}} \cdot n_{\partial}}{480 \cdot 0,8} = \frac{5,198 \cdot 27}{480 \cdot 0,8} = 0,37 \text{ зміни}$$

де 480 – дійсний фонд часу робочого обладнання за зміну, хв;

0,8 – нормативний коефіцієнт завантаження верстату у серійному виробництві.

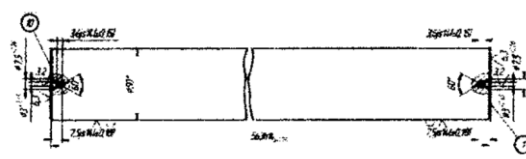
Прийнята кількість змін  $C_{np}=1$  зміна.

Прийнята кількість деталей у партії

$$n_{\partial} = \frac{C_{np} \cdot 480 \cdot 0,8}{T_{\text{ум.сер}}} = \frac{1 \cdot 480 \cdot 0,8}{5,198} = 75 \text{ шт.}$$

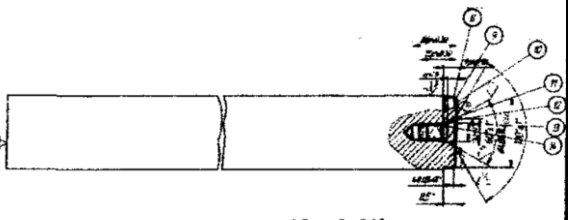
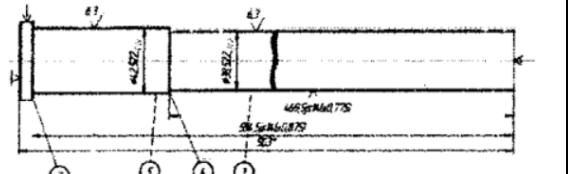
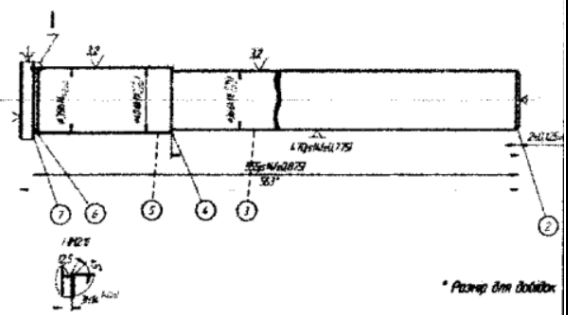
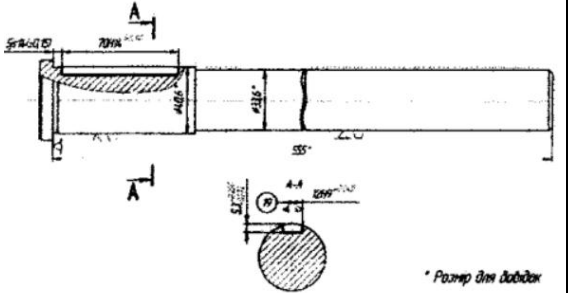
## 2.2 Аналіз базового технологічного процесу

Таблиця 2.2 - Опис базового техпроцесу.

№ оп. пер.	Назва операції та зміст переходу	Верстат, пристрій, оснастка, ріжучий та вимірний інструмент	Схема установки і обробки
1	2	3	4
005	Заготівельна		
010	Фрезерно-центрувальна	<i>MP73M</i>	
1 2	Фрезерувати торці в розмір $563_{-1,75}$ ; Центрувати деталь пов. 1 та 10	Пристрій при верстаті Фреза 2214-0001 ГОСТ 24539-80 Фреза 2214-0002 ГОСТ 24539-80 Свердло 2317-0006 ГОСТ14952-69 Штангенциркуль ШЦ-IV- 400-0,1 ГОСТ166-80 Оправка 6222-0035 ГОСТ 13785-68 (2шт) Втулка перехідна 6102- 0144 ГОСТ13598-85 Патрон 10 ГОСТ8522- 70,	

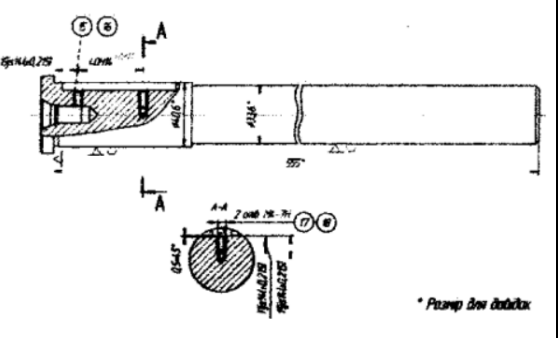
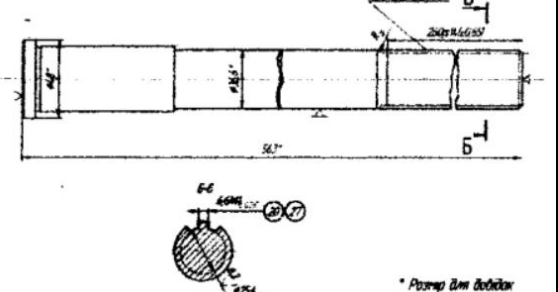
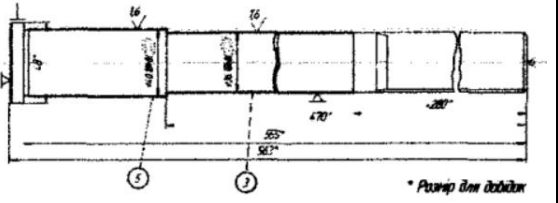
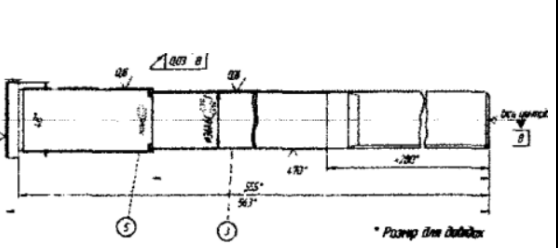
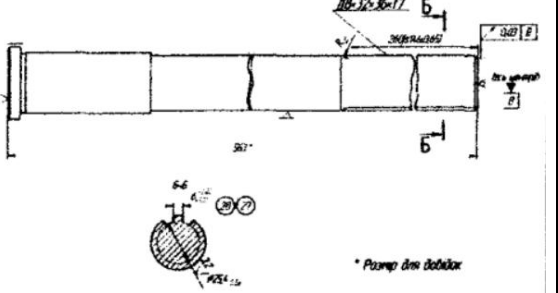
					БР.ПМ-70.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4
020	Токарно-гвинторізна	16K20 Патрон 7100-0007 ГОСТ2675-80 Різець 2102-0031 Т5К10 ГОСТ18868-73; Свердло 2300-0200 ГОСТ0902-69 Штангенциркуль ШЦ-I-125 ГОСТ166-80 Патрон 10 ГОСТ 8522- 70, Втулка перехідна 6102- 0144 ГОСТ 13598-85. Зенківка 2353-0133 ГОСТІ 4953-80 Зенківка 2353-0233 ГОСТ14953-80 Мітчик 2620-1420 ГОСТ3266-81 Патрон 6163- 001 ГОСТ8255-76 Калібр-пробка 8221-1038 Н7 ГОСТ 17756-72	 * Розмір дан додаток
025	Токарно-гвинторізна	16K20 Патрон 7100-0007 ГОСТ2675-80; Центр 1-БН, ГОСТ8742-75; Різець 2102-0031 Т5К10 ГОСТІ 8868-73; Штангенциркуль ШЦ-I-125 ГОСТ166-80	 * Розмір дан додаток
030	Токарно-гвинторізна	16K20 Патрон 7100-0007 ГОСТ2675-80 Центр 1-БН ГОСТ8742-75 Різець 2102-0031 Т5К10 ГОСТ 18868-73; Різець канавковий спеціальний Штангенциркуль ШЦ-I-125, ГОСТ 166-80	 * Розмір дан додаток
035	Шпонкофрезерна	692P Пристрій спеціальний Фреза 2234-0105 Р6М5 ГОСТ 9140-82 Штангенциркуль ШЦ-I-125 ГОСТ166-80; Цанга 6113-0850 ГОСТ 17201-71.	 * Розмір дан додаток

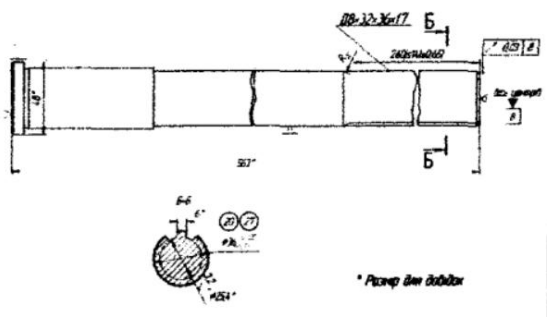
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4
040 1 2 3	Вертикально-свердлильна Свердлити отвір $0,3,5^{+0,1}$ на довжину $l=15\text{мм}$ , Зенкувати отвір на довжину $l=0,5\text{мм}$ , Нарізати різьбу М4-7Н на довжину $l=11\text{мм}$ ,	2Н125 Кондуктор свердлильний - Свердло 2300-0162 ГОСТ 10902-69 Патрон 10 ГОСТ8522-70, Втулка перехідна 6102-014 ГОСТ 13598-85. Зенківка 2353-0133 ГОСТ14953-80 Мігчик 2620-1089 ГОСТ3266-81 Патрон 6163- 001 ГОСТ8255-76 Калібр-пробка 8221-1038 Н7 ГОСТ 17756-72	 * Розмір для довідки
045 1	Шліцефрезерна Фрезерувати 8 шліців $D8 \times 32 \times 36 \times 6,6_{-0,09}$ на довжину $l=260 \pm 0,65$	5350 Патрон 7100-0007 ГОСТ2675-80 Центр 1-БН ГОСТ 8742-75 Фреза $6 \times 32 \times 36 - f9 - C$ ГОСТ8027-86 Штангенциркуль ШЦ-І-125 ГОСТ 166-80	 * Розмір для довідки
050 1 2	Круглошліфувальна Шліфувати пов. 5 до $\varnothing 40,18^{+0,041}_{+0,002}$ Шліфувати пов. 3 до $\varnothing 36,18^{+0,041}_{+0,002}$	3М151 Хомутик 7107-0071 ГОСТ 16488-81 Центр 7032-0029 ГОСТ 13214-79 (2 шт.) ПП500×63×127 25А 32Н СМ 16 К5 35м/с <sup>2</sup> кл А ГОСТ 2424-83 Мікрометр МК-50 ГОСТ 6507-87	 * Розмір для довідки
055 1 2	Круглошліфувальна Шліфувати пов. 5 до $\varnothing 40^{+0,018}_{+0,002}$ Шліфувати пов. 3 до $\varnothing 36^{+0,018}_{+0,002}$	3М151 Хомутик 7107-0071 ГОСТ 16488-81 Центр 7032-0029 ГОСТ 13214-79 (2 шт.) ПП500×63×127 25А 32Н СМ 16 К5 35м/с <sup>2</sup> кл А ГОСТ 2424-83 Калібр скоба 8113-0128h6 ГОСТ 18362-73 Калібр скоба 8113-0132h6 ГОСТ 18362-73	 * Розмір для довідки
060 1	Плоскошліфувальна Шліфувати 8 шліців $D8 \times 32 \times 36 \times 6_{-0,13}^{+0,2}$ на довжину $l=260 \pm 0,65$	3Е721ВФ3-1 Хомутик 7107-0071 ГОСТ 16488-81 Центр 7032-0029 ГОСТ 13214-79 (2 шт.) Ділильний механізм ІТ 300×20×127 СМ 4Б 35м/с <sup>2</sup> кл А ГОСТ 2424-83 (2шт) Мікрометр МК-50 ГОСТ 6507-87	 * Розмір для довідки

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

## Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4
065 1	Круглошліфувальна Шліфувати 8 шліців $D8 \times 32 \times 36 \times 6^{+0,2}_{-0,13}$ на довжину $l=260 \pm 0,65$	ЗМ151 Хомутик 7107-0071 ГОСТ 16488-81 Центр 7032-0029 ГОСТ 13214-79 (2 шт.) ПП 500x63x127 25А 32Н СМ 16 К5 35м/с 2 кл А ГОСТ 2424-83 Мікрометр МК-50 ГОСТ 6507-87	

Аналізуючи базовий технологічний процес, слід відмітити, що послідовність операції, яка встановлена дає можливість досягнути необхідної точності основних параметрів валу. При такій послідовності обробки правильно вибрані чорнові та чистові бази.

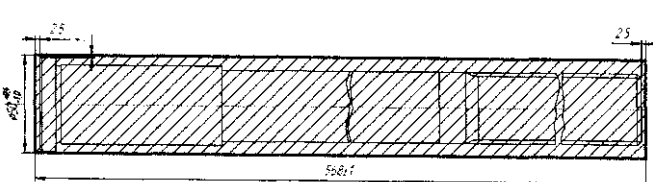
Дану послідовність обробки і схеми базування бажано залишити в проектному технологічному процесі. В проектному технологічному процесі я запропонував замінити токарні операції на токарні з ЧПК. Також на вертикально-свердлильну операцію використав спеціальний пристрій-кондуктор для свердління отвору, що значно скоротить час на установку і закріплення деталі. На верстатах з ЧПК я використав більш прогресивний інструмент з механічним кріпленням пластинок та з спеціальними підгонками. Також пропоную замінити круглошліфувальний верстат моделі ЗМ151 на круглошліфувальний верстат моделі ЗУ142, що дасть нам можливість скоротити витрати електроенергії. Також вважаю за необхідне об'єднати операції 060 та 065, де виконується шліфування 8 шліців на двох верстатах в одну операцію і використати шліце-шліфувальний верстат моделі ЗП451 для одночасного шліфування циліндричної та бокових поверхонь.

					БР.ПМ-70.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2.3 Вибір і обґрунтування методу отримання заготовок

Для розрахунку заготовки для валів найкраще використовувати прокат та штамповку в закритих плоских штампах. Оскільки деталь не велика то використовуємо гаряче штампувальний горизонтальний автомат. Точність розмірів і шорсткість поверхні штампувальних заготовок підвищують холодним калібруванням і плоским чи об'ємним прогладжуванням (чеканкою). Для подальшого вибору заготовки проводимо розрахунки і заносимо в таблицю 2.3.

Таблиця 2.3 – Вибір способу отримання заготовки

Штамповка	Прокат																				
<p>Вибираємо гарячо-штампувальний автомат. Форма штампа плоска.</p> <p>1. Вибираємо точність штамповки - Т3, с.28 [2]. 2. Визначаємо теоретичну масу штамповки, <math>C_p = C_o K_p</math>, де <math>C_o</math>- маса деталі, <math>K_p</math>- коефіцієнт - 1,5, тоді <math>C_p = 4,24 \cdot 1,5 = 6,36</math> кг; 3. Визначаємо групу сталі - М2, для сталі з вмістом вуглецю 0,35-0,65% с.8 [2]. 4. Визначаємо степінь складності штамповки для цього знаходимо об'єм циліндра і його масу за формулою</p> $M_u = \frac{\pi D^2}{4} \cdot l \cdot \rho,$ <p>де <math>D</math>- діаметр описаного циліндра, <math>D = 48 - 1,05 = 50,4</math>мм; <math>l</math> - довжина описаного циліндра, <math>l = 563 \cdot 1,05 = 591,15</math>мм, <math>\rho</math>- густина матеріалу - 7,81 т/м<sup>3</sup></p> $M_u = \frac{3,14 \cdot 50,4^2}{4} \cdot 591,15 \cdot 7,81 \cdot 10^{-6} = 9,21$ кг 5. Визначаємо степінь складності за формулою: $C = \frac{C_o}{M_u} = \frac{4,24}{9,21} = 0,46$ <p>Степінь складності - С2 с.30 [2]. 6. Знаходимо вихідний індекс - 11 с.10[2]. 7. Конфігурація штампа плоска . 8. Припуски на розміри штамповки с.13 т.3[2]. - на діаметральні розміри: Ø 48 + 1,3 · 2 = 50,6 мм Ø 40 + 1,6 · 2 = 43,2 мм Ø 36 + 1,3 · 2 = 50,6 мм - на довжини штамповки: 563 + 1,9 · 2 = 566,8мм 8 + 1,2 + 1,9 = 11,1мм 85 - 1,2 + 1,3 = 85,1мм 9. Знаходимо додаткові припуски с.14 т.4 [2]. Припуски на вгнутість та співвісність для діаметральних розмірів: Ø 50,6 + 0,3 · 2 = 51,2мм Ø 43,2 + 0,3 · 2 = 43,8 мм Ø 39,2 + 0,3 · 2 = 39,8мм Мінімальні радіуси заокруглення с.15 т.7 [2]. R= 1,6мм.</p>	<p>1. Вибираємо заготовку із прокату звичайної точності круглого січення діаметром 050мм, згідно ГОСТ 2590-88 2. Складаємо таблицю припусків та допусків на виготовлення прокату.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">№ пов</th> <th rowspan="2">Розмір</th> <th rowspan="2">Припуск</th> <th colspan="2">допуск</th> <th rowspan="2">прийнятий розмір</th> </tr> <tr> <th>+</th> <th>+</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>8</td> <td>50</td> <td>1x2,0</td> <td>0,4</td> <td>0,4</td> <td>Ø 50<sup>+0,4</sup><sub>-1,0</sub> ;</td> </tr> <tr> <td>1-10</td> <td>568</td> <td>2,5x2</td> <td>1,0</td> <td>1,0</td> <td>568 ± 1,0</td> </tr> </tbody> </table> <p>3. Визначаємо технічні вимоги згідно ГОСТ 2590-71 3.1 Допустима овальність до 0,7мм; 3.2 Допустима кривизна до 0,20 мм; 3.3 Допустима кривизна різі 2,0 мм. 4. Визначаємо масу прокату за формулою:</p> $M_n = \frac{\pi D^2}{4} \cdot l \cdot \rho,$ <p>де <math>D</math>- діаметр заготовки , <math>l</math>- довжина заготовки, <math>\rho</math>-густина матеріалу. Маса прокату становить:</p> $M_n = \frac{3,14 \cdot 50^2}{4} \cdot 568 \cdot 7,81 \cdot 10^{-6} = 8,69$ кг 5. Знаходимо коефіцієнт використання матеріалу за формулою $K = \frac{M_o}{M_n} = \frac{4,24}{8,69} = 0,49$ <p>6. Визначаємо собівартість прокату за формулою:</p> $S_3 = \left( \frac{C}{1000} M_n \right) - (M_n - M_o) \cdot \frac{S_e}{1000},$ <p>де <math>C</math> - вартість 1т прокату (13300 грн), <math>S_e</math> - вартість 1т стружки (2000 грн).</p> $S_3 = \left( \frac{13300}{1000} \cdot 8,69 \right) - (8,69 - 4,24) \cdot \frac{2000}{1000} = 106,7$ грн. Виконуємо креслення заготовки 	№ пов	Розмір	Припуск	допуск		прийнятий розмір	+	+	8	50	1x2,0	0,4	0,4	Ø 50 <sup>+0,4</sup> <sub>-1,0</sub> ;	1-10	568	2,5x2	1,0	1,0	568 ± 1,0
№ пов	Розмір				Припуск	допуск		прийнятий розмір													
		+	+																		
8	50	1x2,0	0,4	0,4	Ø 50 <sup>+0,4</sup> <sub>-1,0</sub> ;																
1-10	568	2,5x2	1,0	1,0	568 ± 1,0																

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БР.ПМ-70.00.000 ПЗ

Арк.

10. Визначаємо допуски с. 17-19 т.8 [2].  
на діаметри:

$$\varnothing 51,2^{+1,3}_{-0,7}; \varnothing 43,8^{+1,3}_{-0,7}; \varnothing 39,8^{+1,1}_{-0,5}.$$

на лінійні розміри:

$$\varnothing 566,8^{+2,1}_{-1,1}; \varnothing 111,1^{+1,1}_{-0,5}; \varnothing 85,1^{+1,3}_{-0,7}.$$

11. Визначаємо масу штамповки за формулою:

$$M_3 = (V_1 + V_2 + V_3) \cdot \rho,$$

де  $V_1 + V_2 + V_3$  - сума об'ємів циліндрів,

$\rho$  - густина матеріалу -  $7,81 \text{ т/м}^3$

$$M_3 = \frac{\pi}{4} (50,6^2 \cdot 11,1 + 43,2^2 + 85,1 + 39,2^2 \cdot 470,6^2) \cdot$$

$$\cdot 7,81 \cdot 10^{-6} = 7,11 \text{ кг}$$

12. Заходимо коефіцієнт використання матеріалу за

$$\text{формулою } K = \frac{M_d}{M_3} = \frac{4,24}{7,11} \approx 0,59$$

13. Визначаємо собівартість заготовки:

$$S_3 = \left( \frac{C}{1000} M_3 \right) - (M_3 - M_d) \cdot \frac{S_6}{1000},$$

де  $C$  - вартість заготовки (32800 грн.);

$S_6$  - вартість 1т стружки (2000грн).

$$S_3 = \left( \frac{32800}{1000} \cdot 7,11 \right) - (7,11 - 4,24) \cdot \frac{2000}{1000} = 227,52 \text{ р}$$

Розрахунки заносимо в таблицю і виконуємо креслення заготовки.

№ пов.	Розмір	Припуск	допуск		прийнятий розмір
			+	-	
8	Ø48	1,6×2	1,3	0,7	51,2 <sup>+1,3</sup> <sub>-0,7</sub>
5	Ø40к6	1,9×2	1,3	0,7	43,8 <sup>+1,3</sup> <sub>-0,7</sub>
3	Ø36к6	1,9×2	1,1	0,5	39,8 <sup>+1,1</sup> <sub>-0,5</sub>
1-10	563	1,9×2	2,1	1,1	566,8 <sup>+2,1</sup> <sub>-1,1</sub>
10-7	8	1,2+1,9	1,1	0,5	11,1 <sup>+1,1</sup> <sub>-0,5</sub>
7-4	85	-1,2+1,3	1,3	0,7	85,1 <sup>+1,3</sup> <sub>-0,7</sub>

14 Технічні умови на виготовлення заготовки штамповки

14.1 Радіуси закруглень R=2;

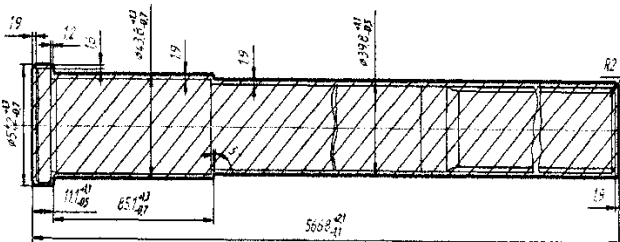
14.2 Гранична величина зміщення по верхній роз'єму до 0,7 мм;

14.3 Допустима величина заусенця по контуру пуансона 0,9 мм;

14.4 Граничні, відхилення від прямолінійності 0,5;

14.5 Допуск радіусів закруглень 0.5;

14.6 Штампувальні нахили 5°



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

БР.ПМ-70.00.000 ПЗ

Арк.

Порівняльну характеристику заготовок заносимо таблицю 2.4

Таблиця 2.4- Порівняльна характеристика заготовок

Показники	Штамповка	Прокат
Маса заготовки (кг)	7,11	8,69
Коефіцієнт використання металу	0,59	0,49
Собівартість 1-ї заготовки (грн.)	227,5	106,7

Порівнявши показники заготовок отриманих штамповкою та круглого прокату можна зробити висновок, що маси заготовок відрізняються незначно, а отже і коефіцієнт використання матеріалу відрізняється незначно. Хоча при цьому вартість заготовки отриманої штамповкою більш як у два рази перевищує вартість заготовки з прокату. Отже, вибираємо заготовку з прокату.

Розраховуємо економічний ефект за формулою:

$$E = (C_{шт} - C_{пр})N$$

де  $C_{шт}$  – вартість штамповки,

$C_{пр}$  – вартість прокату,

$N$  – річна партія деталей.

$$E = (227,5 - 106,7)2300 = 277840 \text{ грн.}$$

					БР.ПМ-70.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2.4 Розробка маршруту обробки

Аналізуючи базовий технологічний процес, слід відмітити, що послідовність операції, яка встановлена дає можливість досягнути необхідної точності основних параметрів вала. При такій послідовності обробки правильно вибрані чорнові та чистові бази.

Дану послідовність обробки і схеми базування бажано залишити в проектному технологічному процесі. В проектному технологічному процесі я запропонував замінити токарні операції на токарні з ЧПК. Крім того я об'єднав операції 025 та 030 базового технологічного процесу. Це дозволить значно скоротити час на переналаштування та закріплення деталі. Також замінив круглошліфувальний верстат моделі 3М151 на круглошліфувальний верстат моделі 3У142, що дасть нам можливість скоротити витрати електроенергії. Також об'єднав операції 060 та 065, де виконується шліфування 8 шліців на двох верстатах в одну операцію і використав шліцешліфувальний верстат моделі 3П451 для одночасного шліфування циліндричної та бокових поверхонь.

Для вертикально-свердлильної операції використав спеціальний пристрій – кондуктор для свердління отвору, що значно скоротить час на установку і закріплення деталі. На верстатах з ЧПК я використав більш прогресивний інструмент з механічним кріпленням пластинок та з спеціальними підточками.

Запропонований мною техпроцес зводжу в таблицю 2.5.

					БР.ПМ-70.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.5 - Опис проектного техпроцесу

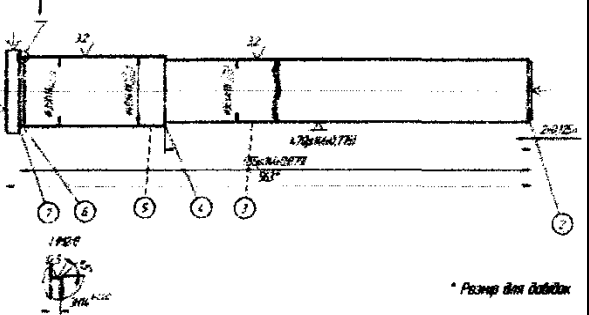
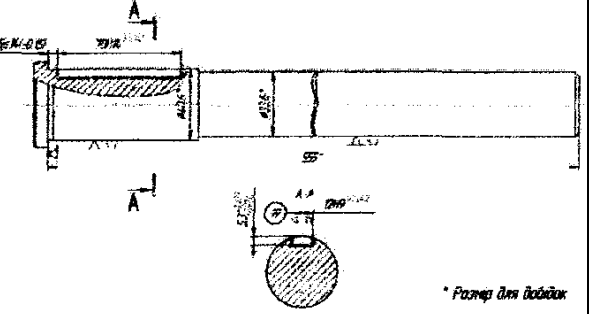
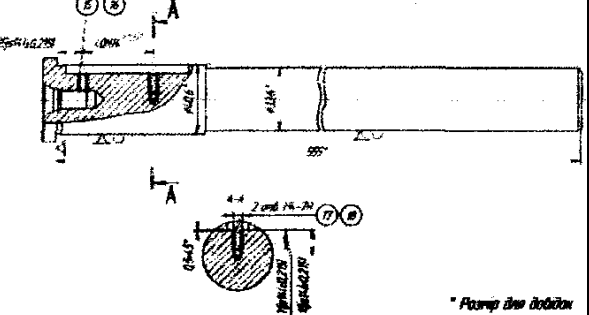
№ оп. пер.	Назва операції та зміст переходу	Верстат, пристрій, оснастка, ріжучий та вимірний інструмент	Схема установки і обробки
1	2	3	4
005	Заготівельна		
010	Фрезерно-центрувальна	<i>MP73M</i>	
1	Фрезерувати торці в розмір $563_{-1,75}$ ;	Пристрій при верстаті Фреза 2214-0001 ГОСТ 24539-80	
2	Центрувати деталь пов. 1 та 10	Фреза 2214-0002 ГОСТ 24539-80 Свердло 2317-0006 ГОСТ14952-69 Штангенциркуль ШЦ-IV- 400-0,1 ГОСТІ 66-80 Оправка 6222-0035 ГОСТ 13785-68 (2шт) Втулка перехідна 6102-0144 ГОСТ13598-85 Патрон 10 ГОСТ8522-70	
015	Термічна - нормалізація		
020	Токарна з ЧПК	<i>16K20Ф3</i>	
1	Точити пов. 8 $\text{Ø}48_{-0,62}$ на довжину $l=8,5\text{мм}$ ,	Патрон 7100-0007 ГОСТ2675-80	
2	Точити фаску 9 $b = \pm 0.125 \times 45^\circ \text{мм}$ ;	Різець 1506.2194-1221-01 СТП 1979-78	
3	Свердлити отвір $\text{Ø}08,5^{+0,22}$ на довжину $l=30\text{мм}$ ,	Свердло 2300-0200 ГОСТ0902-69	
4	Свердлити отвір $\text{Ø}12,5^{+0,43}$ на довжину $l=9\text{мм}$ ,	Штангенциркуль ШЦ-I-125 ГОСТ166-80 Патрон 10 ГОСТ8522- 70,	
5	Зенкувати отвір на довжину $l=6\text{мм}$ ,	Втулка перехідна 6102-0144 ГОСТ 13598-85.	
6	Зенкувати отвір до $\text{Ø}18,3^{+0,52}$	Зенківка 2353-0133 ГОСТ14953-80	
7	Нарізати різьбу М10-7Н на довжину $l=25\text{мм}$ , згідно програми.	Зенківка 2353-0233 ГОСТ14953-80 Мітчик 2620-1420 ГОСТ3266-81	

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

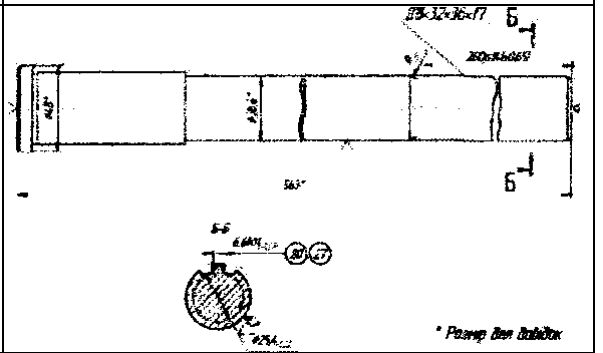
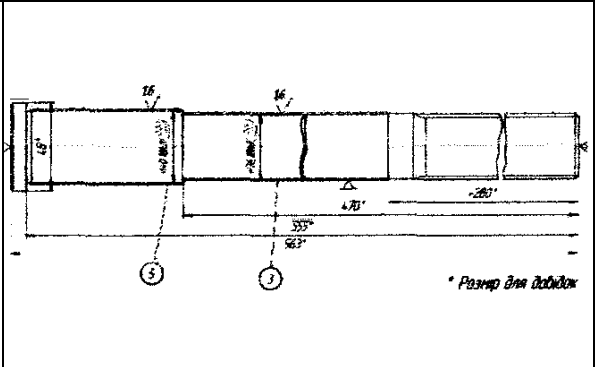
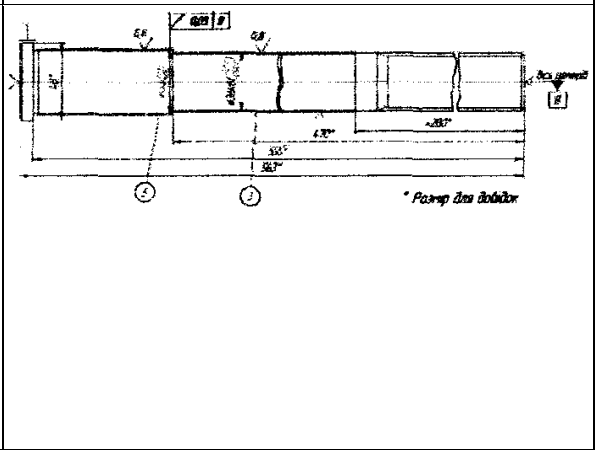
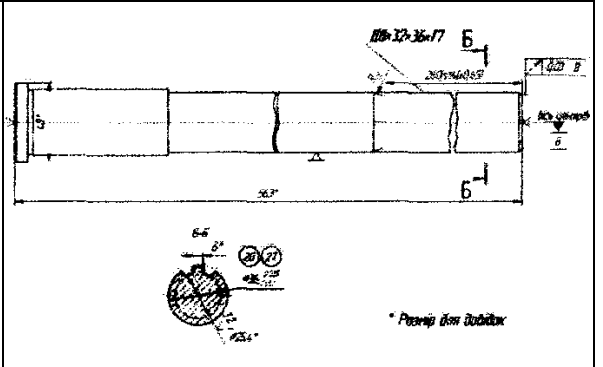
БР.ПМ-70.00.000 ПЗ

Арк.

Продовження таблиці 2.5

1	2	3	4
025 1 2 3 4	Токарна з ЧПК Точити пов. 5 до 042,522. 0,62 на довжину $l=554,5\pm 0,875\text{мм}$ , Точити пов. 3 до 038,522. 0,62 на довжину $l=469,5\pm 0,775\text{мм}$ Точити фаску 2 $b=2\pm 0.125\times 45^\circ\text{мм}$ ; Точити пов. 5 до $\varnothing 40,6^{+0,162}_{+0,002}$ на довжину $l=555\pm 0.875\text{мм}$ Точити пов. 3 до $\varnothing 36,6^{+0,162}_{+0,002}$ на довжину $l=470\pm 0,775\text{мм}$ Точити канавку $b=3\text{мм}$ до діаметру $\varnothing 39_{-0,62}\text{мм}$ згідно програми.	16К20Ф3 Патрон 7100-0007 ГОСТ2675-80 Центр 1-БН ГОСТ8742-75 Різець 2102-0031 Т5К10 ГОСТІ 8868-73 Різець 1506.2194-1221-01 СТП 1979-78; Різець канавковий спеціальний Штангенциркуль ШЦ-I-125 ГОСТ166-80	 <p>* Розмір для довідки</p>
030 1	Шпонкофрезерна Фрезерувати шпонковий паз $12^{+0,043}$ на довжину $l=70^{+0,74}$	692P Пристрій спеціальний Фреза 2234-0105 Р6М5 ГОСТ9140-82 Штангенциркуль ШЦ-I-125 ГОСТ166-80; Цанга 6113-0850 ГОСТ17201- 71.	 <p>* Розмір для довідки</p>
035 1 2 3	Вертикально-свердлильна Свердлити отвір $\varnothing 3,5^{+0,1}$ на довжину $l=15\text{мм}$ , Зенкувати отвір на довжину $l=0,5\text{мм}$ , Нарізати різьбу М4-7Н на довжину $l=11\text{мм}$ ,	2Н125 Кондуктор свердлильний Свердло 2300-0162, ГОСТ 10902-69 Патрон 10 ГОСТ 8522-70, Втулка перехідна 6102-014, ГОСТ 13598-85. Зенківка 2353-0133, ГОСТ 14953-80 Мітчик 2620-1089, ГОСТ 3266-81 Патрон 6163- 001, ГОСТ 8255-76 Калібр-пробка 8221-1038 Н7, ГОСТ 17756-72	 <p>* Розмір для довідки</p>

Продовження таблиці 2.5

1	2	3	4
040 1	Шліцефрезерна Фрезерувати 8 шліців $D8 \times 32 \times 36 \times 6,6_{-0,09}^{+0,09}$ , на довжину $l = 260 \pm 0,65$	5350 Патрон 7100-0007 ГОСТ 2675-80 Центр 1-БН, ГОСТ 8742-75 Фреза 6x32x36-f9-C ГОСТ 8027-86	 <p>Technical drawing of a slot drill bit. The main drawing shows a cylindrical tool with a diameter of 8 mm and a length of 260 mm. It features a cutting edge with a chamfered end. A detail view shows the cutting edge with a diameter of 6.5 mm and a chamfer angle of 30°. The drawing is labeled with '6x32x36-f7' and 'Б'.</p>
045 1 2	Круглошліфувальна Шліфувати пов. 5 до $\varnothing 40,18_{+0,002}^{+0,041}$ Шліфувати пов. 3 до $\varnothing 36,18_{+0,002}^{+0,041}$	ЗУ142 Хомутик 7107-0071 ГОСТ 16488-81 Центр 7032-0029 ГОСТ 13214-79 (2 шт.) ПП 500x63x127 25А 32Н СМ 16 К5 35м/с 2 кл А ГОСТ 2424-83 Мікрометр МК-50 ГОСТ 6507-87	 <p>Technical drawing of a grinding wheel. The main drawing shows a cylindrical wheel with a diameter of 40.18 mm and a length of 260 mm. It features a grinding surface with a chamfered end. A detail view shows the grinding surface with a diameter of 36.18 mm. The drawing is labeled with '5' and '3'.</p>
050 1 2	Круглошліфувальна Шліфувати пов. 5 до $\varnothing 40_{+0,002}^{+0,018}$ Шліфувати пов. 3 до $\varnothing 36_{+0,002}^{+0,018}$	ЗУ142 Хомутик 7107-0071 ГОСТ 16488-81 Центр 7032-0029 ГОСТ 13214-79 (2 шт.) ПП 500x63x127 25А 32Н СМ 16 К5 35м/с 2 кл А ГОСТ 2424-83 Калібр скоба 8113-0128 h6 ГОСТ 18362-73 Калібр скоба 8113- 0132h6 ГОСТ 18362-73	 <p>Technical drawing of a grinding wheel. The main drawing shows a cylindrical wheel with a diameter of 40 mm and a length of 260 mm. It features a grinding surface with a chamfered end. A detail view shows the grinding surface with a diameter of 36 mm. The drawing is labeled with '2' and '3'.</p>
055 1	Шліцешліфувальна Шліфувати 8 шліців $D8 \times 32 \times 36 \times 6_{-0,13}^{+0,2}$ на довжину $l = 260 \pm 0,65$	ЗП451 Хомутик 7107-0071 ГОСТ 16488-81 Центр 7032-0029 ГОСТ 13214-79 (2 шт.) ПП 200x32x50 Э9 СМ1- СМ2 7 В 35м/с 2 кл А ГОСТ 4785-64 Мікрометр МК-50 ГОСТ 6507-87	 <p>Technical drawing of a slot grinding wheel. The main drawing shows a cylindrical wheel with a diameter of 8 mm and a length of 260 mm. It features a grinding surface with a chamfered end. A detail view shows the grinding surface with a diameter of 6.5 mm and a chamfer angle of 30°. The drawing is labeled with '6x32x36-f7' and 'Б'.</p>

## 2.5 Вибір технологічного обладнання та технологічної оснастки

Для нашого типу виробництва доцільно використати фрезерно-центрувальний верстат моделі МР73М.

Основні характеристики фрезерно-центрувального чотири шпindelьного напівавтомату мод. МР73М:

- межі діаметрів оброблювальних деталей, мм 20-100
- межі довжин оброблювальних деталей, мм 315 - 700

Фрезерні головки:

найбільший хід головки, мм	- 200
Робоча подача фрези, мм/хв	- безступінчаста 20 - 400
Частота обертів шпинделя, хв. <sup>-1</sup>	125 - 958
Кінець шпинделя	№50

Свердлильні головки:

Найбільший хід свердлильної головки, мм	60
Робоча подача свердлильної головки, мм/хв	- безступінчаста 20 - 300
Частота обертів шпинделя, хв. <sup>-1</sup>	238 - 1125
Потужність приводу, кВт	7,5
Габаритні розміри, мм	2645 x 1865
Категорія ремонтної складності	6/12

Виходячи з розмірів та конфігурації деталі, а також типу виробництва, для токарної обробки деталі (чорнових і чистових операцій) вибираємо токарний верстат з ЧПК мод. 16К20Ф3.

Основні характеристики:

Найбільший діаметр оброблювальної деталі, мм	
- над станиною	- 400
- над супортом	- 220
Найбільша довжина оброблювальної деталі, мм	- 1000
Висота встановлюваного різця, мм	- 25
Кількість швидкостей шпинделя	- 18
Частота обертів шпинделя, хв. <sup>-1</sup>	12,5-2000

					БР.ПМ-70.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Величина повздовжньої подачі, мм/хв	2-1200
Величина поперечної подачі, мм/хв	1 - 2200
Потужність приводу кВт	10
Габаритні розміри, мм	3100-1390

Для фрезерування шпонкового пазу вибираємо вертикальний шпонкофрезерний напівавтомат мод. 692Р.

Його основні характеристики:

Найменший і найбільший діаметр деталі, яку можна встановити, мм	12-75
Ширина пазів, що обробляються, мм	4-24
Найбільше переміщення каретки, мм	300
Робочі розміри стола, мм	250x1000
Частота обертів шпинделя, хв <sup>-1</sup>	400-3750
Подача фрезерної каретки, мм/хв безступ.	450-1200
Потужність приводу, кВт	22
Габаритні розміри, мм	2080 x 1640

Для шліфування поверхонь деталі вибираємо круглошліфувальний верстат мод. 3У142

Основні характеристики:

Найбільший діаметр оброблюваної деталі, мм	400
Найбільша довжина оброблюваної деталі, мм	1000
Висота центрів над столом, мм	240
Розміри шліфувального круга, мм	600 x 63 x 125
Частота обертів деталі, хв <sup>-1</sup> безт.	30-700
Частота обертів шліфувального круга	1112, 16900
Конус отвору шпинделя, (км)	№5
Конус отвору задньої бабки, (км)	№5
Швидкість ходу стола, м/хв	0,05 - 5
Габаритні розміри, мм	6310 × 2585 × 1982
Категорія ремонтної складності	6,5/7

					БР.ПМ-70.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для свердління отворів вибираємо вертикально-свердлильний верстат моделі 2Н125.

Основні характеристики:

Найбільший умовний діаметр свердління в сталі, мм	25
Робоча поверхня стола, мм	400 x 450
Хід шпинделя, мм	200
Конус Морзе отвору шпинделя	Морзе №3
Число швидкостей шпинделя	12
Частота обертання шпинделя, хв. <sup>1</sup>	45-2000
Число подач стола	9
Подача, мм/хв.	0,1-1,6
Потужність електродвигуна головного руху, кВт	2,2

Для фрезерування восьми шліців вибираємо шліцешліфувальний верстат моделі 5350

Основні характеристики:

Найбільші розміри оброблюваного виробу, мм:

діаметр	150
довжина	675
модуль	6
Числа нарізаних шліців	4; 5; 6; 7; 8; 9; 10
Висота центрів, мм	250
Найбільший діаметр фрези, мм	140
Число швидкостей фрезерного шпинделя	6
Число обертів фрезерного супорта в хвилину	80-250
Кількість подач	12
Подача, мм/об	0,63-5
Потужність двигуна головного руху, кВт	7
Габаритні розміри, мм	2345x1550x1650

					БР.ПМ-70.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для шліфування восьми шліців вибираємо шліцешліфувальний верстат моделі ЗП451

Основні характеристики:

Зовнішній діаметр (що шліфується) шліцевого вала, мм	35-100
Довжина заготовки, що, шліфується, мм	200 - 710
Найбільша довжина шліців, що шліфуються, мм	60-380
Число шліців, що шліфуються, шт.	3-98
Розміри робочої поверхні стола, мм	250 - 1500
Швидкість поздовжнього переміщення стола (безступінчасте регулювання), м/хв.	2-10
Автоматичне вертикальне переміщення шліфувальної головки, мм	0,005 - 0,07
Частота обертання шліфувального круга, хв. <sup>-1</sup>	2880; 4550; 6300
Потужність електродвигуна головного руху, кВт	3
Габаритні розміри, мм	2600 × 1513 × 1905

					БР.ПМ-70.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2.6 Визначення міжопераційних припусків та міжопераційних розмірів

Міжопераційні припуски та міжопераційні розміри слід визначати на всі оброблювані поверхні, за винятком тих поверхонь, де ведеться однократна обробка. Розрахунок ведеться таким методом:

- 1) Для різбових поверхонь необхідно визначити діаметр стержня під різьбу.
- 2) На одну оброблювану поверхню графічно зображаємо розміщення припусків та допусків.
- 3) Припуски визначаємо по таблиці 5 ст. 419 [3], таблиця 7 ст. 490 [3]. Допуски по таблиці 13 [3].
- 4) Для зручності розрахунку дані заносимо в таблицю 2.6.

Таблиця 2.6 - Міжопераційні припуски та розміри

Технологічні операції і переходи обробки окремих поверхонь	Шорсткість	Квалітет. точності	Найменше з-ня припусків 2Z min (мкм)	Розрахунковий р-к (мм)	Допуск (мкм)	Граничні розміри (мм)		Граничні припуски (мкм)	
						max	min	max	min
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Поверхня 5 $\varnothing 40k6 \begin{matrix} +0,018 \\ +0,002 \end{matrix}$									
Заготовка:				49	1400	50,4	49		
Точіння: чорнове чистове	12,5	14	7098	41,902	620	42,522	41,902	7878	7098
	3,2	11	1300	40,602	160	40,762	40,602	1760	1300
Шліфування: Попереднє	1,6	8	420	40,182	39	40,221	40,182	541	420
Кінцеве	0,8	6	180	40,002	16	40,018	40,002	203	180
								10382	8998

Перевірка:

$$\sum Z_{max} - \sum Z_{min} = \delta_o - \delta_z$$

$$10382 - 8998 = 1400 - 16$$

$$1384 = 1384$$

$$\sum Z_{1max} - \sum Z_{1min} = \delta_1 - \delta_2$$

$$203 - 180 = 39 - 16$$

$$23 = 23$$

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	БР.ПМ-70.00.000 ПЗ					

Продовження таблиці 2.6

Технологічні операції і переходи обробки окремих поверхонь	Шорсткість	Квалітет. точності	Найменше з-ня припусків 2Z min (мкм)	Розрахунковий р-к (мм)	Допуск (мкм)	Граничні розміри (мм)		Граничні припуски (мкм)	
						max	min	max	min
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Поверхня 3 $\varnothing 36k6^{(+0,018/+0,002)}$									
Заготовка:				49	1400	50,4	49		
Точіння: чорнове чистове	12,5	14	11098	37,902	620	38,522	37,902	11878	11098
	3,2	11	1300	36,602	160	36,762	36,602	1760	1300
Шліфування: попереднє кінцеве	1,6	8	420	36,182	39	36,221	36,182	541	420
	0,8	6	180	36,002	16	36,018	36,002	203	180
								14382	12998

Перевірка:

$$\sum Z_{max} - \sum Z_{min} = \delta_o - \delta_s$$

$$14382 - 12998 = 1400 - 16$$

$$1384 = 1384$$

$$\sum Z_{1max} - \sum Z_{1min} = \delta_1 - \delta_2$$

$$203 - 180 = 39 - 16$$

$$23 = 23$$

Вибираємо діаметр стержня під різьбу М10-7Н, для даної різьби діаметр стержня становить  $\varnothing 8,5^{+0,22}$  мм т. 3.114 ст. 226 [11]. Припуск на обробку розраховуємо аналогічно.

Вибираємо діаметр стержня під різьбу М4-7Н, для даної різьби діаметр стержня становить  $\varnothing 3,5^{+0,1}$  мм т.3.114 ст. 226 [11]. Припуск на обробку розраховуємо аналогічно.

Зображаємо графічно схему розміщення полів допусків для розміру  $\varnothing 36k6^{(+0,018/+0,002)}$  рис. 2.1.

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	БР.ПМ-70.00.000 ПЗ					



7) Визначаємо хвилинну подачу фрези за формулою:

$S_{xe} = S_z \cdot Z \cdot n = 0,18 \cdot 2 \cdot 630 = 226,8 \text{ мм/хв.}$  де  $S_z$  - подача на зуб фрези, рівна 0,18мм с.286 т.38 [4].

8) Коректуємо по паспорту верстата  $S_{хвпр} = 200 \text{ мм/хв.}$

9) Визначаємо потужність різання  $N_{різ} = 2,1 \text{ кВт с.295 к. 163 [4].}$

10) Провіряємо достатність приводу головного руху верстату.

$$N_{різ} \leq N_{дв} \cdot \eta$$

$$N_{різ} \leq 7,5 \cdot 0,85$$

$$2,1 \leq 6,4$$

Потужності верстату достатньо.

11) Визначаємо силу різання  $P_z$ :  $P_z = \frac{10C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^n \cdot z}{D^q \cdot n^w} K_{mp}$

де  $C_p = 68,2$ ;  $x = 0,86$ ;  $y = 0,72$ ;  $u = 1,0$ ;  $q = 0,86$ ;  $w = 0$  - поправочні коефіцієнти т.41 ст.291 [4].

$$K_{mp} = \left( \frac{\sigma_6}{750} \right)^n = \left( \frac{980}{750} \right)^{0,75} = 1,22$$

$$P_z = \frac{10C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^n \cdot z}{D^q \cdot n^w} K_{mp} = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 0,2^{0,86} \cdot 0,18^{0,72} \cdot 12^{1,0} \cdot 2}{12^{0,86} \cdot 630^0} \cdot 1,22 = 171,8 \text{ Н}$$

12) Визначаємо машинний час за формулою:

$$T_m = \frac{L}{S_{xe}} i,$$

де:  $L = l - D = 70 - 12 = 58 \text{ мм}$ ,  $l$  - довжина пазу,  $D$  - діаметр фрези,  $S_{xe}$  - хвилинна

прийнята подача,  $i$  - кількість проходів  $i = \frac{h}{t} = \frac{5}{0,2} = 0,25$

$$T_m = \frac{58}{200} \cdot 25 = 7,25 \text{ хв.}$$

### Операція 040 – Вертикально-свердлильна.

Перехід 1.

Для обробки на дані операції використовуємо такий різальний інструмент:

Свердло 2300-0162 Р6М5, ГОСТ Ю902-69; Патрон 10, ГОСТ8522-70;

Втулка перехідна 6102-0144, ГОСТ 13598-85. Діаметр свердла  $D=4 \text{ мм}$ ,  $L=55 \text{ мм}$ ,

$l_p=22 \text{ мм}$ .

					БР.ПМ-70.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Геометричні параметри свердла:  $2\varphi = 118^\circ$ ;  $\alpha = 11^\circ$ ;  $\omega = 30^\circ$ ;  $\psi = 55^\circ = 55^0$ .

Форма заточки - *H*.

1. Визначаємо глибину різання:  $t = \frac{D}{2} = \frac{3.5}{2} = 1.75 \text{ мм}$

2. Визначаємо подачу:

$$S = 0.08 \div 0.1 \text{ мм/об} \quad \text{т.25, ст.277 [4]}$$

Поправочні коефіцієнти:  $K_{is}=0,9$ ;  $K_{os}=1$ ;  $K_{xs}=0,75$ ;  $K_{IS}=1$ .

$$S = (0,08 + 0,1) \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 1 = 0,054 + 0,0675 \text{ мм / об}$$

3. Стійкість Інструменту:  $T=15 \text{ хв}$ . т.30., ст279 [4].

4. Знаходимо швидкість різання за формулою:  $V = \frac{C_v \cdot D^g}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v$

$C_v = 7,0$ ;  $g = 0,4$ ;  $y = 0,7$ ;  $m = 0,2$  - поправочні коефіцієнти. т.28ст.278 [4].

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{uv} \cdot K_{lv}$$

$$K_{mv} = K_r \left( \frac{750}{Q_6} \right)^{m_s} = \left( \frac{750}{980} \right)^{0,9} = 0,79 \quad \text{ст. 262 [4].}$$

$$K_{uv} = 1,0$$

$$K_{lv} = 0,85$$

$$K_v = 0,79 \cdot 1 \cdot 0,85 = 0,68$$

$$V = \frac{7 \cdot 3.5^{0,4}}{15^{0,2} \cdot 0.06^{0,7}} \cdot 0.68 = 32.75 \text{ м / хв}$$

5. Знаходимо частоту обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 32.75}{3.14 \cdot 3.5} = 2980 \text{ хв}^{-1}$$

6. Корегуємо отримані значення до паспорту верстата:  $n = 1400 \text{ хв}^{-1}$   
 $S = 0.1 \text{ мм/об}$

7. Фактичні значення:

Швидкості:  $V = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3.14 \cdot 3.5 \cdot 1400}{1000} = 15.39 \text{ м / хв}$

Стійкості інструменту:  $T = T_n \cdot \left( \frac{V_p}{V} \right)^{\frac{1}{m}} = 15 \cdot \left( \frac{32.75}{15.39} \right)^{0,2} = 654.6 \text{ хв}$

8. Потужність різання:

					БР.ПІМ-70.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$N_g = \frac{M_{kp} \cdot n}{9750}$$

$$M_{kp} = C_m \cdot D^q \cdot S^y \cdot K^p$$

$$\left. \begin{array}{l} C_m = 0,0345 \\ q = 2,0 \\ y = 0,8 \end{array} \right\} \text{- коефіцієнти і показники степеню т.32 ст.281 [4]}$$

$$K^p = K_{mp} = \left( \frac{Q_g}{750} \right)^n = \left( \frac{980}{750} \right)^{0,75} = 1,22$$

$$M_{kp} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 3,5^2 \cdot 0,1^{0,8} \cdot 1,22 = 0,82 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$N_g = \frac{0,82 \cdot 1400}{9750} = 0,12 \text{ кВт}$$

$$N_g < N_{ог} \cdot \eta$$

$$0,12 < 2,8 \cdot 0,8 = 2,24 \text{ - отже, обробка можлива.}$$

9. Основний час на обробку:  $t_0 = \frac{L \cdot i}{n \cdot S} = \frac{17 \cdot 1}{1400 \cdot 0,1} = 0,12 \text{ хв}$

Перехід 2.

Для обробки на дані операції використовуємо такий різальний інструмент:

Зенківка 2353-0133 Р6М5, ГОСТ14953-80; Патрон 10, ГОСТ8522-70;

Втулка перехідна 6102-0144, ГОСТ 13598-85.  $2\varphi = 90^\circ$ .

Визначаємо глибину різання:

$$t = h = 0,5 \text{ мм}$$

Визначаємо подачу:

$$S = 0,08 \div 0,1 \text{ мм/об} \quad \text{т.25 ст.277 [4]}$$

Поправочні коефіцієнти:  $K_{iS} = 0,9$ ;  $K_{os} = 1$ ;  $K_{жS} = 0,75$ ;  $K_{iS} = 1$ .

$$S = (0,08 + 0,1) \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 1 = 0,054 \div 0,0675 \text{ мм/об}$$

Стійкість Інструменту:  $T = 45 \text{ хв}$ . т.30 ст.279 [4].

Знаходимо швидкість різання за формулою:

$$V = \frac{C_v \cdot D^g}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v$$

$C_v = 16,3$ ;  $g = 0,3$ ;  $x = 0,2$ ;  $y = 0,5$ ;  $m = 0,3$  - поправочні коефіцієнти.

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{uv} \cdot K_{iv}$$

					БР.ПІМ-70.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K_{mv} = K_r \left( \frac{750}{Q_B} \right)^{n_v} = 1 \left( \frac{750}{980} \right)^{0.9} = 0.79 \quad \text{ст.262 [4].}$$

$$K_{uv} = 1,0$$

$$K_{lv} = 0.85$$

$$K_v = 0.79 \cdot 1 \cdot 0.85 = 0.68$$

$$V = \frac{16.3 \cdot 3.5^{0.3}}{45^{0.3} \cdot 0.5^{0.2} \cdot 0.06^{0.5}} \cdot 0.68 = 24.16 \text{ м/хв}$$

Знаходимо частоту обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi D^2} = \frac{1000 \cdot 24.16}{3.14 \cdot 3.5} = 2198.3 \text{ хв}^{-1}$$

Корегуємо отримані значення до паспорту верстата:  $n = 1400 \text{ хв}^{-1}$

$$S = 0,1 \text{ мм/об.}$$

Фактичні значення:

$$\text{швидкості різання: } V = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3.14 \cdot 3.5 \cdot 1400}{1000} = 15.39 \text{ м/хв}$$

$$\text{стійкості інструменту: } T = T_n \cdot \left( \frac{V_p}{V} \right)^{\frac{1}{m}} = 45 \cdot \left( \frac{24.16}{15.39} \right)^{\frac{1}{0.2}} = 429 \text{ хв}$$

Визначаємо потужність різання:

$$N_g = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750}$$

$$M_{кр} = 10 C_m \cdot D^q \cdot S^y \cdot K^p$$

$$\left. \begin{array}{l} C_m = 0,09 \\ q = 1,0 \\ y = 0.8 \end{array} \right\} \text{ - коефіцієнти і показники степеню} \quad \text{т.32 ст.281 [4]}$$

$$K^p = K_{кр} = \left( \frac{Q_g}{750} \right)^n = \left( \frac{980}{750} \right)^{0.75} = 1.22$$

$$M_{кр} = 10 \cdot 0.09 \cdot 3.5^{1.0} \cdot 0.1^{0.8} \cdot 1.22 = 0.61 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$N_g = \frac{0.61 \cdot 1400}{9750} = 0,09 \text{ кВт}$$

$$N_g < N_{ог} \cdot \eta$$

$0,09 < 2,8 \cdot 0,8 = 2,24$  - отже, обробка можлива.

					БР.ПМ-70.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Основний час на обробку:

$$t_0 = \frac{L \cdot i}{n \cdot S} = \frac{2,5 \cdot 1}{1400 \cdot 0,1} = 0,02 \text{ хв}$$

Перехід 3.

Для обробки на дані операції використовуємо такий різальний інструмент:

Мітчик 2620-1089 ГОСТ3266-81, Патрон 6163-001 ГОСТ8255-76, Втулка перехідна 6102-0144 ГОСТ 13598-85.

Геометричні параметри мітчика:  $\varphi = 15^\circ$ ;  $a = 6^\circ$ ;  $\gamma = 5^\circ$ ;  $\lambda = 0^\circ$ .

1) Визначаємо глибину різання:  $t = h = 0,2 \text{ мм}$

2) Призначаємо подачу  $S = 0,5 \text{ мм/об}$ .

3) Визначаємо швидкість різання  $V_{\text{різ}} = 7,3 \text{ м/хв}$ . с.84 к.22 [5].

4) Визначаємо число обертів мітчика  $n_m = 580 \text{ хв}^{-1}$  с.84 к.22 [5].

5) Коректуємо по паспорту верстата  $n_{\text{пр}} = 500 \text{ хв}^{-1}$

6) Визначаємо дійсну швидкість різання за формулою:

$$V = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 4 \cdot 500}{1000} = 6,28 \text{ м/хв}$$

7) Визначаємо потужність різання  $N_{\text{різ}} = 0,04 \text{ кВт}$  с.84 к. 22 [5].

8) Провіряємо достатність приводу головного руху верстату.

$$N_{\text{різ}} \leq N_{\text{дв}} \cdot \eta$$

$$N_{\text{різ}} \leq 2,25 \cdot 0,85$$

$$0,04 \leq 1,87$$

Обробка можлива

9) Визначаємо машинний час за формулою:

$$T_m = \left( \frac{L}{S_{\text{хв}}} + \frac{L_{\text{зб}}}{S_{\text{хв.зб.}}} \right) i,$$

$$\text{де } L = L_{\text{зб}} = l + l_1 = 11 + 0,3 \cdot 0,5 = 11,15 \text{ мм}$$

$$T_m = \left( \frac{11,15}{250} + \frac{11,15}{250} \right) \cdot 1 = 0,09 \text{ хв.}$$

Розрахунок режимів різання для решти операцій проводимо у вигляді таблиці 2.7.

					БР.ПМ-70.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.7 – Зведена таблиця режимів різання

№ операції	№ переходу	Зміст переходу	D (B), мм	t, мм	L, мм	i	Табличне значення режимів різання			Прийняті значення режимів різання				Література
							S, мм/об мм/хв	V, м/хв	n <sup>-1</sup> , хв	S, мм/об мм/хв	V, м/хв	n <sup>-1</sup> , хв	N, кВт	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
010	1	Фрезерувати пов 1,10	125	2,5	25+11	1	162	98	249	160	98,1	250	1,3	С.209К 108 [7] с.210к 109 [7], с.377 [7]. К44Л1 с.108 [7]
	2	Свердлити пов 1, 10	3	1,5	7,5+2	1	127	20	2123	75	113	1250	1,4	
020	1	Точити пов. 8	50	1	8.5+2	1	0,4	107	682	0,4	106	680	3,5	с.36 к 1 [7] с. 210 к 6 Л 1 [7] с 48 К7 [7] К37 с.82 [7] К42 ст. 104 [7]
	2	Точити пов. 9,	50	1	1.4+2	1	0,4	107	682	0,4	106	680	3,0	
	3	Свердлити пов 14,	50	4,25	30+4	1	0,16	32	815	0,16	31,4	800	1,3	
	4	Свердлити пов 13,	50	6,25	9+4	1	0,16	32	815	0,16	31,4	800	1,3	
	5	Зенкувати пов. 12	50	2,9	6+1	1	0,16	32	815	0,16	31,4	800	0,8	
	6	Зенкувати пов. 11	50	1,7	1+1	1	0,16	32	815	0,16	31,4	800	0,7	
	7	Нарізати різьбу пов. 14	50	0,3	25+0,4	1	13	8,2	260	13	735	250	034	
025	1	Точити пов. 5	48	1,87	85+2	2	0,4	107	710	0,4	105	700	3,5	с.36 к 1 [7] с. 210 к 6 Л.1 [7] с.48 К7 [7] К3 ст. 39 [7]
	2	Точити пов. 3	48	2	470+2	2	0,4	107	710	0,4	105	700	3,7	
	3	Точити пов. 2, 5, 3	48	0,5	563,8+2	1	0,3	104	690	0,4	102	680	3,2	
	4	Точити пов. 6	48	3	2,5	1	0,3	104	690	0,4	102	680	2,8	
030	1	Фрезерувати пов. 19	12	0,2	58	25	226,8	25	662	200	23,7	630	2,1	с.342 к 198 [7]
035	1	Свердлити пов 13,	3,5	1,75	17	1	0,06	32,75	2980	0,1	1539	1400	0,12	с.42 к 7 [7] с. 225 к 11 Л.1 [7] с.48 К7 [7]
	2	Зенкувати пов. 12	3,5	0,5	2,5	1	0,06	24,16	2198	0,1	1539	1400	0,09	
	3	Нарізати різьбу пов. 14	4	0,3	22,3	1	03	73	580	0,5	638	500	0,04	
040	1	Фрезерувати шліців пов. 20-27	870	4,07	260+17	1	2,4	253	116	1,7	21,9	100	132	с. 77 к 32 [7]
045	1	Шліфувати пов. 5	40	0,025	50,5	17	44,1	35/25	1112/199	45	35/25	1112/200	3,5	т. 55 с. 301 [4]
	2	Шліфувати пов. 3	40	0,025	158,5	17	44,1	35/25	1112/199	45	35/25	1112/200	3,5	т. 55 с. 303 [4]
050	1	Шліфувати пов. 5	40	0,01	50,5	18	25,2	35/15	1112/199	20	35/15	1112/120	3,1	т. 55 с. 301 [4]
	2	Шліфувати пов. 3	40	0,01	158,5	18	25,2	35/15	1112/199	20	35/15	1112/120	3,1	т. 55 с. 303 [4]

					БР.ПМ-70.00.000 ПЗ					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						



## 2.8 Технічне нормування операцій

Визначаємо норми часу на дві операції.

### 030 Шпонко-фрезерна.

1. З попередніх роз рахунків беремо основний час на дану операцію, він становить 7,25 хв.

2. Визначаємо допоміжний час.

2.1 Знаходимо час на установку та зняття деталі:

$$t_{уст} = 0,10 \text{ хв. К16 л1 п2 с.54 [8].}$$

2.2 Знаходимо час зв'язаний з переходом і часи, які не ввійшли в комплекс:

$$t_{пер} = 0,18 \text{ хв. К31 п2 с.108 [8].}$$

$$t_{НК1} = 0,07 \text{ хв. К31 п15 с.109 [8].}$$

$$t_{НК2} = 0,06 \cdot 2 = 0,12 \text{ хв. К31 п19 с.109 [8].}$$

$$t_{НК3} = 0,04 \text{ хв. К31 п21 с.109 [8].}$$

$$\sum t_{НК} = 0,07 + 0,12 + 0,04 = 0,23 \text{ хв}$$

Знаходимо час на вимірювання:

$t_{ВИМ} = 0,20 \text{ хв. К86 л7 п158 с.191 [8]$ , знаходимо коефіцієнт періодичності вимірювання.  $K_{ВИМ} = 0,4$  К87 л1 с.200 [8].

Час на вимірювання буде становити  $t'_{вим} = t_{ВИМ} \cdot K_{ВИМ} = 0,20 \cdot 0,4 = 0,08 \text{ хв.}$

2.4 Знаходимо величину допоміжного часу без поправочного коефіцієнта, який залежить від величини партії деталей.

$$t'_{доп} = t_{уст} + t_{пер} + t'_{вим} + \sum t_{НК} = 0,1 + 0,18 + 0,08 + 0,23 = 0,59 \text{ хв.}$$

2.5 Визначаємо величину коефіцієнта, який залежить від величини партії деталей:  $k = 0,66$  к1 с.31 [8].

2.6 Допоміжний час на операцію буде становити:

$$t_{доп} = t'_{доп} \cdot k = 0,59 \cdot 0,66 = 0,35 \text{ хв.}$$

3 Визначення оперативного часу:  $t_{опер} = t_{осн} + t_{доп} = 7,25 + 0,35 = 7,60 \text{ хв.}$

4 Визначення часу на обслуговування робочого місця:

$$t_{обсл} = \frac{a \cdot t_{опер}}{100} = \frac{3,5 \cdot 3,0}{100} = 0,1 \text{ хв,}$$

де  $a$  - процент від оперативного часу. К32 с.110 [8].

					БР.ПМ-70.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5 Визначаємо час на відпочинок та особисті потреби:

$$t_{\text{відп}} = \frac{v \cdot t_{\text{опер}}}{100} = \frac{4 \cdot 3,0}{100} = 0,12 \text{ хв}$$

де  $v$  - процент від оперативного часу. К88 с.203[8].

6 Знаходимо величину штучного часу:

$$t_{\text{шт}} = t_{\text{опер}} + t_{\text{обс}} + t_{\text{відп}} = 7,6 + 0,1 + 0,12 = 7,82 \text{ хв}$$

7 Визначаємо величину підготовчо-заключного часу:

$$t' = 21 \text{ хв} \quad \text{К32 п8 с.111 [8];} \quad t_{\text{нз}} = t'_{\text{нз}} + t''_{\text{нз}} = 21 + 7,0 = 28 \text{ хв.}$$

$$t''_{\text{нз}} = 7,0 \text{ хв} \quad \text{К32 п24 с.111 [8];}$$

8 Визначаємо величину штучно-калькуляційного часу:

$$t_{\text{шт-к}} = \frac{t_{\text{нз}}}{n} + t_{\text{шт}} = \frac{28}{75} + 7,82 = 8,19 \text{ хв.},$$

де  $n$ -партія деталей.  $n=75$

### Кругло-шліфувальна 045.

1. З попередніх розрахунків беремо основний час на дану операцією, він становить 0,553 хв.

2. Визначаємо допоміжний час.

Знаходимо час на установку та зняття деталі:

$$t_{\text{уст}} = 0,25 \text{ хв.} \quad \text{К6 п9 с.39 [8].}$$

Знаходимо час зв'язаний з переходом:

$$t_{\text{пер}} = 0,42 \text{ хв.} \quad \text{К44 л3 п.63 с. 129 [8].}$$

Знаходимо час на вимірювання:

$$t_{\text{вим}} = 0,13 \text{ хв.} \quad \text{К86 л2 п35 с.186 [8],}$$

Знаходимо коефіцієнт періодичності вимірювання.  $K_{\text{вим}} = 1,0$  К87 л1 с.200 [8].

Час на вимірювання буде становити

$$t_{\text{доп}} = t_{\text{вим}} \cdot k_{\text{вим}} = 0,13 \cdot 1,0 = 0,13 \text{ хв.}$$

Знаходимо величину допоміжного часу без поправочного коефіцієнта, який залежить від величини партії деталей.

$$t'_{\text{доп}} = t_{\text{уст}} + t_{\text{пер}} + t'_{\text{вим}} = 0,25 + 0,42 + 0,13 = 0,8 \text{ хв}$$

Визначаємо величину коефіцієнта, який залежить від величини партії деталей:  $k = 0,87$  к1 с.31 [8].

					БР.ПМ-70.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Допоміжний час на операцію буде становити:

$$t_{\text{доп}} = t'_{\text{доп}} \cdot k_{0,8} \cdot 0,87 = 0,696 \text{ хв.}$$

3 Визначення оперативного часу:  $t_{\text{опер}} = t_{\text{осн}} + t_{\text{доп}} = 0,553 + 0,696 = 1,249 \text{ хв.}$

4 Визначення часу на обслуговування робочого місця:

$$t_{\text{обсл}} = \frac{\alpha \cdot t_{\text{опер}}}{100} = \frac{9 \cdot 0,75}{100} = 0,08$$

де  $\alpha$ - процент від оперативного часу. К45 с.130 [8].

5 Визначаємо час на відпочинок та особисті потреби:

$$t_{\text{відп}} = \frac{b \cdot t_{\text{опер}}}{100} = \frac{4 \cdot 0,75}{100} = 0,039 \text{ хв}$$

де  $b$ - процент від оперативного часу. К88 с.203 [8].

6 Знаходимо величину штучного часу:

$$t_{\text{шт}} = t_{\text{опер}} + t_{\text{обсл}} + t_{\text{відп}} = 1,249 + 0,08 + 0,039 = 1,368 \text{ хв.}$$

7 Визначаємо величину підготовчо-заключного часу:

$$t' = 10 \text{ хв} \quad \text{к45 п1 с.130 [8];}$$

$$t'' = 6,0 \text{ хв} \quad \text{к45 п6 с.130 [8];}$$

$$t_{\text{нз}}''' = 7,0 \text{ хв} \quad \text{к45 п10 с.130 [8].}$$

$$t_{\text{нз}} = t_{\text{нз}}' + t_{\text{нз}}'' + t_{\text{нз}}''' + t_{\text{нз}}'''' = 10 + 6,0 + 1,0 + 7,0 = 24 \text{ хв}$$

8 Визначаємо величину штучно-калькуляційного часу:

$$t_{\text{шт-к}} = \frac{t_{\text{нз}}}{n} + t_{\text{шт}} = \frac{24}{75} + 1,368 = 1,688 \text{ хв.},$$

де  $n$ - партія деталей.  $n=75$

На інші операції норми часу заносимо в таблицю 2.9.

					БР.ПМ-70.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.9 - Зведена таблиця рахунку норм часу

№ опер.	Назва операції	Модель верстага	Т осн. хв.	$\frac{T_{нз}}{n}$ , хв.	Туст, хв.	Тлер, хв.	Твим, хв.	Тобс, хв.	Твідп, хв.	Тшт, хв.	Тшт.к., хв.	Література
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
010	Фрезерно-центрувальна	MP-73	0,348	0,24	0,09	0,17	0,11	0,035	0,035	0,788	1,028	К16л1 п1 с.191 [8]. К31 п2 с.108[8]. К31 К16 л1 п6 с.54 [8]. К87 л1 с.200
020	Токарна ЧПК	16K20Ф3	0,627	0,32	0,26	0,38	0,26	0,044	0,044	1,615	1,935	К6 л1 п2 с.38 [8]. К18 л1 п28 с.65[8]. К18 л4 п68 с.69 [8]. К18 л2 п69 с.69 [8].
025	Токарна ЧПК	16K20Ф3	6,081	0,32	0,26	0,38	0,34	0,07	0,07	7,201	7,521	К19 п2 с.70 [8]. К19 п23 с.70 [8]. К1 с.31 [8]. К19 с.70 [8].
030	Шпоно-фрезерна	692P	7,25	0,37	0,10	0,18	0,08	0,1	0,12	7,82	8,19	К78 п1 с.169 [8]. К86 л4 п85 с.118 [8]. к87 л1 с.200 [8]. К1 с.131[8].
035	Вертикально-свердлильна	2Н125	6,317	0,32	0,11	0,18	0,08	0,015	0,015	0,717	1,037	К19 п2 с.70 [8]. К19 п23 с.70 [8]. К1 с.31 [8]. К19 с.70 [8].
040	Шліце-фрезерна	5350	13,04	0,64	0,1	0,4	0,24	0,034	0,045	13,859	14,499	к19 п2 с.70 [8]. К19 п23 с.70 [8]. К1 с.31 [8]. К19 с.70 [8].
045	Кругло-шліфувальна	3У 142	0,553	0,32	0,25	0,42	0,13	0,08	0,039	1,368	1,688	К78 п1 с.169 [8]. К86 л4 п85 с.118 [8]. к87 л1 с.200 [8]. К1 с.131[8].
050	Кругло-шліфувальна	3У142	2,19	0,32	0,25	0,42	6,13	0,08	0,039	3,109	3,429	К78 п1 с.169 [8]. К86 л4 п85 с.118 [8]. к87 л1 с.200 [81]. К1 С.131 [8].
055	Шліце-шліфува-льна	3П451	12,25	0,4	0,26	0,42	6,13	0,08	0,039	13,201	13,601	К45 п1 с.130 [8]. К45 п34 с.130 [8]. К6 п2 с.38[8]. К41 л1 п30 с.130 [8]. К45 п10 с.130 [8].

БР.ПМ-70.00.000 ПЗ

Арк.

Змн. Арк. № докум. Підпис Дата

## 3 Конструкторська частина

### 3.1 Проектування пристрою для механічної обробки

#### 3.1.1 Опис та принцип роботи пристрою

Пристрій призначений для фрезерування валів і базується по зовнішній циліндричній поверхні. Пристрій складається із корпусу 1, кришки 2, штока 3, двох важелі 4, установочних призм 5, підкладок під призми 6.

Для забезпечення орієнтованого положення і повної нерухомості предмету на нього необхідно накласти двохсторонній геометричний зв'язок (вважається, що контакт тіл, що стикаються відбувається в опорних точках, що символізують зв'язок заготовки з вибраною системою координат). При обробці деталі для її орієнтації можуть бути використані бази, які містять від 1 до 6 опорних точок. Тому бази розрізняють по кількості степенем вільності, які вони забирають у деталі. Тіло в просторі має 6 степенів вільності переміщення вздовж 3-х координатних осей і обертання навколо них. Бази розрізняють: установочні (3 опорні точки), напрямні (2 опорні точки), опорні (1 опорна точка), подвійна напрямна (4 опорні точки), подвійні опорні (2 опорні точки).

На теоретичній схемі базування необхідно проставити опорні точки і виявити комплект баз. Дана деталь відноситься до класу валів і тому можна застосовувати типову схему базування.

Принцип роботи пристрою наступний: від тиску стиснутого повітря, яке подається в між штокову порожнину циліндра, поршні зі штоком одночасно розходяться, повертають важелі і здійснюють затиск заготовки.

Пристрій компонується на столі верстату із одного вузла. Даний вузол складається із корпусу 1, установочних призм, спарених циліндрів виконаний в корпусі за одне ціле з корпусом, двох штоків, двох важелів, якими здійснюється затиск.

#### 3.1.2 Визначення сили затиску та розрахунок силового приводу

Згідно розрахунків у технологічній частині сила  $P_z = 171,8H$ ;  $V = 23,74 м/хв$ ;

Визначаємо крутний момент за формулою:

					БР.ПМ-70.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		





$$W = \frac{2Ql_2}{l_1} = \frac{2 \cdot 2198 \cdot 60}{80} = 3297 \text{ Н}$$

3297 > 3116,3 – затиск надійний

### 3.1.3 Розрахунок пристрою на міцність

Розрахунок на міцність і зносостійкість найбільш навантажених елементів пристрою.

Найбільш навантаженою в даному пристрої є вісь - вона працює на зріз, отже,

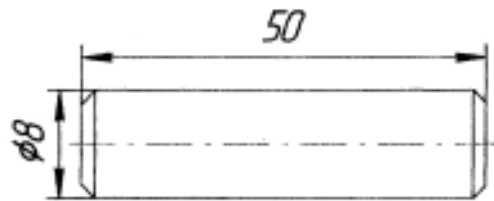


Рисунок 3.3 – Ескіз осі

$$\tau_{зр} = \frac{N}{2A},$$

$N$  – сила зрізу, Н;

$A$  – площа поперечного перерізу,  $\text{мм}^2$   $A = \pi \cdot R^2 = 3,14 \cdot 4^2 = 50,24 \text{ мм}^2$

2 – дві площини зрізу.

$$\tau_{зр} = \frac{463,1}{2 \cdot 50,24} = 4,6 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2},$$

$$4,6 < [\tau_{зр}] = 25 \text{ МПа}$$

### 3.1.4 Рівень уніфікації і стандартизації пристрою

Коефіцієнт уніфікації визначається за формулою:

$$K_y = \frac{C}{Z} \cdot 100\% = 53,3\%.$$

Кількість стандартних деталей у пристрої  $C=24$ ;

Загальна кількість деталей в пристрої  $Z=45$ .

Отже, за (2.5)  $K_y = \frac{24}{45} \cdot 100\% = 53,3\%$ .

Отже, пристрій є доволі уніфікованим.

					БР.ПІМ-70.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 3.2 Опис та конструювання інструментів

### 3.2.1 Конструювання та розрахунок одного ріжучого інструменту

Згідно із завданням перевіряємо працездатність спеціального канавкового різця, який використовується на операції 025. Матеріал пластини - Т5К10.

Дану операцію проводимо на токарному верстаті з ЧПК моделі 16К20Ф3. Різець кріпимо в різцетримачі.

Для перевірки працездатності різця складемо таблиці:

Таблиця 3.1- Початкові дані

Вид заготовки Матеріал деталі Механічні властивості Розмір обробки, квалітет Допуск Шорсткість поверхні	Круглий прокат нормальної точності Сталь 40Х ГОСТ 4543-71 $HV=241; \sigma_B=980H/мм^2$ $d = 39h14 мм$ $Td - 0,62 мм$ $Ra= 12,5 мкм$
Тип і модель верстата Розміри паза різцетримача	Токарний з ЧПК $H_{max} * B_{max} = 25 \times 25 мм$
Режими різання: – глибина різання – подача – швидкість різання – сила різання	$t^{max} = 3,5 мм$ $S_o = 200 мм/хв$ $V = 59,03 м/хв$ $P_z = 1\ 847,3 Н$

Таблиця 3.2 - Вибір геометричних параметрів різця

Тип і назва різця,	Спеціальний канавковий різець
Головний кут в плані Допоміжний кут в плані Кут при вершині	$\varphi = 90^\circ$ $\varphi_1 = 2^\circ$ $\varepsilon = 88^\circ$
Висота державки Ширина державки Довжина різця Довжина різальної кромки Зміщення вершини Виліт різця, мм	$h = 25$ $b = 25$ $L = 145$ $a = 3,5$ $m = 6$ $l_p = a \cdot \sin \varphi^0 + h + m = 3,5 \cdot \sin 90^0 + 25 + 6 = 34,5 мм$

					БР.ПІМ-70.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перевірка міцності і жорсткості різання:

1. Міцність різання за напруженнями згину у державці:

– згинаючий момент, Н·мм:

$$M_z = P_z \cdot l_p = 1847,3 \cdot 34,5 = 63731,85 \text{ Н} \cdot \text{мм}$$

– момент опору перерізу державки, мм<sup>3</sup>:

$$W = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{25 \cdot 25^2}{6} = 2604,2 \text{ мм}^3$$

– напруження згину, Н·мм<sup>2</sup>:

$$\sigma = \frac{M_z}{W} = \frac{63731,85}{2604,2} = 24,47 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2},$$

$\sigma < [\sigma] \Rightarrow 24,47 < 610 \text{ МПа}$  – умова задовільняється.

Матеріал державки: сталь 45  $[\sigma]=610$  МПа.

2. Сила різання, які допускає міцність державки, Н:

$$P_z = \frac{[\sigma] \cdot W}{l_p} = \frac{610 \cdot 2604,2}{34,5} = 46045,3 \text{ Н}$$

$P_z < [P_z] \Rightarrow 10160 < 46045,3 \text{ Н}$  – умова задовільняється

3. Жорсткість різця за його прогином:

– осьовий момент інерції перерізу, мм<sup>4</sup>:

$$I_x = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{25 \cdot 25^3}{12} = 32552 \text{ мм}^4$$

– прогин вершини різця, мм:

$$f = \frac{P_z \cdot l_p^3}{3 \cdot E \cdot I_x} = \frac{1847,3 \cdot 34,5^3}{3 \cdot 0,2 \cdot 10^{12} \cdot 32552} = 0,004 \cdot 10^{-6} \text{ мм}$$

– допустимий прогин, мм:

$f < [f] = 0,1 \cdot TD = 0,1 \cdot 0,62 = 0,062$  мм – умова задовільняється

4. Сила різання, яку допускає жорсткість різця, Н:

$$P_z < [P_z] = \frac{3 \cdot [f] \cdot E \cdot I_x}{l_p} = \frac{3 \cdot 0,062 \cdot 0,2 \cdot 10^{12} \cdot 32552}{34,5^3} = 2,95 \cdot 10^{10} \text{ Н}$$

					БР.ПМ-70.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.3 – Вибір параметрів різальної частини різця

Матеріал і шорсткість поверхні	Сталь45 Ra12,5
Матеріал різальної пластини	T5K10
Форма пластини, мм Д	Трапеція
овжина пластини, мм	$l_n = a_n = 14$
Ширина пластини, мм	$b_n = 8$
Товщина пластини, мм	$S_n^n = 4$
Форма передньої поверхні	Плоска
Передній і задній кути пластини	$\gamma_n = 0^\circ; \alpha_n = 10^\circ$
Передній кут різця	$\gamma = 5^\circ$
Кут врізки пластини	$\gamma = \gamma - \gamma_n = 5^\circ$
Задній кут різця	$\alpha = \alpha_n - \gamma_n = 8^\circ$
Радіус заокруглення вершини	$r = 0,5 \text{ мм}$

### 3.2.2 Контрольний інструмент

При конструюванні калібрів використовують принцип подібності (принцип Тейлора) згідно якому прохідний калібр повинен бути подібним до деталі, спряженої із контролюваною, і повинен контролювати розмір та форму на всій поверхні довжини спряження, а непрохідний калібр повинен перевіряти кожен параметр окремо, тому непрохідний калібр має невелику довжину робочої поверхні і контакт з контрольованим елементом, який наближається до точкового. При цьому контролюється лише розмір.

Відповідно до принципу подібності, отвори треба контролювати пробками, а вали – кільцями. На практиці при конструюванні калібрів для контролю валів часто відступають від принципу подібності. Вали контролюють скобами, щоб полегшити контроль на робочому місці, коли вал встановлено в центри верстата. Користуючись скобами вал треба контролювати в двох взаємно перпендикулярних напрямках.

Для контролю валів використовуються калібри з робочими поверхнями, розташованими на внутрішній частині вхідної частини скоби. Їх називають калібрами-скобами.

Допуски калібрів стандартизовані ГОСТ 24853-81 „Калібри гладкі для розмірів до 500 мм. Допуски”.

Проведемо розрахунок розмірів калібр-скоби для контролю р-ру.  $\varnothing 30k6$ .

					БР.ПМ-70.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

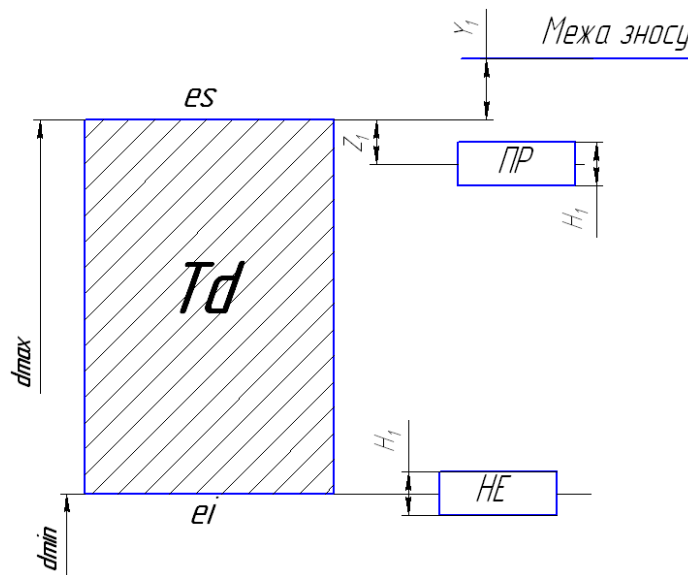


Рисунок 3.4 – Схема полів допусків калібрів-скоб для контролю зовнішньої циліндричної поверхні втулки  $\varnothing 30k6^{(+0,015)}_{(+0,002)}$

Таблиця 3.4 – Допуски і відхилення калібрів по ГОСТ 24853-81 для розміру  $\varnothing 30k6^{(+0,015)}_{(+0,002)}$

Z, МКМ	Y, МКМ	L, L <sub>1</sub> , МКМ	Z <sub>1</sub> , МКМ	Y <sub>1</sub> , МКМ	H, МКМ	H <sub>1</sub> , МКМ	H <sub>p</sub> , МКМ
2	1,5	0	3	3	2,5	4	1,5

Таблиця 3.5 – Виконавчі розміри калібрів для контролю розміру  $\varnothing 30k6^{(+0,015)}_{(+0,002)}$

Маркування калібру	Призначення калібру	Вид калібру	Граничні розміри, мм		Розмір межі зносу		Виконавчий розмір, мм	
			найбільший	найменший	формула	величина	формула	величина
$\varnothing 30k6^{(+0,015)}_{(+0,002)}$ ПР	робочий	скоба	30,014	30,010	$d_{\max} + Y_1 - L_f$	28,018	$(d_{\max} - Z_1 - \frac{H_1}{2})^{+H_1}$	$30,01^{+0,004}$
$\varnothing 30k6^{(+0,015)}_{(+0,002)}$ HE	робочий	скоба	30,004	30,0	-	-	$(d_{\min} + L_f - \frac{H_1}{2})^{+H_1}$	$30,00^{+0,004}$

Згідно розрахунково отриманих розмірів креслимо креслення робочого калібру-скоби.

					БР.ПМ-70.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 4 Розробка керуючої програми для обробки на верстаті з ЧПК

Розробка керуючої програми для обробки на верстаті з ЧПК включає:

- 1) створення 3D-моделі деталі;
- 2) імпорт моделі в автоматизовану САМ-систему;
- 3) розрахунки траєкторій руху інструмента для окремих операцій;
- 4) моделювання обробки для перевірки правильності розрахунку траєкторії;
- 5) генерування керуючої програми.

Для автоматизованої розробки керуючої програми для верстату з ЧПК було використано програмний комплекс СПРУТ-САМ.

Тривимірна модель деталі (рисунок 4.1) була створена в системі тривимірного моделювання КОМПАС-3D. Так як деталь виготовляється з прутка, то заготовка для неї в програмі задається вибором відповідного циліндра навколо деталі з врахуванням припуску на обробку. На рисунку 4.2 показані деталь та згенерована системою заготовка.

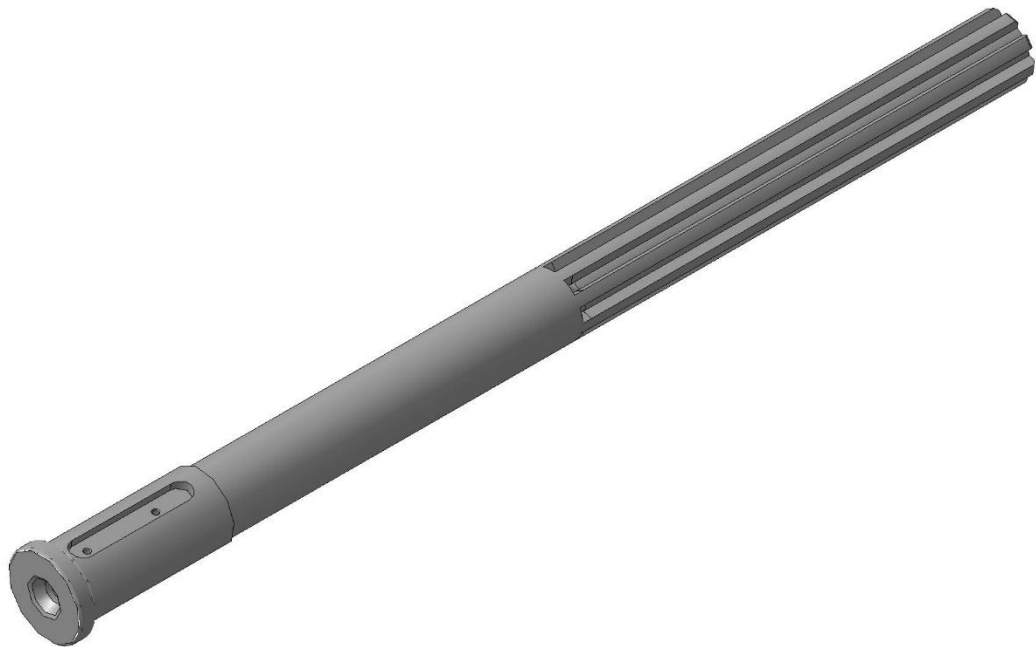


Рисунок 4.1 – 3D-модель деталі

Етапи послідовної розробки керуючої програми для операцій токарної обробки на верстаті з ЧПК показані далі на рисунках 4.3 – 4.11.

					БР.ПМ-70.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

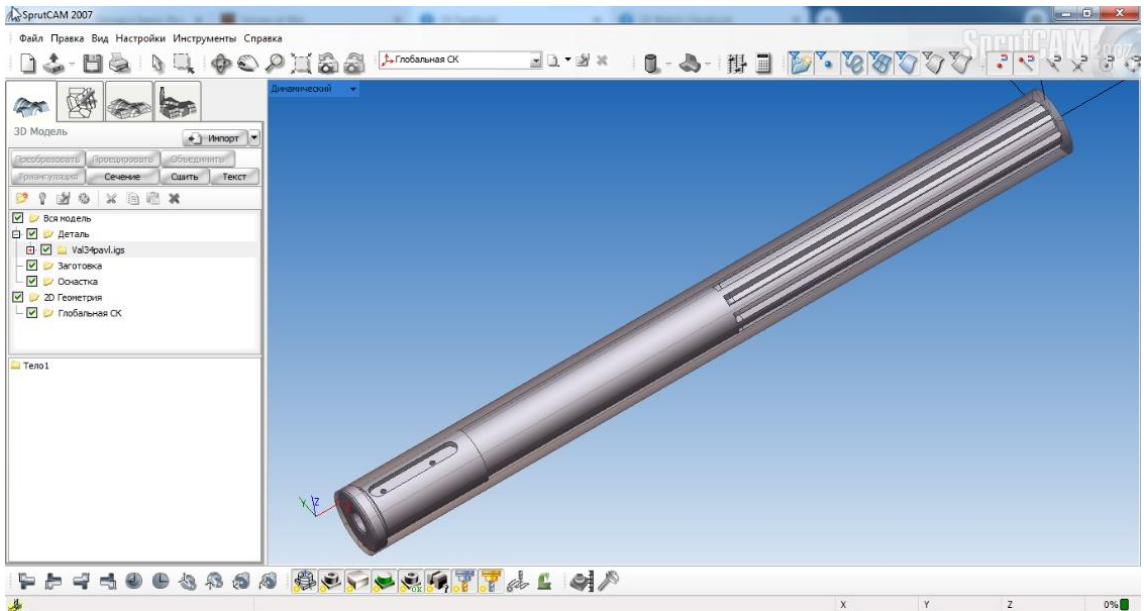


Рисунок 4. 2 – Деталь та заготовка в системі СПРУТ-САМ

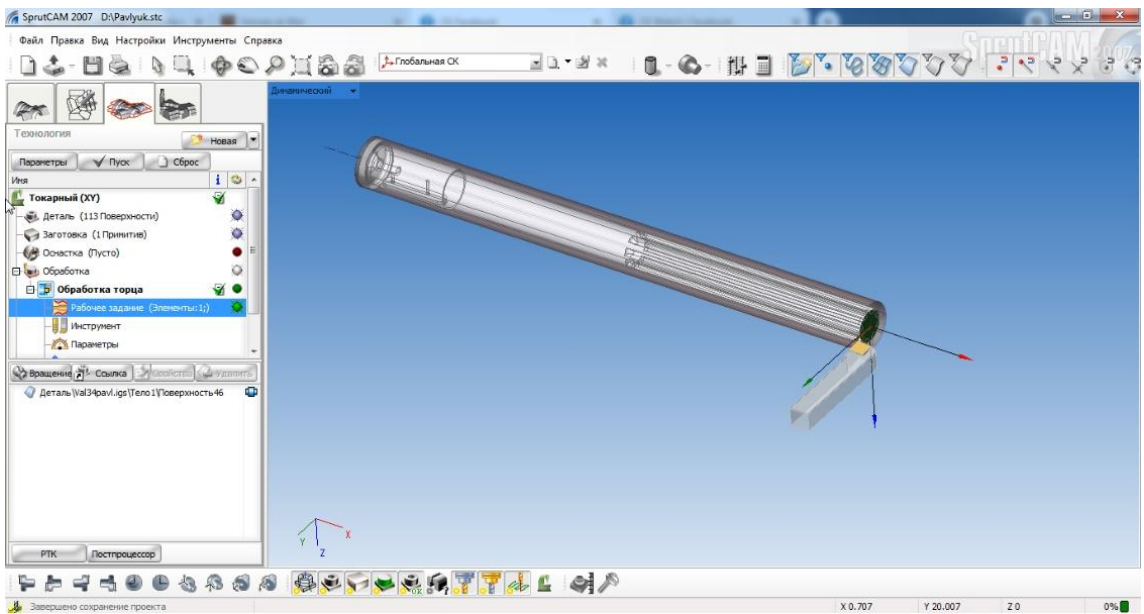


Рисунок 4.3 – Проектування операції обробки торця

					БР.ПМ-70.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

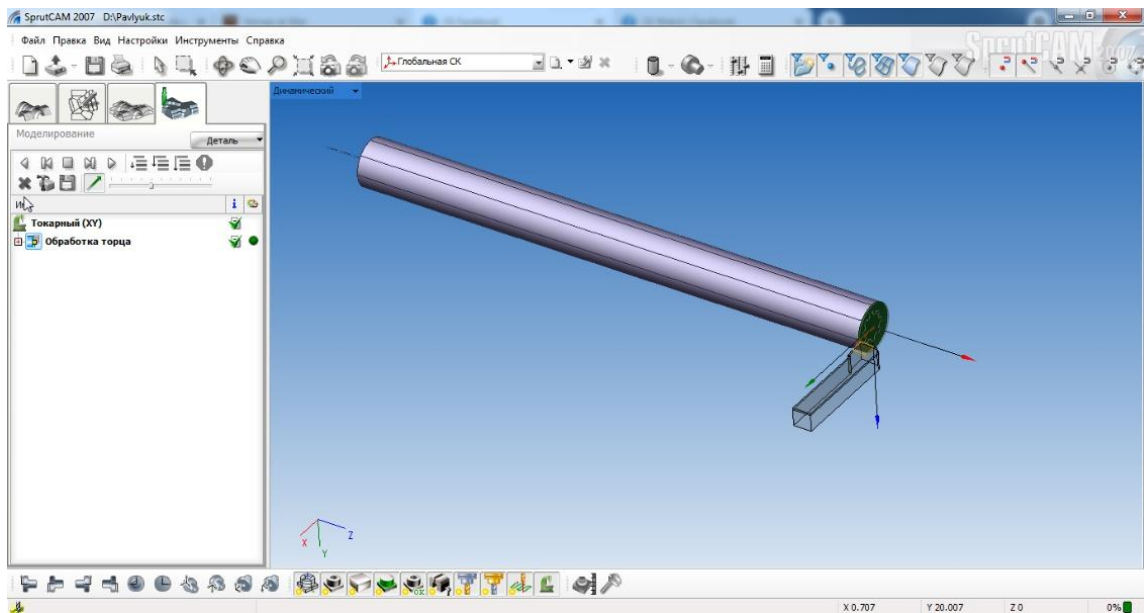


Рисунок 4.4 – Моделивання операції обробки торця

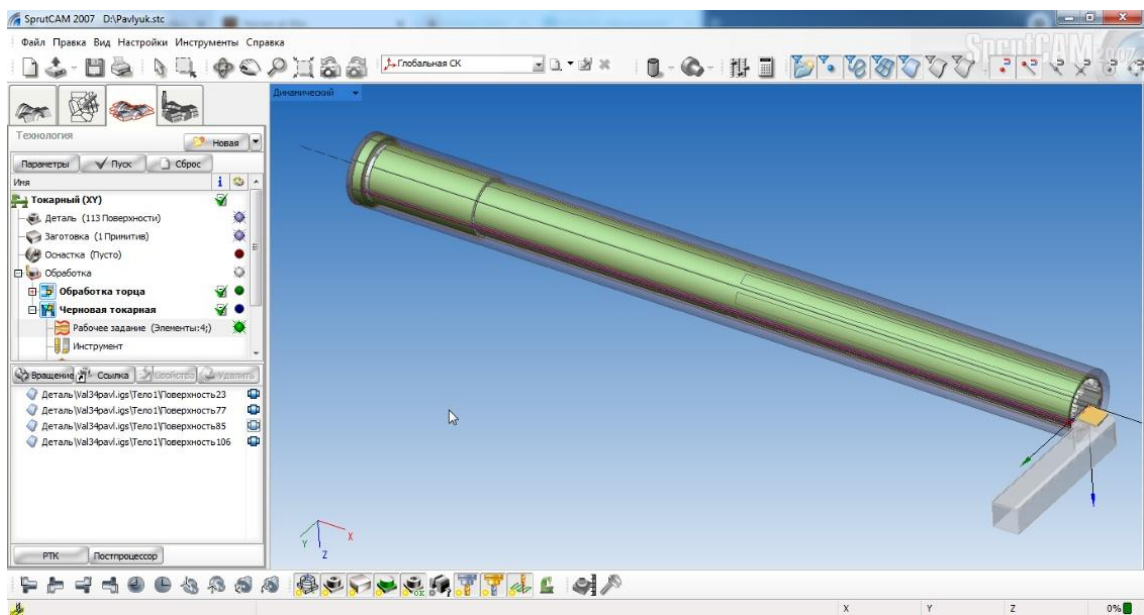


Рисунок 4.5 – Проектування операції чорнового точіння

					БР.ПМ-70.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

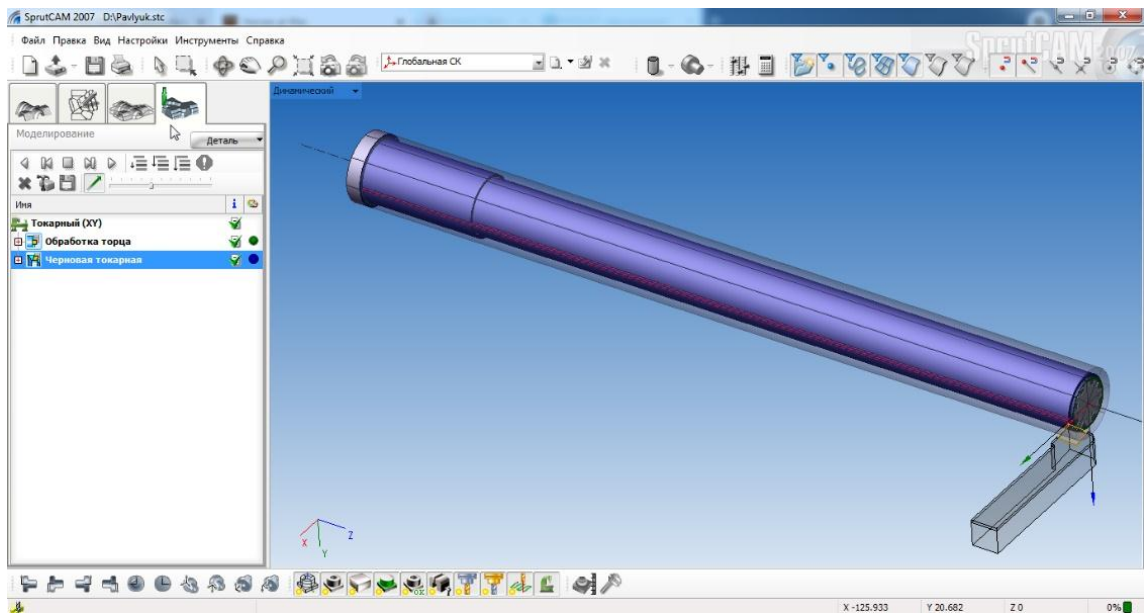


Рисунок 4.6 – Моделювання операції чорнового точіння

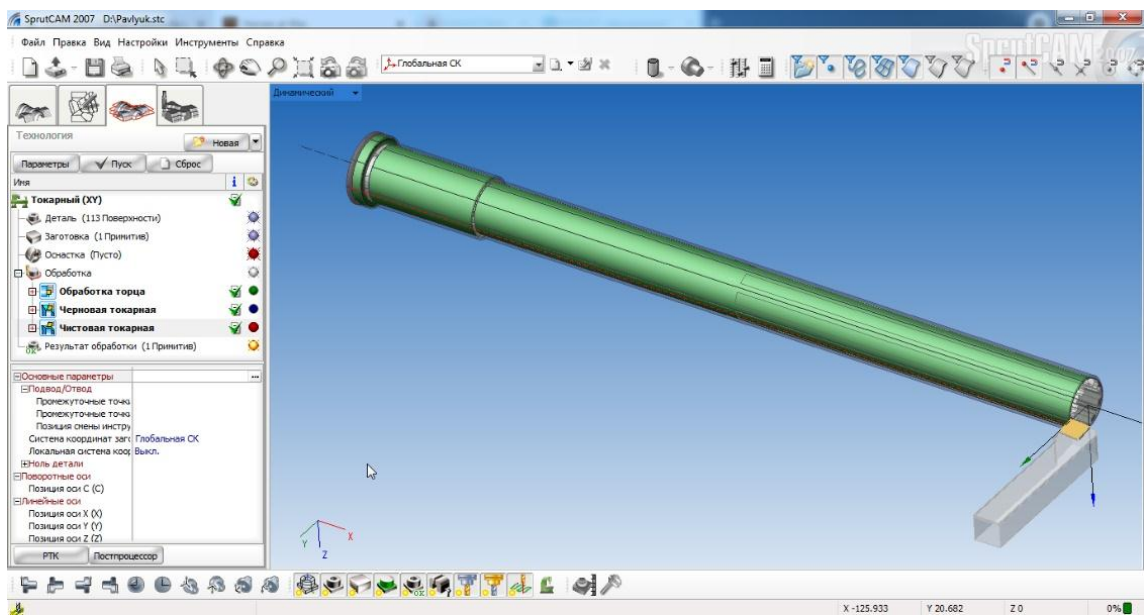


Рисунок 4.7 – Проектування операції чистового точіння

						БР.ПМ-70.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

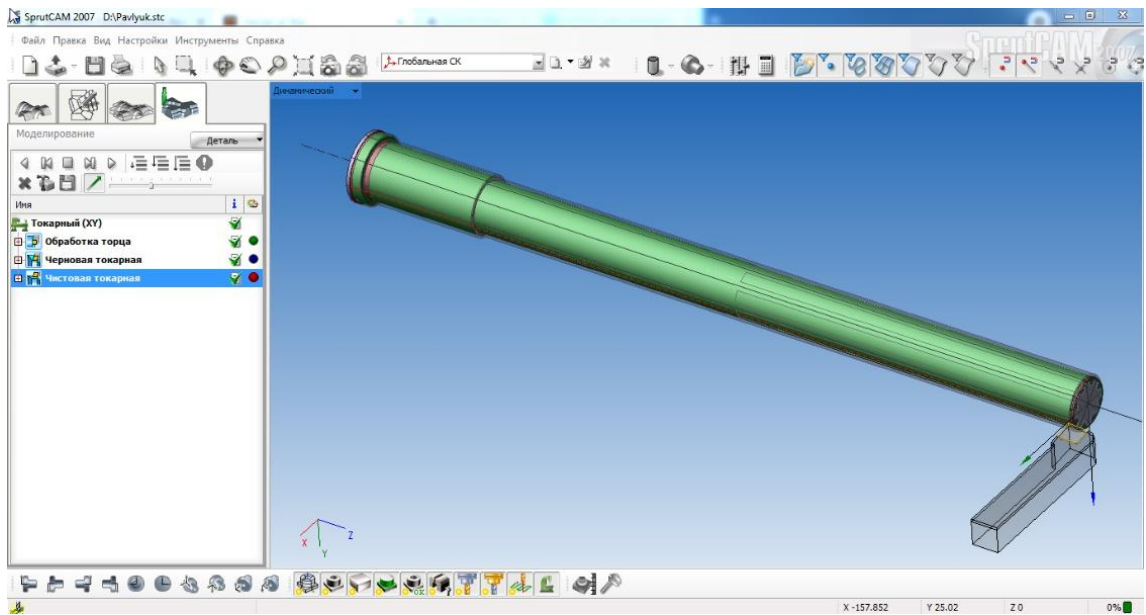


Рисунок 4.8 – Моделювання операції чистового точіння

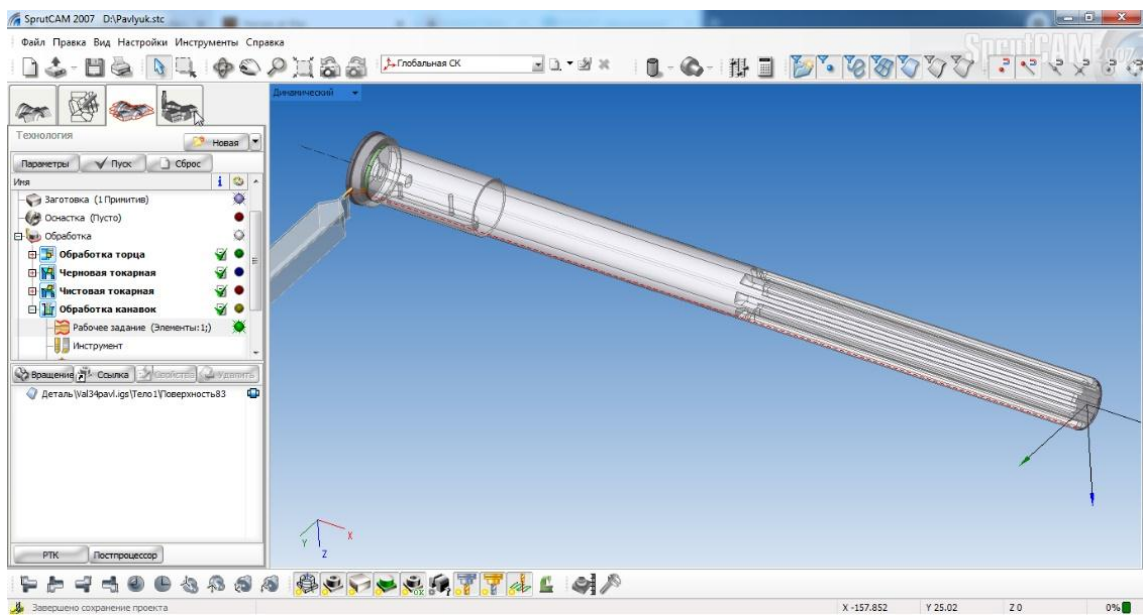


Рисунок 4.9 – Проектування операції точіння канавок

					БР.ПМ-70.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



N009X+00166  
N010X+00025Z+00271  
N011X-05341F70000  
N012Z+00171  
N013X-05200Z+00100F0  
N014X+00184  
N015X+00043Z+00171  
N016X-03558F70000  
N017Z+00071  
N018X-03417Z+00000F0  
N019X+00201  
N020X+00060Z+00071  
N021F70000  
N022Z+00231  
N023X-04936  
N024F0  
N025X-04795Z+00160  
N026Z-55510  
N027X-04936Z-55439  
N028Z+00213F70000  
N029X-04536  
N030X-04395Z+00143F0  
N031Z-55500  
N032X-04536Z-55429  
N033Z+00196F70000  
N034X-04136  
N035X-03995Z+00125F0  
N036Z-47010  
N037X-04136Z-46940  
N038Z+00178F70000  
N039X-03737  
N040X-03596Z+00108F0  
N041Z-00211  
N042X-03737Z-00141  
N043F70000  
N044Z-00056  
N045X-03621  
N046F0  
N047X-03479Z-00126  
N048X-03593Z-00209  
N049G03X-03600Z-00220I+00033K+00011  
N050G01Z-47000  
N051X-03960  
N052G03X-04000Z-47020K+00020  
N053G01Z-55500  
N054X-04760

					БР.ПІМ-70.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

N055G03X-04800Z-55520K+00020  
N056G01Z-56304  
N057X-04941Z-56233  
N058F70000  
N059X-06000  
N060Z-55492  
N061X-05000  
N062X-04000F0  
N063X-03900  
N064X-04000  
N065X-05000F70000  
N066Z-55499  
N067X-04000F0  
N068X-03900  
N069X-03914Z-55492  
N070X-05002F70000  
N071Z-55500  
N072X-04002F0  
N073X-03900  
N074Z-55394  
N075X-05002F70000  
N076Z-55332  
N077X-04002F0  
N078X-04000  
N079G03X-03988Z-55344I+00040K-00002  
N080G01X-03900Z-55388  
N081Z-55494  
N082X-05202F70000  
N083Z-56500  
N084X-05200  
N085F1  
N086X-05000  
N087X+00040F0  
N088X-05200F1  
N089F70000  
N090S000G25X+999999  
N091G25Z+999999  
N092M002

					БР.ПІМ-70.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Висновки

В бакалаврській дипломній роботі проаналізовано заводський технологічний процес механічної обробки валу та спосіб отримання заготовки, і на його основі розроблено розроблено новий технологічний процес.

В роботі вивчено конструкцію і технологічні вимоги до вала, призначено припуски на механічну обробку, розраховано режими різання і проведено технічне нормування операцій.

В конструкторській частині описано конструкцію, призначення і принцип роботи спеціального пристрою для фрезерної операції, та проведено розрахунки для підтвердження його працездатності, також в даному розділі описано конструкції та розраховано різальний та контрольний інструмент.

В четвертому розділі розроблено програму для верстату з ЧПК.

В додатках наведена уся необхідна технологічна документація та специфікація свердлильного пристрою.

В графічній частині роботи наведено креслення деталі, заготовки, інструментів, карти налагодження, складальне креслення фрезерного пристрою, робоче креслення деталі пристрою, схеми до керуючої програми для верстату з ЧПК.

Таким чином, завдяки впровадження запропонованих в роботі рішень буде досягнуто:

- 1) підвищення продуктивності праці шляхам застосування верстатів з ЧПК, швидкодіючих пристроїв з пневмозатиском;
- 2) застосування обладнання яке більш відповідає точності виготовлення деталі;
- 3) зниження трудомісткості переміщення деталей між робочими місцями;
- 4) зменшення собівартості виготовлення вала.

					БР.ПМ-70.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Список використаних джерел

1. Добрыднев И.С. Курсовое проектирование по предмету технология машиностроения. - Москва: "Машиностроение", 1986.
2. ГОСТ 7505-89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски.
3. Обработка металлов резанием. Справочник технолога. Под ред. Г.А.Монахова. - Москва: "Машиностроение", 1974.
4. Справочник технолога-машиностроителя. Т.2. Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. - Москва: "Машиностроение", 1985.
5. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. Часть III. - Москва: "Машиностроение", 1974.
6. Справочник технолога-машиностроителя. Т.1. Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. - Москва: "Машиностроение", 1985.
7. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. Часть I. - Москва: "Машиностроение", 1974.
8. Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного для технического нормирования станочных работ. - Москва: "Машиностроение", 1974.
9. Горбачевич А.Ф., Шкред В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. - Минск : Высшая школа, 1983. - 256 с.
10. Горошкин А.К. Приспособления для металлорежущих станков: Справочник. - М.: Машиностроение, 1979. - 303 с.
11. А.Н. Балабанов. Краткий справочник технолога машиностроителя. - Москва. Издательство стандартов, 1992. - 464 с.

					БР.ПМ-70.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# Додатки

					БР.ПМ-70.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Дубл.													
Взамін.													
Підпис													

											1	
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--

				<i>ІФНТУНГ</i>									

**КОМПЛЕКТ  
технологічної  
документації**

Технологічний процес  
механічної обробки деталі:  
**Вал 3Е.756.00.000 РЭ4**

Розробив: ст. гр. ПМз-19-1К  
Павлюк Т.В.  
Перевірів: Одосій З.М.



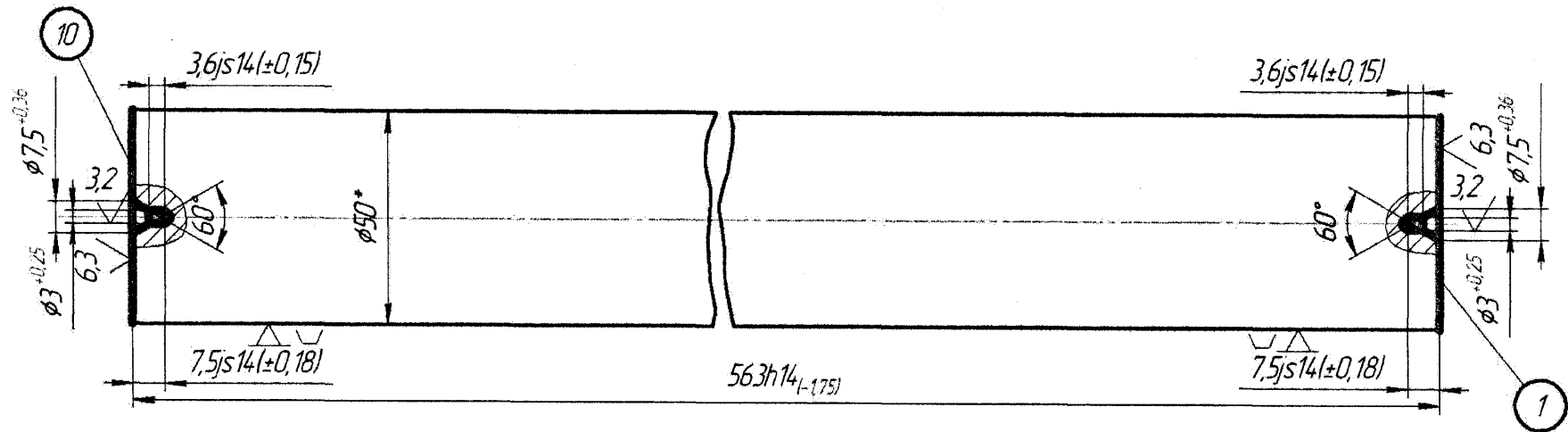




Дубл.			
Взамін.			
Підпис			

Зм	Ар	№ док.	Підпис	Дата

Розробив	Павлюк			І Ф Н Т У Н Г	3E.756.00.000 PЭ4	010		
Перевірів	Одосій							
Н. контр.	Одосій			Вал			Н	

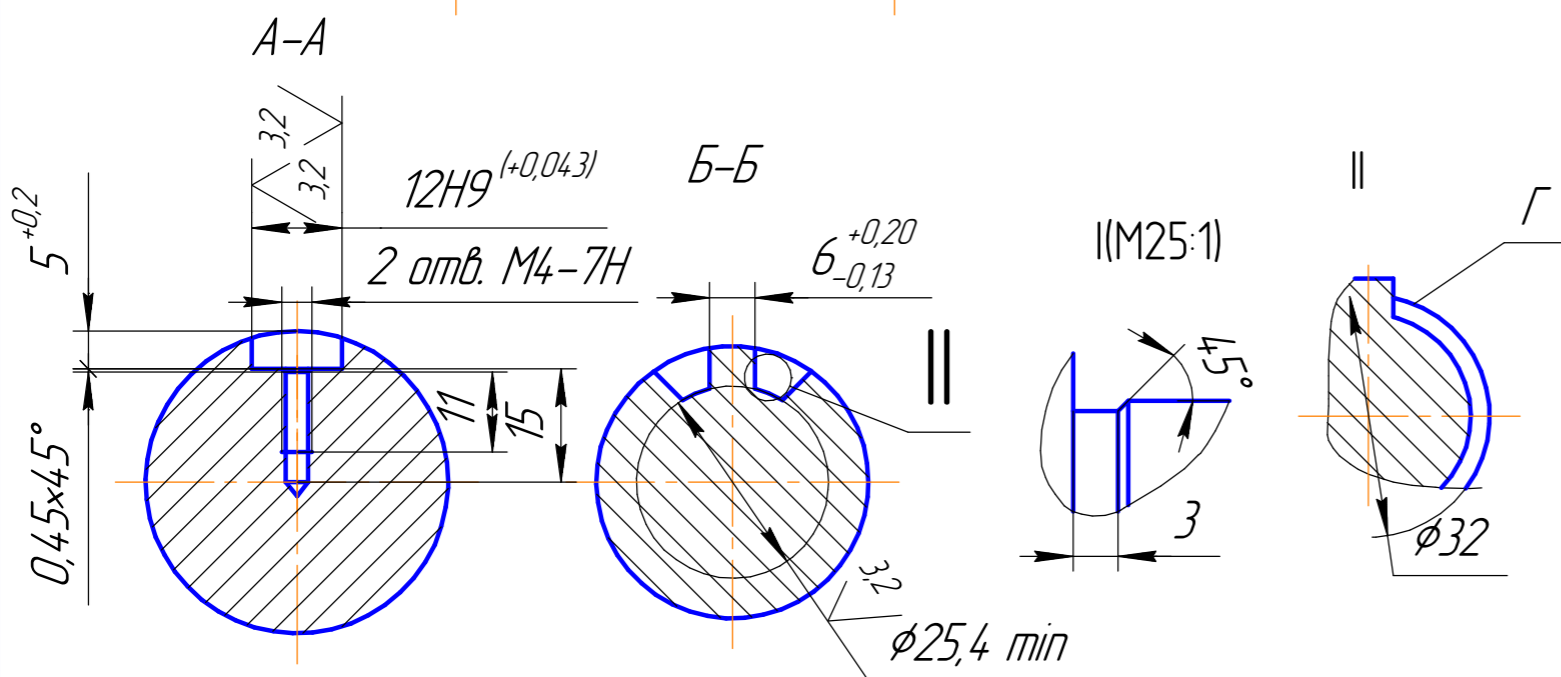
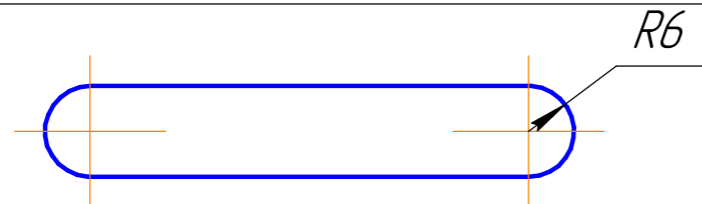
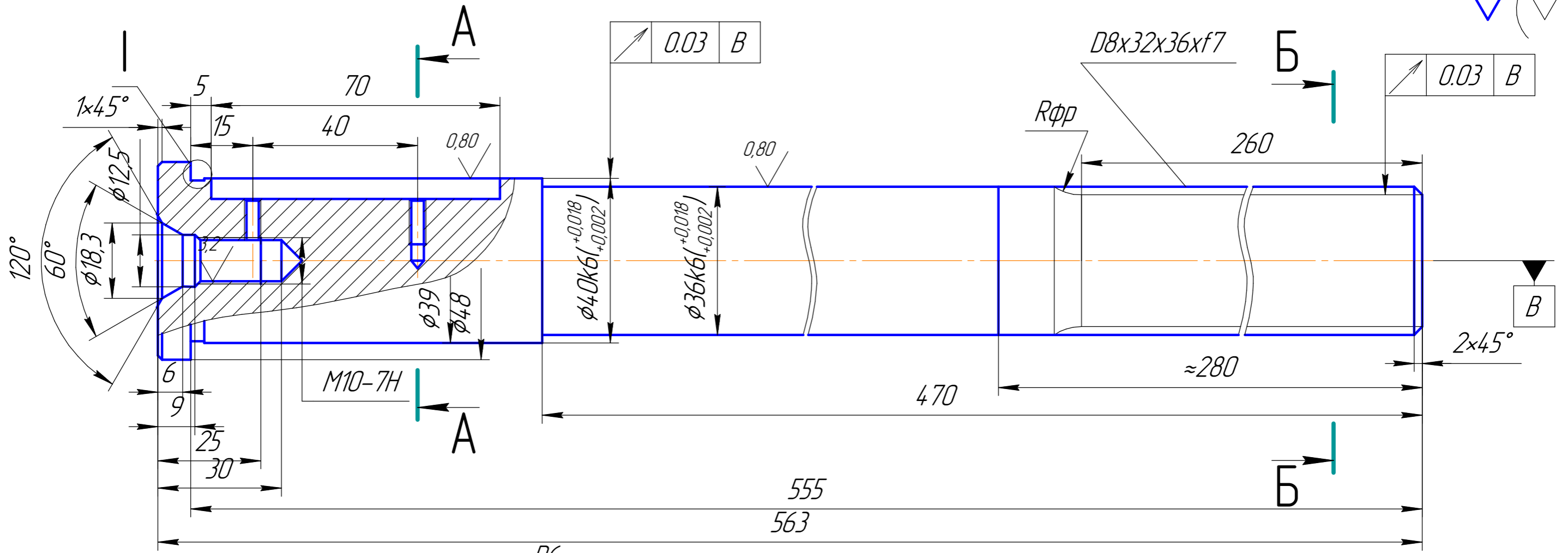






БР.ПМ-70.01.01.000

12,5 ✓ (✓)



1. HB 229...285
2. Бокові сегменти кожного зуба вала повинні бути паралельними осі симетрії до перетину з окружністю Г; допустимі відхилення в межах на товщину зуба
3. H14, h14,  $\pm \frac{IT14}{2}$

				БР.ПМ-70.01.01.000			
				Вал			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.		Павлюк			У	4,24	1:1
Пров.		Одосію			Лист Листов 1		
Т.контр.		Одосію					
Н.контр.		Одосію					
Утв.		Панчук			Сталь 40X ГОСТ 4543-71 ПМЗ-19-1К		

Копировал

Формат А3

Перв. примен. Справ. № Подп. и дата Изм. № дораб. Взам. инв. № Подп. и дата Инв. № подл.

БР.ПМ-70.01.02.000

Перв. примен.

Справ. №

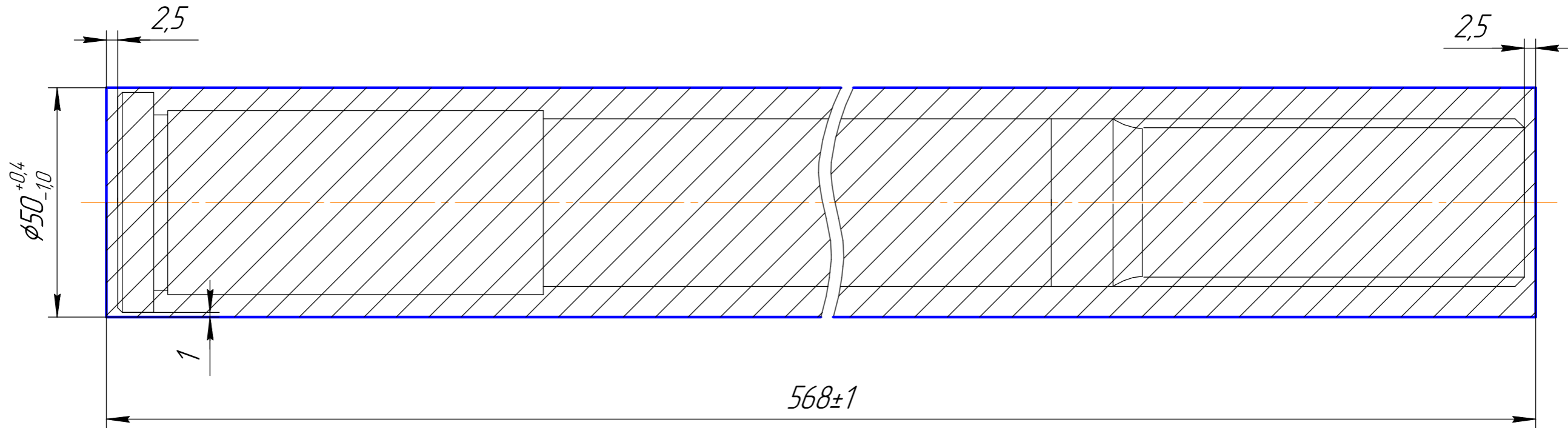
Подп. и дата

Инд. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инд. № подл.

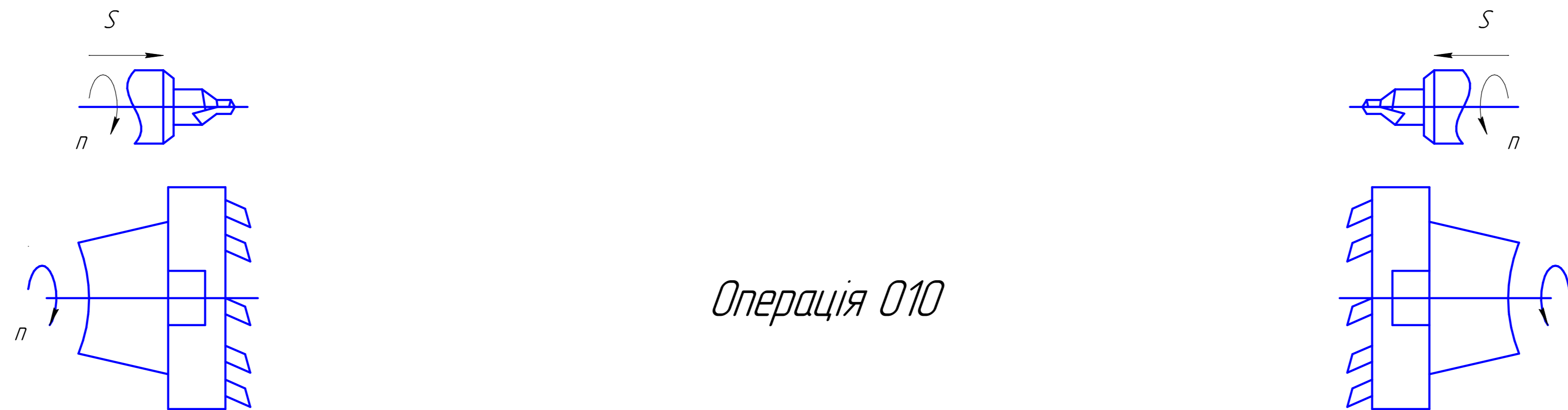


1. Допустима овальність до 0,7мм
2. Допустима кривизна до 0,20 мкм/1мм
3. Допустима кривизна різку 2,0 мм
3. Решта технічних вимог згідно ГОСТ 2590-71

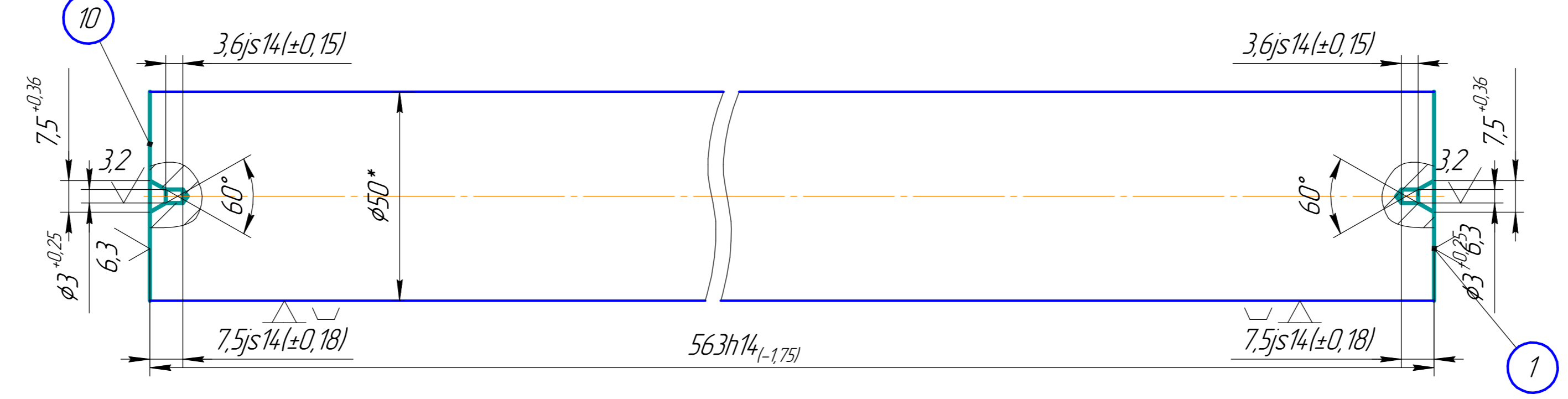
					БР.ПМ-70.01.02.000		
					<b>Заготовка</b>		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.		Павлюк.			У	8,69	1:1
Пров.		Одосію					
Т.контр.					Лист	Листов 1	
Н.контр.					40X-B ГОСТ 2590-71		
Утв.					Круг 40X-2-5 ГОСТ 4543-71		
					ПМЗ-19-1К		

Копировал

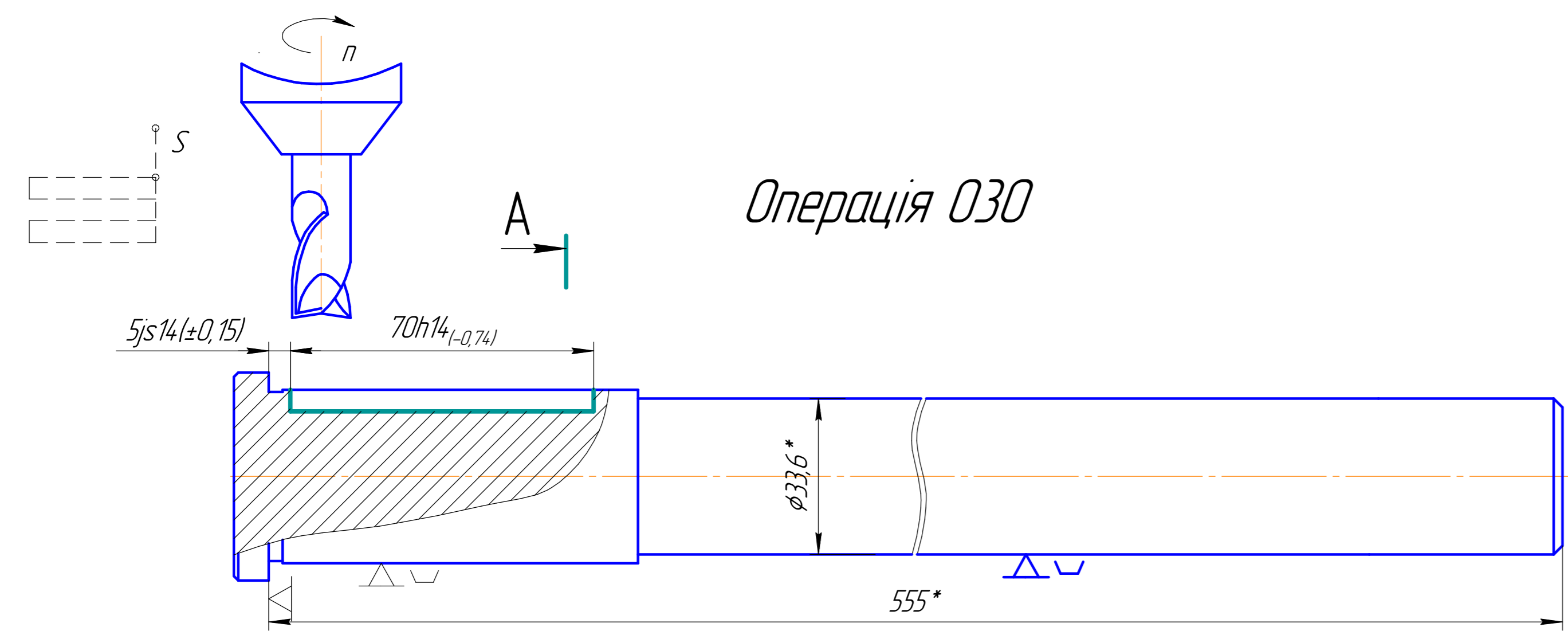
Формат А3



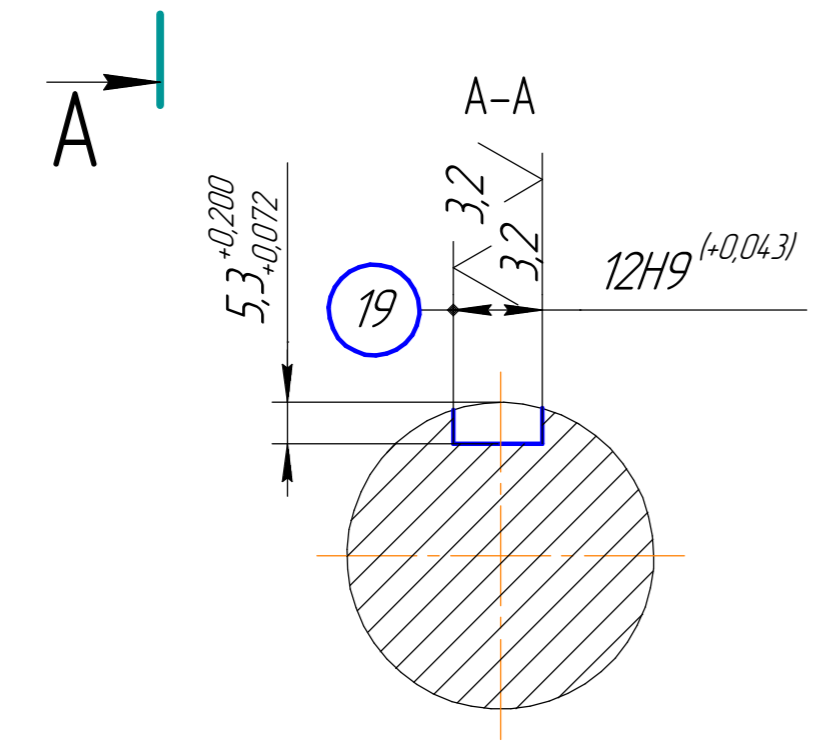
Операція 010



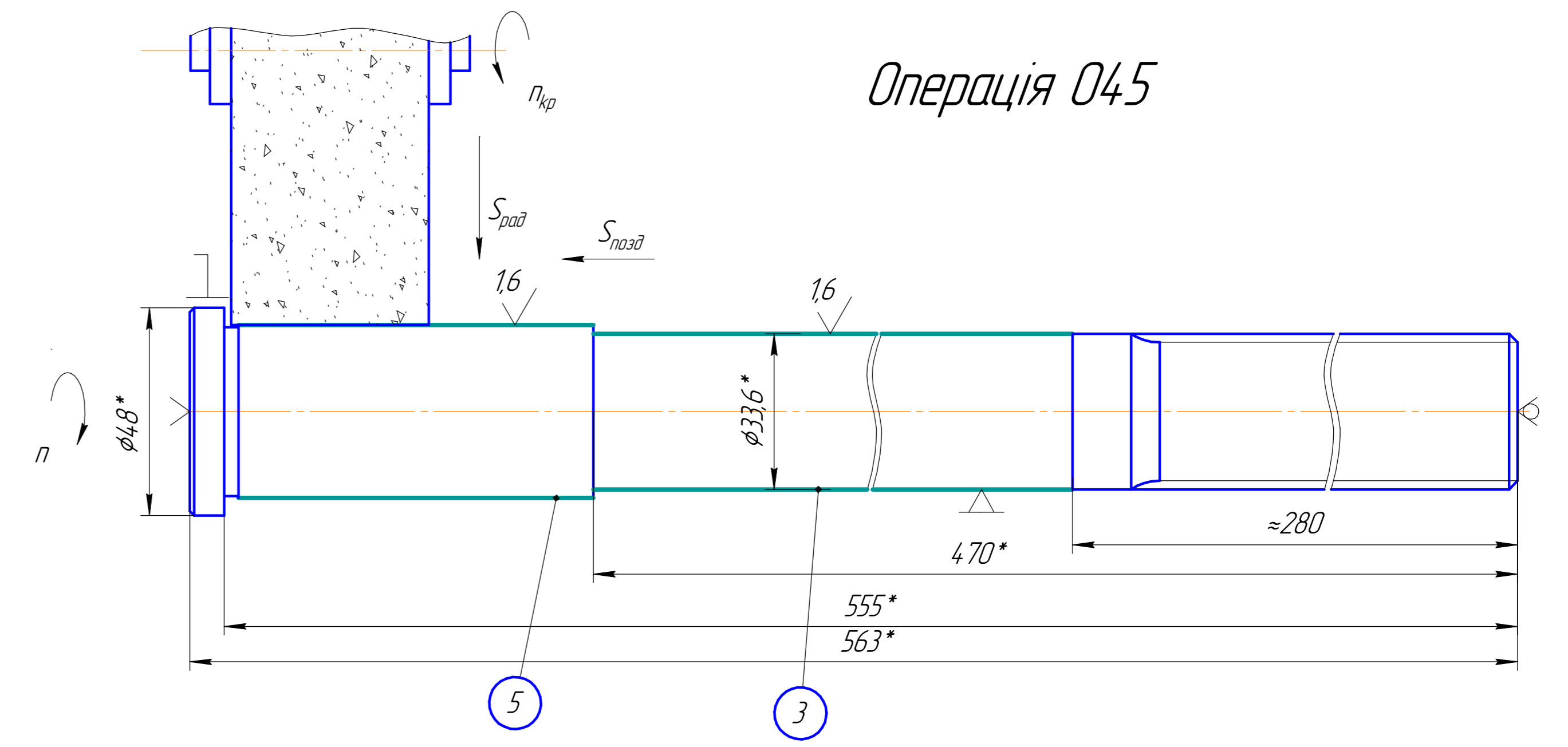
2	Свердлити пов. 1, 10	3,0	9,5	1,5	1	75	11,8	1250	0,123	
1	Фрезерувати пов. 1, 10	125	36	2,5	1	160	98,1	250	0,225	0,37
№	Зміст операції	Д, мм	Л, мм	t, мм	i	S, мм/об	V, м/хв	n, хв <sup>-1</sup>	T <sub>0</sub> , хв	T <sub>б</sub> , хв



Операція 030



1	Фрезерувати пов. 1, 19	12	58	0,2	25	200	23,7	630	7,25	0,35
№	Зміст операції	Д, мм	Л, мм	t, мм	i	S, мм/об	V, м/хв	n, хв <sup>-1</sup>	T <sub>0</sub> , хв	T <sub>б</sub> , хв



Операція 045

2	Шліфувати пов. 5	4,0	50,5	0,025	17	45	25	200	0,134	0,696
1	Шліфувати пов. 3	5,0	158,5	0,025	17	45	25	200	0,419	
№	Зміст операції	Д, мм	Л, мм	t, мм	i	S, мм/об	V, м/хв	n, хв <sup>-1</sup>	T <sub>0</sub> , хв	T <sub>б</sub> , хв

БР.ПМ-70.02.00.000СХ			
№	Лист	№ док.	Підп.
Разр.	Лабл.	Дата	
Проб.	Одосі.		
Т.контр.			
Н.контр.			
Спб.			
Карта налагодження			Лист
у	-	-	Листів 1
ПМЗ-19-1К			Формат А1

Перв. примен. Справ. № План. і діста. Взам. шиф. № Інв. № діста. План. і діста. № подл.

БР.ПМ-70.01.03.000

Перв. примен.

Справ. №

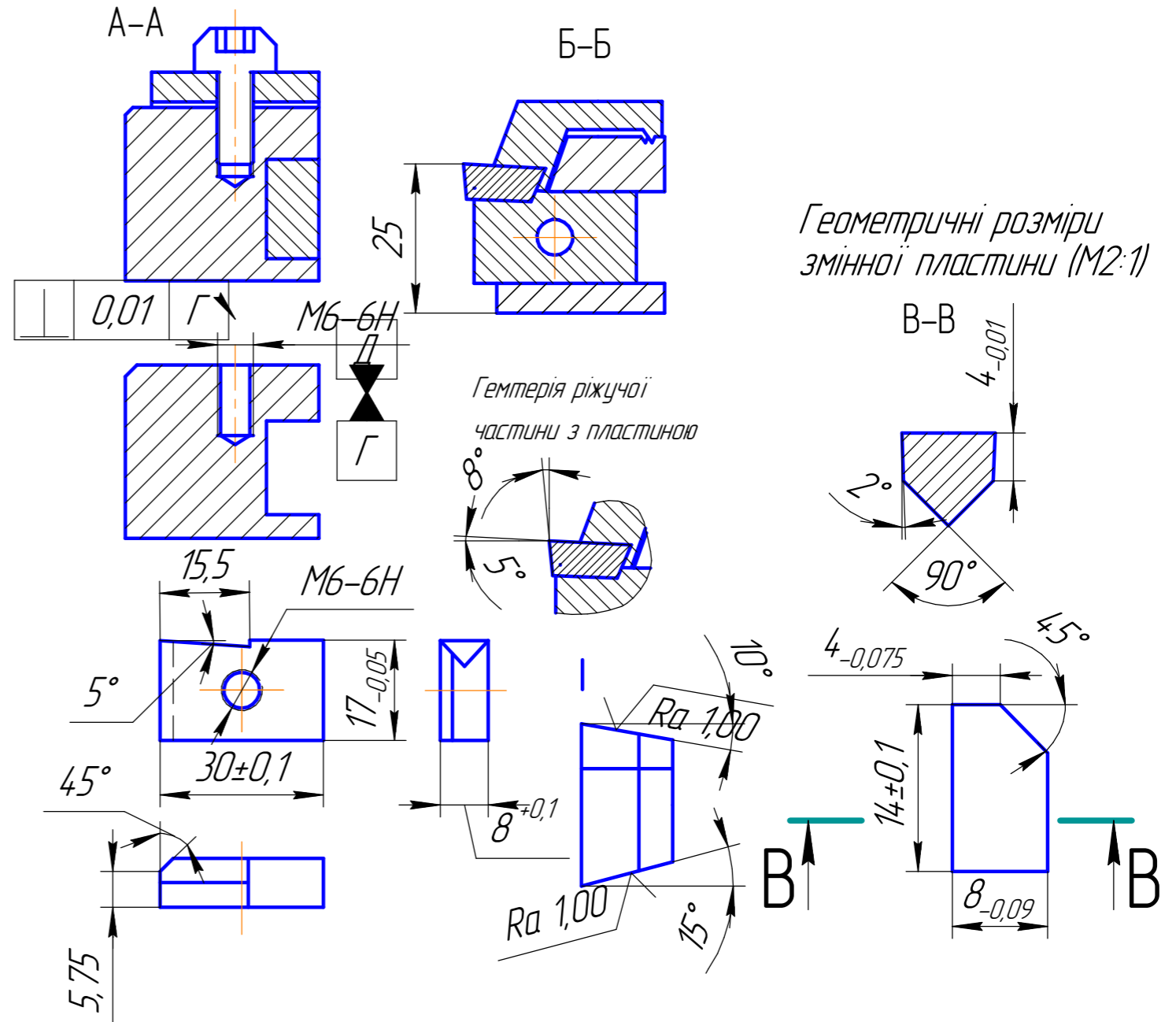
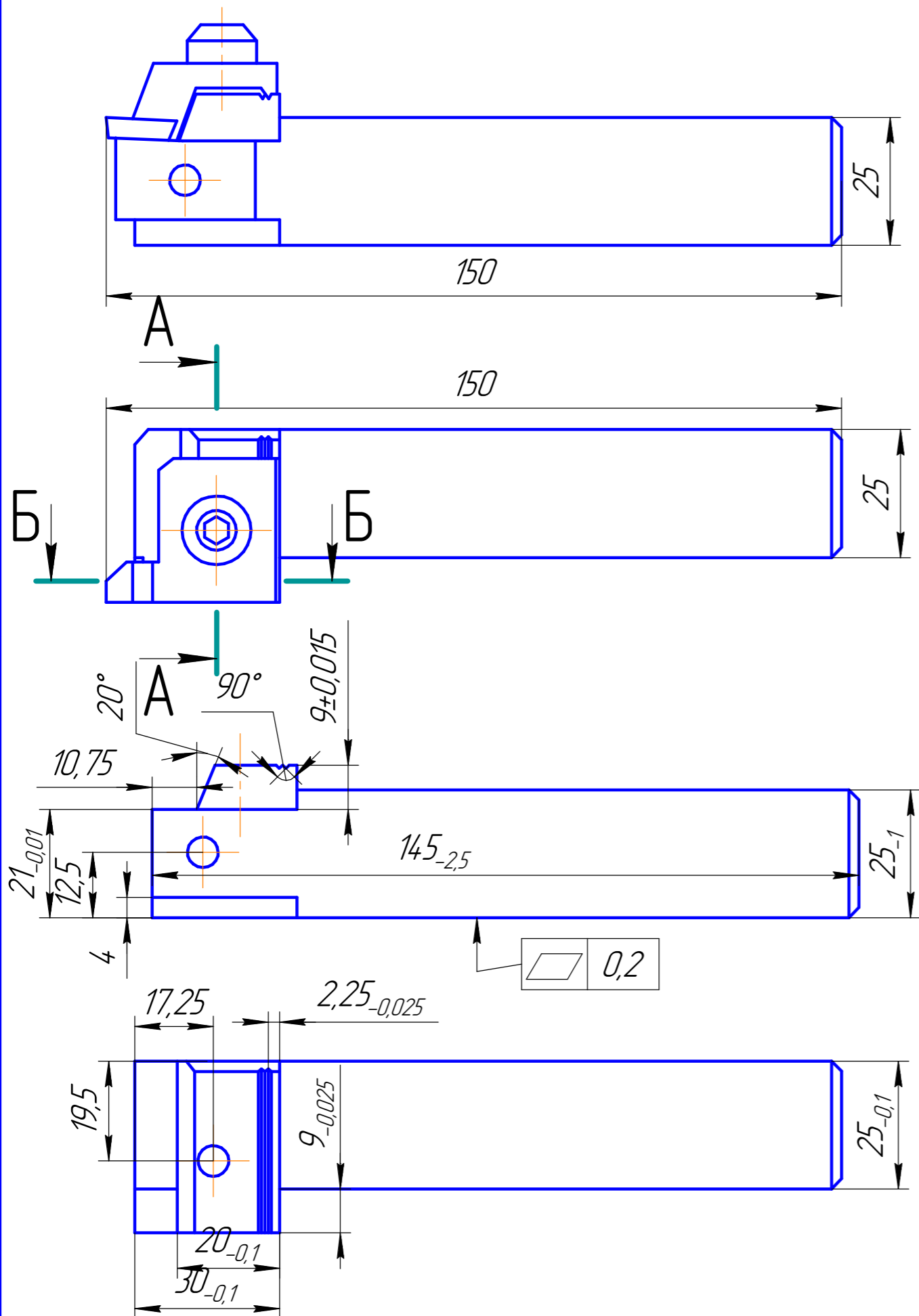
Подп. и дата

Изм. № дробл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

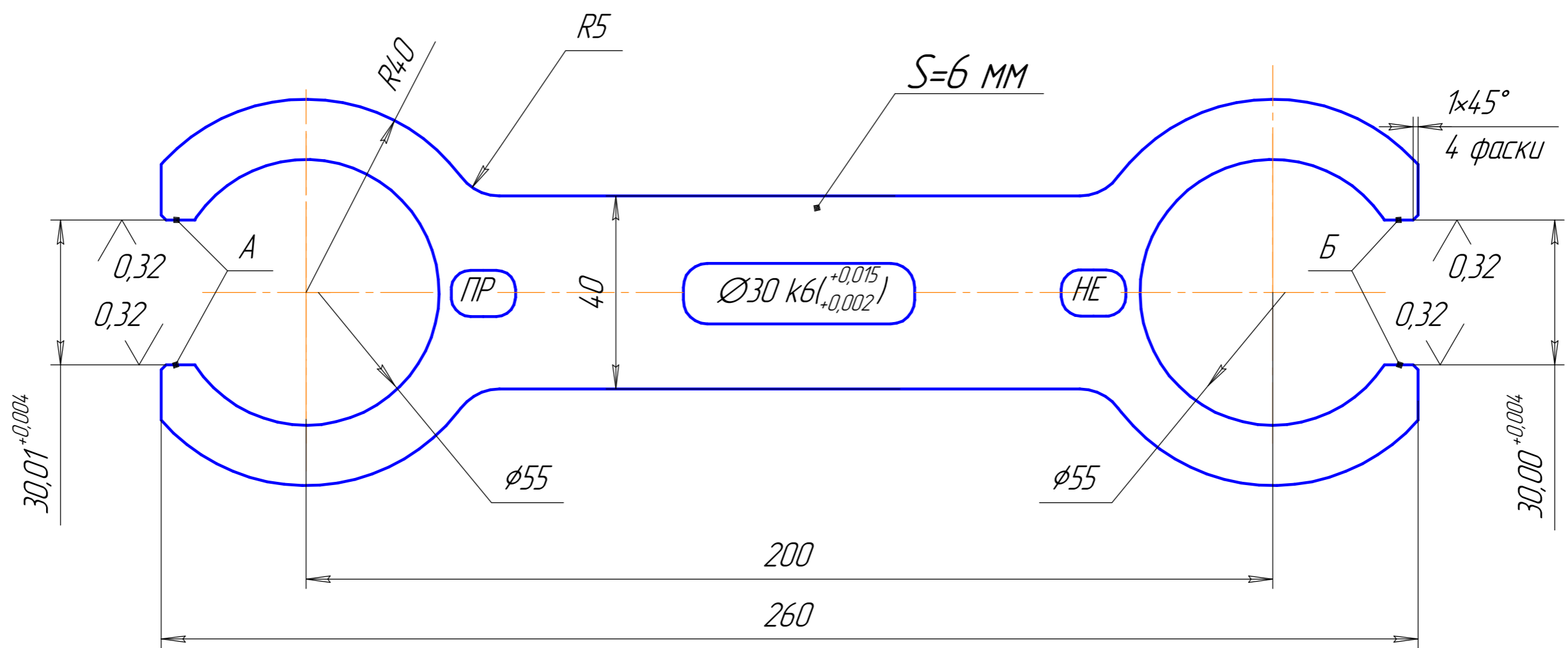
Изм. № подл.



Геометричні розміри змінної пластини (M2:1)

1. Матеріал державки Сталь 45 ГОСТ 1050-88.
2. Пластика твердого сплаву Т5К10 спеціальної форми.
3. Матеріал підкладної пластини Сталь 45 ГОСТ 1050-88.
4. Твердість державки після термообробки HRCe 30...32.
5. Твердість підкладної пластини HRCe 20...25.
6. Маркувати: позначення, форму пластинки і марку твердого сплаву, робочу висоту H і товарний знак заводу-виробника.

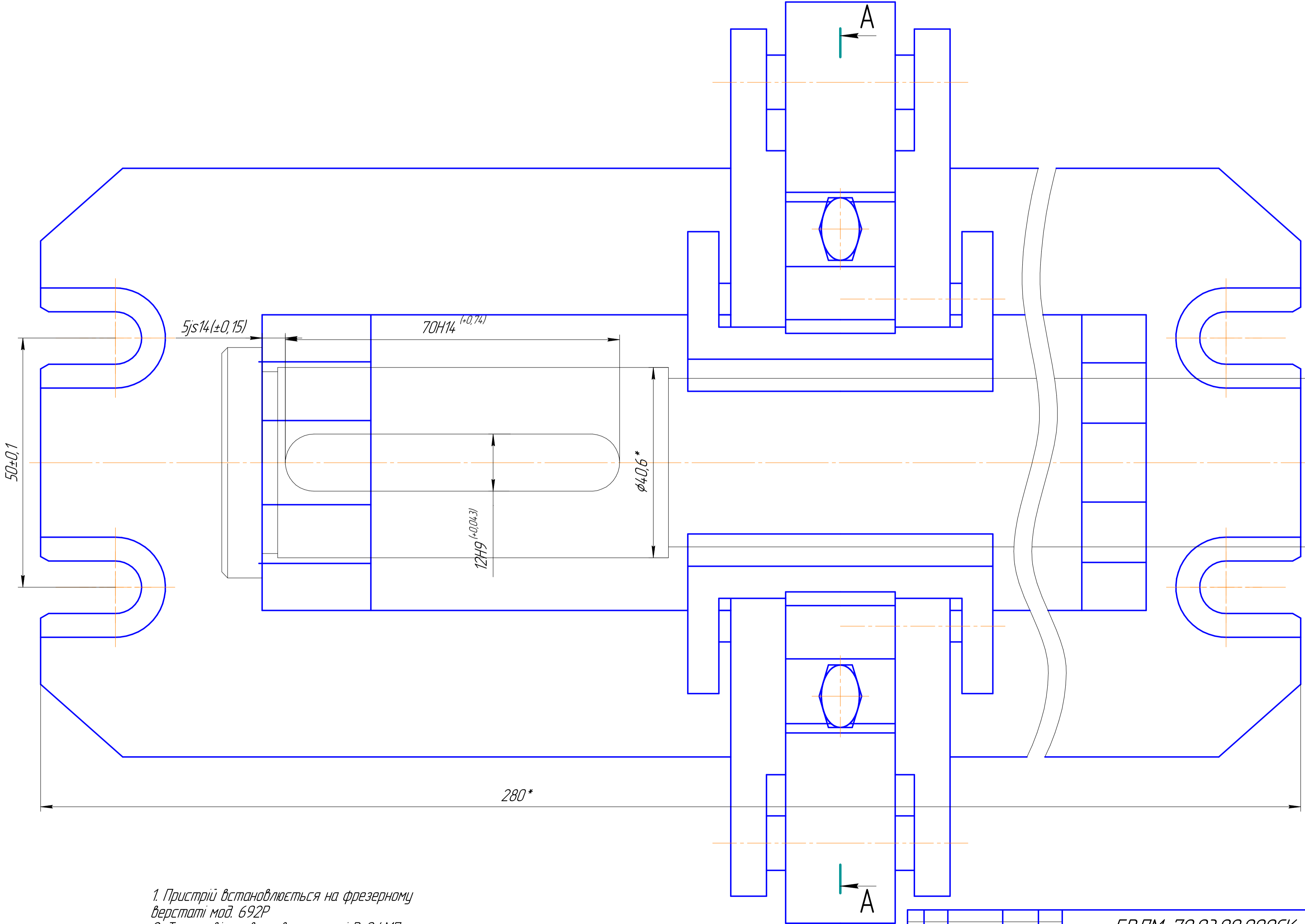
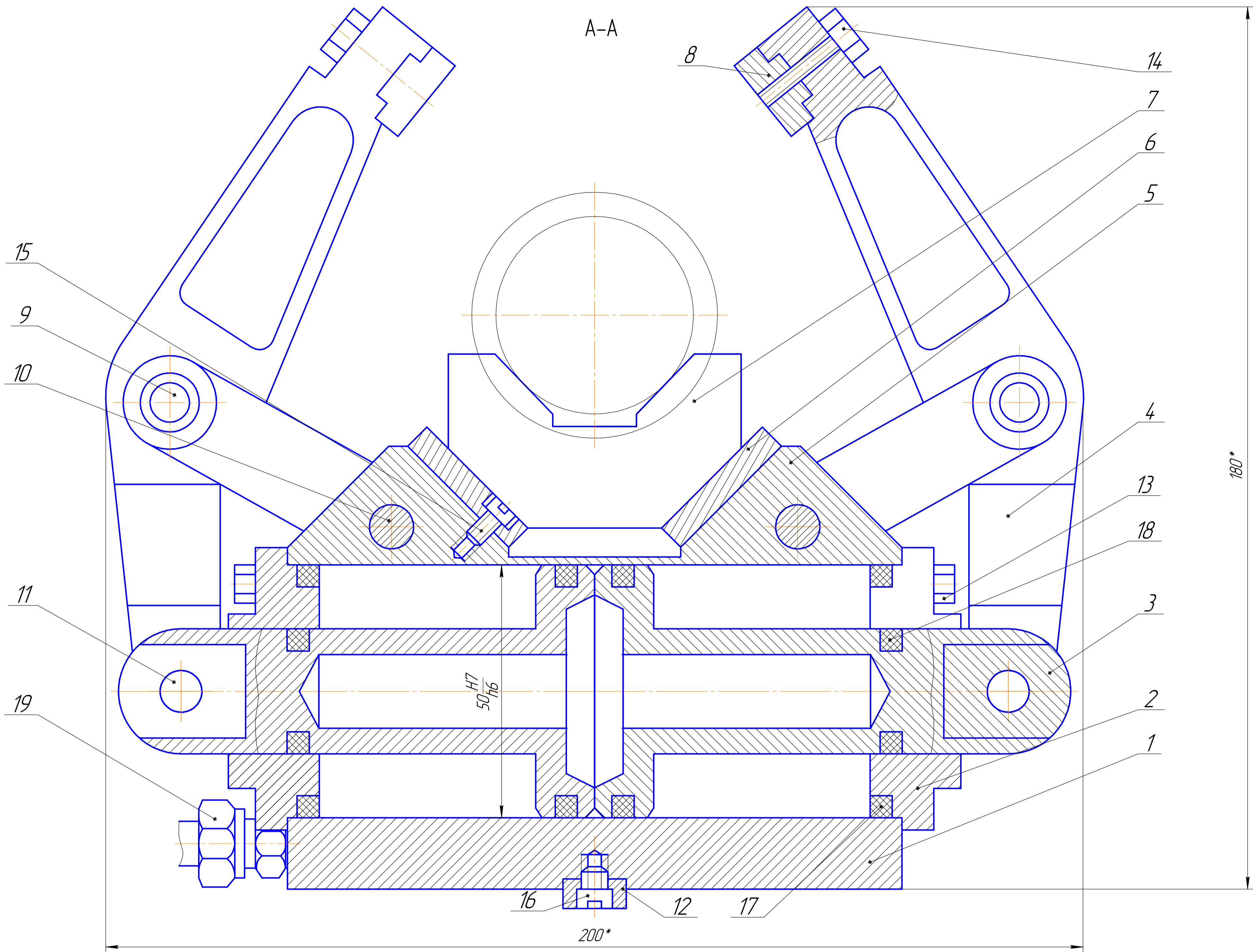
				БР.ПМ-70.01.03.000		
Изм. Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Павлюк			у	0,7	1:1
Пров.	Одосій.			Лист	Листов	1
Т.контр.				ПМЗ-19-1К		
Н.контр.						
Утв.						



1. Поверхні А і Б цементувати  $h \geq 0,05$  мм, 59..65 HRC<sub>3</sub>
2. H14; H14;  $\pm IT14/2$

Перв. примен.	Справ. №	Подп. и дата	Изм. №	Изм. №	Изм. №	Изм. №

				БР.ПМ-70.01.04.000			
				Калібр скода ГОСТ 24853-81			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.		Павлюк			Н		1:1
Пров.		Одосіу			Лист 1		Листов 1
Т.контр.		Одосіу					
Н.контр.		Одосіу			Сталь 20 ГОСТ 1050-88		
Утв.		Панчук			ПМЗ-19-1К		
				Копировал			
				Формат А3			



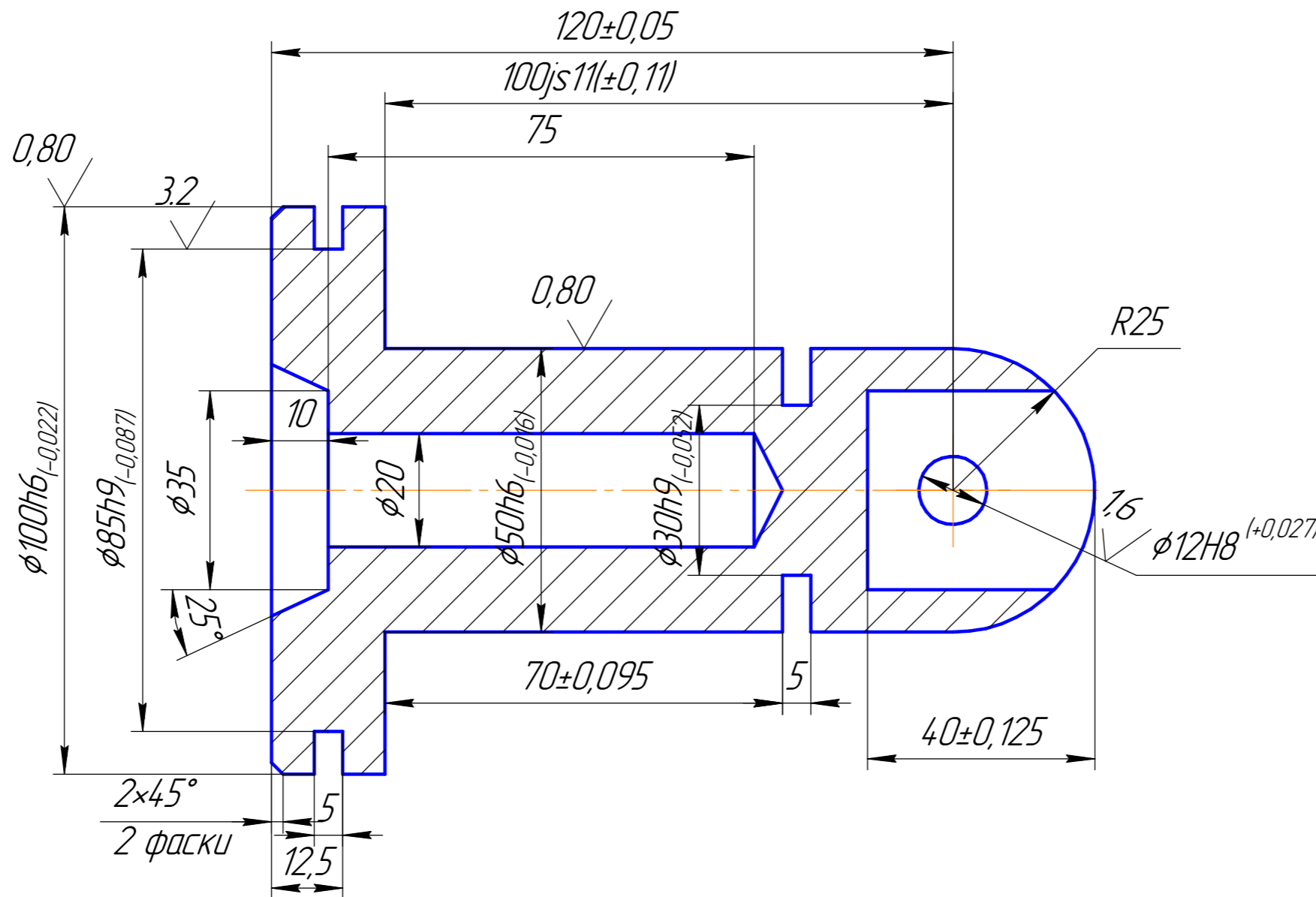
1. Пристрій встановлюється на фрезерному верстаті мод. 692Р
2. Тиск повітря в пневмостемі Р=0,4МПа
3. \*Розмір для довідок

БР.ПМ-70.03.00.000СК				Лист	Маса	Масштаб
Пристрій фрезерний				у	-	2:1
				Лист	Листов	1
				ПМЗ-19-1К		

Лист № докум. / Дата  
 Склад № / Назв. примен.  
 Взам. інв. № / Інв. № дробл. / Платн. і дата  
 Підп. № роздл. / Підп. і дата

БР.ПМ-70.03.00.003

6,3 (✓)



1. 50...52 HRC
2. h14; H14; ±IT14/2
3. Невказані радіуси R0.2
4. Гострі кромки притупити

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инд. № дцкл.

Взам. инв. №

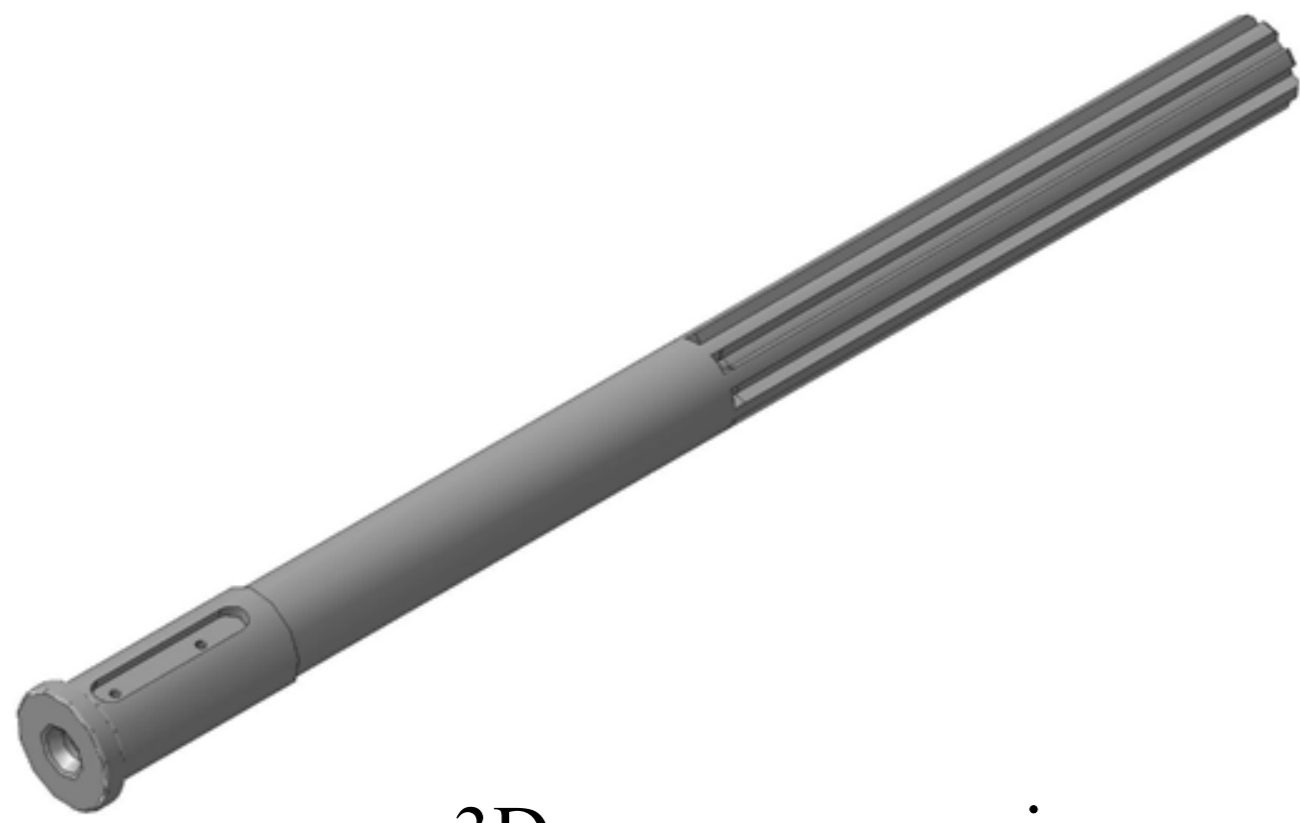
Подп. и дата

Инд. № подл.

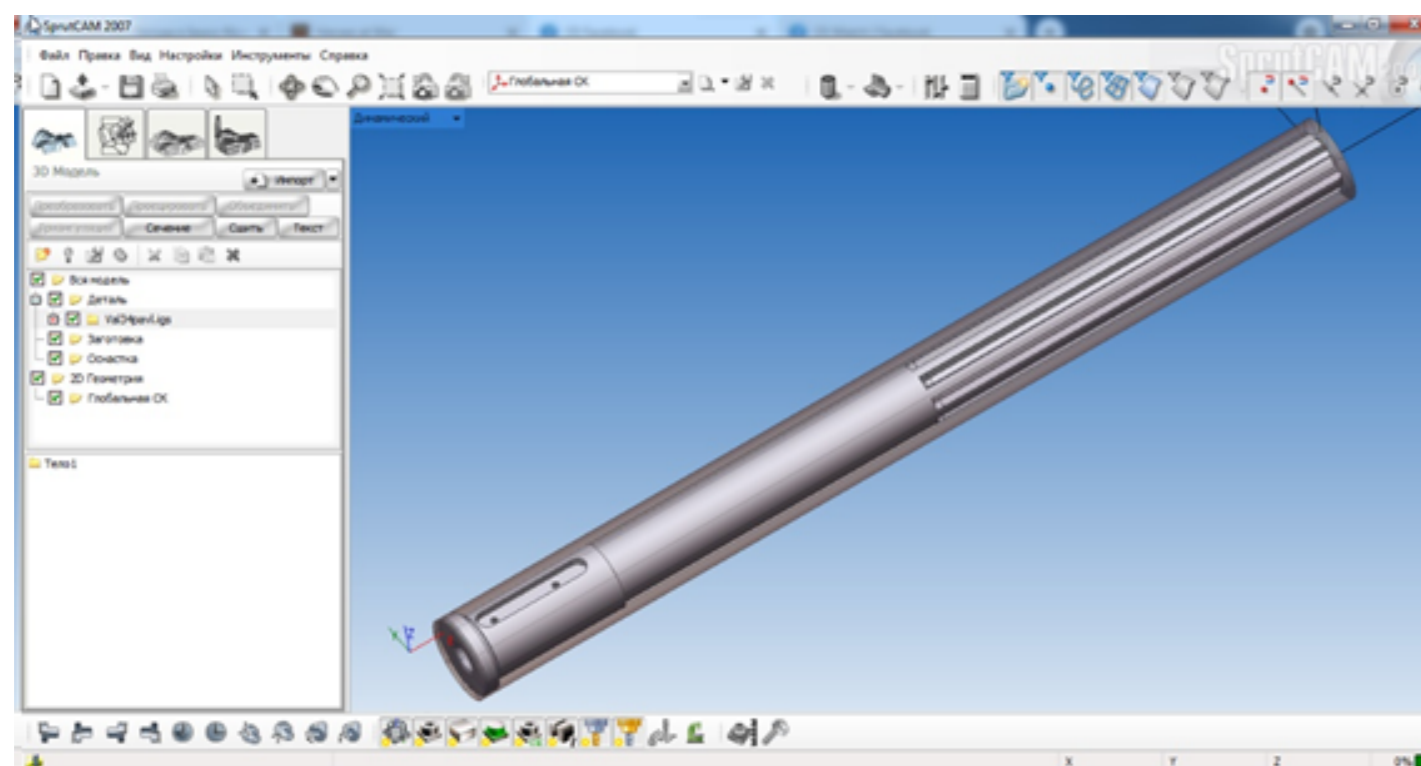
				БР.ПМ-70.03.00.003				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<h1>Поршень</h1>	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.		Павлюк				У	-	1:1
Пров.		Одосію				Лист 1		
Т.контр.						Листов 1		
Н.контр.					Сталь 45 ГОСТ 1050-88			
Утв.					ПМЗ-19-1К			

Копировал

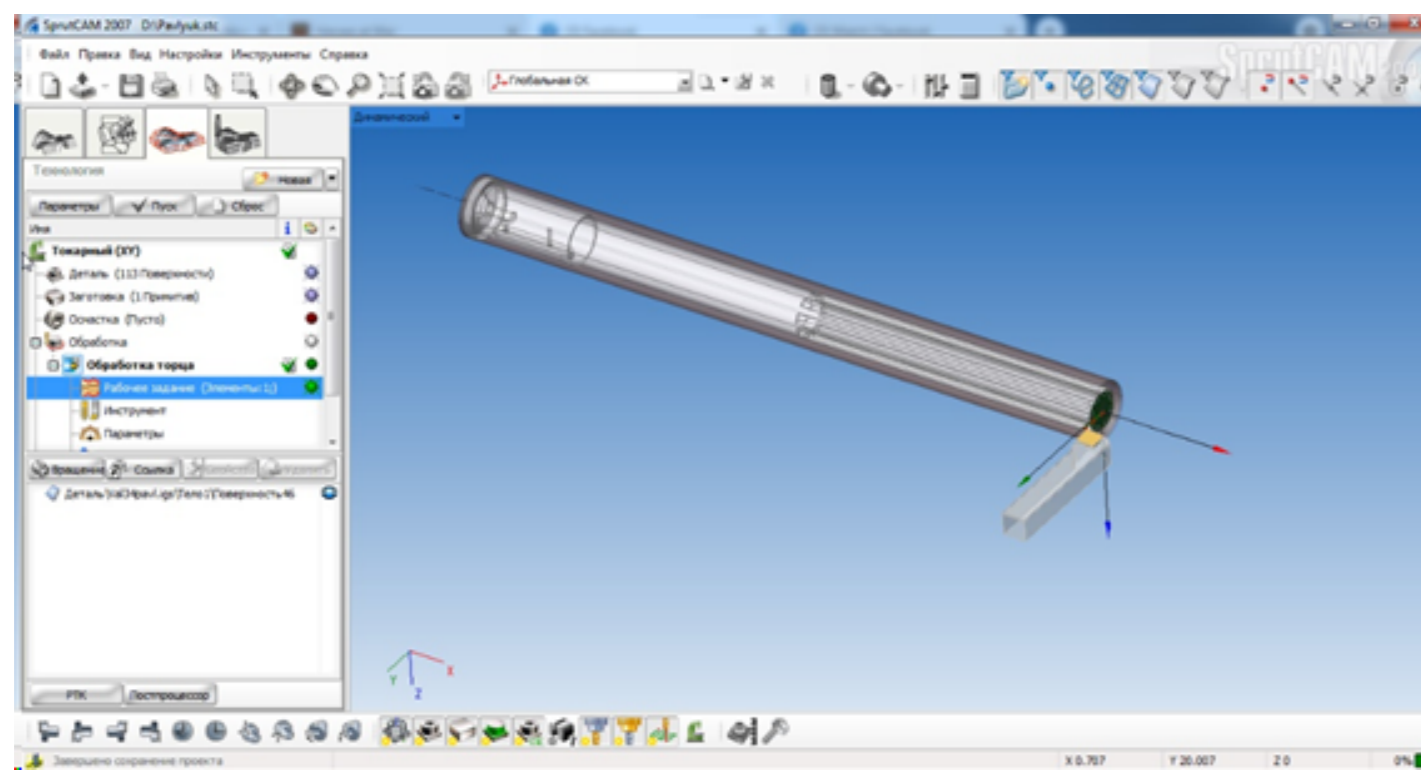
Формат А3



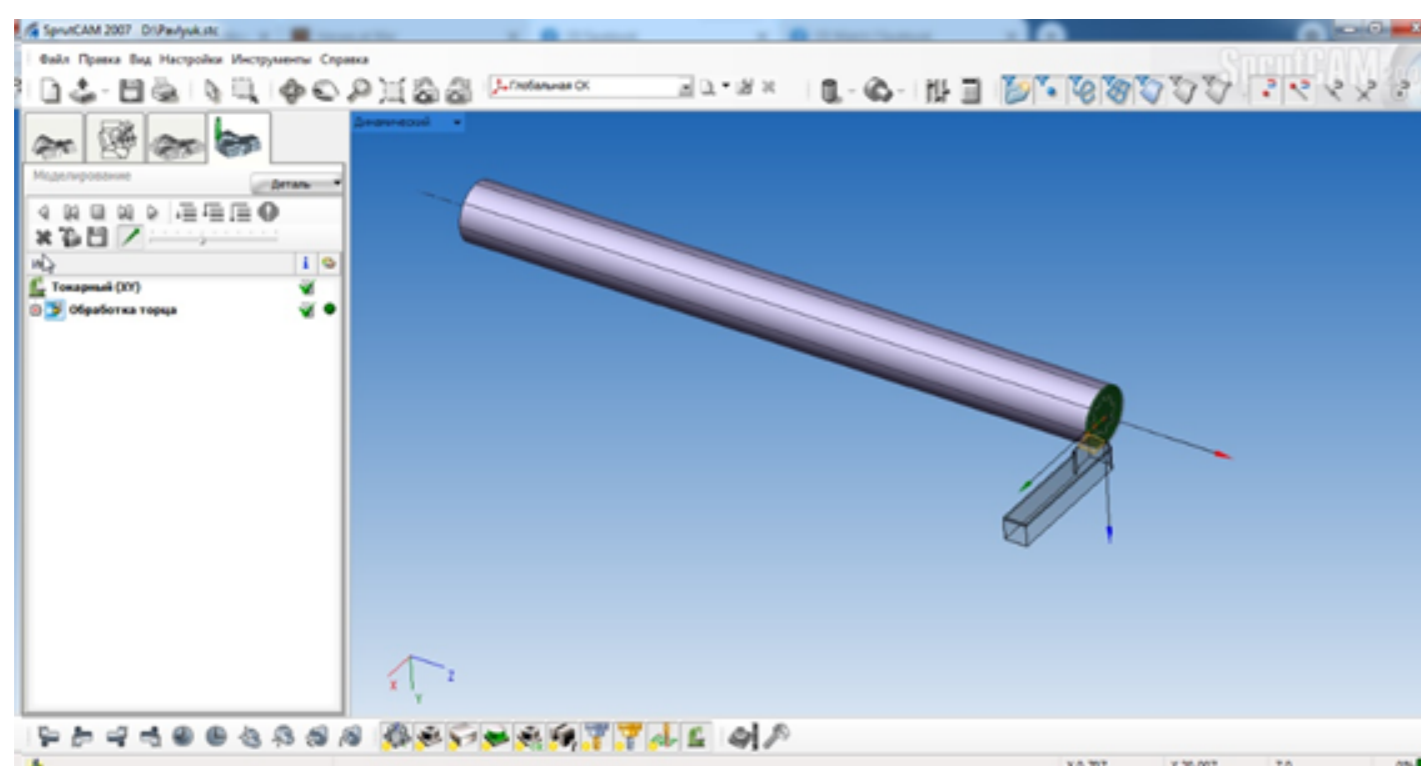
3D-модель деталі



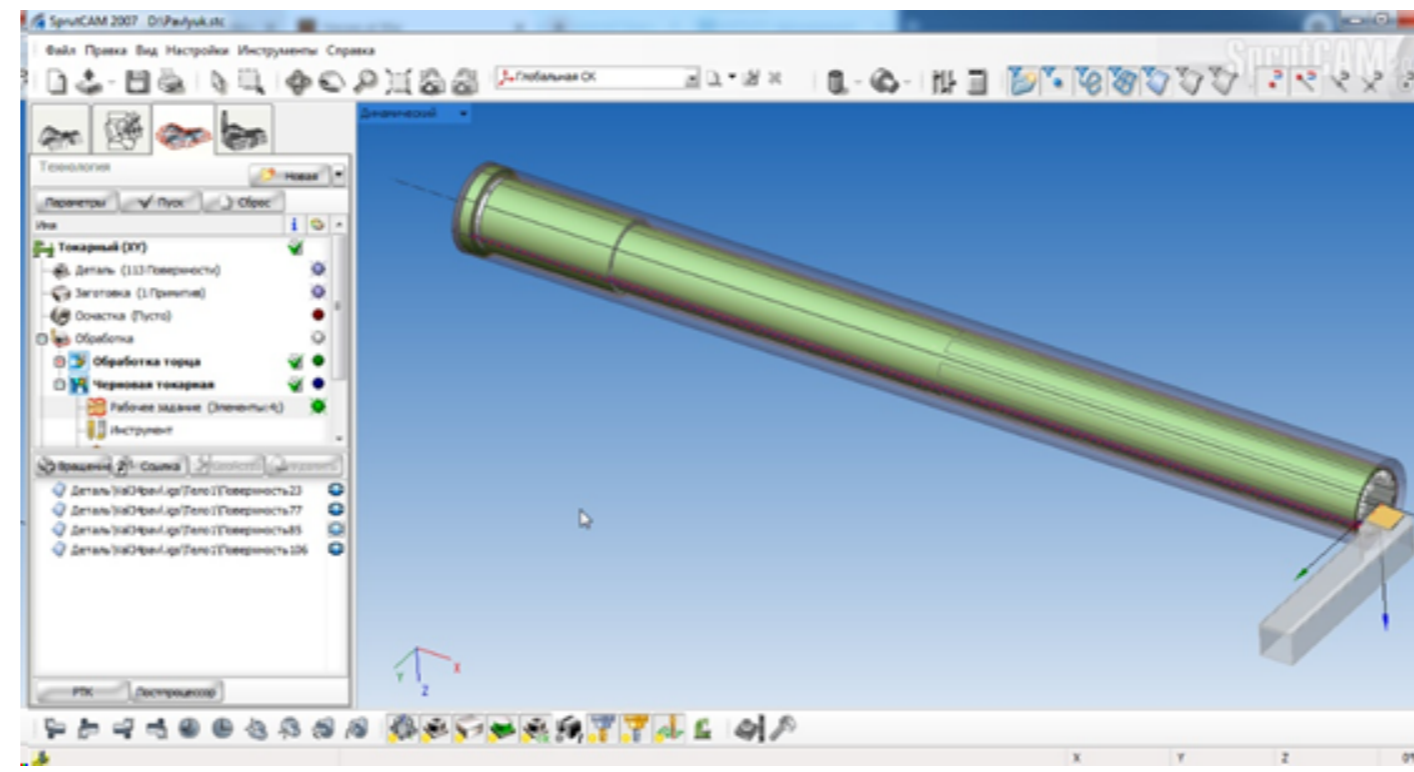
Деталь та заготовка в системі СПРУТ-САМ



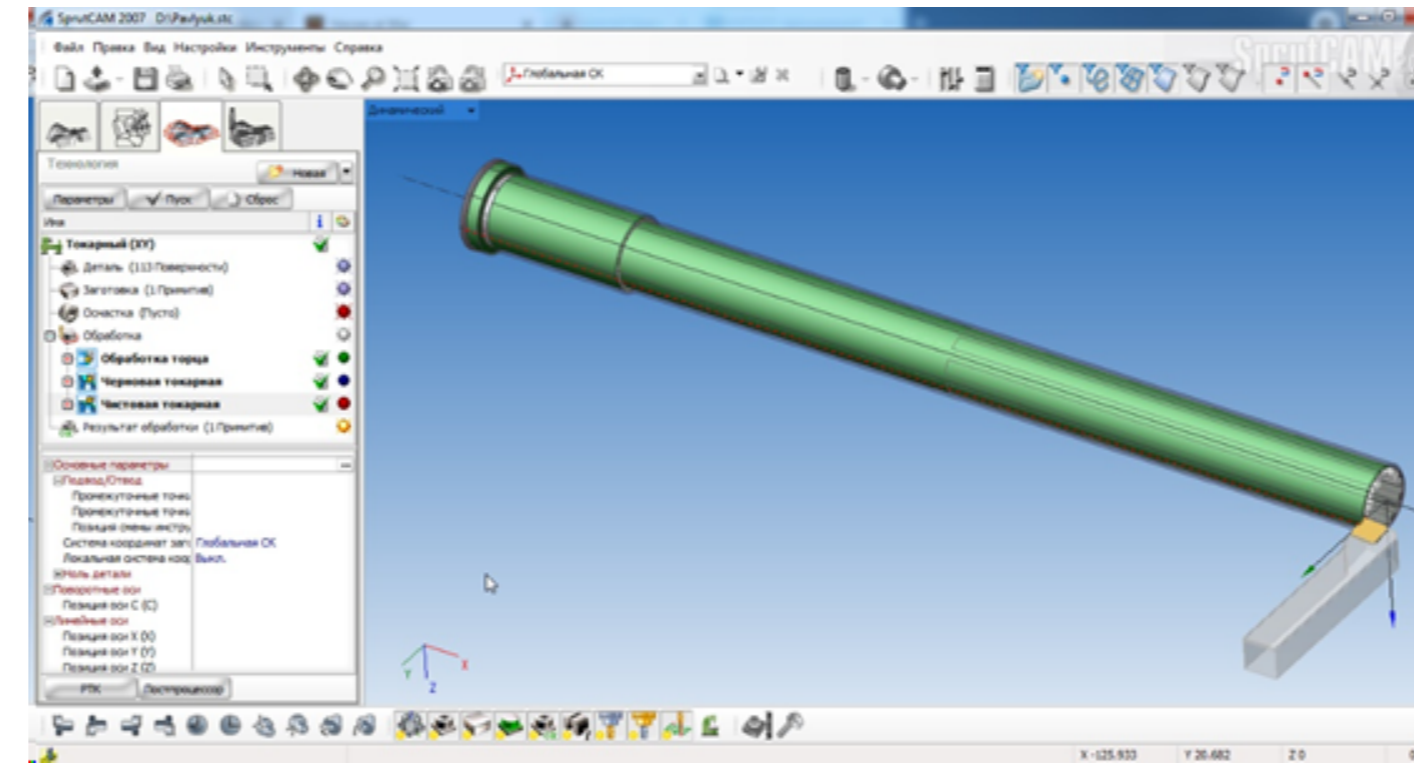
Проектування операції обробки торця



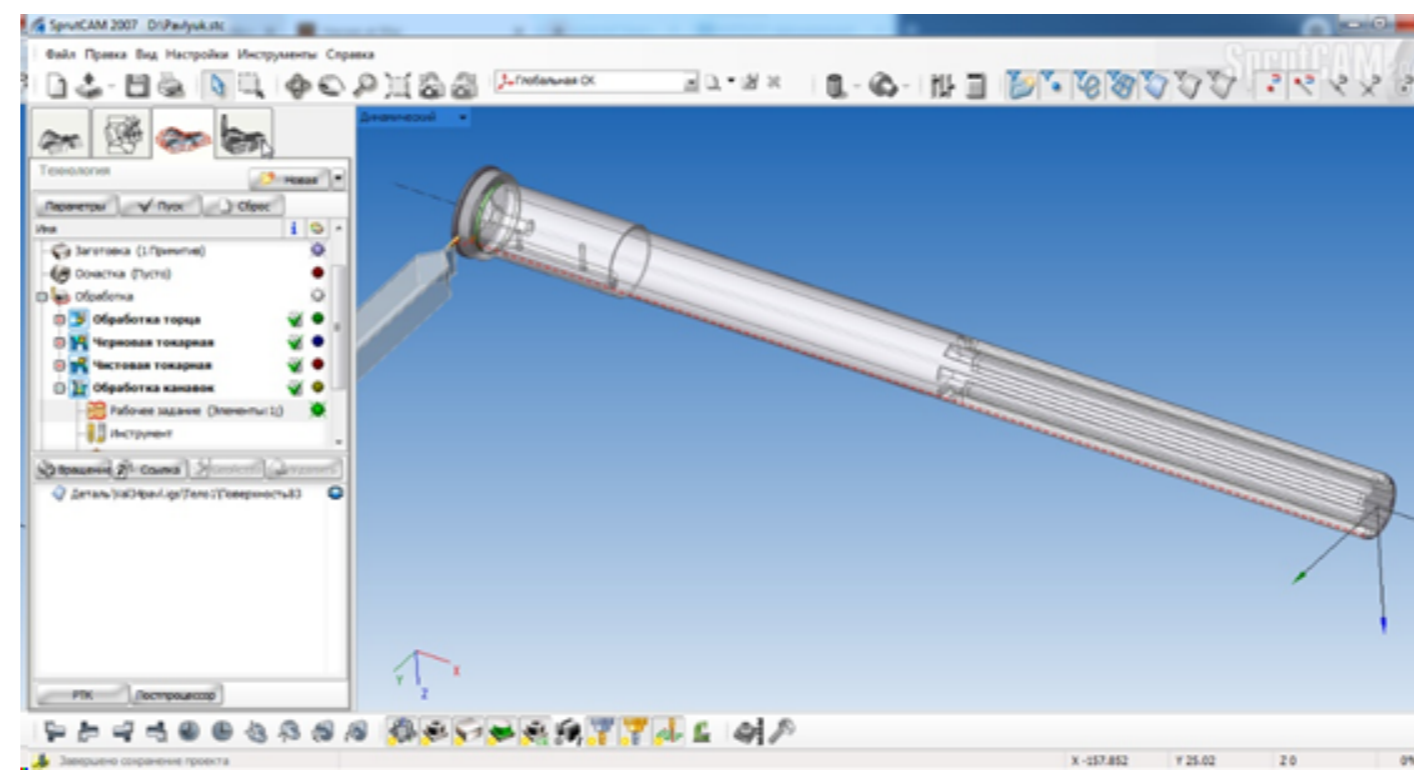
Моделювання операції обробки торця



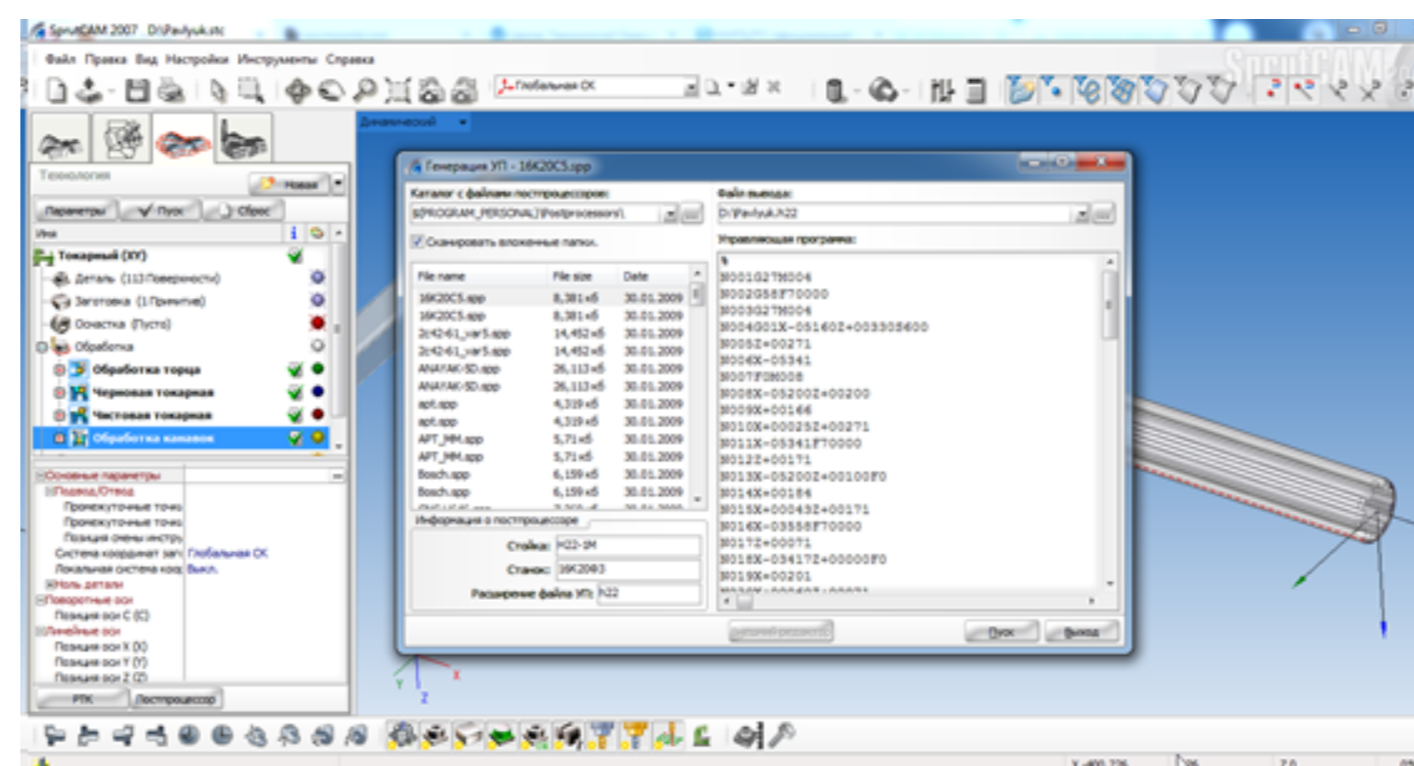
Проектування операції чорного точіння



Проектування операції чистового точіння



Проектування операції точіння канавок



Генерування керуючої програми

Керуюча програма для верстата з ЧПК

- %
- N001G27M004
- N002G58F70000
- N003G27M004
- N004G01X-05160Z+00330S600
- N005Z+00271
- N006X-05341
- N007F0M008
- N008X-05200Z+00200
- N009X+00166
- N010X+00025Z+00271
- N011X-05341F70000
- N012Z+00171
- N013X-05200Z+00100F0
- N014X+00184
- N015X+00043Z+00171
- N016X-03558F70000
- N017Z+00071
- N018X-03417Z+00000F0
- N019X+00201
- N020X+00060Z+00071
- N021F70000
- N022Z+00231
- N023X-04936
- N024F0
- N025X-04795Z+00160
- N026Z-55510
- N027X-04936Z-55439
- N028Z+00213F70000
- N029X-04536
- N030X-04395Z+00143F0
- N031Z-55500
- N032X-04536Z-55429
- N033Z+00196F70000
- N034X-04136
- N035X-03995Z+00125F0
- N036Z-47010
- N037X-04136Z-46940
- N038Z+00178F70000
- N039X-03737
- N040X-03596Z+00108F0
- N041Z-00211
- N042X-03737Z-00141
- N043F70000
- N044Z-00056
- N045X-03621
- N046F0
- N047X-03479Z-00126
- N048X-03593Z-00209
- N049G03X-03600Z-002201+00033K+00011
- N050G01Z-47000
- N051X-03960
- N052G03X-04000Z-47020K+00020
- N053G01Z-55500
- N054X-04760
- N055G03X-04800Z-55520K+00020
- N056G01Z-56304
- N057X-04941Z-56233
- N058F70000
- N059X-06000
- N060Z-55492
- N061X-05000
- N062X-04000F0
- N063X-03900
- N064X-04000
- N065X-05000F70000
- N066Z-55499
- N067X-04000F0
- N068X-03900
- N069X-03914Z-55492
- N070X-05002F70000
- N071Z-55500
- N072X-04002F0
- N073X-03900
- N074Z-55394
- N075X-05002F70000
- N076Z-55332
- N077X-04002F0
- N078X-04000
- N079G03X-03988Z-55344I+00040K-00002
- N080G01X-03900Z-55388
- N081Z-55494
- N082X-05202F70000
- N083Z-56500
- N084X-05200
- N085F1
- N086X-05000
- N087X+00040F0
- N088X-05200F1
- N089F70000
- N090S000G25X+999999
- N091G25Z+999999
- N092M002

				БР.ПМ-70.05.00.000 СХ			
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Створення керуючої програми	Лист	Масштаб
Разр.		Листок			для обробки на верстаті з ЧПК		1:1
Проб.		Одасі				Лист	Листів 1
Т.контр.		Одасі					
Н.контр.		Одасі					
Утв.		Листок					
ПМЗ-19-1К						Копіюван	
Формат А1							

Листок, примірник, Справ. №, Листів у даній, Листів у даній, Вид № даної