

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВІДОКРЕМЛЕНИЙ СТРУКТУРНИЙ ПІДРОЗДІЛ
«ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ ТЕРНОПІЛЬСЬКОГО
НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ»

Циклова комісія машинобудівних технологій

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи
фахового молодшого бакалавра

на тему:

Розробка і техніко-економічне обґрунтування
технологічного процесу механічної обробки деталі
«Вал» 26.КВР.400.02.00.000

Виконав: студент IV курсу, групи МГ-400
спеціальності 133 “Галузеве машинобудування”
Возняк Дмитро Миколайович

Керівник: _____ Ігор ГЕНИК

Рецензент: _____

Тернопіль – 2026

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВІДОКРЕМЛЕНИЙ СТРУКТУРНИЙ ПІДРОЗДІЛ
«ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ
ТЕРНОПІЛЬСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ»

Відділення _____ транспорту та інженерної механіки
Циклова комісія _____ машинобудівних технологій
Освітньо-кваліфікаційний рівень _____ фаховий молодший бакалавр
Спеціальність _____ 133 «Галузеве машинобудування»
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Голова циклової комісії
Ігор ГЕНИК
(прізвище, ім'я, по батькові)

“ _____ ” _____ 2026 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

_____ **Возняку Дмитру Миколайовичу**

(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема роботи Розробка і техніко-економічне обґрунтування технологічного процесу механічної обробки деталі «Вал» 26.КВР.400.02.00.000

Керівник роботи _____ **Геник Ігор Степанович** _____ ,
(прізвище, ім'я, по батькові)

затверджений наказом від “ _____ ” _____ 2026 року № _____ .

Термін подання студентом роботи _____ **15.06.2026р.**

Вихідні дані до роботи креслення деталі, річний випуск деталей _____ **7000** _____ **штук**

Зміст розрахунково-пояснювальної записки _____

1 Загальна частина

1.1 Опис конструкції та службового призначення деталі

1.2 Аналіз технічних вимог на оброблювану деталь

1.3 Визначення типу виробництва і величини партії деталей

1.4 Вибір і обґрунтування методу отримання заготовки

2 Технологічна частина

2.1 Розробка маршрутного технологічного процесу

2.1.1 Вибір технологічних операцій

2.1.2 Вибір і обґрунтування технологічного обладнання

2.1.3 Визначення міжопераційних припусків і проміжних розмірів

2.2 Розробка операційної технології з використанням САПР ТП

2.2.1 Вибір технологічних переходів

2.2.2 Вибір різального, допоміжного та контрольованого інструменту)

2.2.3 Розрахунок режимів різання

2.2.4 Розрахунок технічних норм часу

3 Вибір та обґрунтування пристосування на операцію

3.1 Призначення, будова і принцип роботи пристосування

3.2 Схема базування та розрахунок похибки базування

3.3 Розрахунок зусиль затиску

4 Економічна частина

4.1 Обсяг інвестицій для реалізації проекту технологічного процесу

4.2 Розрахунок собівартості обробки заданої деталі

4.3 Визначення економічної ефективності впровадження розробленого проекту технологічного процесу

5 Охорона праці та безпеки життєдіяльності

5.1 Характеристика виробничої ділянки з точки охорони праці

5.2 Заходи з покращення умов праці на виробничій ділянці

Перелік графічного матеріалу:

1. Креслення заготовки - 1 лист А2;
2. Креслення деталі - 1 лист А2;
3. Карта наладки - 1 лист А2;
4. Креслення пристосування - 1 лист А1;
5. РТК - 1 лист А1;

Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Економічна частина	Оксана КУЩАК, викладач	_____ (підпис) _____ (дата)	_____ (підпис) _____ (дата)
Охорона праці	Ігор ОКІПНИЙ	_____ (підпис) _____ (дата)	_____ (підпис) _____ (дата)

Дата

видачі

завдання

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Загальна частина	20.05.2026	
2	Технологічна частина	27.05.2026	
3	Економічна частина	05.06.2026	
4	Охорона праці	10.06.2026	
5	Графічна частина	15.06.2026	

Студент

(підпис)

Дмитро ВОЗНЯК

(прізвище та ініціали)

Керівник проекту

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Ігор ГЕНИК

АНОТАЦІЯ

Возняк Д.М. Розробка і техніко-економічне обґрунтування технологічного процесу механічної обробки деталі «Вал» 26.КВР.400.02.00.000: кваліфікаційна робота на здобуття освітньо-кваліфікаційного ступеня фахового молодшого бакалавра за спеціальністю 133 Галузеве машинобудування. Тернопіль: ВСП «ТФК ТНТУ», 2026. 81 с.

У кваліфікаційній роботі виконано розробку та техніко-економічне обґрунтування технологічного процесу виготовлення деталі «Вал» 26.КВР.400.02.00.000. Проведено аналіз конструктивних особливостей деталі, яка містить дві шліцьові поверхні та зубчастий вінець. Обґрунтовано вибір заготовки та розроблено маршрут її механічної обробки. Розроблено операційну технологію з використанням САПР ТП. Виконано розрахунок режимів різання, норм часу та технологічних параметрів обробки. Здійснено вибір металорізального обладнання, технологічного оснащення та засобів контролю, спроектовано спеціальне самоцентрівне пристосування з пневмозатиском. Розроблено заходи щодо забезпечення безпечних умов праці.

Ключові слова: вал, штамповка, шліцьові поверхні, зубчастий вінець, механічна обробка, технологічний процес, САПР ТП, пристосування, собівартість, охорона праці.

ANNOTATION

Voznyak D. Development and feasibility study of the technological process of mechanical processing of the part "Shaft" 26.KVR.400.02.00.000: qualification work for obtaining the educational and qualification degree of a professional junior bachelor in the specialty 133 Industrial mechanical engineering. Ternopil: VSP "TFK TNTU", 2026. 81 p.

The qualification work has developed and performed a feasibility study of the technological process for manufacturing the part "Shaft" 26.KBP.400.02.00.000. An analysis of the design features of the part, which contains two spline surfaces and a gear crown, has been carried out. The choice of the workpiece has been justified and the route of its mechanical processing has been developed. An operational technology has been developed using CAD TP. The calculation of cutting modes, time standards and technological parameters of processing has been performed. The selection of metal-cutting equipment, technological equipment and control means has been carried out, a special self-centering device with a pneumatic clamp has been designed. Measures have been developed to ensure safe working conditions.

Keywords: shaft, stamping, spline surfaces, gear ring, mechanical processing, technological process, CAD TP, fixture, cost, labor protection.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 Загальна частина.....	9
1.1 Опис конструкції та службового призначення деталі.....	9
1.2 Аналіз технічних вимог на оброблювану деталь.....	10
1.3 Визначення типу виробництва і величини партії деталей.....	14
1.4 Вибір і обґрунтування методу отримання заготовки.....	16
2 Технологічна частина.....	21
2.1 Розробка маршрутного технологічного процесу.....	21
2.1.1 Вибір технологічних операцій.....	21
2.1.2 Вибір і обґрунтування технологічного обладнання.....	22
2.1.3 Визначення міжопераційних припусків і проміжних розмірів.....	24
2.2 Розробка операційної технології з використанням САПР ТП.....	25
2.2.1 Вибір технологічних переходів.....	25
2.2.2 Вибір різального, допоміжного та контрольного-вимірювального інструменту.....	28
2.2.3 Розрахунок режимів різання.....	34
2.2.4 Розрахунок технічних норм часу.....	39
3 Вибір та обґрунтування пристосування на операцію.....	44
3.1 Призначення, будова і принцип роботи пристосування.....	44
3.2 Схема базування та розрахунок похибки базування.....	45
3.3 Розрахунок зусиль затиску.....	47
4 Економічна частина.....	51
4.1 Обсяг інвестицій для реалізації проекту технологічного процесу.....	51
4.2 Розрахунок собівартості обробки заданої деталі.....	56

					26.КВР.400.02.00.000 ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Возняк				Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевір.	Геник				5	81	
Реценз.					ВСП «ТФК ТНТУ», гр. МГ-400 м. Тернопіль		
Н. контр.	Волошин						
Затв.							
Розробка і техніко-економічне обґрунтування технологічного процесу механічної обробки деталі «Вал» 26.КВР.400.02.00.000							

4.3	Визначення економічної ефективності впровадження розробленого проекту технологічного процесу	60
5	Охорона праці та безпека життєдіяльності.....	65
5.1	Характеристика виробничої ділянки з точки охорони праці.....	65
5.2	Заходи з покращення умов праці на виробничій ділянки.....	69
	ВИСНОВОК	71
	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	72
	ДОДАТКИ	74
	Комплект технологічної документації маршрутно-операційного опису.....	75
	Специфікація на пристосування.....	80

					<i>26.КВР.400.02.00.000 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		6

ВСТУП

Одним із найважливіших завдань сучасного машинобудування є забезпечення високої якості та конкурентоспроможності продукції шляхом удосконалення технологічних процесів виготовлення деталей машин. Підвищення вимог до надійності, довговічності та точності механізмів зумовлює необхідність застосування сучасного обладнання, раціональних технологічних рішень та ефективних методів механічної обробки.

Особливе місце серед деталей машин займають вали, які використовуються для передавання крутного моменту, підтримки обертових елементів та забезпечення взаємного розташування вузлів механізмів. Від точності виготовлення валів значною мірою залежать експлуатаційні характеристики обладнання, рівень вібрацій, знос деталей та надійність роботи машин у цілому.

Деталь «Вал» 26.КВР.400.02.00.000 є відповідальним елементом механічної системи та призначена для передавання обертового руху і крутного моменту між складовими частинами виробу. Конструкція деталі являє собою ступінчастий вал, що містить циліндричні посадочні поверхні, зубчастий вінець та шліцьові поверхні. Наявність елементів різного функціонального призначення зумовлює підвищені вимоги до точності взаємного розташування поверхонь, співвісності, шорсткості та механічних властивостей матеріалу.

Матеріалом деталі є легована конструкційна сталь 40Х ДСТУ 7806:2015, яка завдяки високій міцності, зносостійкості та добрим технологічним властивостям широко застосовується для виготовлення відповідальних деталей машин. Разом з тим обробка сталі 40Х потребує раціонального вибору режимів різання, різального інструменту та технологічного оснащення для забезпечення необхідної продуктивності та якості обробки.

Актуальність теми полягає у необхідності розроблення ефективного технологічного процесу механічної обробки деталі «Вал», який забезпечить

					<i>26.КВР.400.02.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						7
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

виконання вимог конструкторської документації, раціональне використання виробничих ресурсів та зниження собівартості виготовлення виробу.

Метою кваліфікаційної роботи є розробка та техніко-економічне обґрунтування технологічного процесу механічної обробки деталі «Вал» 26.КВР.400.02.00.000 із забезпеченням необхідної точності, якості поверхонь та економічної ефективності виробництва.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- проаналізувати конструкцію та службове призначення деталі;
- оцінити технологічність конструкції деталі;
- визначити тип виробництва та організаційну форму технологічного процесу;
- розробити маршрут механічної обробки деталі;
- обґрунтувати вибір технологічних баз та методів обробки;
- виконати розрахунок припусків, режимів різання та норм часу;
- вибрати технологічне обладнання, різальний та контрольно-вимірювальний інструмент;
- розробити технологічне оснащення для виконання найбільш відповідальної операції;
- провести техніко-економічне обґрунтування запропонованого технологічного процесу.

Об'єктом дослідження є технологічний процес виготовлення деталі «Вал» 26.КВР.400.02.00.000.

Предметом дослідження є технологічні методи та засоби механічної обробки, що забезпечують отримання заданих параметрів точності, шорсткості та експлуатаційних характеристик деталі.

Практичне значення роботи полягає у розробленні технологічного процесу виготовлення деталі «Вал», який забезпечує стабільну якість продукції, підвищення продуктивності праці та економічну доцільність виробництва в умовах сучасного машинобудівного підприємства.

					<i>26.КВР.400.02.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		8

1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Опис конструкції та службового призначення деталі

Деталь “Вал” 26.КВР.400.02.00.000 входить в склад вузла “Редуктор” і служить для передачі крутного моменту на зубчасте колесо в редукторі.

Деталь має форму циліндрично-ступінчастого циліндра з шпонковим пазом і зубчатим вінцем.

Дану деталь за формою, конструктивними і технологічними ознаками можна віднести до клас 72 – тіла обертання із елементами зубчастого зачеплення у відповідності класифікатора ЄСКД.

Деталь має типову конструкцію, що достатньо широко застосовується у машинобудуванні.

Після проведення аналізу креслення деталі з точки зору призначення поверхонь, їх точності та шорсткості, виділяємо основні та допоміжні поверхні, що підлягають обробленню різанням. До основних поверхонь відносимо: дві зовнішні циліндричні поверхні $\varnothing 25h7_{(-0,021)}$; $\varnothing 30k6_{(+0,015/+0,002)}$; Ra 1,6 мкм, що служать для посадки вальниць кочення; зовнішня шліцева поверхня D-6×18×25h7×5h9; Ra 1,6 мкм, яка призначення для посадки муфти; евольвентні шліци m=2; z=16; d=32; Ra 3,2 мкм входять в зачеплення з зубчастим колесом та здійснюють передачу обертального руху; зубчастий вінець m=3; z=13; d=39; Ra 1,6 мкм; дві зовнішні канавки b=3^{+0,25}; $\varnothing 24,5_{-0,52}$; $\varnothing 29,5_{-0,52}$; R0,5; R1; Ra12,5 мкм – призначені для виходу шліфувального кола; зовнішня канавка під стопорне кільце b=1,8^{+0,1}; $\varnothing 27,6_{-0,1}$; Ra 3,2 мкм.

Деталь “Вал” 26.КВР.400.02.00.000 виготовляється зі сталі 40Х ДСТУ 7806:2015.

Конструкційну леговану сталь марки 40Х використовують при виробництві деталей підвищеної міцності (осі, вали, вал-шестерні, плунжери, штоки, колінчаті і кулачкові вали, кільця, шпинделі, оправлення, рейки, губчаті

					26.КВР.400.02.00.000 ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вінці, болти, півосі, втулки та інші). Також хромисту сталь 40X застосовують при виготовленні виробів куванням, холодним і гарячим штампуванням, сталевий прокат використовується при виробництві труб, ємностей та іншої продукції.

Марка сталі 40X є важкозварювальною, флокеночутливою та схильною до відпускнуї крихкості.

В нижченаведених таблицях приводимо хімічний склад та фізичні властивості даного матеріалу згідно ДСТУ 7806:2015.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сталі 40X ДСТУ 7806:2015, %

C	Si	Mn	Cr	P	S	Cu	Ni	Mo
				не більше				
0,36 – 0,44	0,17 – 0,37	0,5 – 0,8	0,8 – 1,1	до 0,035	до 0,035	до 0,3	1,6 - 2	0,2 – 0,3

Таблиця 1.2 – Механічні властивості сталі 40X ДСТУ 7806:2015

Межа плинності, σ_T (МПа)	Тимчасовий опір, σ_B (МПа)	Мінімальне відносне подовження, %	Відносне звуження, %	Густина, г/см ³	НВ горяче-катаної	Термічна обробка
≥ 785	≥ 980	≥ 10	≥ 45	7,85	217-248	Загартування від 860°C в маслі, відпуск при 500°C

1.2 Аналіз технічних вимог на оброблювану деталь

Провівши технологічний контроль креслення з точки зору точності і шорсткості поверхонь, точності форми та розташування поверхонь, присвоюємо поверхням деталі номера (рисунок 1.1) та виконуємо аналіз технічних вимог на її виготовлення. Результати аналізу зводимо в таблицю 1.3.

					<i>26.КВР.400.02.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

Таблиця 1.3 – Аналіз технічних вимог

Номер поверхні	Назва поверхні	Квалітет	Шорсткість
1	2	3	4
1,2	Два центрові отвори $\varnothing 5,2$; $\varnothing 10 \times 60^\circ$ База К; База Л	12	Ra 6,3
3, 20	Торцеві поверхні $75_{-0,74}$; $45_{-0,62}$; $326 \pm 0,7$	14	Ra 12,5
4	Зовнішня фаска $2,5 \times 45^\circ$	14	Ra 12,5
5	Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 25h7_{(-0,021)}$ під шліці $l=75$	7	Ra 1,6
6	Шліцева поверхня $D-6 \times 18 \times 25h7 \times 5h9$	9	Ra 1,6
7	Зовнішня канавка $b=3^{+0,25}$; $\varnothing 24,5_{-0,52}$; 45° ; R0,5; R1 під вихід шліфувального кола	14	Ra 12,5
8	Зовнішня радіусна поверхня R20; $\varnothing 26,2_{-0,1}$	14	Ra 6,3
9	Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 35h9_{(-0,062)}$ під зубчатий вінець	9	Ra 2,5
10	Евольвентні шліці $\varnothing 34,6_{-0,1}$; $\varnothing 29,19_{-0,52}$; $m=2$; $z=16$; $d=32$; $l=64$	9	Ra 3,2
11	Зовнішня радіусна поверхня R14	14	Ra 6,3
12	Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 28h11_{(-0,13)}$	11	Ra 6,3
13	Зовнішня радіусна поверхня R14	14	Ra 6,3
14	Зовнішня циліндрична поверхня під зубчатий вінець $\varnothing 46,5h10_{(-0,1)}$	10	Ra 3,2
15	Зубчатий вінець $m=3$; $z=13$; $d=39$	7	Ra 1,6
16	Торцева поверхня зубчастого вінця $45h14_{(-0,62)}$	14	Ra 3,2
17	Зовнішня канавка $b=3^{+0,25}$; $\varnothing 29,5_{-0,52}$; 45° ; R0,5; R1 під вихід шліфувального кола	14	Ra 12,5
18	Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 30k6_{(+0,015/+0,002)}$	6	Ra 1,6

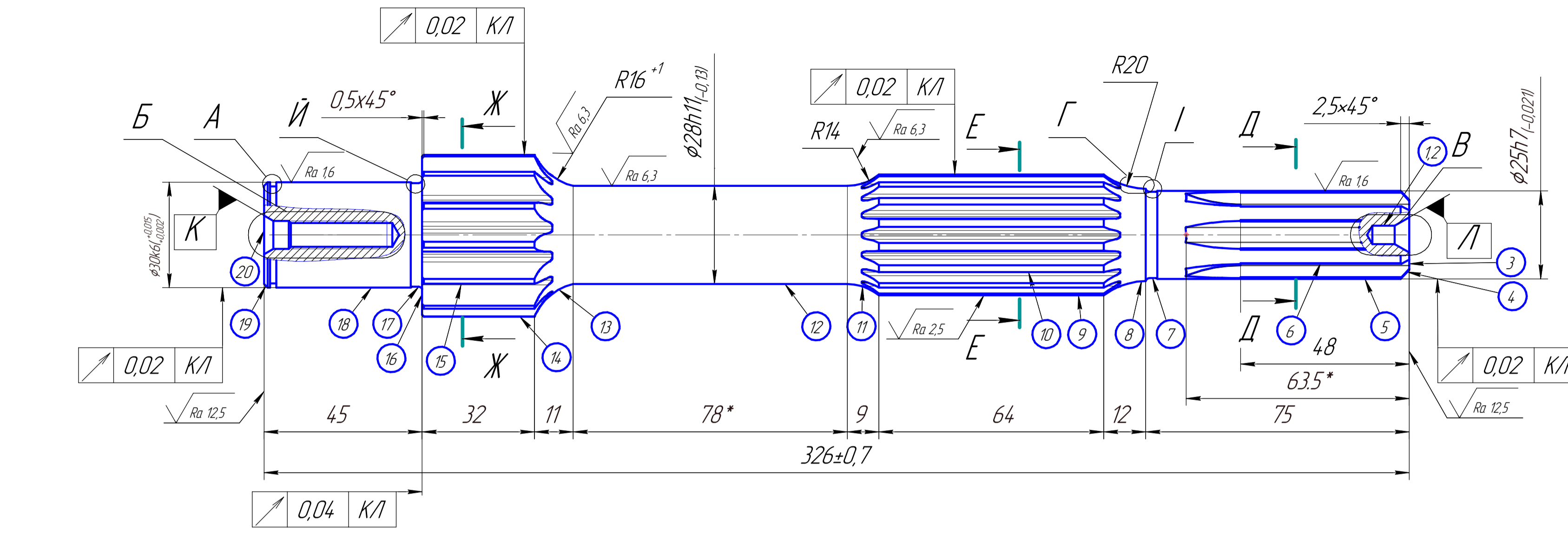
Продовження таблиці 1.3

1	2	3	4
19	Зовнішня фаска $1 \times 45^\circ$	14	Ra 12,5
21	Внутрішня фаска $\varnothing 11 \times 60^\circ$	14	Ra 6,3
22	Ступінчастий отвір $\varnothing 8,4^{+0,15}$	12	Ra 6,3
23	Отвір глухий $\varnothing 6,8^{+0,26}$; $l=36,5$ під різь М8-7Н	14	Ra 6,3
24	Внутрішня різь М8-7Н; $l=35$	7 клас точності різі	Ra 6,3
25	Зовнішня канавка під стопорне кільце $b=1,8^{+0,1}$; 3,5; $\varnothing 27,6_{-0,1}$	11	Ra 3,2

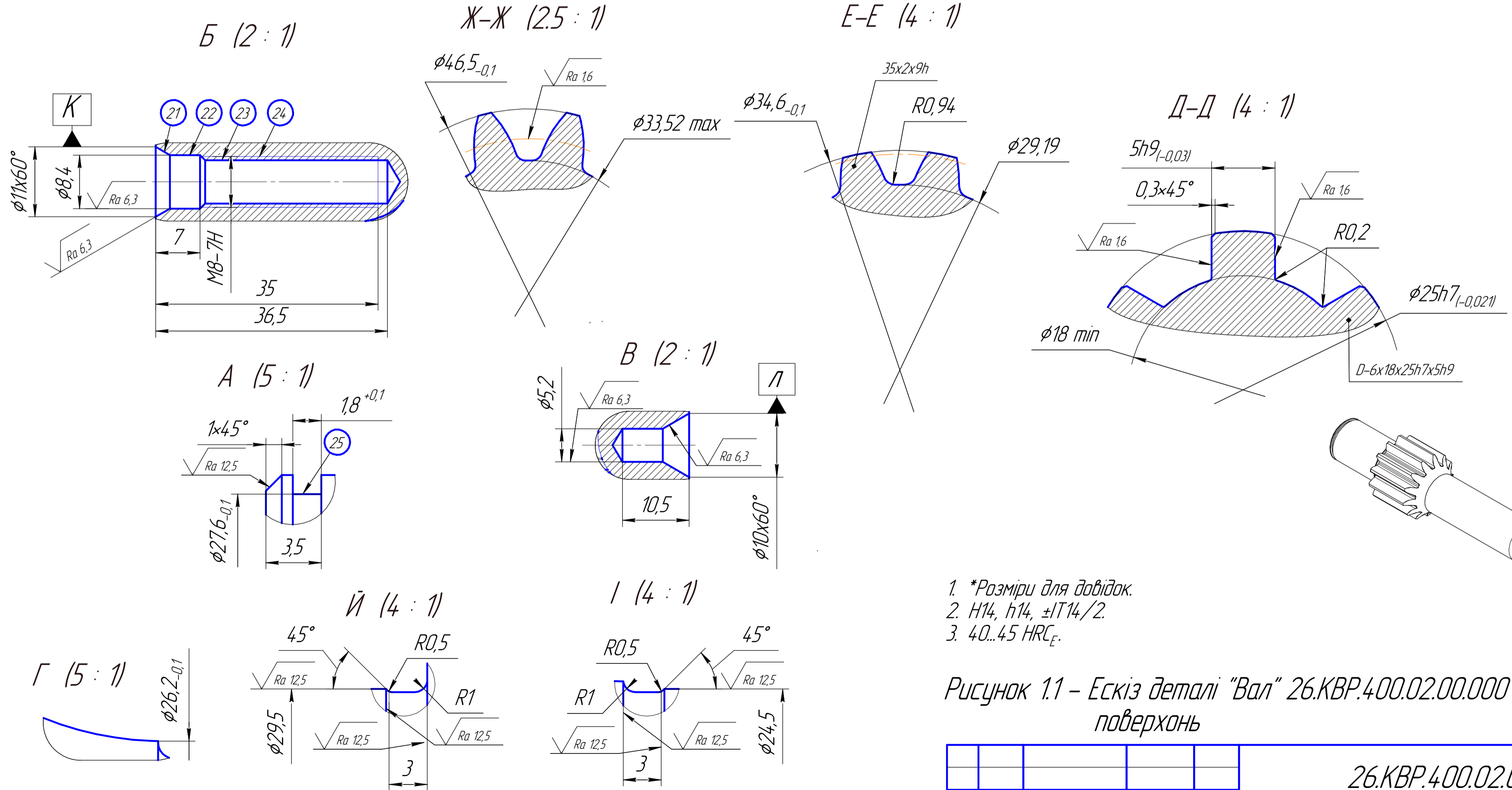
Технічні вимоги, що висуваються до деталі «Вал» 26.КВР.400.02.00.000, стосовно допусків розміщення та форм забезпечуються завдяки обробленню в центрах з єдиною незмінною установочною базою.

					<i>26.КВР.400.02.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

✓ Ra 3,2 (✓)



Модуль	<i>m</i>	3	
Число зубів	<i>z</i>	13	
Нормальний вихідний контур	-	ГОСТ 13755-81	
Коефіцієнт зміщення	<i>x</i>	+0,337	
Довжина загальної нормалі	<i>W</i>	14,523 ^{-0,055} _{-0,125}	
Допуск на коливання загальної нормалі	<i>V_w</i>	0,022	
Допуск на коливання виміральної міжосьової відстані	За один оборот На одному зубі	<i>F_i</i> <i>f_i</i>	0,05 0,02
Контролювати при відсутності відкриття з виміральною шестернею	Допуск на радіальне диття зубчастого вінця Допуск на похибку профілю зуба Відхилення основного кроку	<i>F_r</i> <i>f_f</i> <i>f_{pt}</i>	0,036 0,011 +0,014
Ділильний діаметр	<i>d</i>	39	
Допуск на похибку напрямку зуба	<i>F</i>	0,125	
Позначення креслення сопряженого зубчастого колеса			



Умовне позначення шліфів	35x2x9h	ГОСТ 6033-80
Модуль	<i>m</i>	2
Число зубів	<i>z</i>	16
Діаметр роликів	<i>d_p</i>	4,091
Размір по роликах	<i>M_d</i>	39,24 ^{-0,039} _{-0,107}
Номинальна ділильна колода товщина зуба	<i>s</i>	3,603 ^{-0,026} _{-0,071}
Допуск на похибку напрямку зуба	<i>F_β</i>	0,041
Радіальне диття зубчастого вінця	<i>F_r</i>	0,036
Ділильний діаметр	<i>d</i>	32

- *Разміри для довідок.
- H14, h14, ±IT14/2.
- 40..45 HRC_E.

Рисунок 1.1 – Ескіз деталі "Вал" 26.KBP.400.02.00.000 з номерами поверхонь

Лит.	Лист	№ документа	Підпис	Дата
------	------	-------------	--------	------

26.KBP.400.02.00.000 ПЗ

1.3 Визначення типу виробництва і величини партії деталей

Вибір типу виробництва виконуємо виходячи із річної програми випуску, передбаченої завданням, $N_{\text{річн}} = 7000$ шт. і маси деталі $m = 1,73$ кг згідно таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Залежність типу виробництва від річного об'єму і випуску (шт.) і маси деталей

Маса деталі в кг	Тип виробництва				
	Одиничний	Дрібносерійний	Середньoserійний	Великосерійний	Масовий
< 1,0	< 10	10-2000	1500-100000	75000-200000	200000
1,0-2,5	< 10	10-1000	1000-50000	50000-100000	100000
2,5-5,0	< 10	10-500	500-35000	35000-75000	75000
5,0-10	< 10	10-300	300-25000	25000-50000	50000
> 10	< 10	10-200	200-10000	10000-25000	25000

Отже, попередній тип виробництва – середньoserійний.

Організаційно-технологічні характеристики середньoserійного типу виробництва:

- форма організації виробничого процесу – предметно-потокова;
- повторюваність партій (серій) – по ходу технологічних процесів;
- ступінь деталізації технологічних процесів – більш детальні технологічні розробки (маршрутно-операційні і операційні технологічні процеси). Для верстатів з ЧПК – докладні;
- технологічне обладнання – універсальне, частково спеціалізоване, спеціальне, верстати з ЧПК;
- технологічне оснащення – універсально-налагоджувальні, спеціалізовані налагоджувальні і збірно-розбірні пристрої;
- різальний інструмент – універсальний і спеціальний;
- вимірювальний інструмент – калібри, спеціальний вимірювальний інструмент;
- види заготовок – прокат, виливки за металевими моделями, штампування.

Величину оптимальної партії деталей визначаємо за формулою:

$$n = \frac{N \cdot a}{F}, \quad (1.1)$$

де $N = 7000$ шт. – річна програма випуску деталей згідно завдання;

$a = 5$ днів – необхідний запас деталей на складі для безперебійної роботи складального цеху;

F – число робочих днів в 2026 році при двох днях відпочинку $F=261$ днів.

$$n = \frac{7000 \cdot 5}{261} = 134 \text{ шт.}$$

					<i>26.КВР.400.02.00.000 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		15

1. 4 Вибір і обґрунтування методу отримання заготовки

Заготовкою деталі «Вал» 26.КВР.400.02.00.000 є штамповка на кривошипному гарячостампувальному пресі (відкрита штамповка).

Згідно таблиць [7] С. 280, дод. 20 встановлюємо клас точності, групу сталі та ступінь складності штамповки.

Отже, клас точності штамповки на кривошипному гарячостампувальному пресі – Т4 [7] С. 280, дод. 20;

Група сталі – М2 – сталь із масовою долею вуглецю більше 0,35% і сумарною масовою долею легуючих елементів більше 2,0 % до 5,0 % включно [7] С. 280, дод. 20.

Ступінь складності штамповки є однією з конструктивних характеристик форми штамповок і використовується при визначенні припусків і допусків.

Ступінь складності визначають шляхом обчислення відношення об'єму (маси) $m_{ш}$ штамповки до об'єму (маси) $m_{ф}$ простої геометричної фігури, в яку вписується форма штамповки [7] С. 280, дод. 20:

$$C = \frac{m_{ш}}{m_{ф}}, \quad (1.2)$$

При визначенні розмірів описаної фігури необхідно збільшувати габаритні лінійні розміри деталі в 1,05 раза.

$$m_{ш} = m_{д} \cdot k_p, \quad (1.3)$$

де k_p – коефіцієнт для визначення орієнтовної розрахункової маси штамповки, $k_p = 1,3$;

$m_{д} = 1,73$ кг – маса деталі.

Отже, $m_{ш} = m_{д} \cdot k_p = 1,73 \cdot 1,3 = 2,25$ кг.

При визначенні розмірів описаної фігури необхідно збільшувати габаритні лінійні розміри деталі в 1,05 раза [7] С. 280.

					26.КВР.400.02.00.000 ПЗ	Арк.
						16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$m_{\phi} = V_3 \cdot \rho, \quad (1.4)$$

де V_3 – об'єми заготовки;

ρ – густина матеріалу, згідно [табл.3.2] $\rho = 7,85 \text{ г/см}^3$.

$$V_3 = \frac{\pi \cdot d^2 \cdot H}{4}, \quad (1.5)$$

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot H = \frac{3,14 \cdot 46,5^2 \cdot 326}{4} = 553341,3975 \text{ мм}^3 = 553,34 \text{ см}^3,$$

$$m_{\phi} = 553,34 \cdot 1,05 \cdot 7,85 = 4561 \text{ г} = 4,56 \text{ кг}.$$

Тоді група складності штамповки складе: $C = \frac{1,73}{4,56} = 0,38$.

Згідно [7] С. 280, дод. 20, $C = 0,38$ штамповка відноситься до другого ступеня складності С2.

Визначаємо вихідний індекс заготовки згідно [7] С. 303, дод. 57 для Т4, М2, С2 та $m_{ш} = 2,25 \text{ кг}$ вихідний індекс – 12.

Таблиця 1.5 – Загальні припуски і розміри заготовки

Оброблювана поверхня, її розмір, точність	Параметр шорсткості деталі, мкм	Допуск заготовки, мм	Загальний припуск, мм	Розмір заготовки із граничними відхиленнями
1	2	3	4	5
Торцева поверхня $45_{-0,62}$	Ra 3,2	2,2	1,8	$46,8_{-0,8}^{+1,4}$
Торцева поверхня зубчастого вінця $45_{-0,62}$	Ra 3,2	2,2	1,8	$43,2_{-0,8}^{+1,4}$ на кресленні вказуємо $45_{-0,8}^{+1,4}$
Торцева поверхня $75_{-0,74}$	Ra 3,2	2,2	1,8	$76,8_{-0,8}^{+1,4}$ на кресленні вказуємо $75_{-0,8}^{+1,4}$
Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 30k6_{(+0,002}^{+0,015})$	Ra 1,6	2,0	$1,7 \times 2 = 3,4$	$\varnothing 33,4_{-0,7}^{+1,3}$

Продовження таблиці 1.5

1	2	3	4	5
Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 25h7(-0,021)$	Ra 1,6	2,0	$1,7 \times 2 = 3,4$	$\varnothing 28,4^{+1,3}_{-0,7}$
Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 35h9(-0,062)$	Ra 2,5	2,0	$1,7 \times 2 = 3,4$	$\varnothing 38,4^{+1,3}_{-0,7}$
Зовнішня циліндрична поверхня під зубчатий вінець $\varnothing 46,5h10(-0,1)$	Ra 3,2	2,2	$1,8 \times 2 = 3,6$	$\varnothing 50,1^{+1,4}_{-0,8}$
Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 28h11(-0,13)$	Ra 6,3	2,0	$1,7 \times 2 = 3,4$	$\varnothing 31,4^{+1,3}_{-0,7}$
Зовнішня радіусна поверхня R16	Ra 6,3	2,0	1,7	$R14,3^{+1,3}_{-0,7}$
Зовнішня радіусна поверхня R14	Ra 6,3	2,0	1,6	$R12,4^{+1,3}_{-0,7}$
Зовнішня радіусна поверхня R20	Ra 6,3	2,0	1,7	$R18,3^{+1,3}_{-0,7}$

Викреслюємо ескіз заготовки (рис. 1.2).

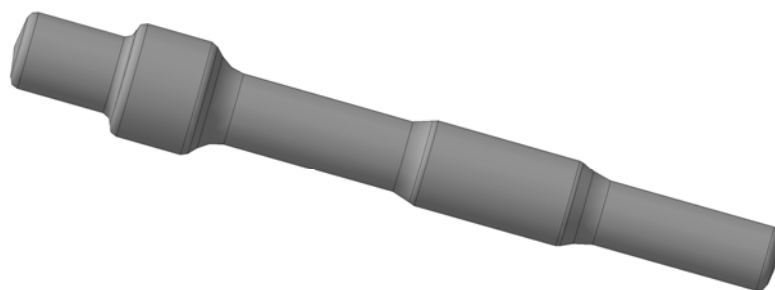
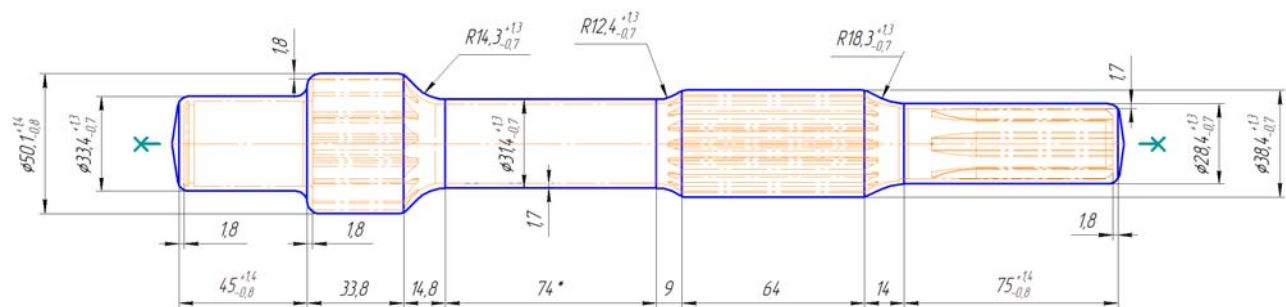


Рисунок 1.2 – Ескіз заготовки – штамповки на кривошипному гарячо-штампувальному пресі

Визначаємо масу заготовки використовуючи дані програми 3D-моделювання. Отже маса заготовки становить 2,5 кг при густині сталі 40Х $\rho = 7,85 \text{ г/см}^3$.

Визначаємо собівартість штамповок за формулою:

$$C_{\text{заг}} = \left(\frac{C_{\text{б}} \cdot Q \cdot K_{\text{п}}}{1000} \right) - (Q - q) \cdot \frac{C_{\text{відх}}}{1000} \quad (1.6)$$

де $C_{\text{б}} = 35000$ грн. – базова ціна 1 т. штамповок згідно [6] С. 278, дод. 17;

$C_{\text{відх.}} = 3500$ грн. – базова ціна 1 т. відходів згідно [6] С. 278, дод. 17;

$Q = 2,5$ кг – маса заготовки;

$q = 1,73$ кг – маса деталі;

K – приведений коефіцієнт для визначення собівартості штамповки;

$$K = K_{\text{т.ш.}} \cdot K_{\text{с.ш.}} \cdot K_{\text{м.ш.}} \cdot K_{\text{п.ш.}} \cdot K_{\text{в.ш.}}, \quad (1.7)$$

де $K_{\text{т.ш.}} = 1,23$ – коефіцієнт, що враховує точність штамповки [6] С. 283, дод. 27;

$K_{\text{с.ш.}} = 1,27$ – коефіцієнт, що враховує конструктивно-технологічну складність штамповки, для СЗ [6] С. 284, дод. 31;

$K_{\text{м.ш.}} = 1,14$ – коефіцієнт, що враховує марку матеріалу – для легованої сталі [6] С. 284, дод. 32;

$K_{\text{п.ш.}} = 1,27$ – коефіцієнт, що враховує програму річного замовлення штамповок (групу серійності). При четвертій групі серійності [6] С. 283, дод. 28, дод. 29;

$K_{\text{в.ш.}} = 1,04$ – коефіцієнт, що враховує масу штамповки [6] С. 283, дод. 30.

$$K = 1,23 \cdot 1,27 \cdot 1,0 \cdot 1,14 \cdot 1,27 \cdot 1,04 = 2,35.$$

$$C_{\text{заг}} = \left(\frac{35000 \cdot 2,5 \cdot 2,35}{1000} \right) - (2,5 - 1,73) \cdot \frac{3500}{1000} = 203 \text{ грн.}$$

Розраховуємо коефіцієнт використання матеріалу за формулою:

					<i>26.КВР.400.02.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

$$K_{\text{в.м.}} = \frac{q}{Q}, \quad (1.8)$$

де $q = 1,73$ кг – маса деталі;

$Q = 2,5$ кг – маса заготовки;

$$K_{\text{в.м.}} = \frac{1,73}{2,5} = 0,7.$$

Висновок: для подальшої розробки технологічного процесу приймаємо заготовку – штамповку, отриману на кривошипному гарячоштампувальному пресі.

					<i>26.КВР.400.02.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		20

Таблиця 2.1 – Аналіз використовуваного технологічного обладнання на основних технологічних операціях

№ операції	Назва операції	Назва і модель верстату	Пристосування
005	Фрезерно-центрувальна	Фрезерно-центрувальний напів-автомат мод. EM535M	Пристосування лещатного типу з гідрозатиском з комплекту верстата
010, 015	Токарна з ЧПК	Токарний верстат з ЧПК мод. 16K20Ф3 модернізований	Центр повідковий зовнішній КМ3 спеціальний з комплекту верстата Повідок Центр обертовий зовнішній КМ5 з комплекту верстата
020, 025	Шліце-фрезерна	Шліцефрезерний верстат мод. 5350	Центр 7032-0029 КМ4 Центр А-І-5-Н Хомутик 7107-0039
030	Зубофрезерна	Зубофрезерний верстат мод. 53А20В	Центр 7032-0029 КМ4 Центр А-І-5-Н Хомутик 7107-0039
035, 040	Кругло-шліфувальна з ЧПК	Круглошліфувальний верстат з ЧПК мод. 3М151Ф2	Центр упорний передній КМ6, Хомутик повідковий для шліфувальних робіт Центр упорний задній КМ6
045	Свердлильна з ЧПК	Вертикально-свердлильний верстат з ЧПК мод. 2Р135Ф2	Пристосування спеціальне 26.КВР.400.02.05.000 з базуванням заготовки на дві призми із упором в торець з пневмозатиском
050	Термічна	Установка струму високої частоти	Пристосування при верстаті
055	Шліфувальна	Центрошліфувальний верстат мод. МВ119	Центр упорний передній КМ6, Хомутик повідковий для шліфувальних робіт Центр упорний задній КМ6
060, 065	Кругло-шліфувальна з ЧПК	Круглошліфувальний верстат з ЧПК мод. 3М151Ф2	Центр 7032-0029 КМ4 Центр А-І-5-Н Хомутик 7107-0039
070	Зубошліфувальна	Зубошліфувальний верстат мод. 5В833	Пристосування лещатного типу з гідрозатиском з комплекту верстата
075	Контроль	Стіл контролера	

2.1.3 Визначення міжопераційних припусків і проміжних розмірів

Визначення міжопераційних припусків і проміжних розмірів табличним методом виконуємо згідно літератури [6] С. 304, дод.58; С. 306, дод. 59; С.90. Результати визначення припусків зводимо в таблицю 2.2.

Таблиця 2.2 – Визначення міжопераційних припусків і проміжних розмірів

Технологічні операції і переходи обробки поверхонь деталі	Квалітет (ступінь точності)	Шорсткість, мкм	Допуск, мм	Припуск, мм	Операційні м (проміжні) розміри із граничними відхиленнями
Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 30k6^{(+0,015}_{+0,002})$					
Шліфування чистове	6	Ra 0,8	0,016	$0,08 \times 2 = 0,16$	$\varnothing 30^{+0,015}_{+0,002}$
Шліфування напівчистове	8	Ra 2,5	0,039	$0,15 \times 2 = 0,3$	$\varnothing 30,16_{-0,039}$
Точіння напівчистове	11	Ra 6,3	0,16	$0,25 \times 2 = 0,5$	$\varnothing 30,46_{-0,16}$
Точіння чорнове (за два проходи)	14	Ra 12,5	0,62	$0,61 \times 2 = 1,22$ $0,61 \times 2 = 1,22$	$\varnothing 30,96_{-0,62}$ $\varnothing 32,18_{-0,62}$
Заготовка	4 клас точності штамповки	Rz 200	2,0	$1,7 \times 2 = 3,4$	$\varnothing 33,4^{+1,3}_{-0,7}$
Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 25h7(-0,021)$ під шліці $l=75$					
Шліфування чистове	7	Ra 1,6	0,016	$0,08 \times 2 = 0,16$	$\varnothing 25_{-0,021}$
Шліфування напівчистове	8	Ra 2,5	0,033	$0,15 \times 2 = 0,3$	$\varnothing 25,16_{-0,033}$
Точіння напівчистове	11	Ra 6,3	0,13	$0,25 \times 2 = 0,5$	$\varnothing 25,46_{-0,13}$
Точіння чорнове (за два проходи)	14	Ra 12,5	0,52	$0,61 \times 2 = 1,22$ $0,61 \times 2 = 1,22$	$\varnothing 25,96_{-0,52}$ $\varnothing 27,18_{-0,52}$
Заготовка	4 клас точності штамповки	Rz 200	2,0	$1,7 \times 2 = 3,4$	$\varnothing 28,4^{+1,3}_{-0,7}$

2.2 Розробка операційної технології з використанням САПР ТП

Розроблення операційної технології з використанням САПР ТП в модулі ADEM CAPP проведемо для 010 операції Токарної з ЧПК і сформуємо у вигляді комплекту технологічної документації маршрутно-операційного опису.

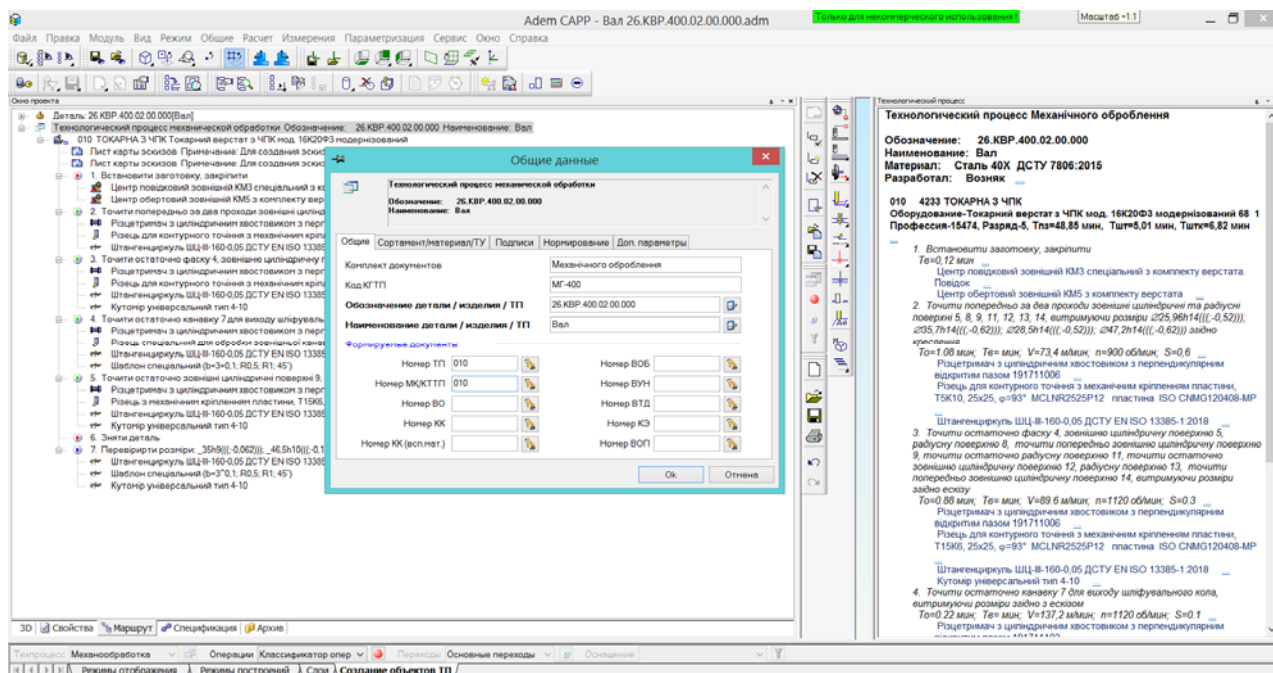


Рисунок 2.1 – Загальний вигляд вікна технологічного процесу в САПР ТП в модулі ADEM CAPP

2.2.1 Вибір технологічних переходів

Розробку операційної технології з використанням САПР ТП в модулі ADEM CAPP проведемо для 010 операції.

Операція 010 Токарна з ЧПК.

1. Встановити заготовку, закріпити.
2. Точити попередньо за два проходи зовнішні циліндричні та радіусні поверхні 5, 8, 9, 11, 12, 13, 14, витримуючи розміри $\varnothing 25,96_{-0,52}$; $\varnothing 35,7_{-0,62}$; $\varnothing 28,5_{-0,52}$; $\varnothing 47,2_{-0,62}$.

									Арк.
									25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	26.KBP.400.02.00.000 ПЗ				

Створення операції відбувається при виборі відповідної операції з бази даних програми САПР ТП (рис. 2.2).

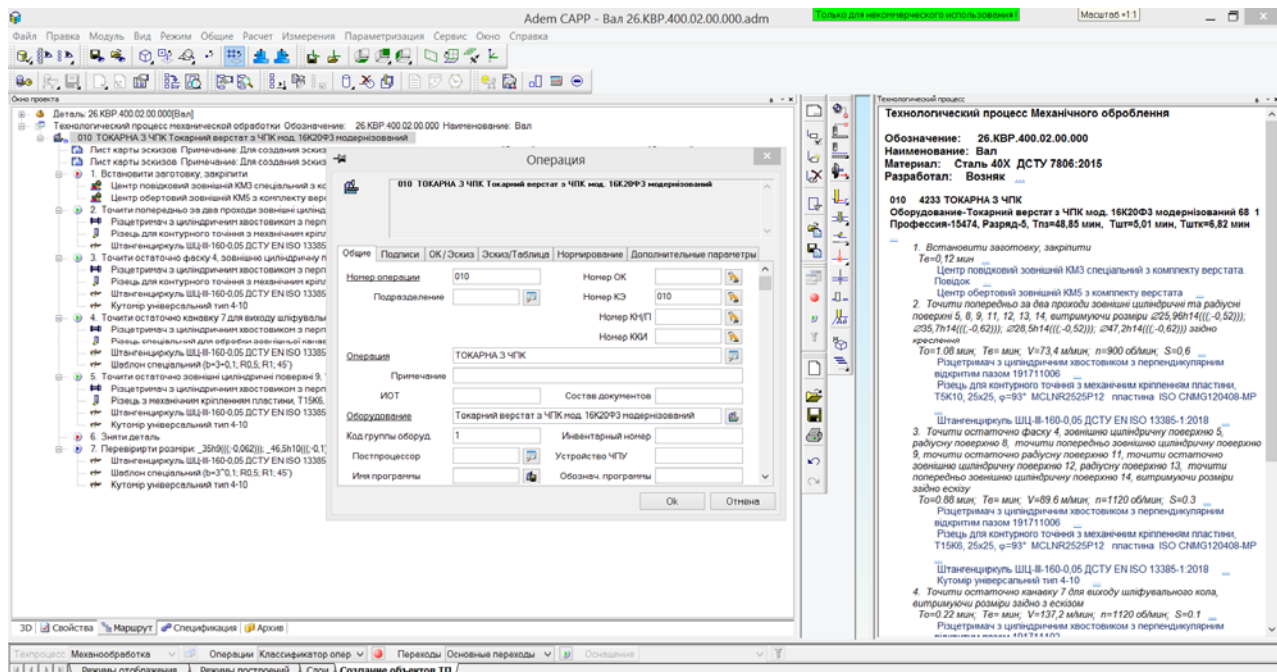


Рисунок 2.2 – Діалогове вікно «Вибір операцій»

Технологічні переходи створюються на базі шаблонів переходів, які включають наступні групи: установочні, основні, загальні, всі переходи (рис. 2.3).

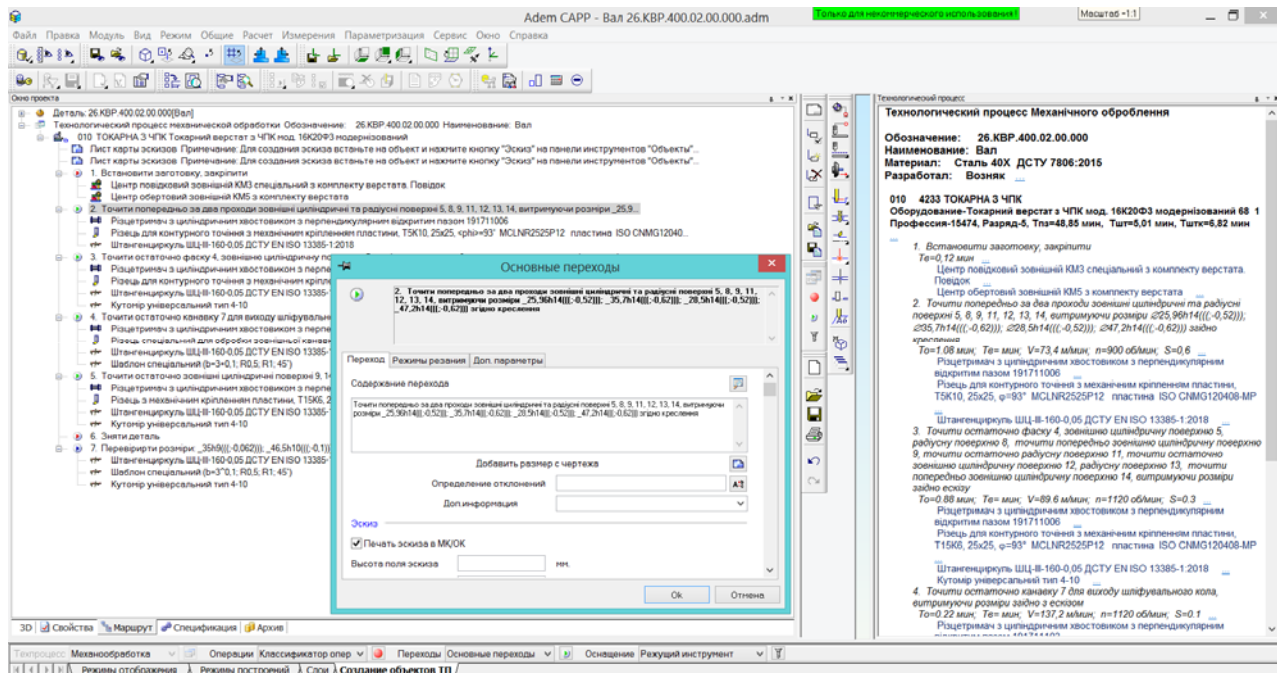


Рисунок 2.3 – Діалогове вікно «Вибір переходів»

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

26.KBP.400.02.00.000 ПЗ

Арк.

27

2.2.2 Вибір різального, допоміжного та контрольно-вимірювального інструменту

Вибір різального, допоміжного та контрольно-вимірювального інструментів на кожен перехід здійснюється вибором з бази даних програми з відповідного меню груп інструментів. Представимо зображення вибору різального інструменту для другого переходу 010 операції – токарної з ЧПК (рис. 2.4).

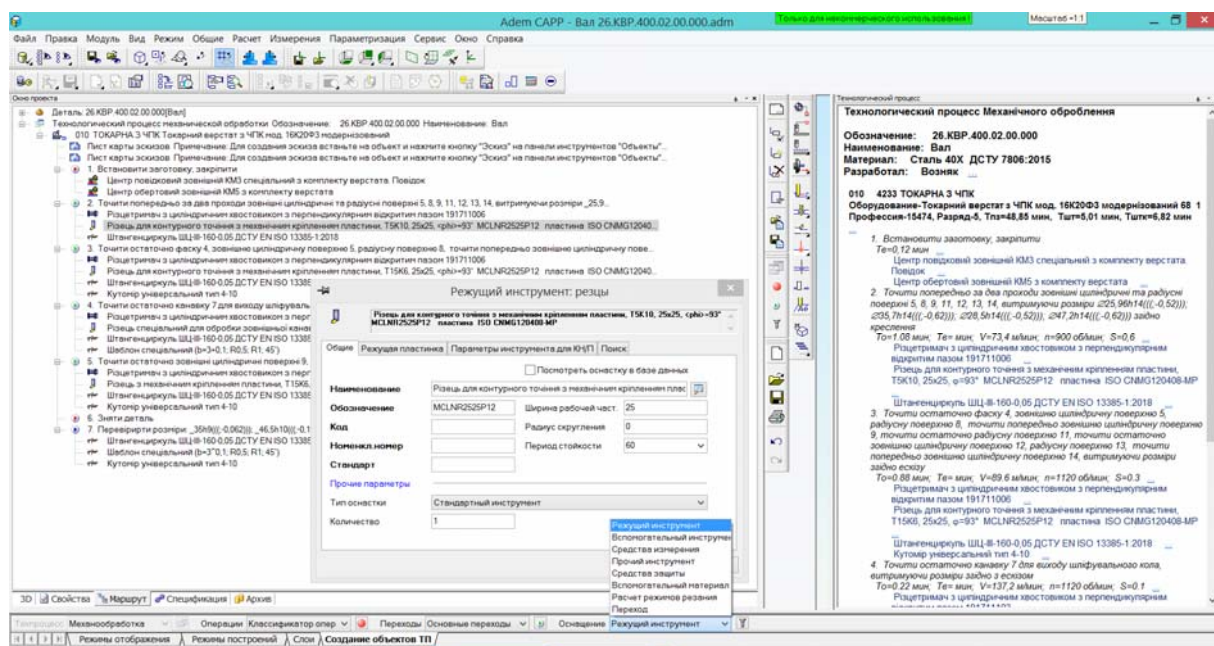


Рисунок 2.4 – Діалогове вікно «Вибір різального інструменту»

Аналогічно відбувається вибір допоміжного та контрольно-вимірювального інструменту на відповідний перехід, оформляємо таблицю 2.3.

Таблиця 2.3 – Вибір різального, допоміжного та контрольно-вимірювального інструменту

Номер, назва операції, переходу	Інструмент		
	Різальний	Допоміжний	Вимірювальний
1	2	3	4
Операція 005 Фрезерно-центрувальна			
Перехід 2			
Фрезерувати торцеві поверхні 3, 20 одночасно, витримуючи розміри 75 _{-0,74} ; 45 _{-0,62} ; 326±0,7	Фреза торцева насадна D=100; z=10; B=39; T15K6 d(H7)=32; DIN 1835	Оправка з торцевою шпонкою DIN 2080	Лінійка NIRO 500, DIN 866B

Продовження таблиці 2.3

1	2	3	4
Перехід 3			
Центрувати два центрові отвори 1, 2 одночасно, витримуючи розміри $\varnothing 5,2$; $\varnothing 10 \times 60^\circ$	Свердло центрувальне $d=5,2$; $D=12,5$; $L=63$; 60° ; 120° спеціальне	Патрон свердлильний із комплекту верстата	Штангенглибиномір ШГ 0-160-0,05 ДСТУ EN ISO 13385-1:2018
Операція 010 Токарна з ЧПК			
Перехід 2			
Точити попередньо за два проходи зовнішні циліндричні та радіусні поверхні 5, 8, 9, 11, 12, 13, 14, витримуючи розміри $\varnothing 25,96_{-0,52}$; $\varnothing 35,7_{-0,62}$; $\varnothing 28,5_{-0,52}$; $\varnothing 47,2_{-0,62}$	Різець для контурного точіння з механічним кріпленням пластини, T5K10, 25×25 , $\varphi=93^\circ$ MCLNR2525P12 пластина ISO CNMG120408-MP	Різцетримач з циліндричним хвостовиком з перпендикулярним відкритим пазом 191711006 ТУ 2-024-5539-81	Штангенциркуль ШЦ-III-160-0,05 ДСТУ EN ISO 13385-1:2018
Перехід 3			
Точити остаточно фаску 4, зовнішню циліндричну поверхню 5, радіусну поверхню 8, точити попередньо зовнішню циліндричну поверхню 9, точити остаточно радіусну поверхню 11, точити остаточно зовнішню циліндричну поверхню 12, радіусну поверхню 13, точити попередньо зовнішню циліндричну поверхню 14, в розміри $2,73 \times 45^\circ$; $\varnothing 25,46_{-0,13}$; $\varnothing 35,2_{-0,16}$; $\varnothing 28_{-0,13}$; $\varnothing 46,7_{-0,16}$	Різець з механічним кріпленням пластини, T15K6, 25×25 , $\varphi=93^\circ$ MCLNR2525P12 пластина ISO CNMG120408-MP	Різцетримач з циліндричним хвостовиком з перпендикулярним відкритим пазом 191711006 ТУ 2-024-5539-81	Штангенциркуль ШЦ-III-160-0,05 ДСТУ EN ISO 13385-1:2018 Кутомір універсальний тип 4-10
Перехід 4			
Точити остаточно канавку 7 для виходу шліфувального кола, витримуючи розміри $b=3^{+0,25}$; $\varnothing 24,5_{-0,52}$; 45° ; $R0,5$; $R1$	Різець спеціальний для обробки зовнішньої канавки $b=3$; $R0,5$; $R1$; 45° 25×16 ; T15K6	Різцетримач з циліндричним хвостовиком з перпендикулярним відкритим пазом 191711103 ТУ 2-024-5539-81	Штангенциркуль ШЦ-III-160-0,05 ДСТУ EN ISO 13385-1:2018 Шаблон спеціальний ($b=3 \pm 0,1$; $R0,5$; $R1$; 45°)

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
-----	------	----------	--------	------

26.КВР.400.02.00.000 ПЗ

Арк.

29

Продовження таблиці 2.3

1	2	3	4
Перехід 5			
Точити остаточно зовнішні циліндричні поверхні 9, 14, витримуючи розміри $\varnothing 35_{-0,062}$; $\varnothing 46,5_{-0,1}$	Різець з механічним кріпленням пластини, T15K6, 25×25, $\varphi=93^\circ$ MCLNR2525P12 пластина ISO CNMG120408-MP	Різцетримач з циліндричним хвостовиком з перпендикулярним відкритим пазом 191711006 ТУ 2-024-5539-81	Штангенциркуль ШЦ-III-160-0,05 ДСТУ EN ISO 13385-1:2018 Кутомір універсальний тип 4-10
Операція 015. Токарна з ЧПК			
Перехід 2			
Точити попередньо за два проходи зовнішню циліндричну поверхню 18 з підрізанням торця зубчастого вінця 16, витримуючи розміри $\varnothing 30,96_{-0,62}$; $44,6_{-0,62}$	Різець для контурного точіння з механічним кріпленням пластини, T5K10, 25×25, $\varphi=93^\circ$ MCLNR2525P12 пластина ISO CNMG120408-MP	Різцетримач з циліндричним хвостовиком з перпендикулярним відкритим пазом 191711006 ТУ 2-024-5539-81	Штангенциркуль ШЦ-III-160-0,05 ДСТУ EN ISO 13385-1:2018
Перехід 3			
Точити остаточно фаску 19, зовнішню циліндричну поверхню 18 з підрізанням торця зубчастого вінця 16, витримуючи розміри $1,23 \times 45^\circ$; $\varnothing 30,46_{-0,16}$; $44,35_{-0,16}$	Різець з механічним кріпленням пластини, T15K6, 25×25, $\varphi=93^\circ$ MCLNR2525P12 пластина ISO CNMG120408-MP	Різцетримач з циліндричним хвостовиком з перпендикулярним відкритим пазом 191711006 ТУ 2-024-5539-81	Штангенциркуль ШЦ-III-160-0,05 ДСТУ EN ISO 13385-1:2018 Кутомір універсальний тип 4-10
Перехід 4			
Точити остаточно канавку 17 для виходу шліфувального кола, витримуючи розміри $b=3^{+0,25}$; $\varnothing 29,5_{-0,52}$; 45° ; R0,5; R1	Різець спеціальний для обробки зовнішньої канавки $b=3$; R1,0; R1; 45° 25×16; T15K6	Різцетримач з циліндричним хвостовиком з перпендикулярним відкритим пазом 191711103 ТУ 2-024-5539-81	Штангенциркуль ШЦ-III-160-0,05 ДСТУ EN ISO 13385-1:2018 Шаблон спеціальний ($b=3 \pm 0,1$; R0,5; R1; 45°)

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
-----	------	----------	--------	------

26.КВР.400.02.00.000 ПЗ

Арк.

30

Продовження таблиці 2.3

1	2	3	4
Перехід 5			
Точити попередньо канавку 25 під стопорне кільце, в розміри $b=1,6^{+0,1}$; $\varnothing 27,4_{-0,1}$	Різець спеціальний для обробки зовнішньої канавки $b=1,6$	Різцетримач з циліндричним хвостовиком з перпендикулярним відкритим пазом 191711103 ТУ 2-024-5539-81	Штангенциркуль ШЦ-III-160-0,05 ДСТУ EN ISO 13385-1:2018 Шаблон спеціальний ($b=1,6\pm 0,1$; $R0,5$; $R1$; 45°)
Перехід 5			
Точити остаточно канавку 25 під стопорне кільце, в розміри $b=1,8^{+0,1}$; $3,5$; $\varnothing 27,6_{-0,1}$	Різець спеціальний для обробки зовнішньої канавки $b=1,6$		Шаблон спеціальний ($b=1,8\pm 0,1$)
Операція 020 Шліцефрезерна			
Перехід 2			
Фрезерувати шість шліців 6, витримуючи розміри $\varnothing 18^{+0,43}$; $\varnothing 25_{-0,021}$; $5h9_{-0,03}$; $l=63,5$	Фреза черв'ячна шліцьова для прямобічних шліців $D-6\times 18\times 25h7\times 5h9$, P6M5, клас А	Оправка для фрезерування з комплекту верстата	Каліб-кільце для шліців $6\times 18\times 25$ Штангенциркуль ШЦ-III-160-0,05 ДСТУ EN ISO 13385-1:2018
Операція 025 Шліцефрезерна			
Перехід 2			
Фрезерувати евольвентні шліци 10, витримуючи розміри $\varnothing 34,6_{-0,1}$; $\varnothing 29,19_{-0,52}$; $m=2$; $z=16$; $d=32$; $l=64$	Фреза черв'ячна шліцьова $m=2$; $\alpha=30^\circ$; $D=63$; $d=27$; $L=45$; $z_0=16$, клас А, HSS (P6M5) ДСТУ ISO 4468	Оправка для фрезерування з комплекту верстата	Калібр-кільце для евольвентних шліців $m=2$; $z_0=16$
Операція 030 Зубофрезерна			
Перехід 2			
Фрезерувати зуби зубчастого вінця 15, витримуючи розміри $\varnothing 46,5_{-0,1}$; $\varnothing 33,52$; $m=3$; $z=13$; $d=39$	Фреза черв'ячна $m=3$; $\alpha=20^\circ$; $D=80$; $d=27$; $L=45$; $z_0=13$ клас А HSS (P6M5) ДСТУ ISO 4468	Оправка для фрезерування з комплекту верстата	Штангензубомір ШЗ-18 ТУ 2-034-773-84 Калібр комплексний спеціальний

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
-----	------	----------	--------	------

26.КВР.400.02.00.000 ПЗ

Арк.

31

Продовження таблиці 2.3

1	2	3	4
Операція 035 Круглошліфувальна з ЧПК			
Перехід 2			
Шліфувати попередньо зовнішню циліндричну поверхню та поверхню шліців 5, витримуючи розміри $\varnothing 25,16_{-0,033}$; $l=75$	Круг шліфувальний ПП600×80×305 25A 40НСМ2 5К8 50м/с А 1 кл.	Оправка для кріплення шліфувального круга з комплекту верстата	Важільна скоба СР75-0,002 Штангенциркуль ШЦ-III-160-0,05 ДСТУ EN ISO 13385-1:2018
Операція 040 Круглошліфувальна з ЧПК			
Перехід 2			
Шліфувати попередньо зовнішню циліндричну поверхню 18, витримуючи розміри $\varnothing 30,16_{-0,039}$; $l=45$	Круг шліфувальний ПП600×80×305 25A 40НСМ2 5К8 50м/с А 1 кл.	Оправка для кріплення шліфувального круга з комплекту верстата	Важільна скоба СР75-0,002 Штангенциркуль ШЦ-III-160-0,05 ДСТУ EN ISO 13385-1:2018
Операція 045 Свердлильна з ЧПК			
Перехід 2			
Розсвердлити отвір 22, витримуючи розміри $\varnothing 8,4^{+0,15}$; $l=7$	Свердло спіральне з ЦХ, $d = 8,4$; $L = 117$; $l = 75$; ДСТУ ISO 235:2018	Патрон цанговий КМ 4 ER32 DIN 228	Штангенциркуль ШЦ-III-160-0,05 ДСТУ EN ISO 13385-1:2018
Перехід 3			
Свердлити отвір 23 під різь М8-7Н, витримуючи розміри $\varnothing 6,8^{+0,26}$; $l=36,5$	Свердло спіральне з ЦХ, $d = 6,8$; $L = 109$; $l = 69$; ДСТУ ISO 235:2018	Патрон цанговий КМ 4 ER32 DIN 228	Штангенциркуль ШЦ-III-160-0,05 ДСТУ EN ISO 13385-1:2018
Перехід 4			
Нарізати різь 24 в отворі 23, витримуючи розміри М8-7Н; $l=35$	Мітчик М8×1,25 DIN 376 форма С HSS-E ТІН для глухих отворів	Патрон різьонарізний компенсуючий КМ4 ER32 М8	Калібр-пробка (М8×1,25-7Н) DIN 2230 Штангенциркуль ШЦ-III-160-0,05 ДСТУ EN ISO 13385-1:2018
Операція 050 Термічна			
Загартувати деталь до твердості HRCe 40...45			

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
-----	------	----------	--------	------

26.КВР.400.02.00.000 ПЗ

Арк.

32

Продовження таблиці 2.3

1	2	3	4
Операція 055 Центрошліфувальна			
Перехід 2			
Шліфувати фаски центрових отворів 1, 2, витримуючи розміри 60°	Шліфувальна головка EW10x25 24A 25 C2 6 K A 35м/с	Оправка для кріплення шліфувального круга з комплекту верстата	Калібр спеціальний
Операція 060 Круглошліфувальна з ЧПК			
Перехід 2			
Шліфувати остаточно зовнішню поверхню шліців 5, витримуючи розміри $\varnothing 25_{-0,021}$ під шліці l=75	Круг шліфувальний ПП600×80×305 25A 40НСМ2 5К8 50м/с А 1 кл.	Оправка для кріплення шліфувального круга з комплекту верстата	Калібр-скоба одностороння двохгранична (25h7) DIN 2080 Взірці шорсткості DIN 7168 Мікрометр гладкий МК 0-25, 0,01 DIN 863-1
Операція 065 Круглошліфувальна з ЧПК			
Перехід 2			
Шліфувати остаточно зовнішню циліндричну поверхню 18, витримуючи розміри $\varnothing 30k6^{(+0,015}_{+0,002)}$; l=45	Круг шліфувальний ПП600×80×305 25A 40НСМ2 5К8 50м/с А 1 кл.	Оправка для кріплення шліфувального круга з комплекту верстата	Калібр-скоба одностороння двохгранична (30k6) DIN 2080 Взірці шорсткості DIN 7168 Мікрометр гладкий МК 0-25, 0,01 DIN 863-1
Операція 070 Зубошліфувальна			
Перехід 2			
Шліфувати профіль зубів (зубчастий вінець) 15, витримуючи розміри m=3; z=13; d=39	Шліфувальний профільний круг ПП250×16×76 25АПСМ15К435 М/С2КЛА	Оправка для кріплення шліфувального круга з комплекту верстата	Комплексний калібр-втулка Мікрометр МК-75 ДСТУ EN ISO 3611:2022 для вимірювання внутрішнього діаметра і товщини зубів

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
-----	------	----------	--------	------

26.КВР.400.02.00.000 ПЗ

Арк.

33

2.2.3 Вибір режимів різання

Представимо вибір режимів різання для третього переходу 010 операції в програмі ADEM CAPP (рисунок 2.5).

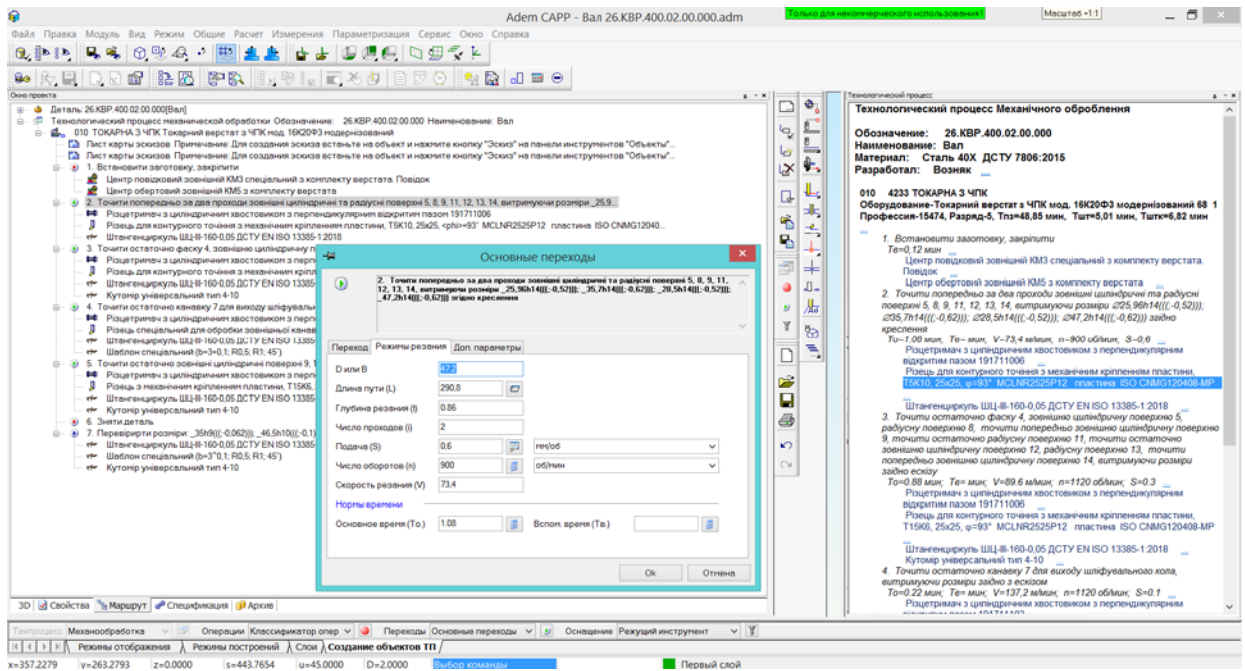


Рисунок 2.5 – Діалогове вікно «Вибір режимів різання»

Результати розрахунків режимів різання для всіх операцій зводимо в таблицю 2.4.

Таблиця 2.4 – Зведена таблиця режимів різання

Номер, назва операції, зміст переходу	t, мм	L, мм	i	T _m , хв	S, мм/об	n, об/хв	V, м/хв	S _m , мм/хв	T ₀ , хв	N, кВт
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Операція 005										
Перехід 2										
Фрезерувати торцеві поверхні 3, 20 одночасно, в розміри 75 _{-0,74} ; 45 _{-0,62} ; 326±0,7	1,5	120	1	120	0,04 мм/зуб	1100	345,4	440	0,27	5,4
Перехід 3										
Центрувати два центрові отвори 1, 2 одночасно, в розміри Ø5,2; Ø10×60°	2,6	12,5	1	15	0,03	900	14,7	27	0,46	0,78

Арк.

26.KBP.400.02.00.000 ПЗ

34

Зм. Арк. № докум. Підпис Дата

Продовження таблиці 2.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Операція 010 Токарна з ЧПК										
Перехід 2										
Точити попередньо за два проходи зовнішні циліндричні та радіусні поверхні 5, 8, 9, 11, 12, 13, 14, витримуючи розміри $\varnothing 25,96_{-0,52}$; $\varnothing 35,7_{-0,62}$; $\varnothing 28,5_{-0,52}$; $\varnothing 47,2_{-0,62}$	0,61 0,6 0,75 0,75 0,7	290,8	2	60	0,6	900	73,4 100,9 80,6 133,5	540	1,08	1,14 1,57 1,26 2,08
Перехід 3										
Точити остаточно фаску 4, зовнішню циліндричну поверхню 5, радіусну поверхню 8, точити попередньо зовнішню циліндричну поверхню 9, точити остаточно радіусну поверхню 11, точити остаточно зовнішню циліндричну поверхню 12, радіусну поверхню 13, точити попередньо зовнішню циліндричну поверхню 14, в розміри розміри $2,73 \times 45^\circ$; $\varnothing 25,46_{-0,13}$; $\varnothing 35,2_{-0,16}$; $\varnothing 28_{-0,13}$; $\varnothing 46,7_{-0,16}$	2,73 0,25	294	1	60	0,3	1120	89,6 123,9 98,5 164,3	336	0,88	0,83 1,15 0,91 1,52
Перехід 4										
Точити остаточно канавку 7 для виходу шліфувального кола, в розміри $b=3^{+0,25}$; $\varnothing 24,5_{-0,52}$; 45° ; R0,5; R1	3	8,46	1	60	0,1	1400	107,8	140	0,06	1,84

Продовження таблиці 2.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Перехід 5										
Точити остаточно зовнішні циліндричні поверхні 9, 14, в розміри $\varnothing 35_{-0,062}$; $\varnothing 46,5_{-0,1}$	0,1	109,8	1	60	0,2	1120	123,2 163,6	224	0,46	0,11 0,15
Операція 015. Токарна з ЧПК										
Перехід 2										
Точити попередньо за два проходи зовнішню циліндричну поверхню 18 з підрізанням торця зубчастого вінця 16, в розміри $\varnothing 30,96_{0,62}$; $44,6_{-0,62}$	0,61	56,6	2	60	0,6	1400	136,2	840	0,14	1,72
Перехід 3										
Точити остаточно фаску 19, зовнішню циліндричну поверхню 18 з підрізанням торця зубчастого вінця 16, в розміри $1,23 \times 45^\circ$; $\varnothing 30,46_{-0,16}$; $44,35_{-0,16}$	1,23 0,25	58,6	1	60	0,3	1800	172,2	540	0,11	2,62 0,53
Перехід 4										
Точити остаточно канавку 17 для виходу шліфувального кола, в розміри $b=3^{+0,25}$; R1 $\varnothing 29,5_{-0,52}$; 45° ; R0,5;	3	8,46	1	60	0,1	1400	129,7	140	0,06	1,84
Перехід 5										
Точити попередньо канавку 25 під стопорне кільце, в розміри $b=1,6^{+0,1}$; $\varnothing 27,4_{-0,1}$	1,6	7,05	1	60	0,1	1400	120,5	140	0,05	1,04
Перехід 5										
Точити остаточно канавку 25 під стопорне кільце, в розміри $b=1,8^{+0,1}$; 3,5; $\varnothing 27,6_{-0,1}$	1,6	7,07	2	60	0,05	1800	156,1	90	0,16	0,8

Продовження таблиці 2.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Операція 020 Шліцефрезерна										
Перехід 2										
Фрезерувати шість шліців 6, в розміри $\varnothing 18^{+0,43}$; $\varnothing 25_{-0,021}$; $5h9_{-0,03}$; $l=63,5$	4,0	78,5	1	120	1,0	250	20,4	250	0,31	0,7
Операція 025 Шліцефрезерна										
Перехід 2										
Фрезерувати евольвентні шліці 10, в розміри $\varnothing 34,6_{-0,1}$; $\varnothing 29,19_{-0,52}$; $m=2$; $z=16$; $d=32$; $l=64$	2,7	104	1	120	1,4	150	30	210	0,5	0,5
Операція 030 Зубофрезерна										
Перехід 2										
Фрезерувати зуби зубчастого вінця 15, в розміри $m=3$; $z=13$; $d=39$ $\varnothing 46,5_{-0,1}$; $\varnothing 33,52$;	6,75	48	1	120	1,8	140	35	252	0,19	0,82
Операція 035 Круглошліфувальна з ЧПК										
Перехід 2										
Шліфувати попередньо зовнішню циліндричну поверхню та поверхню шліців 5, витримуючи розміри $\varnothing 25,16_{-0,033}$; $l=75$	0,15	117	1	-	$S_p=0,025$ мм/хід $S_o=12$ мм/об	120	$V_{s.кол.}=15$ м/хв $V_{s.позд.}=3$ м/хв	-	0,6	3,3
Операція 040 Круглошліфувальна з ЧПК										
Перехід 2										
Шліфувати попередньо зовнішню циліндричну поверхню 18, в розміри $\varnothing 30,16_{-0,039}$; $l=45$	0,15	87	1	-	$S_p=0,025$ мм/хід $S_o=12$ мм/об	120	$V_{s.кол.}=15$ м/хв $V_{s.позд.}=3$ м/хв	-	0,44	3,3
Операція 045 Свердлильна з ЧПК										
Перехід 2										
Розсвердлити отвір 22, в розміри $\varnothing 8,4^{+0,15}$; $l=7$	1,6	13	1	20	0,16	710	18,7	113,6	0,11	0,52

Продовження таблиці 2.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Перехід 3										
Свердлити отвір 23 під різь М8-7Н, в розмірі $\varnothing 6,8^{+0,26}$; $l=36,5$	3,4	42,5	1	20	0,12	1000	21,4	120	0,35	0,22
Перехід 4										
Нарізати різь 24 в отворі 22, в розмірі М8-7Н; $l=35$	0,625	78,8	1	20	1,25	355	8,9	443,75	0,18	0,1
Операція 050 Термічна										
Загартувати деталь до твердості HRCe 40...45										
Операція 055 Центрошліфувальна										
Перехід 2										
Шліфувати фаски центрових отворів 1, 2, в розмірі 60°	0,01	9,67	2	–	–	50	24	100	0,19	–
Операція 060 Круглошліфувальна з ЧПК										
Перехід 2										
Шліфувати остаточно зовнішню поверхню шліців 5, в розмірі $\varnothing 25_{-0,021}$ під шліці $l=75$	0,08	117	1	–	$S_p = 0,005$ мм/хід $S_o = 8$ мм/об	120	$V_{s.кол.} = 30$ м/хв $V_{s.позд} = 5$ м/хв	–	2,75	–
Операція 065 Круглошліфувальна з ЧПК										
Перехід 2										
Шліфувати остаточно зовнішню циліндричну поверхню 18, витримуючи розміри $\varnothing 30k6^{+0,015}_{+0,002}$; $l=45$	0,08	40	1	–	$S_p = 0,005$ мм/хід $S_o = 8$ мм/об	120	$V_{s.кол.} = 30$ м/хв $V_{s.позд} = 5$ м/хв	–	2,04	–
Операція 070 Зубошліфувальна										
Перехід 2										
Шліфувати профіль зубів (зубчастий вінець) 15, витримуючи розміри $m=3$; $z=13$; $d=39$	0,02	42	6 ход. $\times 16$	–	$S_{рад} = 0,02$ мм/дв хід $S_p = 0,6$ мм/дв хід	1500 об/хв	19,6 м/с	10м/хв	6,14	–

2.2.4 Розрахунок технічних норм часу

Розрахунок технічних норм часу для 010 операції виконуємо з використанням САПР ТП в модулі ADEM CAPP. Основний час розраховується після визначення всіх необхідних режимів різання, допоміжний час розраховується після вибору допоміжних прийомів, пов'язаних з операцією з бази даних програми (рис. 2.6).

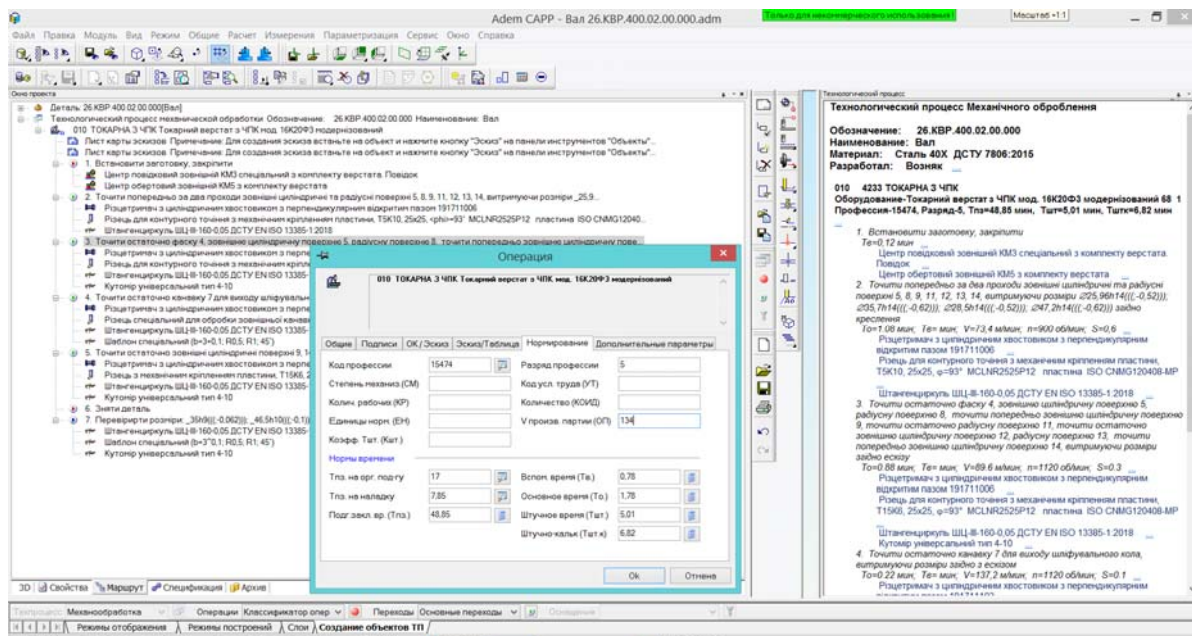


Рисунок 2.6 – Діалогове вікно «Розрахунок технічних норм часу на операцію»

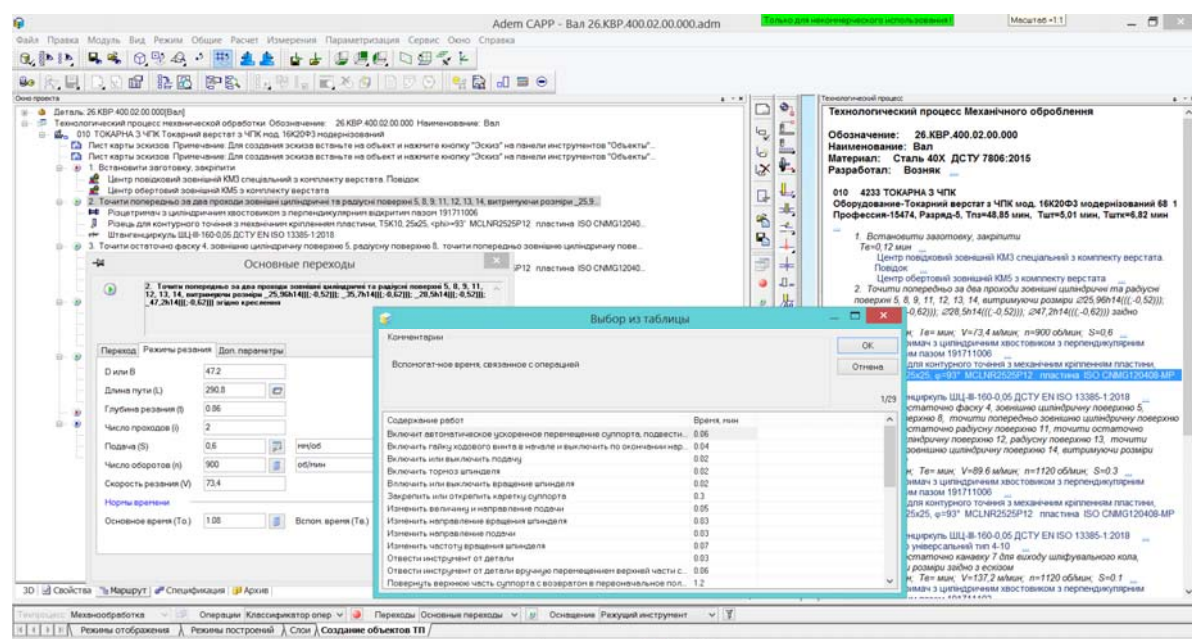


Рисунок 2.7 – Діалогове вікно «Розрахунок технічних норм часу на перехід»

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
-----	------	----------	--------	------

26.KBP.400.02.00.000 ПЗ

Арк.
39

На рисунку 2.6 представлений приклад розрахунку технічних норма часу для 010 операції, а на рисунку 2.7 – для другого переходу 010 операції в програмі ADEM.

Штучно-калькуляційний час для всіх інших технологічних операцій визначаємо за наближеною формулою [7] С. 274, дод. 12:

$$T_{\text{шт.к}} = \Psi_{\text{к}} \cdot (T_{\text{о}} + T_{\text{доп.уст.}}), \quad (2.1)$$

де $\Psi_{\text{к}}$ – коефіцієнт штучного часу згідно [7] С. 274, дод. 12;

Операція 005 Фрезерно-центрувальна

Основний час: $T_{\text{о005}} = 0,73$ хв. [табл. 2.4].

Допоміжний час на встановлення: $T_{\text{доп.уст.}} = 0,08$ хв. [7] С. 393, дод. 121.

Для фрезерно-центрувальних верстатів в умовах середньосерійного типу виробництва: $\Psi_{\text{к}} = 1,84$ [7] С. 274, дод. 12.

$$T_{\text{шт.к005}} = 1,84 \cdot (0,73 + 0,08) = 1,49 \text{ хв.}$$

015 Токарна з ЧПК.

Основний час $T_{\text{о015}} = 0,52$ хв. [табл. 2.4].

Для токарних верстатів з ЧПК: $\Psi_{\text{к}} = 2,14$ [7] С. 274, дод. 12.

Допоміжний час на встановлення: $T_{\text{д}} = 0,1$ хв. [7] С. 393, дод. 121.

$$T_{\text{шт.к015}} = 2,14 \cdot (0,52 + 0,1) = 1,33 \text{ хв.}$$

Операція 020 Шліцефрезерна

Основний час: $T_{\text{о020}} = 0,31$ хв. [табл. 2.4].

Допоміжний час на встановлення: $T_{\text{доп.уст.}} = 0,1$ хв. [7] С. 393, дод. 121.

Для шліцефрезерних верстатів: $\Psi_{\text{к}} = 1,84$ [7] С. 274, дод. 12.

$$T_{\text{шт.к020}} = 1,84 \cdot (0,31 + 0,1) = 0,75 \text{ хв.}$$

Операція 025 Шліцефрезерна

Основний час: $T_{\text{о025}} = 0,5$ хв. [табл. 2.4].

Допоміжний час на встановлення: $T_{\text{доп.уст.}} = 0,1$ хв. [7] С. 393, дод. 121.

					<i>26.КВР.400.02.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для шліцефрезерних верстатів: $\psi_k = 1,84$ [7] С. 274, дод. 12.

$$T_{\text{шт.к025}} = 1,84 \cdot (0,5 + 0,1) = 1,1 \text{ хв.}$$

Операція 030 Зубофрезерна

Основний час: $T_{030} = 6,75$ хв. [табл. 2.4].

Допоміжний час на встановлення: $T_{\text{доп.уст.}} = 0,1$ хв. [7] С. 393, дод. 121.

Для зуборізних верстатів: $\psi_k = 1,66$ [7] С. 274, дод. 12.

$$T_{\text{шт.к030}} = 1,66 \cdot (6,75 + 0,1) = 11,37 \text{ хв.}$$

Операція 035 Круглошліфувальна з ЧПК

Основний час: $T_{035} = 0,6$ хв. [табл. 2.4].

Допоміжний час на встановлення: $T_{\text{доп.уст.}} = 0,1$ хв. [7] С. 393, дод. 121.

Для круглошліфувальних верстатів з ЧПК: $\psi_k = 2,1$ [7] С. 274, дод. 12.

$$T_{\text{шт.к035}} = 2,1 \cdot (0,6 + 0,1) = 1,47 \text{ хв.}$$

Операція 040 Круглошліфувальна з ЧПК

Основний час: $T_{040} = 0,44$ хв. [табл. 2.4].

Допоміжний час на встановлення: $T_{\text{доп.уст.}} = 0,1$ хв. [7] С. 393, дод. 121.

Для круглошліфувальних верстатів з ЧПК: $\psi_k = 2,1$ [7] С. 274, дод. 12.

$$T_{\text{шт.к040}} = 2,1 \cdot (0,44 + 0,1) = 1,13 \text{ хв.}$$

Операції 045. Свердлильна з ЧПК.

Основний час: $T_{045} = 0,64$ хв. [табл. 2.4].

Допоміжний час на встановлення: $T_{\text{доп.уст.}} = 0,1$ хв. [7] С. 393, дод. 121.

Для свердлильних верстатів з ЧПК: $\psi_k = 1,75$ [7] С. 274, дод. 12.

$$T_{\text{шт.к045}} = 1,75 \cdot (0,64 + 0,1) = 1,3 \text{ хв.}$$

Операція 055 Шліфувальна

Основний час: $T_{055} = 0,19$ хв. [табл. 2.4].

Допоміжний час на встановлення: $T_{\text{доп.уст.}} = 0,2$ хв. [7] С. 393, дод. 121.

					<i>26.КВР.400.02.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для шліфувальних верстатів: $\psi_k = 2,1$ [7] С. 274, дод. 12.

$$T_{шт.к055} = 2,1 \cdot (0,19 + 0,2) = 0,82 \text{ хв.}$$

Операція 060 Круглошліфувальна з ЧПК

Основний час: $T_{060} = 2,75$ хв. [табл. 2.4].

Допоміжний час на встановлення: $T_{доп.уст.} = 0,1$ хв. [7] С. 393, дод. 121.

Для круглошліфувальних верстатів з ЧПК: $\psi_k = 2,1$ [7] С. 274, дод. 12.

$$T_{шт.к060} = 2,1 \cdot (2,75 + 0,1) = 6 \text{ хв.}$$

Операція 065 Круглошліфувальна з ЧПК

Основний час: $T_{065} = 2,04$ хв. [табл. 2.4].

Допоміжний час на встановлення: $T_{доп.уст.} = 0,1$ хв. [7] С. 393, дод. 121.

Для круглошліфувальних верстатів з ЧПК: $\psi_k = 2,1$ [7] С. 274, дод. 12.

$$T_{шт.к065} = 2,1 \cdot (2,04 + 0,1) = 4,5 \text{ хв.}$$

Операція 070 Зубошліфувальна

Основний час: $T_{070} = 6,14$ хв. [табл. 2.4].

Допоміжний час на встановлення: $T_{доп.уст.} = 0,23$ хв. [7] С. 393, дод. 121.

Для зубошліфувальних верстатів з ЧПК: $\psi_k = 2,1$ [7] С. 274, дод. 12.

$$T_{шт.к070} = 2,1 \cdot (6,14 + 0,23) = 13,4 \text{ хв.}$$

Оформляємо зведену таблицю 2.5.

Таблиця 2.5 – Норми часу по операціях

Номер та назва операції	T _о , хв	Допоміжний час, T _д хв			T _{оп} , хв	T _{ца} , хв	Час обслуговування, T _{об} , хв			T _{шт} , хв.	T _{пз} , хв.	п, шт	T _{шт.к.} , хв
		T _в	T _{пер}	T _{вим}			T _{тех.об.}	T _{орг.об.}	T _{відп.}				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	12	14
005 Фрезерно-центрувальна	0,73	0,08	—	—	—	—	—	—	—	—	—	134	1,49

Продовження таблиці 2.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	12	14
010 Токарна з ЧПК	1,78	0,1	0,5	0,18	3,93	3,15	0,275			5,01	48,85	134	6,82
015 Токарна з ЧПК	0,52	0,1	–	–	–	–	–	–	–	–	–		1,33
020 Шліце-фрезерна	0,31	0,1	–	–	–	–	–	–	–	–	–		0,75
025 Шліце-фрезерна	0,5	0,1	–	–	–	–	–	–	–	–	–		1,1
030 Зубофрезерна	6,75	0,1	–	–	–	–	–	–	–	–	–		11,37
035 Круглошліфувальна з ЧПК	0,6	0,1	–	–	–	–	–	–	–	–	–		1,47
040 Круглошліфувальна з ЧПК	0,44	0,1	–	–	–	–	–	–	–	–	–		1,13
045 Свердлильна з ЧПК	0,64	0,1	–	–	–	–	–	–	–	–	–		1,3
055 Шліфувальна	0,19	0,2	–	–	–	–	–	–	–	–	–		0,82
060 Круглошліфувальна з ЧПК	2,75	0,1	–	–	–	–	–	–	–	–	–		6
065 Круглошліфувальна з ЧПК	2,04	0,1	–	–	–	–	–	–	–	–	–		4,5
070 Зубошліфувальна	6,14	0,23	–	–	–	–	–	–	–	–	–		13,4
Разом:	23,39												51,48

Формуємо комплект технологічної документації маршрутно-операційного опису з використанням САПР ТП в модулі ADEM CAPP для 010 операції.

3 ВИБІР ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ПРИСТОСУВАННЯ НА ОПЕРАЦІЮ

3.1 Призначення, будова і принцип роботи пристосування

Для обробки деталі «Вал» 26.КВР.400.02.00.000 на 045 операції – свердлильній з ЧПК використовується спеціальне пристосування самоцентрівне з пневмозатиском 26.КВР.400.02.05.000 СК з базуванням заготовки по торцю вала 3 та зовнішній циліндричній поверхні 18, деталь орієнтується в пристосуванні по циліндричному пальцю та упору.

Спроектване пристосування складається з корпусу поз. 2, всередині якого розташована гільза пневмоциліндра поз. 8. Зверху корпусу розташовані рухомі губки поз. 5 із закріпленими на них призмами поз. 6. До нижньої плити зварного корпусу поз. 2 за допомогою гвинтів поз. 21 прикріплений упор поз. 16 для базування заготовки. В упор поз. 16 встановлений палець поз. 17 та загвинчений упор поз. 15, які призначені для орієнтації заготовки у пристосуванні. Для передачі руху від штока до рухомих губок використовуються важелі поз. 12, що обертаються на вісях поз. 14.

Пристосування встановлюється та закріплюється на столі свердлильного верстата з ЧПК мод. 2P135Ф2 за допомогою шпонок поз. 29 та гвинтів поз. 21.

Закріплення заготовки проводиться в такий спосіб: стиснене повітря подається в штокову порожнину пневмоциліндра, поршень поз. 7 зі штоком поз. 9 рухаються назад. Важелі поз. 12 повертаються навколо вісей поз. 14 і через сухарі поз. 13 переміщують рухливі губки поз. 5 у напрямку заготовки. Таким чином, заготовка опиняється закріпленою призмами поз. 6.

Розкріплення заготовки відбувається, коли стиснене повітря подається в безштокову порожнину та поршень поз. 7 зі штоком поз. 9 переміщуються вперед. Важелі поз. 12 повертаються навколо вісей поз. 14 в інший бік і через сухарі поз. 13 переміщують рухомі губки поз. 5 у напрямку від заготовки. Таким чином, заготовка опиняється розкріпленою та вільно знімається з пристосування.

					<i>26.КВР.400.02.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

3.2 Схема базування та розрахунок похибки базування

Деталь «Вал» 26.КВР.400.02.00.000 базується по торцю вала 3 та зовнішній циліндричній поверхні 18 в самоцентрівних призматичних лещатах. Схема базування має такий вигляд [7] С.312, дод.61:

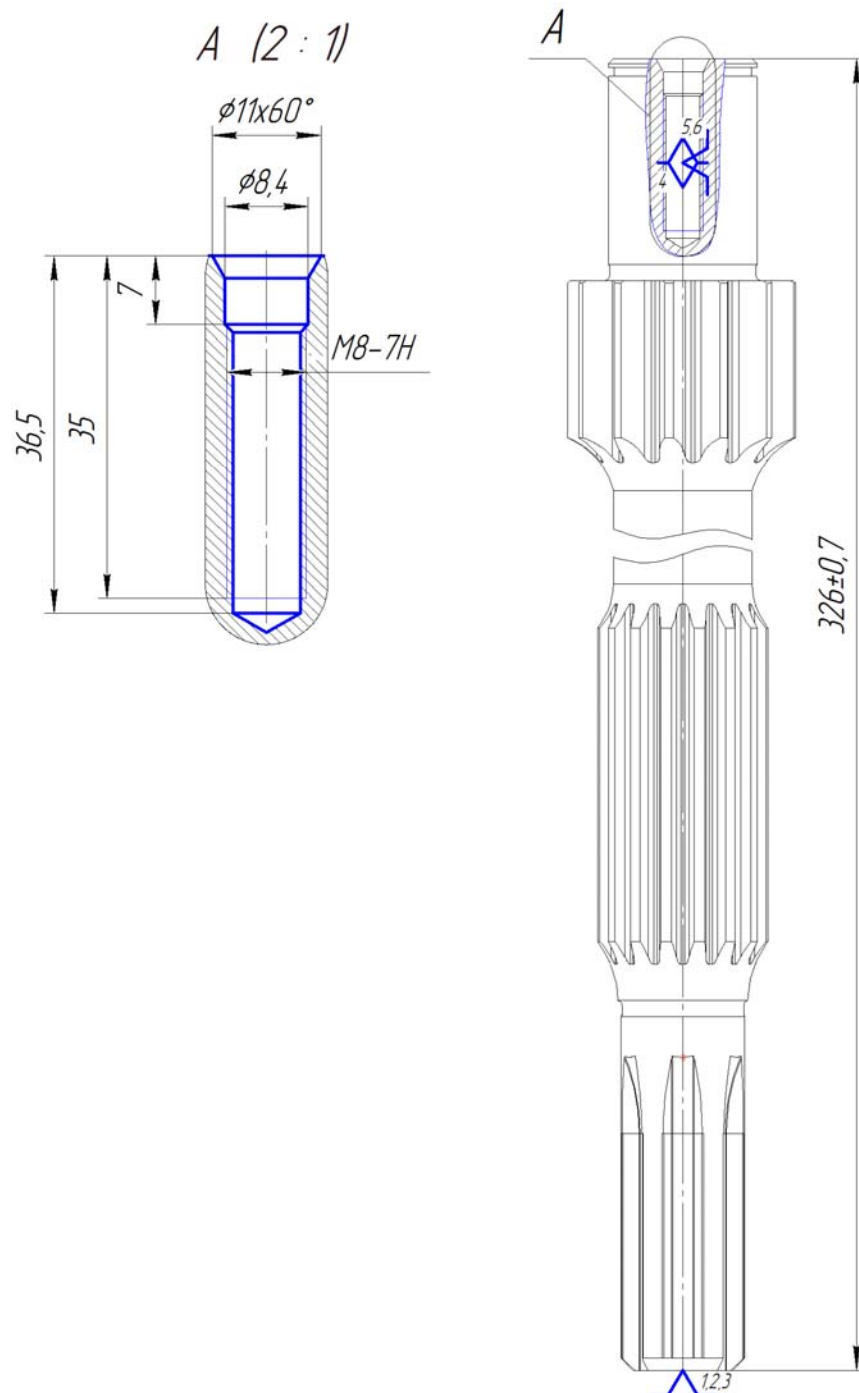


Рисунок 3.1 – Схема базування деталі «Вал» 26.КВР.400.02.00.000 в пристосуванні

					26.КВР.400.02.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

Похибка установки заготовки в пристосуванні обчислюється за формулою:

$$\Delta \epsilon_y = \sqrt{\Delta \epsilon_6^2 + \Delta \epsilon_3^2 + \Delta \epsilon_{\text{пр}}^2}, \quad (3.1)$$

де $\Delta \epsilon_6$ – похибка базування;

$\Delta \epsilon_3$ – похибка закріплення, яка виникає при затиску;

$\Delta \epsilon_{\text{пр}}$ – похибка пристосування, пов'язана з виготовленням пристосування.

Для виконання точності розмірів в даному пристосуванні і на даній операції необхідно, щоб виконувалась наступна умова:

$$\Delta \epsilon_y \leq \Delta \epsilon_{\text{у.доп.}}, \quad (3.2)$$

де $\Delta \epsilon_{\text{у.доп.}}$ – допустима похибка установки при виконанні даного розміру на даному обладнанні.

Похибки базування при обробці поверхонь в самоцентрівних призмах дорівнює нулю $\epsilon_6 = 0$ згідно табличних даних [7] С.317, дод. 62.

Похибка закріплення визначається з таблиці [7] С.296, дод. 50 і становить $\epsilon_3 = 70$ мкм для чисто обробленої поверхні.

Похибка пристосування $\epsilon_{\text{пр}} = 100$ мкм. згідно літератури [7] С.51.

Підставивши отримані дані у формулу (3.1), отримаємо:

$$\Delta \epsilon_y = \sqrt{0^2 + 70^2 + 100^2} = 122 \text{ мкм.}$$

Точність діаметральних розмірів $\varnothing 8,4^{+0,15}$; $\varnothing 6,8^{+0,26}$; М8-7Н витримуються за рахунок інструментів на верстаті з ЧПК – свердла та мітчик, відповідно похибка базування на цей розмір буде дорівнювати нулю, тобто $\Delta \epsilon_6 = 0$.

Оцінку похибки установки проведемо за осьовим розміром глибини різьового отвору $35 \pm 0,31$, тоді допуск Т на витримуваний розмір становить $T = 620$ мкм. Допустима похибка становить $\Delta \epsilon_3 = 0,3 \cdot T = 0,3 \cdot 620 = 186$ мкм. Отже,

$$\Delta \epsilon_y = 122 \text{ мкм} < \Delta \epsilon_{\text{у.доп.}} = 186 \text{ мкм},$$

умова виконується, обробка можлива.

					<i>26.КВР.400.02.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

3.3 Розрахунок зусиль затиску

На заготовку при свердлінні та нарізанні різі в отворі на операції 045 свердлильній з ЧПК діє осьова сила та крутний момент, осьова сила притискає заготовку до упора, а крутний момент намагається повернути її в пристосуванні. Найбільше значення крутного моменту буде виникати при нарізанні різі М8-7Н; $l=35$. Наведемо розрахункову схему (рис. 3.2).

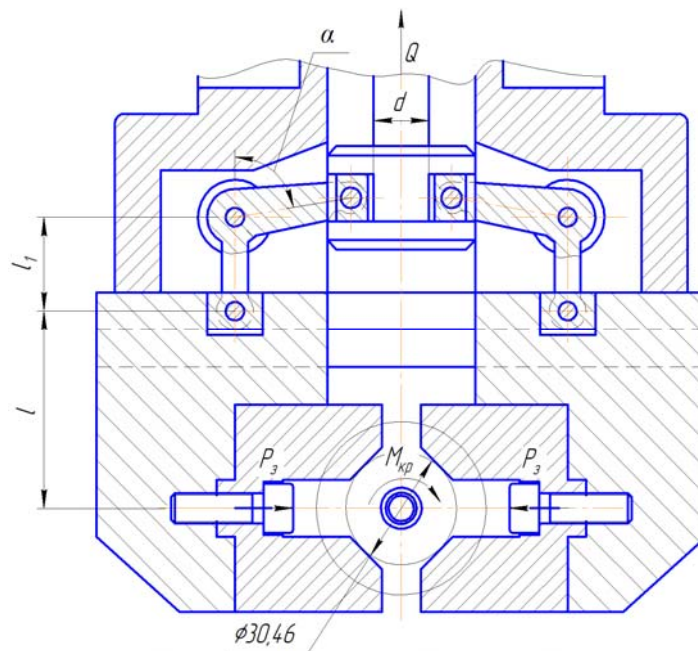


Рисунок 3.2 – Розрахункова схема дії сил в пристосуванні

Тоді необхідна сила для затиску заготовки в пристосуванні визначається за формулою:

$$P_3 = \frac{K \cdot M_{кр}}{D_3 \cdot \frac{f_2}{\sin \alpha}}, \quad (3.3)$$

де f_2 – коефіцієнт тертя в місцях контакту заготовки із призмами; $f_2 = 0,16$;

α – кут установчої призми, при $2\alpha = 90^\circ$, $\alpha = 45^\circ$;

$M_{кр}$ – крутний момент, який виникає при свердлінні, Н·м;

$D_3 = 30,46$ мм – діаметр, по якому проходить затиск заготовки, м;

$$M_{кр} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot P^y \cdot K_p, \quad (3.4)$$

де $D = 8,0$ мм – діаметр мітчика;

$P = 1,25$ мм – крок різі;

$K_p = K_p = 1,0$ – поправочний коефіцієнт, який враховує фактичні умови різання. Для сталі 40Х [6] С. 87, табл.60;

$C_m = 0,0041$; $y = 1,5$; $q = 1,7$ – складові формули крутного моменту при різанні [6] С. 86, табл.59.

Підставляємо отримані значення в формулу (3.4) та отримуємо значення крутного моменту:

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,0041 \cdot 8^{1,7} \cdot 1,25^{1,5} \cdot 1,0 = 10 \cdot 0,0041 \cdot 34,3 \cdot 1,4 \cdot 1,0 = 2 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Коефіцієнт запасу K . Вибирається згідно [7] С.131:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6;$$

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

K_1 – коефіцієнт, який враховує збільшення сил різання через випадкові нерівності на оброблюваних поверхнях, $K_1 = 1,2$;

K_2 – коефіцієнт, який характеризує збільшення сил різання внаслідок затуплення ріжучого інструменту, $K_2 = 1,2$ при різанні;

K_3 – коефіцієнт, який враховує збільшення сил різання внаслідок переривистості різання, $K_3 = 1,2$;

K_4 – коефіцієнт, який характеризує постійність сили закріплення в затискному пристрої, $K_4 = 1,0$ – для пневмоприводів подвійної дії;

K_5 – коефіцієнт, який характеризує ергономічність ручних затискних пристроїв, $K_5 = 1,0$;

K_6 – коефіцієнт, який враховують при наявності крутного моменту, який намагається повернути заготовку, встановлену плоскою поверхнею на постійні опори, $K_6 = 1,0$.

					<i>26.КВР.400.02.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

$$K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,2 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 2,6.$$

$$\text{Отже, } P_3 = \frac{2,6 \cdot 2}{0,3046 \cdot \left(\frac{0,16}{\sin 45} \right)} = \frac{5,2}{0,069} = 75,4 \text{ Н.}$$

Представимо розрахункову схему дії сил в пристосуванні:

Зусилля на штоці, яке необхідне для отримання потрібного зусилля затиску визначаємо за формулою [9] С.47:

$$Q = 2 \cdot P_3 \cdot [\text{tg}(\alpha + \beta) + \text{tg}\varphi] \cdot \frac{l}{l_1} \cdot \frac{1}{\eta}, \quad (3.5)$$

де α – кут між плечами важіля та напрямом дії зусилля, град., конструктивно $\alpha = 81^\circ$;

β – додатковий кут до кута α , який враховує втрати від тертя на вісях, град.,

$$\beta = \arcsin f \frac{d}{L} = 1^\circ \text{ [9] С.47};$$

$\text{tg}\varphi = f_0 = 0,1$ – кут тертя на вісі [9] С.47;

l, l_1 – довжина плеча, конструктивно $l = 52, l_1 = 25$;

$\eta = 0,85$ – коефіцієнт, який враховує втрати від тертя на вісі [9] С.47.

$$Q = 2 \cdot 75,4 \cdot [\text{tg}(81 + 1) + 0,1] \cdot \frac{52}{25} \cdot \frac{1}{0,85} = 2 \cdot 75,4 \cdot 7,21 \cdot 2,08 \cdot 1,18 = 2668,6 \text{ Н.}$$

Визначаємо діаметр пневмоциліндра за формулою для тягнучої сили згідно [9] С.58:

$$D = \sqrt{\frac{4P}{\pi \cdot p \cdot \eta} + d^2}, \quad (3.6)$$

де $p = 0,4$ МПа – тиск повітря в магістралі [9] С.58;

					26.КВР.400.02.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

$d = 15$ мм – діаметр штока, приймаємо конструктивно;

$\eta = 0,85$ – коефіцієнт корисної дії приводу [9] С.58.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 2668,6}{3,14 \cdot 0,4 \cdot 0,85} + 15^2} = \sqrt{9998,5 + 225} = 101 \text{ мм.}$$

Конструктивно приймаємо діаметр циліндра $D_{\text{ц}} = 110$ мм.

					<i>26.КВР.400.02.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		50

4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Обсяг інвестицій для реалізації проекту технологічного процесу

Для реалізації проектних рішень необхідно визначити обсяг інвестицій для їх здійснення. Обсяг інвестицій складається з вартості основних фондів за групами витрат, пов'язаних з їх придбанням і вводом в експлуатацію.

1) Вартість будівель визначається за формулою:

$$B_{\text{буд}} = C_{\text{буд}} \cdot S_{\text{буд}}, \quad (4.1)$$

де $B_{\text{буд}}$ – вартість будівлі, грн;

$C_{\text{буд}} = 1700$ грн./м² на рік – орендна плата за 1 м² будівлі. Згідно додатку [10], дод. А;

$S_{\text{буд}}$ – площа будівлі, м².

Розрахунок виробничої площі будівлі $S_{\text{буд}}$ проводиться за формулою:

$$S_{\text{буд.}} = S_{\text{верст.}} \cdot M_{\text{пр.}} \cdot \gamma, \quad (4.2)$$

де $S_{\text{верст.}}$ – площа верстата, в м² по габаритах;

$M_{\text{пр.}}$ – прийнята кількість обладнання;

$\gamma = 2,0$ – коефіцієнт, що враховує додаткову площу.

Розрахунок необхідної кількості обладнання визначаємо по видах обладнання:

$$M_{\text{р.}} = \frac{T_{\text{шт.}} \cdot N_{\text{річн.}}}{\Phi_{\text{д}} \cdot 60 \cdot K_{\text{в}}}, \quad (4.3)$$

де $T_{\text{шт.}}$ – норма штучного часу на операції, хв;

$\Phi_{\text{д}} = 4000$ год. – дійсний річний фонд часу роботи обладнання;

$N_{\text{річн.}} = 7000$ шт – річний випуск виробів (згідно завдання);

$K_{\text{в}} = 1,0$ – коефіцієнт виконання норм.

					26.КВР.400.02.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

На ділянці встановлено наступне технологічне обладнання з габаритними розмірами (l×b), мм:

- Фрезерно-центрувальний напівавтомат мод. EM535M – 3,2 × 2,16;
- Токарний верстат з ЧПК мод. 16K20Ф3 – 3,36×1,71;
- Шліцефрезерний напівавтомат мод. 5350 – 2,335×1,55;
- Свердлильний верстат з ЧПК мод. 2P135Ф2 – 1,8 × 2,17;
- Зубофрезерний верстат мод. 53A20B – 2,13 × 1,556;
- Круглошліфувальний верстат з ЧПК 3M151Ф2 – 5,4 × 2,4;
- Центрошліфувальний верстат мод. MB119 – 1,52 × 1,4;
- Зубошліфувальний верстат мод. 5B833 – 2,4 × 2,5.

$$M_{p005} = \frac{1,49 \cdot 7000}{4000 \cdot 60 \cdot 1} = 0,04. \text{ Приймаємо } P_{005} = 1 \text{ верст.};$$

$$M_{p010-015} = \frac{8,15 \cdot 7000}{4000 \cdot 60 \cdot 1} = 0,24. \text{ Приймаємо } P_{010-015} = 1 \text{ верст.};$$

$$M_{p020-025} = \frac{1,85 \cdot 7000}{4000 \cdot 60 \cdot 1} = 0,05. \text{ Приймаємо } P_{020-025} = 1 \text{ верст.};$$

$$M_{p030} = \frac{11,37 \cdot 7000}{4000 \cdot 60 \cdot 1} = 0,33. \text{ Приймаємо } P_{030} = 1 \text{ верст.};$$

$$M_{p035,040,060,065} = \frac{13,1 \cdot 7000}{4000 \cdot 60 \cdot 1} = 0,38. \text{ Приймаємо } P_{035-040} = 1 \text{ верст.};$$

$$M_{p045} = \frac{1,3 \cdot 7000}{4000 \cdot 60 \cdot 1} = 0,04. \text{ Приймаємо } P_{045} = 1 \text{ верст.};$$

$$M_{p055} = \frac{0,82 \cdot 7000}{4000 \cdot 60 \cdot 1} = 0,03. \text{ Приймаємо } P_{055} = 1 \text{ верст.};$$

$$M_{p070} = \frac{13,4 \cdot 7000}{4000 \cdot 60 \cdot 1} = 0,39. \text{ Приймаємо } P_{070} = 1 \text{ верст.};$$

$$S_{\text{буд.}} = (6,912+5,75+2,13+3,62 + 3,31+12,96 + 2,13+4,9) \cdot 1 \cdot 2,0 = 84 \text{ м}^2.$$

					26.КВР.400.02.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

Тоді річна вартість будівель буде складати:

$$V_{\text{буд}} = 1700 \cdot 84 = 142800 \text{ грн.}$$

2) Обладнання, необхідне для виробництва запроєктованого виробу, може бути придбане (на первинному чи вторинному ринку) або взяте в оренду. В нашому випадку обладнання придбане на вторинному ринку.

Вартість придбаного обладнання із врахуванням витрат на його доставку (15% від його вартості) та монтаж (20% від його вартості) розраховується за формулою:

$$V_{\text{обл}} = \sum_{i=1}^m (C_{\text{обл.}i} \cdot N_i) \cdot 1,35, \quad (4.4)$$

де $C_{\text{обл.}i}$ – вартість одиниці i -того виду обладнання, грн.;

N – кількість одиниць i -того виду обладнання.

Результати розрахунку витрат на придбання та монтаж технологічного обладнання заносимо до таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Витрати на придбання і монтаж технологічного обладнання

№ з/п	Найменування обладнання	К-сть обладнання, шт.	Вартість за одиницю, грн.	Загальна вартість, грн.	Загальна вартість із врахуванням доставки та монтажу, грн.
1	2	3	3	5	6
1	Фрезерно-центрувальний напівавтомат мод. EM535M	1	100000	100000	135000
2	Токарний верстат з ЧПК мод. 16K20Ф3	1	250000	250000	337500
3	Шліцефрезерний напівавтомат мод. 5350	1	68000	68000	91800
4	Зубофрезерний верстат мод. 53A20B	1	117000	117000	157950

Продовження таблиці 4.1

1	2	3	3	5	6
5	Круглошліфувальний верстат з ЧПК 3М151Ф2	1	200000	200000	270000
6	Вертикально-свердильний верстат з ЧПК мод. 2Р135Ф2	1	105000	105000	141750
7	Центрошліфувальний верстат мод. МВ119	1	60000	60000	81000
8	Зубошліфувальний верстат мод. 5В833	1	105000	105000	141750
	Всього:	8	1005000	1005000	1356750

Отже, на виробництві з виготовлення деталі Вал потрібно 8 шт. обладнання загальною вартістю 1356750 грн.

2) Вартість інструментів та приладів ($V_{\text{інстр}}$) складає 2% від вартості обладнання. При цьому втрати на їх доставку приймають в розмірі 10% від їх вартості. Таким чином, вартість інструментів та приладів розраховується за формулою:

$$V_{\text{інстр}} = V_{\text{обл}} \cdot 0,02 \cdot 1,1, \quad (4.5)$$

$$V_{\text{інстр}} = 1356750 \cdot 0,02 \cdot 1,1 = 29848,5 \text{ грн.}$$

3) Вартість виробничого та господарського інвентарю ($V_{\text{інв}}$) складає 3% від вартості обладнання. При цьому втрати на їх доставку приймають в розмірі 10% від його вартості. Таким чином, вартість інвентарю розраховується за формулою:

$$V_{\text{інв}} = V_{\text{обл}} \cdot 0,03 \cdot 1,1, \quad (4.6)$$

$$V_{\text{інв}} = 1356750 \cdot 0,03 \cdot 1,1 = 44772,75 \text{ грн.}$$

Загальний обсяг виробничих інвестицій розраховується за формулою:

$$\text{ПІ} = V_{\text{буд}} + V_{\text{обл}} + V_{\text{інстр}} + V_{\text{інв}}, \quad (4.7)$$

					<i>26.КВР.400.02.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

$$\text{ПІ} = 142800 + 1356750 + 29848,5 + 44772,75 = 1574171,25 \text{ грн.}$$

4) Величина амортизаційних відрахувань розраховується за формулою:

$$A = \frac{S_{\text{бал}} \cdot N_a}{100}, \quad (4.8)$$

де $S_{\text{бал}}$ – балансова вартість основних фондів, грн. (приймається величина вартості основних фондів, що розрахована за формулами (4.4) - (4.6). Амортизація будівель не розраховується, оскільки її сплачує орендодавець); N_a – норма амортизації, % (величина норми амортизації встановлюється у відсотках до вартості кожної з груп основних фондів, згідно з Законом України «Про оподаткування прибутку підприємства» на момент проведення розрахунку. Станом на 2026 р. норма амортизації для будівель – 5%, обладнання – 20%, інструментів та приладдя – 25%, інвентарю – 25%).

Результати розрахунку річної суми амортизаційних відрахувань зводимо в таблицю 4.2.

Таблиця 4.2 – Розрахунок річних амортизаційних відрахувань

№ з/п	Найменування основних фондів	Балансова вартість основних фондів, тис. грн.	Річна сума амортизаційних відрахувань, тис. грн.
1	Будівлі	142800	–
2	Обладнання	1356750	271350
3	Інструменти та приладдя	29848,5	7462,13
4	Інвентар	44772,75	11193,19
	Всього:	1574171,25	290005,32

4.2 Розрахунок собівартості обробки заданої деталі

Проведемо розрахунок статей калькуляції собівартості продукції:

1) Витрати матеріалу на одиницю продукції визначаємо за формулою:

$$V_M = \sum_{i=1}^m (N_{Mi} \cdot C_{Mi}) \cdot K_{тр} , \quad (4.9)$$

де m – кількість видів матеріалів, які використовуються для виробництва одиниці продукції;

N_{Mi} – норма витрат i -того виду матеріалу, натур. од.;

C_{Mi} – ціна придбання i -того виду матеріалу, грн. од.

$K_{тр} = 1,04$ – коефіцієнт, що враховує транспортні витрати на доставку матеріалів до підприємства (для розрахунку приймаємо в розмірі 4% від вартості матеріалів).

Вартість заготовки визначена в загальній частині дипломного проекту [п. 1.4] та становить 203 грн.

$$V_M = 203 \cdot 1,04 = 211,12 \text{ грн.}$$

2) Вартість технологічної енергії враховується при розрахунку витрат на утримання та експлуатацію машин і механізмів згідно статистичних даних базового підприємства.

3) Витрати на основну заробітну плату виробничих працівників ($V_{о.з.пл}$): для розрахунку заробітної плати працівників підприємства найчастіше застосовують дві основні форми оплати праці – відрядну і погодинну.

При відрядній формі визначаємо відрядну розцінку за кожну операцію (одиницю роботи чи продукції), виконану працівником, за формулою:

$$P_{від} = \frac{t_{шт.} \cdot C_r}{60} , \quad (4.10)$$

де $t_{шт}$ – час виконання однієї операції, хв.;

					<i>26.КВР.400.02.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

C_T – годинна тарифна ставка відповідно до розряду виконуваних робіт (див. [10] дод. А);

Розрахунок витрат на основну заробітну плату основних робітників зводимо в таблицю 4.3.

Таблиця 4.3 – Розрахунок основної заробітної плати

№ з/п	Назва операції	$T_{шт., хв.}$	Розряд	Годинна тарифна ставка (C_T), грн.	Відрядна розцінка ($P_{відр}$), грн.
1	005Фрезерно-центрувальна	1,49	IV	180	4,47
2	010, 015 Токарна з ЧПК	8,15	V	220	29,88
3	020, 025 Шліцефрезерна	1,85	VI	260	8,02
4	030 Зубофрезерна	11,37	VI	260	49,27
5	035, 040, 060, 065 Круглошліфувальна з ЧПК	13,1	VI	260	56,77
6	045 Свердлильна з ЧПК	1,3	V	220	4,77
7	055 Шліфувальна	0,82	V	220	3,01
8	070 Зубошліфувальна	13,4	VI	260	58,07
	Разом:	51,48			214,26

4) Витрати на додаткову заробітну плату працівників ($V_{дод.з.пл.}$): приймаємо в розмірі 11% від основної заробітної плати виробничих працівників і розраховуються за формулою:

$$V_{дод.з.пл.} = \sum_{i=1}^n P_{від} \cdot 0,11, \quad (4.11)$$

де $P_{відр.}$ – відрядна розцінка по i -тій операції, грн.;
 n – кількість операцій.

$$V_{дод.з.пл.} = 214,26 \cdot 0,11 = 23,57 \text{ грн.}$$

5) Сума відрахувань на соціальні заходи ($C_{в.с.з.}$):

					<i>26.КВР.400.02.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						57
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$C_{\text{в.с.з.}} = \frac{\alpha}{100} \cdot \left(\sum_{i=1}^n P_{\text{від.і}} + B_{\text{дод.з.пл.}} \right), \quad (4.12)$$

де α – відсоток відрахувань на соціальні заходи (приймається 22% станом на 2026 р.).

$$C_{\text{в.с.з.}} = \frac{22}{100} \cdot (214,26 + 23,57) = 52,32 \text{ грн.}$$

6) Витрати на утримання та експлуатацію машин і механізмів розраховують за формулою:

$$B_{\text{уео}} = \frac{\alpha_{\text{уео}}}{100} \cdot \left(\sum_{i=1}^n P_{\text{від.і}} + B_{\text{дод.з.пл.}} \right), \quad (4.13)$$

де $\alpha_{\text{уео}}$ – відсоток витрат на утримання та експлуатацію обладнання, % (приймаємо 210%).

$$B_{\text{уео}} = \frac{210}{100} \cdot (214,26 + 23,57) = 499,4 \text{ грн.}$$

7) Витрати за статтею «Загальновиробничі витрати» розраховуються за формулою:

$$B_{\text{зв}} = \frac{\alpha_{\text{зв}}}{100} \cdot \left(\sum_{i=1}^n P_{\text{від.і}} + B_{\text{дод.з.пл.}} \right), \quad (4.14)$$

де $\alpha_{\text{зв}}$ – відсоток загальновиробничих витрат (приймаємо 200%).

$$B_{\text{зв}} = \frac{200}{100} \cdot (214,26 + 23,57) = 475,7 \text{ грн.}$$

8) Разом виробнича собівартість ($S_{\text{вир}}$) визначається як сума витрат за пунктами 1-6:

$$S_{\text{вир}} = B_{\text{м}} + \sum_{i=1}^n P_{\text{від.і}} + B_{\text{дод.з.пл.}} + C_{\text{в.с.з.}} + B_{\text{уео}} + B_{\text{зв}}, \quad (4.15)$$

$$S_{\text{вир}} = 211,12 + 214,26 + 23,57 + 52,32 + 499,4 + 475,7 = 1476,37 \text{ грн.}$$

Визначаємо повну собівартість одиниці продукції за формулою:

					<i>26.КВР.400.02.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

$$S_{\text{пов}} = S_{\text{вир}} + \frac{\alpha_{\text{ав}}}{100} \cdot \left(\sum_{i=1}^n P_{\text{від.і}} + B_{\text{дод.з.пл.}} \right), \quad (4.16)$$

де $\alpha_{\text{ав}}$ – відсоток поза виробничих витрат (приймаємо 10% за даними базового підприємства).

Розрахунки оформляємо у вигляді таблиці 3.4.

$$S_{\text{пов}} = 1476,37 + \frac{10}{100} \cdot (214,26 + 23,57) = 1500,15 \text{ грн.}$$

Таблиця 4.4 – Калькуляція собівартості виробу

№ з/п	Найменування статей витрат	На одиницю продукції
1	Витрати матеріалів	211,12
2	Основна заробітна плата виробничих робітників	214,26
3	Додаткова заробітна плата виробничих робітників	23,57
4	Відрахування на соціальні заходи	52,32
5	Витрати на утримання та експлуатацію обладнання	499,4
6	Загальновиробничі витрати	475,7
<i>Разом виробнича собівартість (сума 1-6)</i>		1476,37
7	Позавиробничі витрати	23,78
<i>Повна собівартість, (сума 1-7) у тому числі витрати:</i>		1500,15
8	– змінні (сума 1-4) $B_{\text{зм.од}}$	501,27
9	– умовно-постійні (сума 5-7) $B_{\text{уп.од}}$	998,88

9) Ціна одиниці продукції розраховується за формулою:

$$Ц_{\text{од.пр.}} = S_{\text{пов}} \cdot \frac{100 + \alpha_{\text{пр}}}{100}, \quad (4.17)$$

де $\alpha_{\text{пр}}$ – відсоток запланованого прибутку (рекомендовано 25%);

$$Ц_{\text{од.пр.}} = 1500,15 \cdot \frac{100 + 25}{100} = 1875,2 \text{ грн.}$$

4.3 Визначення економічної ефективності впровадження розробленого проекту технологічного процесу

Розрахунок економічної ефективності інвестиційного проекту проводиться за наступними критеріями:

1) Річний прибуток від реалізації проекту розраховується за формулою:

$$\Pi_p = (\Pi_{\text{од.пр.}} - S_{\text{пов}}) \cdot Q, \quad (4.18)$$

де Π_p – річний прибуток від реалізації проекту, грн.;

$\Pi_{\text{од.пр.}} = 1875,2$ грн. – ціна одиниці продукції;

$S_{\text{пов}} = 1476,37$ грн. – собівартість одиниці продукції.;

$Q = 7000$ шт. – річний випуск виробів згідно завдання.

$$\Pi_p = (1875,2 - 1476,37) \cdot 7000 = 2791810 \text{ грн.}$$

2) Чистий прибуток від реалізації проекту розраховується за формулою:

$$\text{ЧП}_t = \Pi_p - \Pi_p \cdot \frac{\Pi_{\text{п}}}{100}, \quad (4.19)$$

де ЧП – чистий прибуток від реалізації проекту, грн.;

$\Pi_{\text{п}}$ – ставка податку на прибуток, % (приймається відповідно до чинного законодавства на момент розрахунку, станом на 2026 р. – 18%).

$$\text{ЧП}_t = 2791810 - 2791810 \cdot \frac{18}{100} = 2289284,2 \text{ грн.}$$

3) Собівартість всього виробництва розраховується за формулою:

$$S_{\text{пов.в}} = S_{\text{пов}} \cdot Q, \quad (4.20)$$

$$S_{\text{пов.в}} = 1476,37 \cdot 7000 = 10334590 \text{ грн.}$$

4) Рентабельність продукції визначається за формулою:

					<i>26.КВР.400.02.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						60
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P_{\pi} = \frac{ЧП_t}{S_{\text{пов.ч}}} \cdot 100\%, \quad (4.21)$$

де P_{π} – рентабельність продукції, %;

$S_{\text{пов.ч}}$ – собівартість всього виробництва.

$$P_{\pi} = \frac{2289284,2}{10334590} \cdot 100\% = 22\%.$$

Визначаємо критичний обсяг реалізації (точку беззбитковості) за формулою:

$$Q_{\text{кр}} = \frac{B_{\text{уп.од}} \cdot Q}{Ц_{\text{од.пр.}} - B_{\text{зм.од}}}, \quad (4.22)$$

де $B_{\text{уп.од}} = 998,88$ грн. – умовно-постійні витрати [табл. 4.4];

$B_{\text{зм.од}} = 501,27$ грн. – змінні витрати [табл. 4.4];

$Ц_{\text{од.пр.}} = 1875,2$ грн. – ціна одиниці продукції;

$$Q_{\text{кр}} = \frac{998,88 \cdot 7000}{1875,2 - 501,27} = \frac{6992160}{1373,93} = 5089 \text{ шт.}$$

$$Q_{\text{кр.в}} = Ц_{\text{од.пр.}} \cdot Q_{\text{кр}}, \quad (4.23)$$

$$Q_{\text{кр.в.}} = 1875,2 \cdot 5089 = 9542892,8 \text{ грн.}$$

Повернення інвестованого капіталу оцінюється на основі показника грошового потоку від інвестицій. Сума чистих грошових надходжень від інвестицій розраховується за формулою:

$$ГП_t = ЧП_t + A_t, \quad (4.24)$$

де $ЧП_t$ – сума чистих грошових надходжень у t-тому році, грн..;

A_t – величина амортизаційних відрахувань у t-тому році, грн. [табл. 4.2].

$$ГП_t = 2289284,2 + 290005,32 = 2579289,52 \text{ грн.}$$

Загальний абсолютний ефект від реалізації інвестицій характеризує чиста теперішня (дисконтована) вартість проекту, яка розраховується за формулою:

					<i>26.КВР.400.02.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

$$ЧТВ = ТВ - П, \quad (4.25)$$

де ЧТВ – чиста теперішня вартість проекту, грн.;

ТВ – теперішня вартість майбутніх грошових потоків від інвестиційного проекту, грн.

Теперішню вартість майбутніх грошових потоків від інвестиційного проекту обчислюють за формулою:

$$ТВ = \sum_{t=1}^n \frac{ГП_t}{(1+r)^t}, \quad (4.26)$$

де $ГП_t$ – грошовий потік, який очікується у t-му році від реалізації проекту, грн.;

$\frac{1}{(1+r)^t}$ – коефіцієнт коригування майбутніх сум грошових потоків

(дисконтний множник);

r – норматив приведення різночасових витрат (ставка дисконту) у вигляді десяткового дробу ($r=0,1-0,2$);

t – кількість років інвестування, $t=1, 2, \dots, n$.

$$ТВ = \frac{2579289,52}{(1+0,1)^1} = 2344808,7 \text{ грн.}$$

$$ЧТВ = 2344808,7 - 1574171,25 = 770637,45 \text{ грн.}$$

Іншою характеристикою інвестиційного проекту є індекс прибутковості інвестицій, який порівнює теперішню вартість майбутніх грошових потоків з початковими інвестиціями:

$$ІП = \frac{ТВ}{П}, \quad (4.27)$$

де ІП – індекс прибутковості інвестицій.

$$ІП = \frac{2053798,12}{1574171,25} = 1,3.$$

					26.КВР.400.02.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

Дисконтований термін окупності інвестицій ($T_{\text{ок.диск}}$) характеризує кількість років, за які будуть відшкодовані початкові інвестиції та розраховується за формулою:

$$T_{\text{ок.диск}} = \frac{\text{ПІ}}{\text{ГП}_{\text{диск}}}, \quad (4.28)$$

де $\text{ГП}_{\text{диск}}$ – середньорічна величина дисконтованих грошових потоків:

$$\text{ГП}_{\text{диск}} = \frac{\text{ТВ}}{t}, \quad (4.29)$$

де t – кількість років інвестування.

$$\text{ГП}_{\text{диск}} = \frac{2344808,7}{1} = 2344808,7 \text{ грн.};$$

$$T_{\text{ок.диск}} = \frac{1574171,25}{2344808,7} = 0,67 \text{ роки.}$$

Підсумки вищенаведених розрахунків зводимо в таблицю 4.5.

Таблиця 4.5 – Показники оцінки економічної ефективності використання елементів виробничо-ресурсного потенціалу

№ з/п	Найменування показника	Одиниця виміру	Величина показника
1	Річний обсяг виробництва виробу:	од.	7000
2	Собівартість виробу	грн./од.	1500,15
3	Ціна одиниці виробу	грн./од.	1875,2
4	Початкові інвестиції для реалізації інвестиційного проекту	грн.	1574171,25
5	Чистий прибуток	грн.	2289284,2 і
6	Рентабельність виробу	%	22
7	Беззбитковий обсяг виробництва виробу	од.	5089
		грн.	9542892,8
8	Чиста теперішня вартість проекту	грн.	770637,45
9	Індекс прибутковості	–	1,3
10	Дисконтований термін окупності інвестицій	роки	0,67

Для виробництва деталі «Вал» 26.КВР.400.02.00.000 з річною програмою випуску 7000 шт. потрібно 8 верстатів, а загальна сума основних фондів становить 1574171,25 грн. Для розміщення обладнання потрібно 84 м² виробничої площі.

Також про економічну ефективність випуску деталі «Вал» свідчать наступні показники:

- чистий прибуток від реалізації проекту становить 2289284,2 грн., враховуючи податок на прибуток;
- собівартість всього виробництва дорівнює 10334590 грн.;
- розрахована рентабельність продукції – 20,5 %;
- беззбитковий обсяг виробництва становить 5089 деталей сумою 9542892,8 грн.;
- дисконтований термін окупності інвестицій дорівнює 0,67 роки.

Отже, виходячи з наведених показників, можна стверджувати, що виробництво з виготовлення деталі «Вал» 26.КВР.400.02.00.000 з річною програмою випуску 7000 шт. не є збитковим, але потребує додаткових капіталовкладень.

					<i>26.КВР.400.02.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

5.1 Характеристика виробничої дільниці з точки зору охорони праці

Деталь «Вал» 26.КВР.400.02.00.000 виготовляють на механічній дільниці машинобудівного підприємства. Заготовкою деталі є штампована поковка зі сталі 40Х ДСТУ 7806:2015. Технологічний процес включає токарну, фрезерно-центрувальну, шліцефрезерну, зубообробну, свердлильну, шліфувальну обробку та поверхневе зміцнення струмами високої частоти.

На дільниці використовується наступне технологічне обладнання:

- Фрезерно-центрувальний напівавтомат мод. EM535M – 1 од.;
- Токарний верстат з ЧПК мод. 16K20Ф3 модернізований – 1 од.;
- Шліцефрезерний верстат мод. 5350 – 1 од.;
- Зубофрезерний верстат мод. 53A20B – 1 од.;
- Круглошліфувальний верстат з ЧПК мод. 3M151Ф2 – 1 од.;
- Вертикально-свердлильний верстат з ЧПК мод. 2P135Ф2 – 1 од.;
- Установка струму високої частоти – 1 од.;
- Центрошліфувальний верстат мод. MB119 – 1 од.;
- Зубошліфувальний верстат мод. 5B833 – 1 од.

Порядок розташування устаткування і відстані між верстатами визначені розмірами верстатів, технологічними вимогами і вимогами техніки безпеки. До устаткування, що має електропровід є вільний підхід з усіх сторін шириною 1м зі сторони робочої зони та 0,6 м – зі сторони неробочої зони, технологічне устаткування розміщено таким чином, що забезпечується потоковість виробничого процесу, розміщення технологічного устаткування, проходів та проїздів гарантує зручність та безпеку праці, можливість монтажу, демонтажу та ремонту устаткування. На робочих місцях передбачена площа, на якій розміщуються стелажі, тара, столи [11].

					26.КВР.400.02.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

Кліматичні умови на ділянці згідно до ДСН 3.3.6.042-99 [12]:

- температура повітря $t = (20..25)^\circ \text{C}$;
- відносна вологість повітря $\Theta = (45..60) \%$;
- швидкість руху повітря $V = 0,2 \text{ м/с}$ в холодний період року;
- швидкість руху повітря $V = 0,3 \text{ м/с}$ в теплий період року;
- інтенсивність теплового опромінення від нагрітих поверхонь технологічного обладнання, освітлених установок 70 Вт/м^2 .

Під час виконання технологічних операцій на працівників можуть впливати небезпечні та шкідливі виробничі фактори.

До небезпечних виробничих факторів на ділянці належать: рухомі частини верстатів та механізмів; обертові заготовки та різальний інструмент; можливість травмування стружкою та абразивними частинками; руйнування шліфувальних кругів при порушенні режимів експлуатації; електричний струм при пошкодженні ізоляції електрообладнання; падіння важких заготовок та пристроїв під час транспортування і встановлення.

До шкідливих виробничих факторів належать: підвищений рівень шуму під час шліце-, зубообробки та шліфування; вібрації, що виникають під час роботи верстатів; металева стружка та абразивний пил; аерозолі мастильно-охолоджувальних рідин; теплове випромінювання від установки струмів високої частоти; підвищене навантаження на органи зору при виконанні контрольних операцій.

Виробнича ділянка з виготовлення деталі «Вал» 26.КВР.400.02.00.000 оснащена металорізальними верстатами, шліфувальним обладнанням та установкою струмів високої частоти. Основними пожежонебезпечними факторами є наявність електрообладнання, мастильно-охолоджувальних рідин, мастил та можливість виникнення коротких замикань у силових мережах.

Для забезпечення пожежної безпеки на ділянці передбачаються такі заходи: заземлення всіх металевих неструмоведучих частин верстатів та електрообладнання; проведення планово-попереджувальних оглядів

					<i>26.КВР.400.02.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						66
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

електрообладнання та електромереж; своєчасне очищення обладнання і робочих місць від металевої стружки, абразивного пилю та залишків мастильно-охолоджувальних рідин; зберігання мастил і МОР у металевій тарі в спеціально відведених місцях; заборона використання відкритого вогню та проведення зварювальних робіт без спеціального дозволу; забезпечення вільного доступу до евакуаційних виходів та засобів пожежогасіння; проведення первинного, повторного та позапланового інструктажів з пожежної безпеки.

Для гасіння можливих осередків пожежі на ділянці встановлюються такі первинні засоби пожежогасіння:

- порошковий вогнегасник ВП-5 (ОП-5) – біля токарного верстата мод. 16К20Ф3;
- порошковий вогнегасник ВП-5 (ОП-5) – біля шліцефрезерного верстата мод. 5350;
- вуглекислотний вогнегасник ВВК-3,5 (ОУ-5) – біля установки струмів високої частоти;
- порошковий вогнегасник ВП-9 (ОП-9) – біля виходу з виробничої ділянки;
- пожежний щит, укомплектований багром, лопатою, пожежною сокирою, конусними відрами та ящиком з піском місткістю 0,5 м³;
- внутрішній пожежний кран з пожежним рукавом та стволем.

Для своєчасного виявлення загоряння виробнича ділянка обладнується автоматичною пожежною сигналізацією з димовими пожежними сповіщувачами та системою оповіщення працівників про пожежу.

У разі виникнення пожежі працівник повинен негайно припинити роботу обладнання, вимкнути електроживлення, повідомити керівника робіт та зателефонувати за номером 101. За відсутності загрози життю необхідно розпочати гасіння пожежі первинними засобами пожежогасіння та організувати евакуацію персоналу відповідно до плану евакуації.

					<i>26.КВР.400.02.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		67

Виконання зазначених заходів забезпечує належний рівень пожежної безпеки виробничої дільниці та знижує ризик виникнення пожеж і аварійних ситуацій.

Для забезпечення безпечних умов праці виробнича дільниця обладнана загальнообмінною вентиляцією, місцевими відсмоктувачами в зоні шліфування, захисними екранами, огороженнями рухомих частин обладнання та системами аварійного вимкнення. Працівники забезпечуються спеціальним одягом, захисними окулярами, засобами захисту органів слуху та індивідуальними засобами захисту рук.

Організація робочих місць відповідає вимогам охорони праці, ергономіки та виробничої санітарії, а працівники проходять відповідне навчання, інструктажі та перевірку знань з питань охорони праці [12].

					<i>26.КВР.400.02.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		68

5.2 Заходи з покращення умов праці на виробничій дільниці

Для зниження рівня виробничого травматизму та покращення умов праці на дільниці виготовлення деталі «Вал» 26.КВР.400.02.00.000 необхідно реалізувати комплекс технічних та організаційних заходів.

З метою зменшення впливу шуму рекомендується застосовувати звукопоглинальні облицювання виробничих приміщень, своєчасно виконувати технічне обслуговування обладнання та забезпечити працівників протишумовими навушниками або вкладишами.

Для боротьби з абразивним та металевим пилом доцільно використовувати місцеві витяжні пристрої біля шліфувальних верстатів, а також регулярно очищати обладнання та робочі місця. Видалення пилу повинно здійснюватися промисловими пиłosосами, що запобігає його повторному потраплянню в повітря робочої зони.

Безпечна експлуатація шліфувального обладнання забезпечується періодичною перевіркою шліфувальних кругів, контролем їх балансування та використанням захисних кожухів. Перед встановленням круги повинні проходити перевірку на відсутність тріщин і механічних пошкоджень.

Для підвищення рівня електробезпеки необхідно забезпечити надійне заземлення обладнання, періодично перевіряти стан електричних мереж та застосовувати захисне вимкнення при аварійних режимах роботи.

На дільниці поверхневого зміцнення струмами високої частоти необхідно використовувати захисні огороження, що обмежують доступ персоналу до небезпечної зони, а також забезпечити контроль технічного стану електрообладнання.

Важливим заходом є підтримання нормативних параметрів освітлення робочих місць. Для цього необхідно використовувати комбіноване освітлення, що включає загальне та місцеве освітлення зон обробки і контролю деталей.

					26.КВР.400.02.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

Для зниження фізичного навантаження на працівників рекомендується застосовувати вантажопідіймальні механізми та засоби малої механізації під час транспортування заготовок і готових деталей.

Реалізація зазначених заходів сприятиме підвищенню рівня безпеки праці, покращенню санітарно-гігієнічних умов на виробничій ділянці та зменшенню ризику виникнення виробничого травматизму .

					<i>26.КВР.400.02.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		70

ВИСНОВОК

У результаті виконання кваліфікаційної роботи розроблено технологічний процес виготовлення деталі «Вал» 26.КВР.400.02.00.000 та проведено оцінку його техніко-економічної ефективності.

На підставі аналізу конструкції деталі встановлено основні вимоги до точності обробки посадочних поверхонь, шліців та зубчастого вінця. З урахуванням матеріалу деталі – сталі 40Х – обґрунтовано вибір заготовки у вигляді штамповки, що дозволяє зменшити обсяг механічної обробки та підвищити коефіцієнт використання матеріалу.

У роботі розроблено послідовність виконання технологічних операцій, підбрано необхідне обладнання та технологічне оснащення. Виконані розрахунки режимів різання, норм часу та технологічних параметрів підтвердили можливість забезпечення встановлених вимог до точності та якості поверхонь деталі.

Особливу увагу приділено операціям шліцефрезерування, зубообробки та шліфування, які значною мірою визначають експлуатаційні характеристики готового виробу. Запропоновані технологічні рішення забезпечують необхідну точність взаємного розташування поверхонь та надійність роботи деталі в складі механізму.

В конструкторському розділі кваліфікаційної роботи спроектовано спеціальне пристосування для обробки торцевого отвору на свердлильній операції з ЧПК, описано його призначення, будова і принцип роботи, проведено розрахунок похибки базування та зусиль затиску.

У розділі охорони праці проведено аналіз умов праці на виробничій ділянці та визначено комплекс заходів, спрямованих на підвищення рівня безпеки під час виконання механічної обробки, шліфування та термічного зміцнення поверхонь.

Отримані результати свідчать про технічну обґрунтованість та економічну доцільність розробленого технологічного процесу, який може бути впроваджений у виробництво для виготовлення деталі «Вал» 26.КВР.400.02.00.000.

					<i>26.КВР.400.02.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						71
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. ДСТУ 7806:2015 Прокат із легованої конструкційної сталі. Технічні умови. [Чинний від 2016-04-01]. Київ: Технічний комітет зі стандартизації «Чавун, прокат листовий, прокат сортовий термозміцнений, вироби для рухомого складу, металеві вироби, інша продукція з чавуну та сталі» (ТК 4), 2016. 50 с.

2. Комар Р.В., Паньків М.Р., Сенчишин В.С. Технології та устаткування машинобудівних виробництв. Виробництво заготовок: навчальний посібник для здобувачів освітнього рівня бакалавр за спеціальністю 131 «Прикладна механіка». Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2023. – 152 с.

3. Добрянський С.С., Малафєєв Ю.М., Пуховський Є.С. Проектування і виробництво заготовок / підручник. – К.: НТУУ «КПІ», 2014. 353 с.

4. Методичні вказівки до виконання курсової роботи з дисципліни Технологія обробки спеціальних деталей для студентів спеціальності 131 розрахунково-графічної роботи з дисципліни «Проектування та виробництво заготовок». Проектування та виробництво литих заготовок. К.:НТУУ «КПІ», 2011. 42 с.

5. Дячун А. Є., Капаціла Ю. Б. , Паливода Ю. Є., Ткаченко І. Г. Методичний посібник з виконання курсового проекту з дисципліни «Технологія обробки типових деталей та складання машин». Тернопіль : ТНТУ, 2016. 75 с.

6. Паливода Ю.Є., Дячун А.Є., Лещук Р.Я. Інструментальні матеріали, режими різання і технічне нормування механічної обробки: навчальний посібник. Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. 240 с.

7. Технологія машинобудування: Посібник-довідник для виконання кваліфікованих робіт: Навч. посібник І.І. Юрчишин. Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2009. 528с.

					26.КВР.400.02.00.000 ПЗ	Арк.
						72
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

8. Приходько В.П., Литвин О.В. Проектування оснащення верстатів, роботів і машин [Електронний ресурс]: навчальний посібник для студентів, які навчаються за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування» спеціалізацією «Комп'ютерне проектування верстатів, роботів і машин» / НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського». – Електронні текстові дані (1 файл: 22,0 Мбайт). – Київ : НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2018. 211 с. – Назва з екрана. – Доступ : <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/22775>

9. Приходько В. П. Розроблення та розрахунок конструкцій верстатних пристроїв. Методичні матеріали до виконання курсового і дипломного проектів [Електронний ресурс]: навчальний посібник для здобувачів ступеня бакалавра за освітньою програмою «Технології машинобудування» спеціальності 131 «Прикладна механіка» / Приходько В.П.; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 3,97 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. 89 с. – Назва з екрана. Доступ: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/47783>

10. Кушак О.М. Методичні вказівки для виконання економічної частини дипломного проекту для студентів спеціальності 133 «Галузеве машинобудування». Тернопіль: ВСП «ТФК ТНТУ», 2022. 14 с.

11. Охорона праці та цивільний захист. Курс лекцій [Електронний ресурс] : навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавра освітніми програмами «Електронні мікро- і наносистеми та технології» та «Мікро- та наноелектроніка» спец. 153 «Мікро- та наносистемна техніка» ФЕЛ / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: О.І. Полукаров, Н.Ф. Качинська. – Електронні текстові дані (1 файл: 1,82 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2024. – 241 с. – Назва з екрана.

12. <https://pro-op.com.ua>

					<i>26.КВР.400.02.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						73
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

ДОДАТКИ

					26.КВР.400.02.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74

Дубл.																				
Взам.																				
Подл.																				

АД.02100.010 3

Разроб.	Возняк																			
Перевіриб	Геник																			
Реценз.																				
Т.контр.																				
Н.контр.	Волошин																			0

ВСП "ТФК ТНТУ" 26.КВР.400.02.00.000 МГ-400 АД.50100.010

Вал 0

М01	Сталь 40X ДСТУ 7806:2015										
М02	Код	ЕВ	МД	ЕН	Н.расх	КИМ	Код загот.	Профиль и размеры		КД	МЗ
			1.73	1	4.56	0.379				1	4.56

А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции				Обозначение документа						
Б	Код, наименование оборудования				СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тп.з.	Тшт.
Р					ПМ	Д или В	L	t	i	S	n	v			

А 03 010 4233 ТОКАРНА З ЧПК АД.20100.010

Б 04 Токарний верстат з ЧПК мод. 16К20Ф3 модернізований 1

0 05 1. Встановити заготовку, закріпити 0.12

Т 06 ПР. Центр повідковий зовнішній КМ3 спеціальний з комплекту верстата. Повідок;

07 Центр обертовий зовнішній КМ5 з комплекту верстата

08

0 09 2. Точити попередньо за два проходи зовнішні циліндричні та радіусні поверхні 5, 8, 9, 11, 12, 13, 14, витримуючи розміри $\phi 25,96h14(-0,52)$; $\phi 35,7h14(-0,62)$; $\phi 28,5h14(-0,52)$; $\phi 47,2h14(-0,62)$ згідно креслення 1.08

Т 11 ВИ. Різцетримач з циліндричним хвостовиком з перпендикулярним відкритим пазом 191711006

12 РИ. MCLNR2525P12 Різець для контурного точіння з механічним кріпленням пластини, T5K10, 25x25, $\phi=93$; ISO CNMG120408-MР пластина

13 СИ. Штангенциркуль ШЦ-III-160-0,05 ДСТУ EN ISO 13385-1:2018

Р 14 47.2 290.8 0.86 2 0,6 900 73,4

15

Только для не коммерческого использования !

Документ разработан с использованием САП/САМ/САРР системы АДЕМ.

Дубл.														
Взам.														
Подл.														

3

26.KBP.400.02.00.000

АД.50100.

А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции	Обозначение документа															
						Код, наименование оборудования					СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз.	Тшт
						П	Д или В	Л	†	і	S	п	v								
T 01	СИ. Штангенциркуль ШЦ-III-160-0,05 ДСТУ EN ISO 13385-1:2018; Кутомір універсальний тип 4-10																				
P 02								46.5		109.8		0.1		1		0.2		1120	123.2		
03																					
O 04	6. Зняти деталь																				
05																					
O 06	7. Перевірити розміри: $\phi 35h9(-0,062)$; $\phi 46,5h10(-0,1)$; $2.73 \times 45^\circ$; $b=3H14(+0,25)$; $R0,5$; $R1$; 45° ; $24,5h14(-0,52)$ Процент контролю																				
07	30%.																				
T 08	СИ. Штангенциркуль ШЦ-III-160-0,05 ДСТУ EN ISO 13385-1:2018; Шаблон спеціальний ($b=3 \pm 0,1$; $R0,5$; $R1$; 45°);																				
09	Кутомір універсальний тип 4-10																				
10																					
11																					
12																					
13																					
14																					
15																					
16																					
17																					

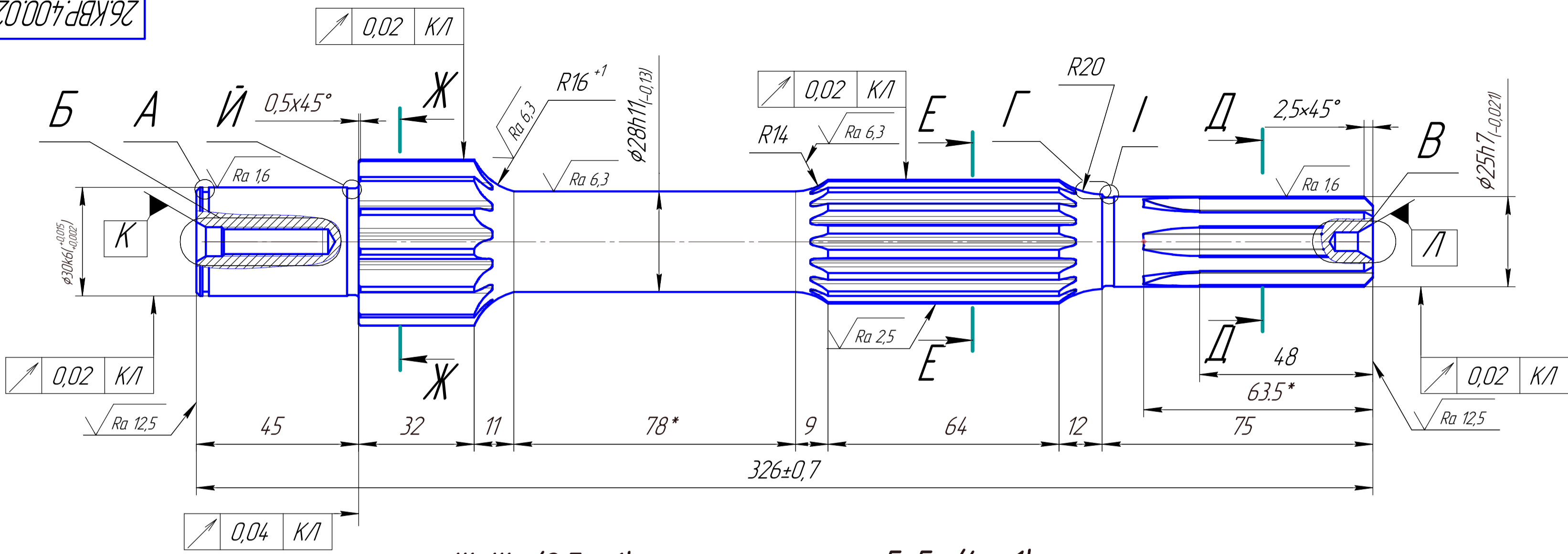
Только для неkomмерческого использования!

Документ розроблений з використанням САД/САМ/САРР системи АДЕМ.

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Назва	К-сть	Примітка
<u>Документація</u>						
A1			26.КВР.400.02.05.000 СК	Складальне креслення		
<u>Складальні одиниці</u>						
A4	1		26.КВР.400.02.05.100	Рукав	2	
A4	2		26.КВР.400.02.05.200	Корпус	1	
<u>Деталі</u>						
A2	3		26.КВР.400.02.05.001	Кришка передня	1	
A3	4		26.КВР.400.02.05.002	Кришка задня	1	
A3	5		26.КВР.400.02.05.003	Гудька	2	
A4	6		26.КВР.400.02.05.004	Призма	2	
A4	7		26.КВР.400.02.05.005	Поршень	1	
A4	8		26.КВР.400.02.05.006	Гільза	1	
A4	9		26.КВР.400.02.05.007	Шток	1	
A4	10		26.КВР.400.02.05.008	Шайба	1	
A4	11		26.КВР.400.02.05.009	Втулка ущільнююча	1	
A4	12		26.КВР.400.02.05.010	Важіль	2	
A4	13		26.КВР.400.02.05.011	Сухар	2	
A4	14		26.КВР.400.02.05.012	Вісь	6	
	15		26.КВР.400.02.05.013	Упор	1	
A3	16		26.КВР.400.02.05.014	Упор	1	
A2	17		26.КВР.400.02.05.015	Палець	1	
26.КВР.400.02.05.000						
Зм. Арк. № докум. Підп. Дата						
Інв. №ориг.	Розроб.	Возняк			Літ. Аркуш Аркушів 1 2	
	Перев.	Геник				
	Реценз.					
	Н.контр.	Волошин				
	Затв.				ВСП "ТФК ТНТУ", зр. МГ-400 м. Тернопіль	
Пристосування спеціальне для обробки деталі "Вал" на 045 операції Свердлильній з ЧПК						

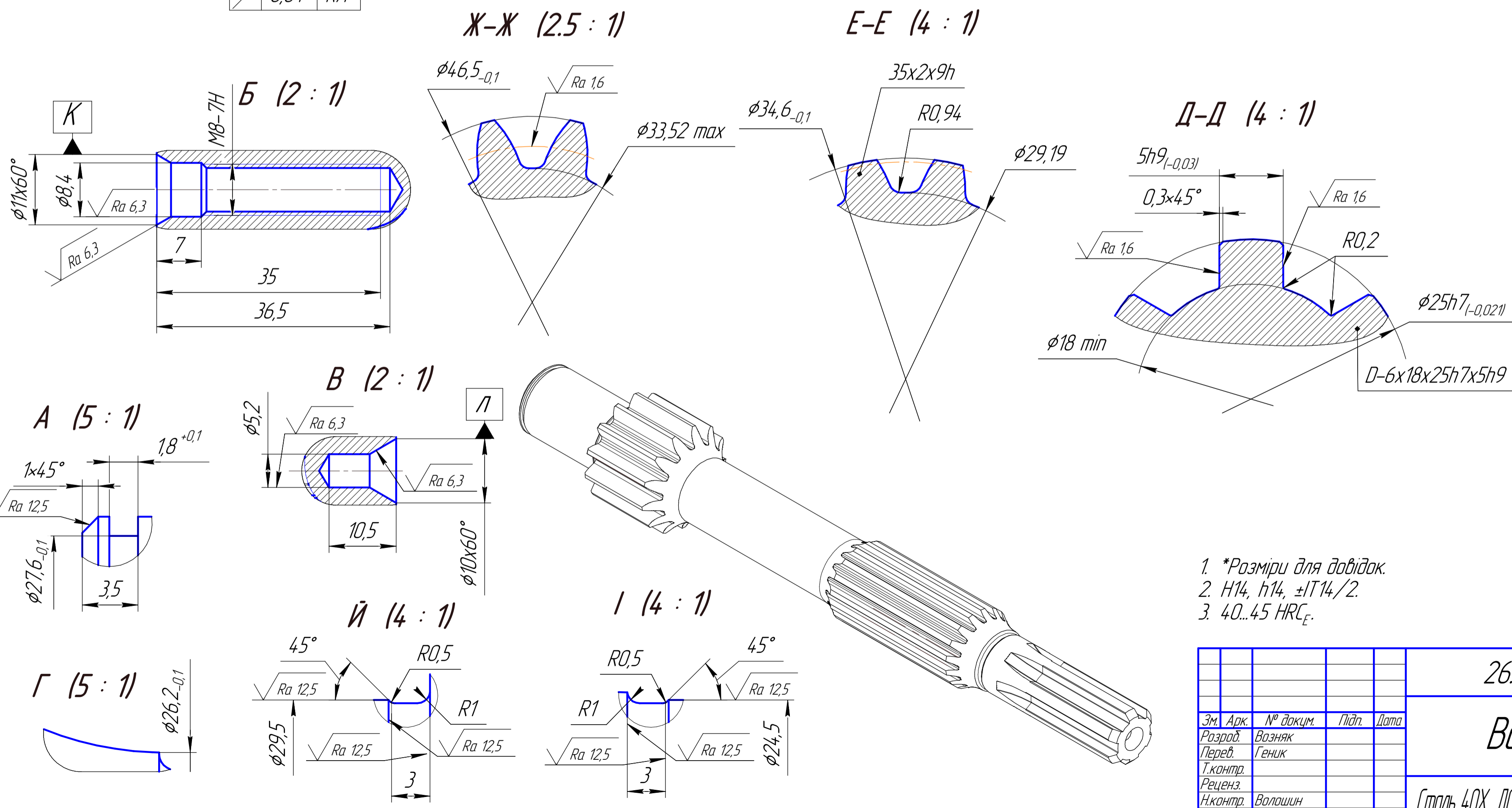
26.KBP.400.02.01.000

✓ Ra 3,2 (✓)



Модуль	<i>m</i>	3
Число зубів	<i>z</i>	13
Нормальний вихідний контур	-	ГОСТ 13755-81
Коефіцієнт зміщення	<i>x</i>	+0,337
Довжина загальної нормалі	<i>W</i>	14,523 ^{-0,055} _{-0,125}
Допуск на коливання загальної нормалі	<i>V_w</i>	0,022
Допуск на коливання виміральної міжосьової відстані	За один оборот <i>F_i</i> На одному зубі <i>f_i</i>	0,05 0,02
Контролювати при відсутності відкриття з виміральною шестернею	Допуск на радіальне диття зубчастого вінця <i>F_r</i> Допуск на похибку профілю зуба Відхилення осногового кроку <i>f_f</i> <i>f_{pt}</i>	0,036 0,011 +0,014
Ділильний діаметр	<i>d</i>	39
Допуск на похибку напрямку зуба	<i>F</i>	0,125
Позначення креслення сопряженого зубчатого колеса		

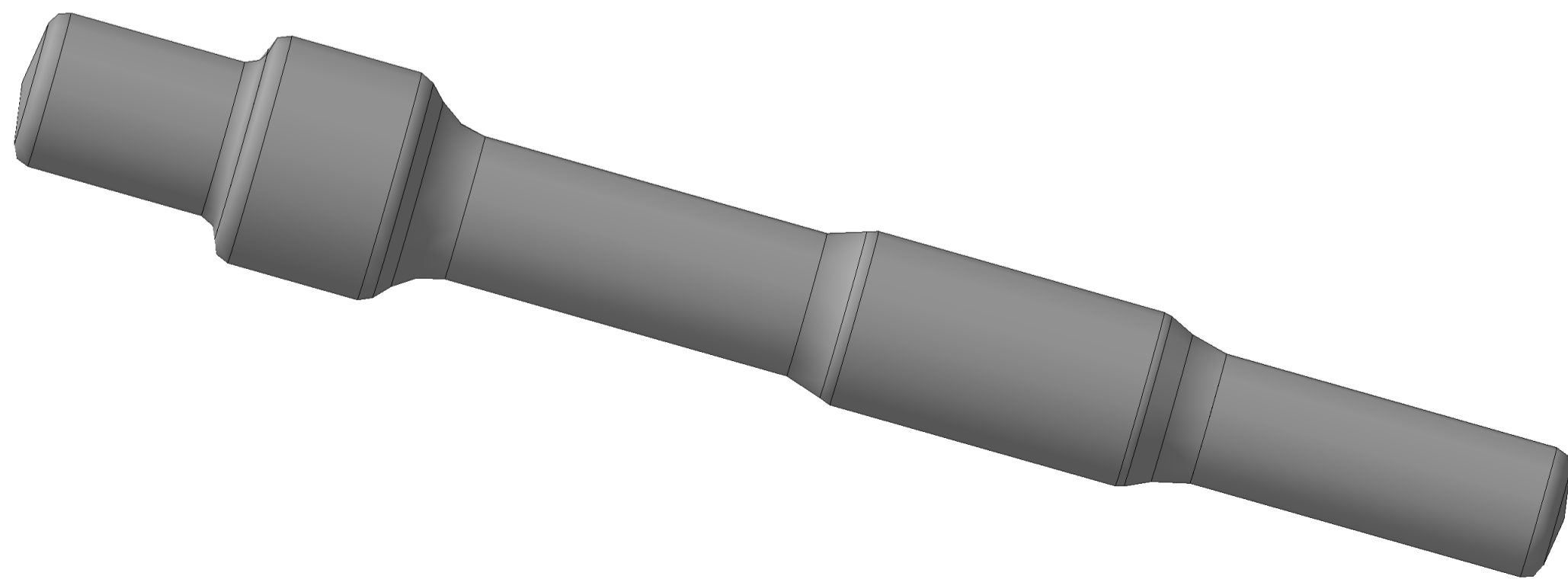
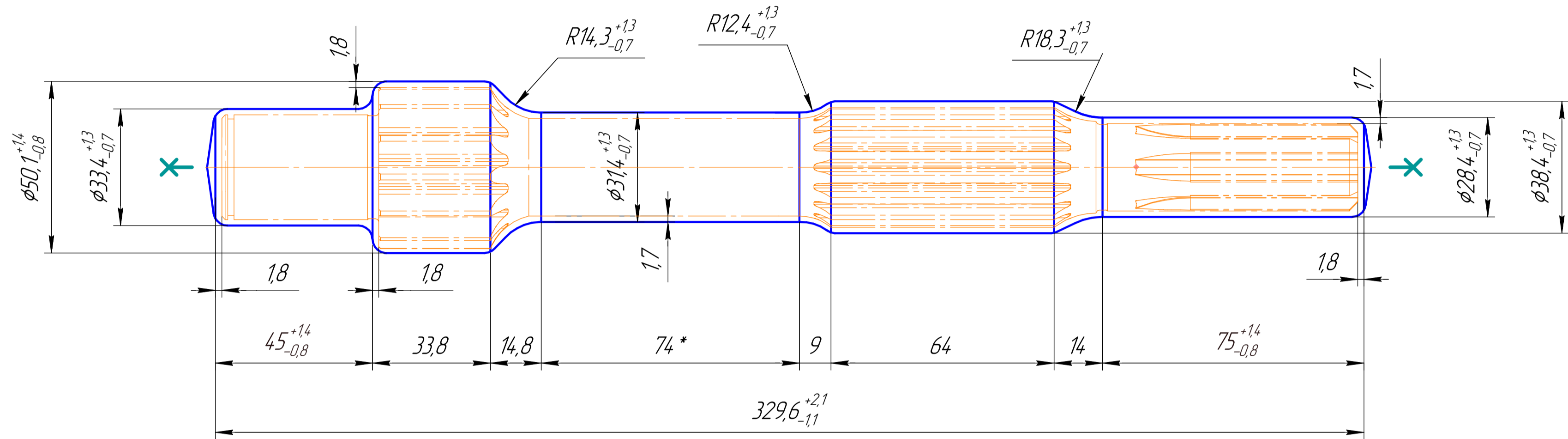
Умовне позначення шліців	35x2x9h	ГОСТ 6033-80
Модуль	<i>m</i>	2
Число зубів	<i>z</i>	16
Діаметр роликів	<i>d_p</i>	4,091
Розмір по роликах	<i>M_d</i>	39,24 ^{-0,039} _{-0,107}
Номинальна ділильна колода товщина зуба	<i>s</i>	3,603 ^{-0,026} _{-0,071}
Допуск на похибку напрямку зуба	<i>F_β</i>	0,041
Радіальне диття зубчастого вінця	<i>F_r</i>	0,036
Ділильний діаметр	<i>d</i>	32



- *Розміри для довідок.
- H14, h14, ±IT14/2.
- 40..45 HRC_E.

26.KBP.400.02.01.000			
Вал			
Лит	Маса	Масштаб	
	1,73	1:1	
Аркцш	Аркцшів. 1		
Сталь 40X ДСТУ 7806:2015			
Зм. Арк.	№ докум.	Підп.	Дата
Розроб.	Возняк		
Перев.	Генчик		
Т.контр.			
Реценз.			
Н.контр.	Волошин		
Затв.			

Перв. застосує
Довідк. №
Підп. і дата
Інв. № відп.
Зам. інв. №
Підп. і дата
Інв. № орду.

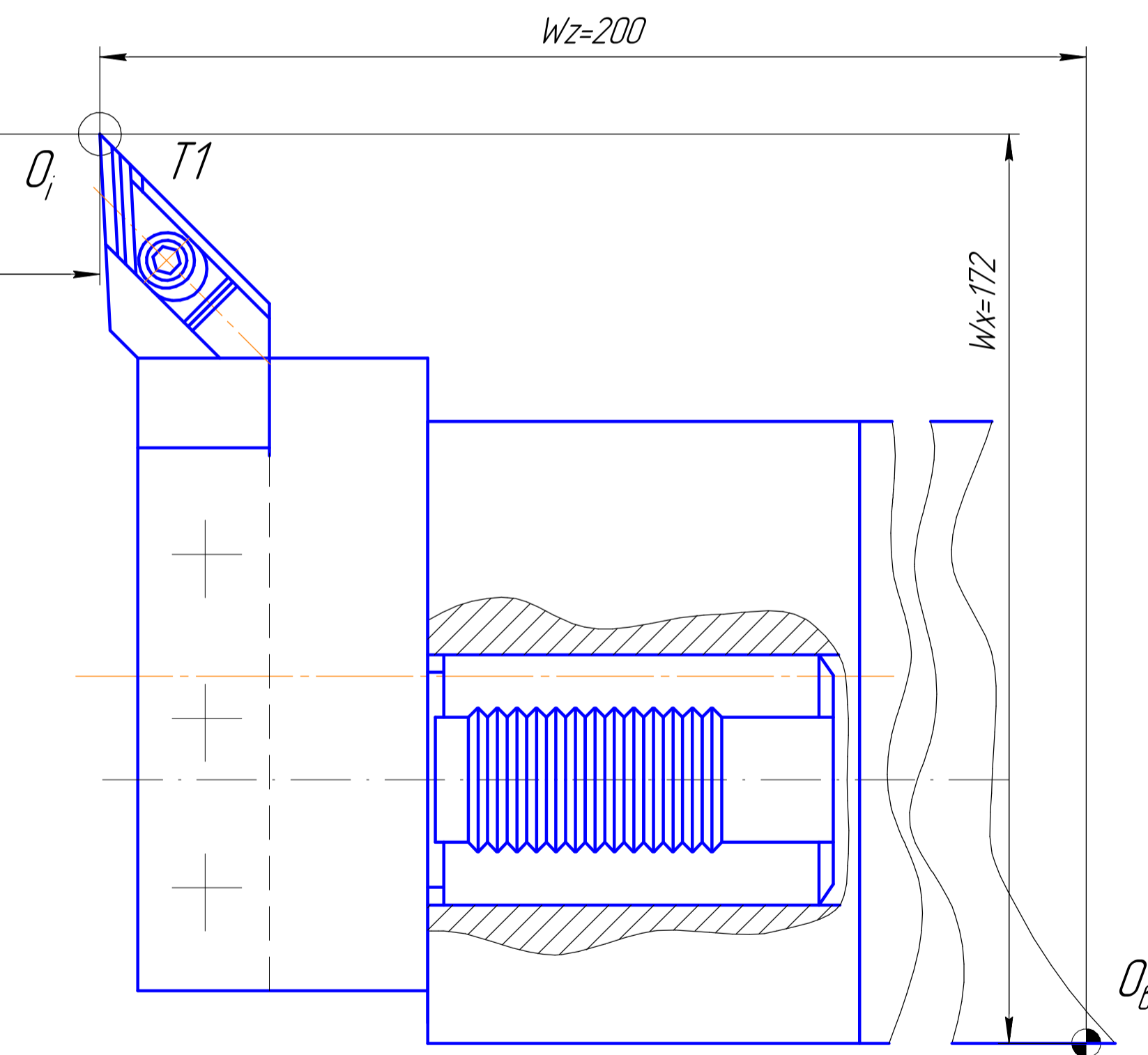
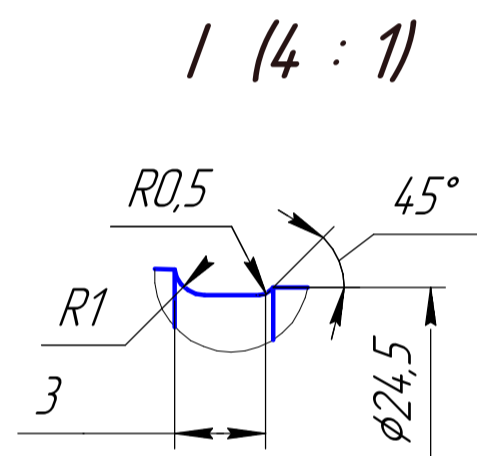
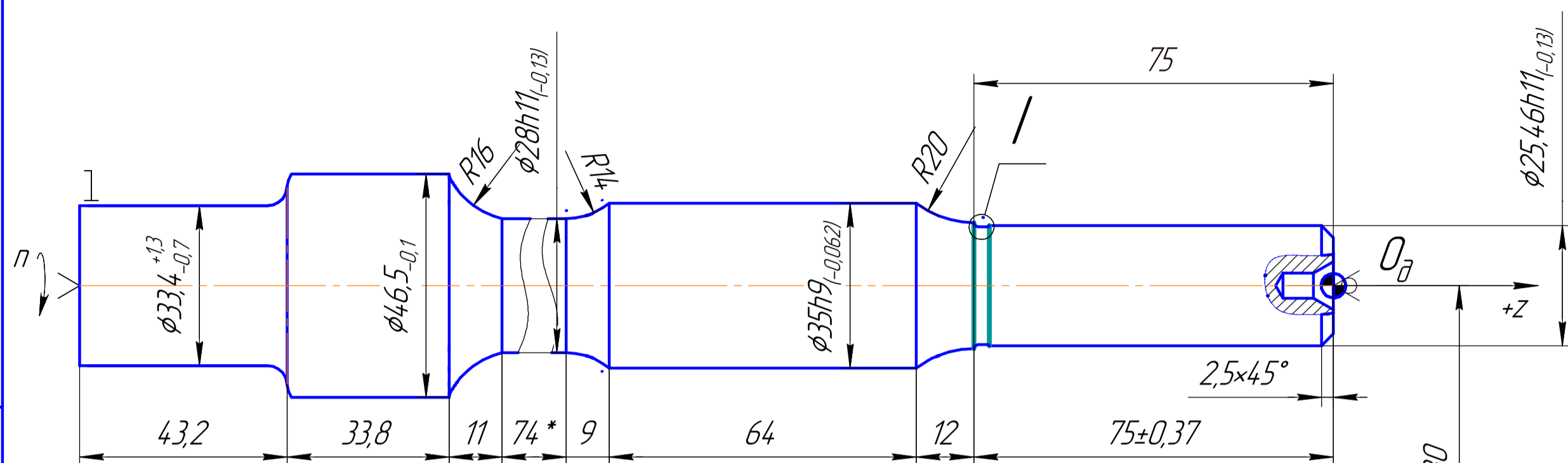


1. Ступінь складності штамповки - С2, група сталі - М2, клас точності - Т4, вихідний індекс - 12.
2. Допустиме зміщення по поверхні роз'єму штапу 0,5 мм.
3. Невказані штампувальні радіуси до 2 мм, штампувальні нахили до 5° по DIN 7527-5:1972.

				26.KBP.4.00.02.02.000		
				Вал (штамповка)		
				Лит.	Маса	Масштаб
					2,5	1:1
Зм. Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	Аркциш	Аркциш. 1	
Разроб.	Возняк			ВСП "ТФК ТНТУ", зр. МГ-400		
Перев.	Геник			м. Тернопіль		
Т.контр.						
Реценз.						
Н.контр.	Волошин			Сталь 40X ДСТУ 7806:2015		
Затв.						

Перв. застосує.	
Добірч. №	
Підп. і дата	
Інв. № змін.	
Зам. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. № ориє.	

Операція 010 Токарна з ЧПК



№ позиції	T1	T2	T3
Різальний інструмент	Різець для контурного точіння з механічним кріпленням пластини, TSK10, 25x25, φ=93° MCLNR2525P12 пластинка ISO CNMG120408-MP	Різець для контурного точіння з механічним кріпленням пластини, T15K6, 25x25, φ=93° MCLNR2525P12 пластинка ISO CNMG120408-MP	Різець спеціальний для обробки зовнішньої канавки b=3; R1,0; R0,5; 45°; 25x16; T15K6
Допоміжний інструмент	Різцетримач з циліндричним хвостовиком з перпендикулярним відкритим пазом 191711006 ТУ 2-024-5539-81	Різцетримач з циліндричним хвостовиком з перпендикулярним відкритим пазом 191711006 ТУ 2-024-5539-81	Різцетримач з циліндричним хвостовиком з перпендикулярним відкритим пазом 191711006 ТУ 2-024-5539-81
W _x , мм	172	172	170
W _z , мм	200	200	132

26.KBP.400.02.03.000 ПЗ				Лит.	Маса	Масштаб
Карта налагодження верстата мод. 16K20Ф3 на обробку деталі "Вал" 26.KBP.400.02.00.000 на 010 операції				-	-	-
Зм. Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	Аркцих	Аркцих	1
Разроб.	Возняк			ВСП "ТФК ТНТУ", гр. МГ-400 м. Тернопіль		
Перев.	Геник					
Т.контр.						
Реценз.						
Н.контр.	Волошин					
Затв.						

Перв. застосує

Додатк. №

Підп. і дата

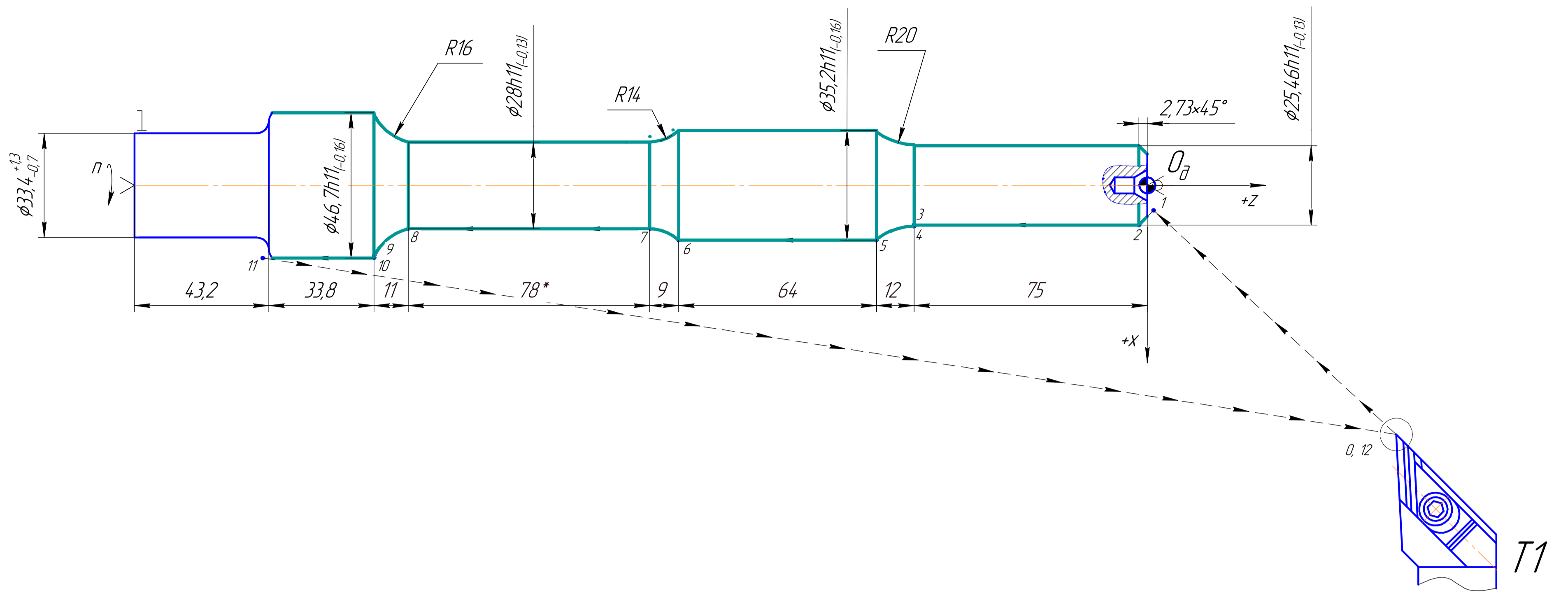
Інв. № відп.

Зам. інв. №

Підп. і дата

Інв. № арх.

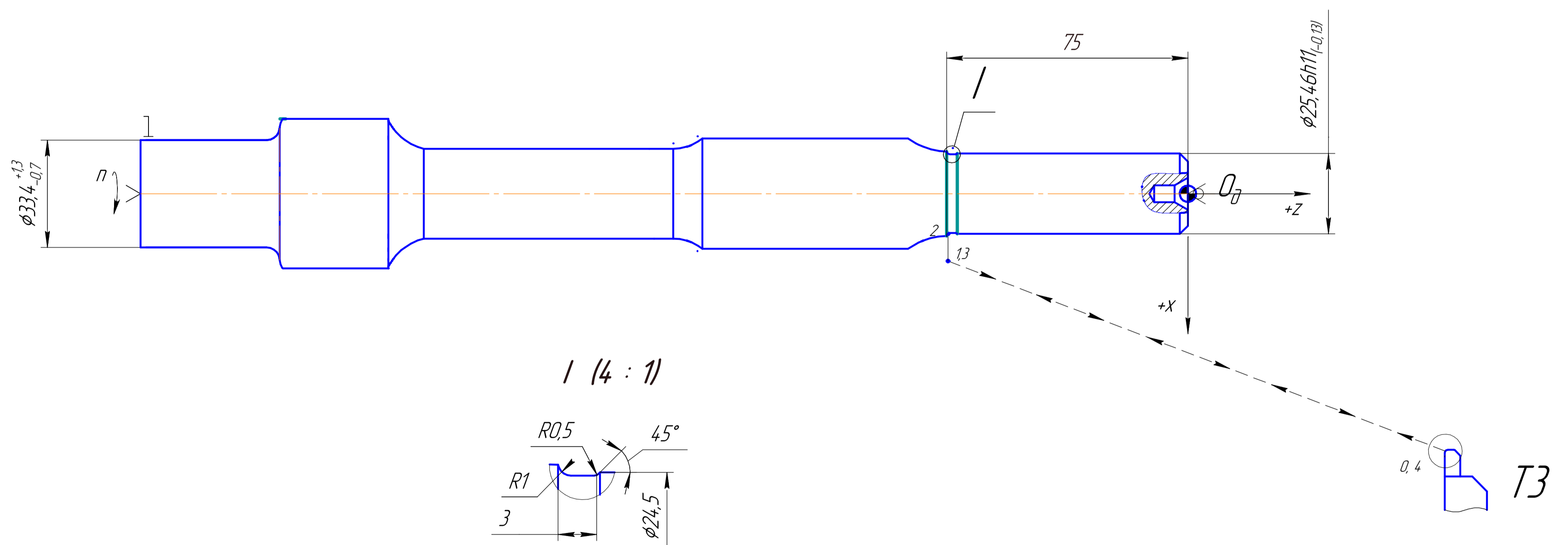
Операція 010 Токарна з ЧПК
Перехід 3



T1 Різець для контурного точіння
з механічним кріпленням пластини,
T5K10, 25x25, $\varphi=93^\circ$ MCLNR2525P12 пластина ISO CNMG120408-MP

№ пошки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
X	80	8	12,73	12,73	13,1	17,6	17,6	14	14	22,6	23,35	23,35	80
Z	80	2	-2,73	-75	-75	-87	-151	-160	-238	-249	-249	-284,8	80

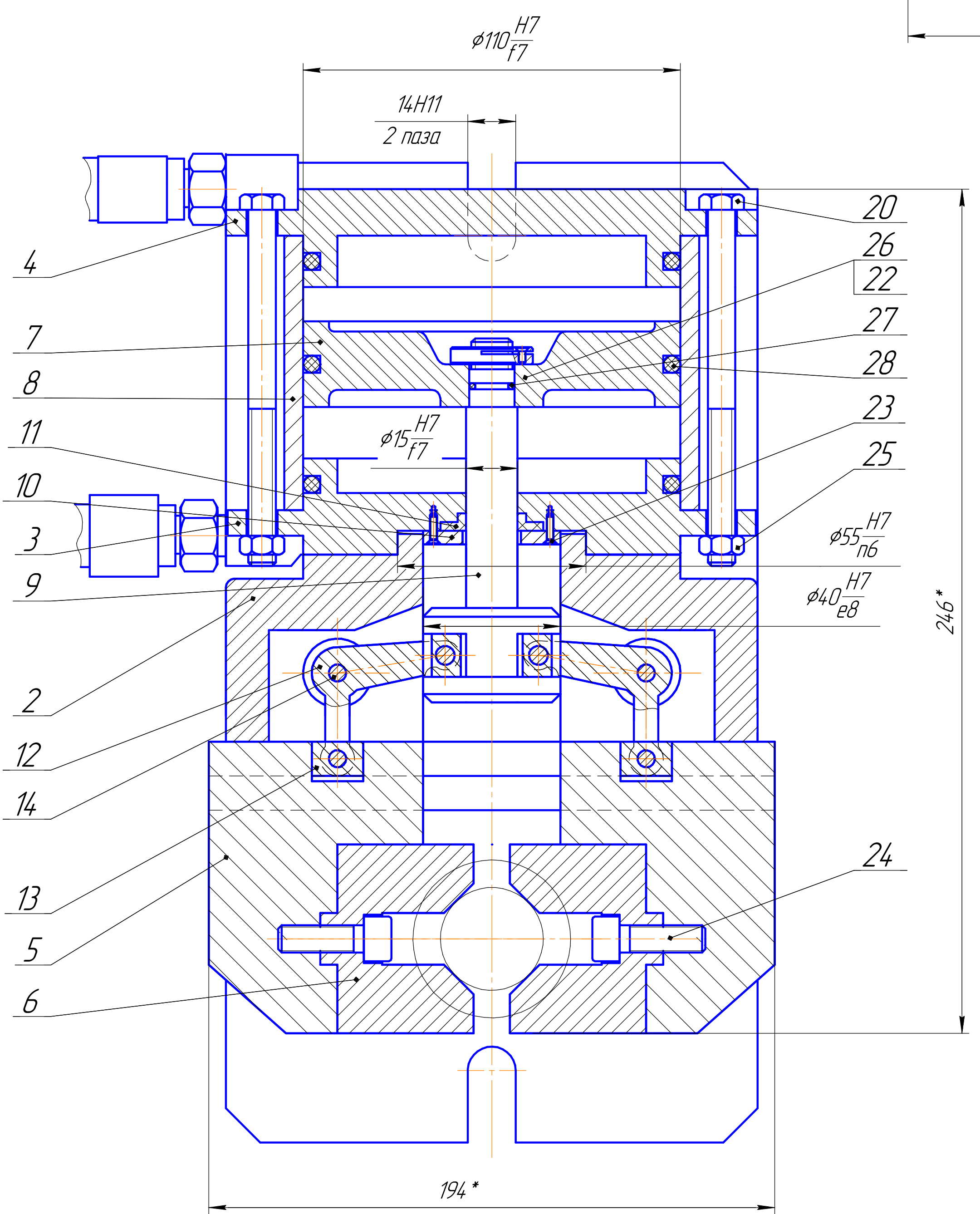
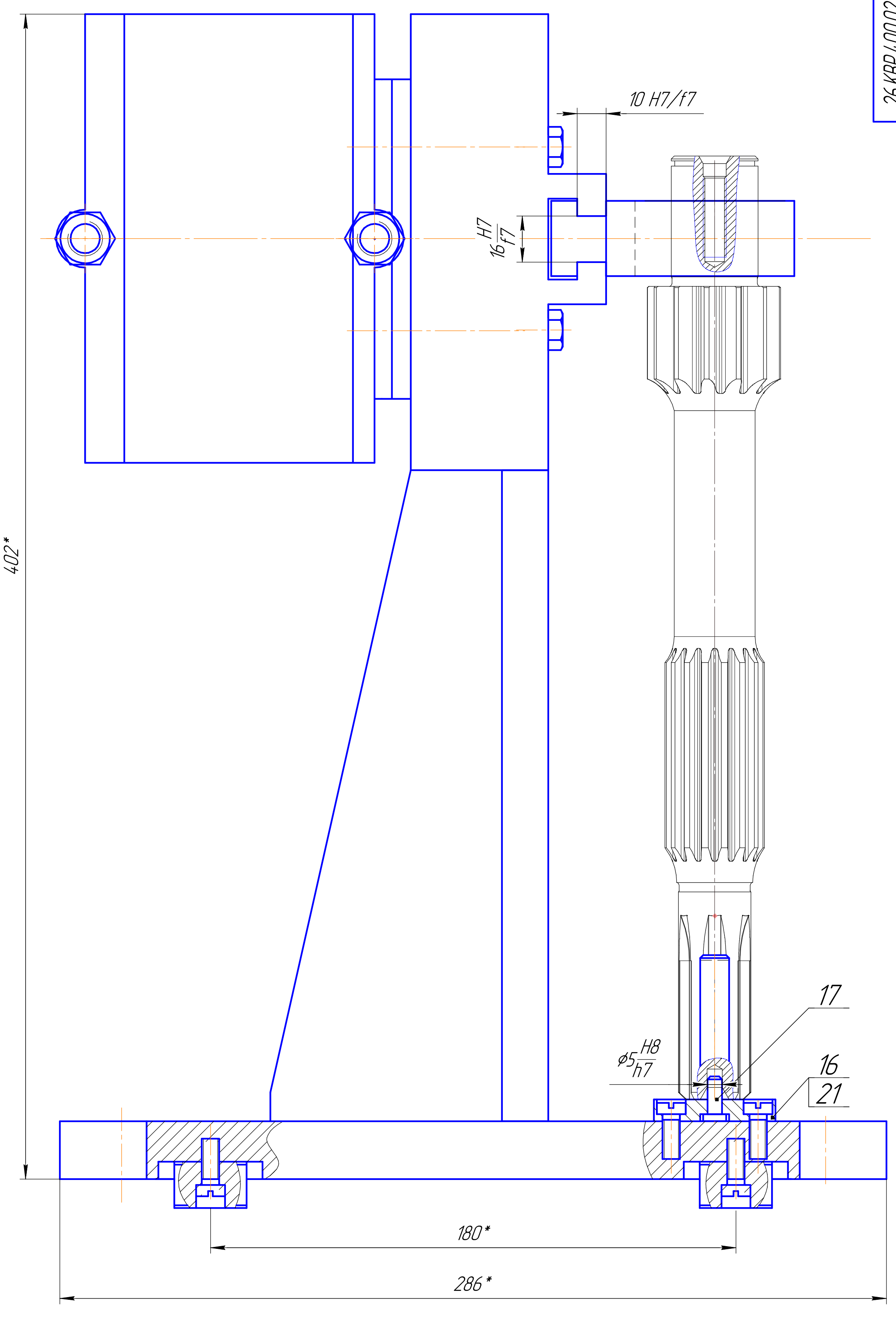
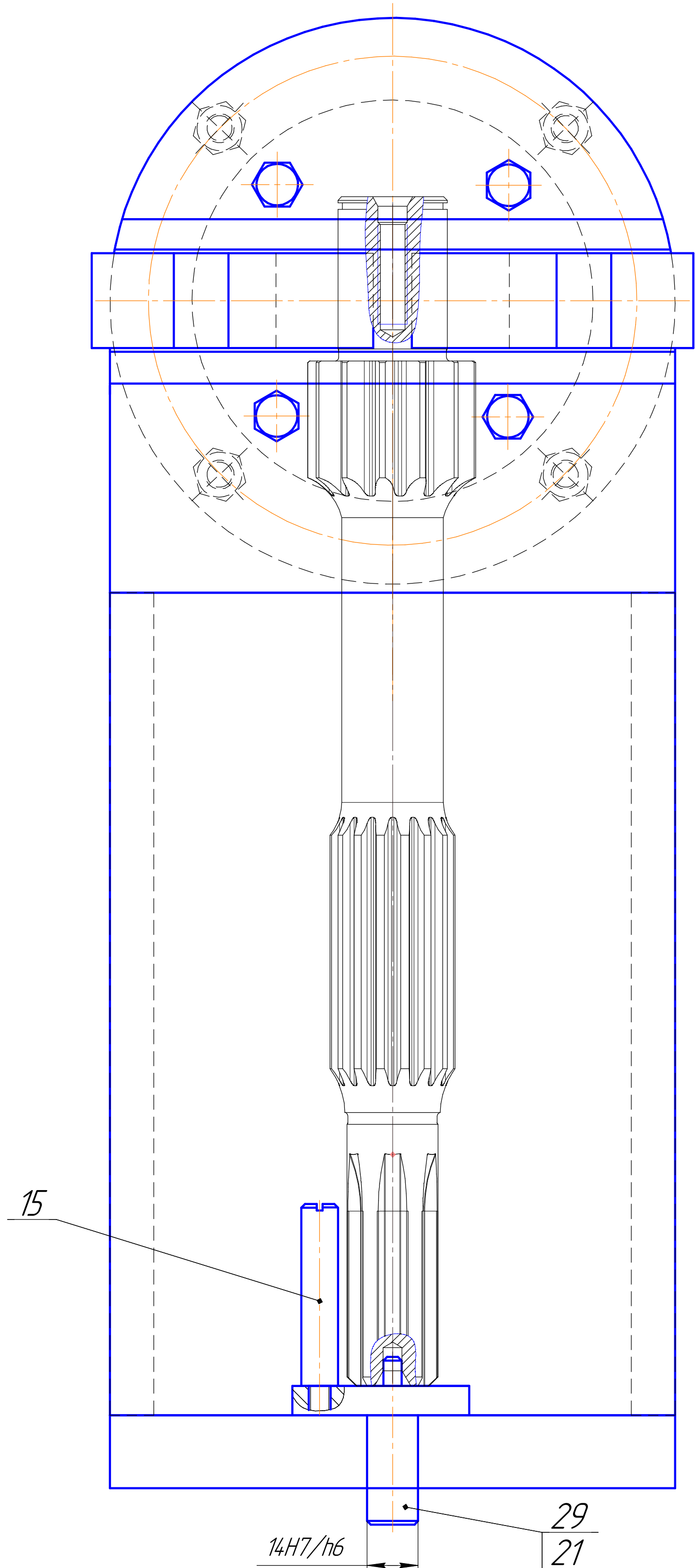
Перехід 4



T3 Різець спеціальний для обробки зовнішньої канавки
 $b=3$; R10; R1; 45° ; 25x16; T15K6

№ пошки	0	1	2	3	4
X	80	20	12,25	20	80
Z	80	-75	-75	-75	80

					26.KBP.4.00.02.04.000 ПЗ		
Зм.	Арх.	№ док.	Підп.	Дата	РТК на обробку деталі "Вал" 26.KBP.4.00.02.00.000 на верстаті мод. 16K20Ф3		
Розроб.	Возняк				Лист	Маса	Масштаб
Перев.	Геник					-	-
Т.контр.					Архив	Архив	1
Реценз.					ВПТ "ТФХ ПНТУ", гр. МГ-400 м. Тернопіль		
Н.контр.	Волошин						
Затв.							



1. * Розміри для довідок.
2. Випробувати герметичність тиском $0,63 \pm 0,005$ МПа на протязі 2 хв. падіння тиску менше 0,4 МПа не допускається.
3. Покриття неробочих поверхонь емаллю МЛ-165, сіра.
4. На поверхні тертя, крім поршня та гільзи нанести змазку ЦІАТИМ-201.
5. Підключення до пневмамережі здійснювати через блок підготовки повітря.

26.KBP.4.00.02.05.000 СК					Лист	Маса	Масштаб
Зм.	Арх.	№ док.	Підп.	Дата	Приспособлення спеціально для обробки деталі "Вал" 26.KBP.4.00.02.05.000 на 045 операції	32	1:1
Розроб.	Возняк						
Перев.	Геник				Складальне креслення		Архив 1
Т.контр.							Архив 1
Реценз.	Волошин						ВЛТ ТФХ ІНТУ, гр МГ-400
Н.контр.							м. Тернопіль
Затв.							Формат А1

Листів: 1
Сторінок: 1
Взам. шифр: 26.KBP.4.00.02.05.000 СК
Листів: 1
Сторінок: 1