

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»

Кафедра Механіко-машинобудівний факультет
Технологій машинобудування та матеріалознавства
(повна назва)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
кваліфікаційної роботи ступеню магістра

студента Панкова Яна Івановича
(ПІБ)

академічної групи 131М-17-1
(шифр)

спеціальності 131 Прикладна механіка
(код і назва спеціальності)

за освітньо-професійною програмою Комп'ютерні технології машинобудівного виробництва
(офіційна назва)

на тему Технологія обробки деталі «Вал-шестерня» з використанням ротаційного інструменту
(назва за наказом ректора)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
кваліфікаційної роботи	доц. Богданов О.О.			
розділів				
Аналітичний	доц. Богданов О.О.			
Технологічний	доц. Богданов О.О.			
Конструкторський	доц. Богданов О.О.			
Спеціальний	доц. Богданов О.О.			

Рецензент			
Нормоконтроль			

Дніпро
2018

ЗАТВЕРДЖЕНО:
завідувач кафедри
Технологій машинобудування та матеріалознавства
(повна назва)

_____ **В.В. Проців** _____
(підпис) (прізвище, ініціали)

« _____ » _____ 2018 року

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу
ступеню магістр
(бакалавр, спеціаліст, магістр)

студенту _____ **Панкову Я.І.** _____ академічної групи _____ **131М-17-1** _____
(прізвище та ініціали) (шифр)

спеціальності _____ **131 Прикладна механіка** _____

за освітньо-професійною програмою _____
Комп'ютерні технології машинобудівного виробництва
(офіційна назва)

на тему _____ **Технологія обробки деталі «Вал-шестерня» з використанням**
ротаційного інструменту _____

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від **27.11.18** № **2018-Л**

Розділ	Зміст	Термін виконання
Аналітичний	Аналіз технологічності деталі	15.10.18-30.10.18
Технологічний	Проектування технології механічної обробки	28.10.18-15.11.18
Конструкторський	Розробка конструкції спеціального пристрою	01.12.18-14.12.18
Спеціальний	Дослідження технології обробки деталі з використанням ротаційного інструменту	16.11.18-30.11.18

Завдання видано _____
(підпис керівника)

_____ **доц. Богданов О.О.** _____
(прізвище, ініціали)

Дата видачі _____ **15.10.2018** _____

Дата подання до екзаменаційної комісії _____ **14.12.2018** _____
Прийнято до виконання _____
(підпис студента)

_____ **Панков Я.І.** _____
(прізвище, ініціали)

Реферат

Кваліфікаційна робота: 62 сторінки, 18 рисунка, 11 таблиця, 53 джерел, 2 додатки.

Ключові слова: заготовка, технологічний процес, режими різання, верстати з ЧПК, технологічна оснастка, верстатні інструменти, вимірювальні інструменти, верстатні пристосування, ротаційне різання.

Представлена кваліфікаційна робота містить розробку раціонального варіанту технологічного процесу обробки деталі «вал-шестерня» в умовах серійного виробництва з використанням верстатів з ЧПК і сучасного оснащення.

Об'єкт досліджень - процес обробки зовнішніх поверхонь обертання ротаційним різанням.

Мета роботи - оптимізація геометричних параметрів та параметрів різання обробки ротаційним різцем.

Предмет досліджень - вплив геометричних параметрів та параметрів різання на величину згинальної сили, що діє на деталь.

У кваліфікаційній роботі наведені аналіз технологічності деталі, вибір схем базування і установки заготовки на верстаті для операцій техпроцесу. На підставі розрахунків зроблено вибір способу отримання заготовки.

Розроблено технологічний процес обробки деталі.

У конструкторському розділі спроектовано верстатне пристосування для шліцефрезерної операції.

В спеціальному розділі проведено дослідження залежності згинальної сили від геометричних параметрів та параметрів різання. Основним

завданням такого дослідження є оптимізація процесу обробки ротаційним різцем.

У додатку до курсового проекту представлені маршрутні і операційні карти, карти ескізів та карти налагодження.

Зроблені загальні висновки по роботі.

Зміст

1 Аналітичний розділ	6
1.1 Вступ	6
1.2 Характеристика об'єкта виробництва	7
1.3 Встановлення виробничої програми випуску деталей	8
1.4 Аналіз технологічності конструкції деталі	9
2 Технологічний розділ	10
2.1 Методи обробки поверхонь	10
2.2 Маршрут обробки деталі	12
2.3 Вибір і обґрунтування заготовок	14
2.4 Призначення припусків і розрахунок міжопераційних розмірів	18
2.5 Детальна розробка операцій технологічного процесу	20
3 Конструкторська частина	43
3.1 Розрахунок та розробка конструкції затискного пристрою	43
3.1.1 Опис будови та роботи пристрою	43
3.1.2 Розрахунок сили затиску та визначення діаметру пневмоциліндра	44
3.2 Розрахунок пристрою на міцність	46
4 Спеціальний розділ	48
4.1 Особливості процесу ротаційного різання	48
Література	60
Додаток А	65
Додаток Б	83

					ТММ.КвР.18.10.000.00 ПЗ					
Изм	Лист	№ Докум.	Подпись	Дата	Пояснювальна записка до дипломного проекту			Лит	Лист	Листо
Разраб.		Панков								
Пров		Богданов								
Н.контр.										
Утв.										
								НТУ «Дніпровська полтехніка»		

1 Аналітичний розділ

1.1 Вступ

Об'єкт досліджень - технологічний процес механічної обробки деталі «Вал-шестерня» з підвищеними вимогами до форми і розташування поверхонь.

Предмет досліджень - процес обробки зовнішніх поверхонь обертання ротаційним різанням.

Мета – оптимізація геометричних параметрів та параметрів різання обробки ротаційним різцем.

Вихідні дані для проведення роботи - кресленик типового валу з поверхнями підвищеної точності.

Наукова новизна – залежності точності формоутворення від застосованого методу формоутворення.

Практична цінність - рекомендації щодо структурної оптимізації технологічного процесу виготовлення валів із поверхнями підвищеної точності.

Після вивчення даних і аналізу деталі можна сказати, що деталь являється технологічною відповідно всім показникам. Матеріал деталі відповідає вимогам параметрів.

В якості заготовки обираємо такий спосіб її отримання, який забезпечує виготовлення деталі по найменшій собівартості.

Для покращення механічних властивостей деталі передбачається її термічна обробка.

Для підвищеної продуктивності обрано універсальні верстати, стандартне оснащення, різучий та контрольний інструмент. Вибір механічної обробки залежить від декількох факторів, а саме: габаритні розміри, об'єм випуску, наявність верстатів, оснащення, тощо.

При детальній розробці операцій використані сучасні методи розрахунків режимів різання, діюча нормативно-технічна документація, та стандарти систем ЄСКД і ЄСТД.

ТММ.КвР.18.10.000.00 ПЗ

1.2 Характеристика об'єкта виробництва

Деталь «Вал-шестерня» входить до складу трьохступінчатого мультиплікатора промислового вітрогенератора і призначена для передачі крутних моментів. Вал навантажується знакозмінним крутним моментом і працює в умовах багатомасляної мастила при температурі 60-80°C.

Основними конструкторськими базами деталі є дві циліндричні шийки діаметрами 60±0,05 мм, а також торець лівої шийки вала. Вони визначають точність установки вала в підшипниках і, відповідно, в розточеннях стінок корпусу мультиплікатора. Розрахункова окружна швидкість зубів дорівнює

15 м/с. Також зубчата пара повинна мати високий КПД. Цим умовам відповідає 6 клас точності зубчатого колеса. Цей клас точності вимагає 5 квалітет для опорних шийок вала.

Найбільш відповідальною поверхнею вала є циліндричне евольвентне зачеплення шостого ступеня точності за всіма нормами, модулем 3 мм. Міцність і зносостійкість поверхні зубів і інших робочих поверхонь вала забезпечується високою твердістю 55-59 HRC. Така твердість досягається об'ємним загартуванням, з наступним відпуском, якісної конструкційної вуглецевої сталі. Конструкторським документом передбачається сталь 20ХН3А ГОСТ 4543-71.

Цей матеріал поставляється у вигляді поковок і кованих заготовок по ГОСТ 1133-71, ГОСТ 8479-70, та застосовується для виготовлення шестерен, валів, втулок, силових шпильок, бовтів, муфт, черв'яків і інших цементуємих деталей від яких вимагається висока міцність, пластичність і в'язкість сердцевини. Оброблюваність різанням у гарячекатаному стані при твердості HB 177, $\sigma_B=610$ МПа характеризується коефіцієнтом $K_{об.ст}=0,95$. Хімічний склад сталі приведений в таблиці 1.1.

ТММ.КВР.18.10.000.00 ПЗ

Таблиця 1.1

Марка	Вміст елементів у %								
	C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	Fe
20ХН3А	0,17-	0,17-	0,3-	2,75-	до	до	0,6-	до	~95
	0,24	0,37	0,6	3,15	0,025	0,025	0,9	0,3	

Після ковки і термічної обробки механічні властивості матеріала відповідають даним, наведеним в таблиці 1.2

Таблиця 1.2

Марка	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_B , МПа	δ_5 , %	ψ , %	КСУ, Дж/см ²	НВ, не більше
20ХН3А	590	735	14	45	59	235- 277

1.3 Встановлення виробничої програми випуску деталей

Виробнича програма випуску деталей встановлюється в залежності від річної потреби виробів. Вважаємо, що річна потреба в мультиплікаторах становить 4500 штук і в одному виробі використовується один вал, виробничу програму випуску деталей визначаємо за формулою:

$$N = N_u \times q \left(1 + \frac{h}{100}\right) = 4500 \times 1 \left(1 + \frac{1,02}{100}\right) = 4349,7 \left(\frac{\text{ШТ}}{\text{ГОД}}\right) \quad 1.1$$

де N_u – річна програма випуску виробів;

q – кількість деталей даного найменування в одному виробі;

h – відсоток деталей, призначених на запасні запчастини (1-3 %)

Приймаємо річну програму 4350 шт.

ТММ.КВР.18.10.000.00 ПЗ

Основним показником, який характеризує серійне виробництво, є величина партії деталей, яка визначається за формулою:

$$n = \frac{N \times a}{\Phi} = \frac{4350 \times 9}{250} = 152,1 \text{ (шт)} \quad 1.2$$

де a – періодичність запуску деталей у виробництво, днів;

Φ – кількість робочих днів у році.

Приймаємо розмір партії 150 штук. Таким чином, розмір партії буде кратний річній програмі випуску деталей, яка забезпечується запуском 29 партій.

1.4 Аналіз технологічності конструкції деталі

Склад робіт по забезпеченню технологічності конструкції виробів на всіх стадіях їх створення встановлюється Єдиною системою технологічної підготовки виробництва. Розрізняють виробничу, експлуатаційну і ремонтну технологічність. Єдиним критерієм технологічності конструкції виробу є її економічна доцільність при заданій якості і прийнятих умовах виробництва і експлуатації.

На етапі проектування технологічного процесу механічної обробки, коли конструкторські документи вже затверджені і не підлягають радикальним змінам, доцільно проводити якісний аналіз технологічності конструкції деталі з метою узагальнення, на підставі досвіду виконавця, встановити ступінь відповідності між показниками якості та прийнятими умовами виробництва. Кількісну оцінку виконують за деякими показниками, щоб охарактеризувати ступінь задоволення вимог до технологічності конструкції.

Деталь відноситься до класу валів, тобто тіл обертання з довжиною більше двох діаметрів. Основною характеристикою валів, що визначає технологічність конструкції, є жорсткість, яку оцінюють по величині відношення $L/d_{\text{пр}}$,

ТММ.КвР.18.10.000.00 ПЗ

де L – довжина вала, мм;

$d_{\text{пр}}$ – приведений діаметр вала, що визначається за формулою:

$$d_{\text{пр}} = \frac{\sum_1^n d_i \times l_i}{L} =$$
$$= \frac{60 \times 31 + 58 \times 4 + 96 \times 70 + 70 \times 10 + 58 \times 4 + 60 \times 51 + 53 \times 4 + 55 \times 76 + 31 \times 4 + 36 \times 25}{275} =$$
$$= 66,25 \text{ (мм)}$$

де d_i – діаметр i -тої ступені вала, мм;

l_i – довжина i -тої ступені вала, мм.

У даному випадку відношення дорівнює 4,2, що менше граничного значення – 12. Отже, вал жорсткий і обмежень по режимам різання для ефективної механічної обробки немає.

Вимоги до основних конструкторських баз деталі і зубчатій поверхні не є завищеними і відповідають службовому призначенню деталі.

Застосований матеріал забезпечує виконання вимог до механічних властивостей поверхонь і деталі в цілому і має гарні технологічні характеристики як при обробці тиском, так і різанням.

Конструкція вала дозволяє вести обробку в центрах, тобто забезпечити поєднання технологічних і вимірювальних баз, а також виконати вимогу сталості баз, що гарантує співвісність розташування поверхонь вала.

Двостороннє розташування уступів і співвідношення діаметрів ступенів сприятливі для продуктивної токарної та абразивної обробки і рівномірної концентрації операцій.

Точність зубчатої поверхні може бути забезпечена найбільш продуктивними методами обробки зубів, як до термічної обробки, так і після неї.

В цілому, технологічність конструкції деталі «Вал-шестерня» після якісного аналізу можна оцінити як хорошу.

Кількісну оцінку технологічності конструкції деталі виконаємо по трьом з одинадцяти показників, передбачених ГОСТ 14.201-83.

ТММ.КвР.18.10.000.00 ПЗ

1. Коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів визначається за формулою:

$$K_{y,\epsilon} = \frac{Q_{y,\epsilon}}{Q_{\epsilon}} = \frac{19}{23} = 0,82, \quad 1.4$$

де $Q_{y,\epsilon}$ – число уніфікованих типорозмірів конструктивних елементів;

Q_{ϵ} – число типорозмірів конструктивних елементів.

По таким конструктивним елементам, як різьба, фаски та канавки під ущільнюючі кільця $K_{y,\epsilon} = 0,82$.

2. Коефіцієнт точності обробки визначається за формулою:

$$K_{m\epsilon} = 1 - \frac{I}{A_{cp}}, \quad 1.5$$

де A_{cp} – середній квалітет точності обробки деталі.

$$A_{cp} = \frac{\sum A \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{n_1 + 2n_2 + 3n_3 + \dots + 12n_{12} + 13n_{13} + 14n_{14}}{n_1 + n_2 + n_3 + \dots + n_{12} + n_{13} + n_{14}} = \quad 1.6$$

$$= \frac{6 \cdot 2 + 7 \cdot 2 + 8 \cdot 2 + 11 \cdot 1 + 14 \cdot 18}{25} = 12,12$$

де A - квалітет обробки;

n_i - число розмірів відповідного квалітету.

Підставивши отримане значення в формулу (5) отримаємо результат

$$K_{m\epsilon} = 1 - \frac{1}{12,12} = 0,92 \quad 1.7$$

При такому значенні коефіцієнта точності обробки деталь вважається технологічною, оскільки $K_{тч}$ більше нормативного значення (0,8).

3. Коефіцієнт шорсткості поверхні дорівнює:

$$K_{ш} = 1 - \frac{1}{B_{ср}}, \quad 1.8$$

де $B_{ср}$ – середнє числове значення параметру шорсткості.

$$B_{ср} = \frac{\sum B \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{50 \cdot n_1 + 25 \cdot n_2 + \dots + 0,8 \cdot n_7 + 0,4 \cdot n_8 + \dots + 0,0012 \cdot n_{14}}{n_1 + n_2 + \dots + n_7 + n_8 + \dots + n_{14}} =$$

$$= \frac{12,5 \cdot 1 + 6,3 \cdot 10 + 3,2 \cdot 1 + 1,25 \cdot 3 + 0,63 \cdot 1}{16} = 5,2 \quad 1.9$$

де B - числове значення параметру шорсткості за шкалою Ra ГОСТ 2789-73;

n_i - числове значення з відповідним числовим значенням параметру шорсткості.

Підставивши отримане значення в формулу (7) отримаємо результат:

$$K_{ш} = 1 - \frac{1}{5,2} = 0,81 \quad 1.10$$

Таке значення при обробці матеріалу свідчить про технологічність деталі по даному показнику.

2 Технологічний розділ

2.1 Методи обробки поверхонь

З метою спрощення обробки та зменшення собівартості випускаємої продукції проводимо аналіз точності деталей: аналіз технічних умов на виготовлення, аналіз вимог до точності розмірів і відносних поворотів, аналіз точності форми і шорсткості кожної поверхні деталей, аналіз технологічності.

Проектуємо технологічний маршрут механічної обробки деталі «Вал-шестерня», яка являє собою тіло обертання з габаритними розмірами $\varnothing 96 \times 275$ мм. Дана деталь ступінчаста. Основними конструкторськими базами деталі є дві циліндричні поверхні діаметром 60 мм, а також лівий торець деталі.

Дана деталь виготовлена зі сталі 20ХН3А ГОСТ 4543-71, маса 7,74 кг, заготовка поковка за ГОСТ 8479-70 з габаритними розмірами $\varnothing 104 \times 283$ та масою 10,4 кг.

При розробці маршруту виготовлення деталі орієнтуємося на вигляд заготовки та її точність. Кількість технологічних операцій, їхня концентрація буде визначатись методами обробки поверхонь, які призначені виходячи з необхідного квалітету розміра, параметра шорсткості. Перелік оброблюваних поверхонь і методи обробки, які можуть забезпечити виконання вимог креслення наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1

Вид поверхні, розмір, мм	Квалітет	Ra, мкм	Метод обробки поверхні
Зубчата циліндрична m=3 мм, 6-С ГОСТ 1643-81	-	0,63	Зубофрезерування Шевінгування

ТММ.КВР.18.10.000.00.ПЗ

Продовження таблиці 2.1

Зовнішня $\varnothing 60m5 \begin{pmatrix} +0,024 \\ +0,011 \end{pmatrix}$	5	1,25	Точіння чорнове Точіння чистове Шліфування
Зовнішня $\varnothing 96h8 \begin{pmatrix} \\ -0,054 \end{pmatrix}$	8	3,2	Точіння чорнове Точіння чистове
Зовнішня $\varnothing 70h14 \begin{pmatrix} \\ -0,74 \end{pmatrix}$	14	12,5	Точіння однократне
Зовнішня $\varnothing 55f7 \begin{pmatrix} -0,03 \\ -0,06 \end{pmatrix}$	7	1,6	Точіння чорнове Точіння чистове
Зовнішня М36-8g	-	6,3	Точіння чорнове
Паз 6($\pm 0,3$)	-	6,3	Фрезерування однократне
Зовнішні $\varnothing 58h14 \begin{pmatrix} \\ -0,74 \end{pmatrix}$ $\varnothing 53h14 \begin{pmatrix} \\ -0,74 \end{pmatrix}$ $\varnothing 31h14 \begin{pmatrix} \\ -0,62 \end{pmatrix}$	14	6,3	Точіння однократне

Не вказані граничні відхилення розмірів Н14, h14, it2/2.

Аналіз точності показує, що всі розміри поверхонь задані в достатній кількості для їх обробки, величини розмірів відповідають нормальному ряду чисел, а відхилення розмірів відповідають нормальному ряду та діючим квалітетам. Точною поверхнею вала є зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 60m5 \begin{pmatrix} +0,068 \\ -0,018 \end{pmatrix}$ мм яка має шорсткість Ra=1,25.

ТММ.КвР.18.10.000.00.ПЗ

В цілому деталь вал-шестерня ТММ.КвР.18.10.000.00 є технологічною, поверхні якої можна оброблювати відомими методами із застосуванням стандартного обладнання та інструменту.

2.2 Маршрут обробки деталі

Сучасні токарні верстати дозволяють перебазувати деталь у контршпіндель в автоматичному режимі та з мінімальною похибкою, тому перша операція виконується за два установи. На першому установі начорно та начисто обробляється ліва половина вала та свердлиться центровочний отвір. Далі відбувається перехват деталі у контршпіндель. На другому установі обробляється права половина деталі, в тому числі нарізається різьба М36-8g, фрезерується паз $6 \pm 0,3$ мм та свердлиться центровочний отвір.

Обробка зубчатої поверхні 6 ступеня точності та модулем 3 мм виконується на зубофрезерному верстаті, тому що черв'ячна модульна фреза має більшу продуктивність ніж долбяк, а необхідну точність забезпечує зубошліфувальна операція. Для забезпечення необхідної точності необхідна зубошліфувальна операція, яка проводиться після термічної обробки, тому що вона супроводжується не тільки підвищенням твердості, а і викривленням.

Обробку шлиців доцільно робити на шлицефрезерному верстаті черв'ячною фрезою методом обкату, оскільки шлиці стандартизовані згідно ГОСТ 1139-80.

Виконуємо промивку і продувку від залишків стружки СОР.

Щоб задовільнити технічні вимоги деталь необхідно піддати термообробці. В якості термообробки обираємо об'ємне загартування та відпуск на повітрі. В результаті відпуску знижується твердість і міцність, але збільшується пластичність і ударна в'язкість.

На завершальному етапі маршруту обробки пропонується абразивна обробка. В деталі «Вал-шестерня» необхідно шліфувати чотири поверхні. Отже, для шліфувальної операції доцільно застосовувати верстат з ЧПК. Основна економія при роботі на верстаті з ЧПК досягається за рахунок скорочення допоміжних

ТММ.КвР.18.10.000.00.ПЗ

операцій: переустановлення, налагодження та вимірювання.

Шліфування доцільно проводити на двох верстатах. На першому проводиться чорнове та однократне шліфування всіх поверхонь, а на другому – чистове шліфування. Це пов'язано з використанням двох кругів з різною зернистістю.

Після проводиться зубошліфувальна операція, яка забезпечить необхідну точність.

Виконуємо промивку і продувку від залишків стружки СОР.

Технологічний процес виготовлення деталі «Вал-шестерня» завершується контрольною операцією, на якій здійснюється комплексний контроль розмірів поверхонь і їх взаємне розташування.

Пропонований маршрут обробки деталі приведений в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2

№ операції	Найменування операції	Короткий зміст операції	Модель верстата
005	Токарна з ЧПК	Повна токарна обробка деталі з обох сторін. Свердління центровочних отворів. Фрезерування паза.	Haas DS30Y
010	Зубофрезерна	Чорнове фрезерування зубів $m=3$ мм.	CJMT YK513
015	Шліцефрезерна	Фрезерування шліців 8 x 46 x 54.	5A352П
020	Мийна	Промивка і продувка деталі.	-
025	Термічна	Загартування і відпуск.	-

ТММ.КвР.18.10.000.00.ПЗ

Продовження таблиці 2.2

030	Круглошліфувальна	Шліфування чорнове двох поверхонь $\varnothing 60m5 \begin{pmatrix} +0,024 \\ +0,011 \end{pmatrix}$. Шліфування однократне поверхонь $\varnothing 55f7 \begin{pmatrix} -0,03 \\ -0,06 \end{pmatrix}$, $\varnothing 54f7 \begin{pmatrix} -0,03 \\ -0,06 \end{pmatrix}$.	5A352П
035	Круглошліфувальна	Шліфування чистове двох поверхонь $\varnothing 60m5 \begin{pmatrix} +0,024 \\ +0,011 \end{pmatrix}$.	5A352П
040	Зубошліфувальна	Шліфування зубчатої поверхні $m=3$ мм.	QСМТТ УК7332А
045	Мийна	Промивка і продувка деталі.	-
050	Контрольна	Комплексний контроль деталі.	Стіл ВТК

2.3 Вибір і обґрунтування заготовок

Для раціонального вибору заготовки необхідно одночасно враховувати призначення і конструкцію деталі, технічні вимоги, масштаб і серійність випуску, а також економічність виготовлення. Обрати заготовку – означає установити спосіб її отримання, призначити припуски на обробку кожної поверхні, розрахувати розміри і вказати вимоги до точності виготовлення.

Оскільки на робочому кресленнику деталі не вказаний вид заготовки і враховуючи значний перепад діаметрів зовнішньої поверхні зубів і циліндричної

ТММ.КвР.18.10.000.00.ПЗ

поверхні діаметром 60 мм, а також умови роботи деталі і необхідність об'ємної термообробки приймаємо, що заготовкою буде стальна штампована поковка, отримана гарячою об'ємною штамповкою на кривошипних гарячештамповочних пресах. У цьому випадку форма заготовки в значному ступені приближається до форми готової деталі. Конфігурація заготовки приведена на рисунку 2.1

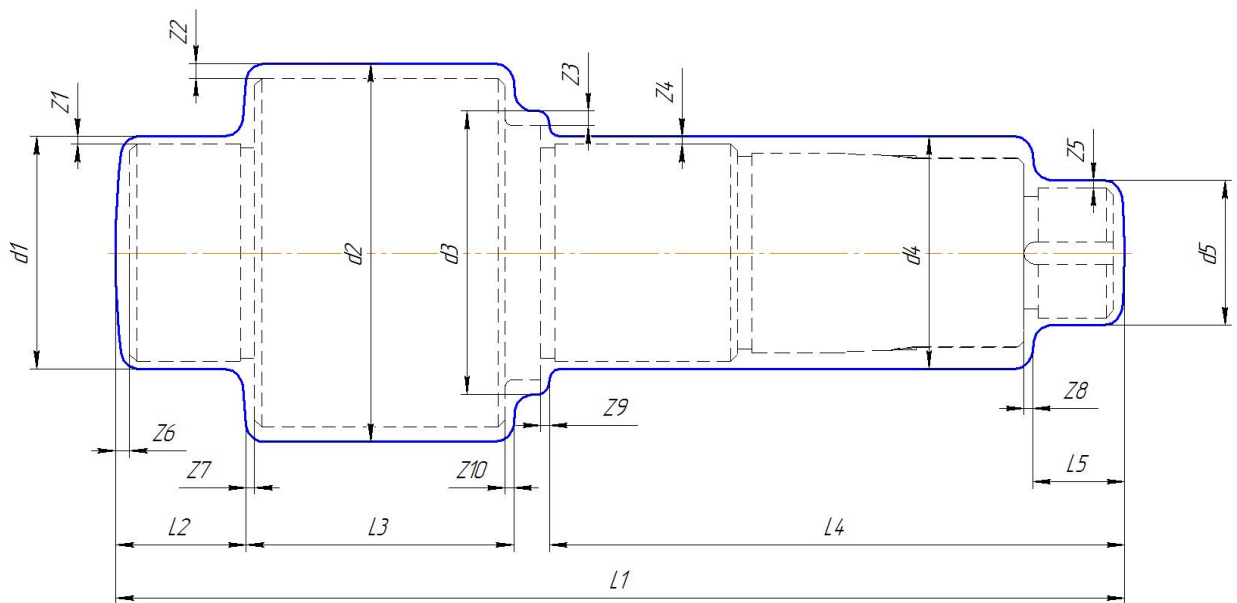


Рисунок 2.1 – Форма штамповки

Розрахункова маса поковки визначається виходячи з її номінальних розмірів. Оскільки на початку проектування заготовки її номінальні розміри невідомі, величину розрахункової маси поковки у першому приближенні допускається розрахувати за формулою:

$$M_{\text{пр}} = M_{\text{д}} \times K_{\text{р}} = 7,74 \times 1,4 = 10,8 \text{ (кг)} \quad 2.1$$

де $M_{\text{д}}$ – маса деталі, кг;

$K_{\text{р}} = 1,2 \div 1,6$ – розрахунковий коефіцієнт.

Клас точності заготовки – Т3 (кривошипні гарячештамповочні преси, закрита штамповка).

ТММ.КВР.18.10.000.00.ПЗ

Група сталі – М2 (сталь з масовою долею вуглецю від 0,35% до 0,65% або сума масових долей легуючих елементів від 2% до 5%).

Ступінь складності розраховується по відношенню:

$$\frac{M_{\text{пр}}}{M_{\text{ф}}} \quad 2.2$$

де $M_{\text{пр}} = 10,8$ – розрахункова маса поковки, кг;

$M_{\text{ф}}$ – маса геометричної фігури у яку вписується форма поковки, кг, розраховується за формулою:

$$M_{\text{ф}} = \frac{\pi \times 1,05 \times D_{\text{max}}^2}{4} \times 1,05 \times L \times \rho = \frac{\pi \times 1,05 \times 96^2}{4} \times 1,05 \times 275 \times 7,9 \times 10^{-6} = 17,3 \text{ (кг)} \quad 2.3$$

де $D_{\text{max}} = 96$ – максимальний діаметр деталі, мм;

$L = 275$ – довжина деталі, мм;

$\rho = 7,9 \times 10^{-6}$ – щільність сталі, кг/мм³.

Підставивши отримані значення у формулу 10, отримаємо:

$$\frac{M_{\text{пр}}}{M_{\text{ф}}} = \frac{10,8}{17,3} = 0,62 \quad 2.4$$

Таке значення відповідає ступеню важкості С2 (від 0,32 до 0,63).

Конфігурація площини роз'єму штамп – П (плоска).

Вихідний індекс – 11.

Значення припусків на розміри заготовки, встановленні по прийнятим вихідним даним відповідно з ГОСТ 7505-89, наведені в таблиці 2.3.

ТММ.КВР.18.10.000.00.ПЗ

Таблиця 2.3

Розмір на креслені ку, мм	Ra, мкм	Основний припуск, мм	Додатковий припуск, мм	Загальний припуск, мм		Виконавчий розмір, мм	
				z	z	d	d
Ø60m5	1,25	2,0	0,5	z1	2,5	d1	65 ^{+1,6} _{-0,9}
Ø96h8	3,2	1,6	0,2	z2	1,8	d2	99,6 ^{+1,1} _{-0,5}
Ø70h14	6,3	1,6	0,2	z3	1,8	d3	73,6 ^{+1,1} _{-0,5}
Ø60m5	1,25	2,0	0,5	z4	2,5	d4	65 ^{+1,6} _{-0,9}
M36-8g	6,3	1,6	0,2	z5	1,8	d5	39,6 ^{+1,1} _{-0,5}
275js14	6,3	5,2	0,2	z6	5,4	L1	280,4 ^{+1,8} ₋₁
35js14	6,3	1,2	0,2	z7	1,4	L2	36,4 ^{+1,1} _{-0,5}
70js14	6,3	1,2	0,2	z1 0	1,4	L3	72,8 ^{+1,3} _{-0,7}
160js14	6,3	1,2	0,2	z9	1,4	L4	161,4 ^{+1,4} _{-0,8}
25js14	6,3	1,2	0,2	z8	1,4	L5	26,4 ^{+1,1} _{-0,5}

У програмному продукті «Компас-3D V15.1» виконується будівництво твердотільної моделі, у властивостях якої обираємо матеріал заготовки і його щільність, таким чином визначається маса заготовки.

Згідно визначених розрахункових розмірів, маса заготовки складає 10,4 кг.

Призначаємо технологічні параметри штамповки:

Мінімальна величина радіусів заокруглень становить 2,5 мм.

Допустима величина зсуву по поверхні роз'єму штампа складає 0,5 мм.

Допустима величина залишкового облоя становить 0,7 мм.

Допустима величина задирки при максимальному розмірі поперечного перерізу поковки по поверхні роз'єму штампа становить 3 мм.

Допустиме відхилення від зігнутої становить 1 мм.

Допустимі відхилення міжосьової відстані +0,3 мм

Зм.	Арк.	№ докум.							

ТММ.КВР.18.10.000.00.ПЗ

Зовнішні штампувальні ухили 7 градусів.

Визначаємо коефіцієнт використання матеріала за формулою:

$$K_{\text{ВМ}} = \frac{M_{\text{Д}}}{M_{\text{З}}} = \frac{7,74}{10,4} = 0,74 \quad 2.5$$

де $M_{\text{Д}}$ – маса деталі на робочому кресленику, кг;

$M_{\text{З}}$ – маса штамповки заданої форми, кг.

2.4 Призначення припусків і розрахунок між операційних розмірів

Припуски на механічну обробку в значній мірі впливають на технологічну собівартість виготовлення деталі. Видалення надмірного припуску пов'язане зі збільшенням машинного часу на чорнову обробку, як в разі виконання додаткових обдирних проходів, так і за рахунок зниження режимів різання в разі значної глибини різання. При цьому підвищуються витрати ріжучого інструменту і загальні витрати на експлуатацію робочого місця.

Припуски на дві поверхні призначаємо статистичними (табличним) методом. В цьому випадку загальний припуск приймається рівним припуску, призначеного на заготовку по нормативно-технічному документу (ГОСТ 7505-89), а припуск на обробку, наступну після чорнової, за таблицями, які наведені в довідковій літературі [11]. Методику розрахунку проілюструємо для зовнішньої поверхні діаметром 60±0,05 мм.

Загальний припуск на діаметр дорівнює 5,0 мм, допуск на розмір заготовки 2,5 мм (див. Табл. 2.3). На чистове точіння рекомендується припуск 1,2 мм на діаметр [11. табл.1], на чорнове шліфування - 0,4 мм [11. табл.2], на чистове шліфування – 0,2 мм [11. табл.2].

Припуск на чорнове точіння визначається як різниця між загальним припуском на механічну обробку і сумою операційних припусків по формулі ___.

TMM.КВР.18.10.000.00.ПЗ

$$Z_{\text{черн}} = Z_{\text{обц}} - Z_{\text{точ.чист}} - Z_{\text{чорн.шлиф.}} - Z_{\text{чист.шлиф.}} = 5,0 - 1,2 - 0,4 - 0,2 = 3,4 \text{ (мм)} \quad 2.6$$

Розрахунковий розмір для останнього переходу (шліфування) приймається рівним мінімального розміру за кресленням (60,011 мм). Для наступного переходу він визначається шляхом додавання призначеного припуску (60,211 мм). Аналогічні обчислення виконуються для всіх переходів МОП. Отримані значення приймають в якості мінімального операційного розміру після округлення з урахуванням значущих цифр технологічного допуску. Максимальні операційні розміри відрізняються від мінімальних на величину технологічного допуску.

Граничні припуски для кожного переходу МОП визначаються шляхом віднімання граничних розмірів на двох сусідніх переходах:

для чорногового точіння $Z_{\text{черн. min}} = 65,0 - 61,6 = 3,40 \text{ (мм)}$

$$Z_{\text{черн. max}} = 67,5 - 61,9 = 5,6 \text{ (мм)}$$

для чистового точіння $Z_{\text{чист. min}} = 61,6 - 60,6 = 1,0 \text{ (мм)}$

$$Z_{\text{чист. max}} = 61,9 - 60,7 = 1,2 \text{ (мм)}$$

2.7

для чорногового шліфування $Z_{\text{шлиф. min}} = 60,6 - 60,2 = 0,4 \text{ (мм)}$

$$Z_{\text{шлиф. max}} = 60,7 - 60,3 = 0,4 \text{ (мм)}$$

для чистового шліфування $Z_{\text{шлиф. min}} = 60,2 - 60,011 = 0,189 \text{ (мм)}$

$$Z_{\text{шлиф. max}} = 60,3 - 60,024 = 0,276 \text{ (мм)}$$

Правильність обчислень перевіряється за формулою:

$$Z_{i \text{ max}} - Z_{i \text{ min}} = \delta_{i-1} - \delta_i \quad 2.8$$

Для даного розрахунку: $7473 - 4998 = 2500 - 25$ або $2475 = 2475$.

Підсумкові дані і розрахунок операційних розмірів і граничних припусків на механічну обробку торців, пов'язаних розміром 275 мм представлені в таблиці 2.4.

ТММ.КВР.18.10.000.00.ПЗ

Таблиця 2.4

Метод обработки поверхности	При- пуск,	Расчетн ый	Допуск, мкм	Размер, мм		Припуск, мкм	
				d_{\min}	d_{\max}	Z_{\min}	Z_{\max}
Наружная цилиндрическая диаметром $60\text{ m5}^{(+0,024}_{+0,011)}$ мм							
Заготовка		65	2500	65	67,5		
Точение черновое	3,4	61,6	300	61,60	61,90	3400	5600
Точение чистовое	1,2	60,6	100	60,6	60,7	1000	1200
Шлифование черновое	0,4	60,2	100	60,2	60,3	400	400
Шлифование чистовое	0,2	60,011	13	60,011	60,024	189	276
Торцевые, связанные размером $275\pm 0,65$ мм							
Заготовка		279,4	2800	279,4	282,2		
Точение	2,3	274,35	1300	274,35	275,65	1400	2300

2.5 Детальна розробка операцій технологічного процесу

Основна мета детальної розробки технологічної операції - розробка технологічної документації, що містить повну інформацію про зміст операції, її технологічному і метрологічному оснащенні, трудовитратах. Вихідними даними, визначальними послідовність операцій і їх призначення, є технологічний маршрут, наведений в таблиці 2.2. Призначення режимів різання, вимог до точності розмірів здійснюємо на підставі результатів розрахунку міжопераційних припусків і розмірів, які наведені в таблиці 3.1.

Виготовлення деталі "Вал-шестерня» передбачає 10 технологічних операцій механічної обробки (див. Табл.2.2). Розрахунок режимів різання виконаємо для шліфувальної операції. Детальна розробка всіх операцій механічної обробки приведена в технологічній послідовності їх виконання.

ТММ.КВР.18.10.000.00.ПЗ

Операція 005, Токарна з ЧПК

Операція виконується на токарно-фрезерному верстаті з ЧПУ моделі Haas DS-30Y, горизонтальний токарний центр для виготовлення деталей з важкооброблюваних матеріалів здатний виконувати комплексні роботи від точіння до фрезерування за одну операцію. Револьверна головка підвищеної жорсткості, монолітна станина і напрямні ковзання прямокутного типу забезпечують ідеальну обробку великогабаритних заготовок. Автоматична трансмісія дозволяє виконувати як обробку на низькій швидкості з великим крутним моментом, так і високошвидкісну обробку. Додаткова вісь Y гарантує обробку складних великих заготовок за один установ. Зміст переходів для зручності занесена в таблицю 2.5. Режими різання та стружколоми обираємо рекомендовані виробником інструменту.

Таблиця 2.5

Інструмент	Перех.	t, мм	S, мм/об	V, м/хв	n, об/хв	To, хв
Установ 1						
C4-PCLNR-27050-12HP, CNMG080412-GH	1	3,4	0,25	180	585	1,12
C4-DVJNR-27062-16, VNMG160408-SH	2	1,2	0,1	250	830	1,85
CD03145	3	2	0,2	25	2000	0,03
Установ 2						
C4-PCLNL-27050-12HP, CNMG080412-GH	4	3,4	0,25	180	850	1,58
C4-DVJNL-27062-16, VNMG160408-SH	5	1,2	0,1	250	1300	1,94
CD03145	6	2	0,2	25	2000	0,03
615650-4F	7	6	540мм /хв	75,4	4000	0,05
C4-266-LFA21055-16C, 266.LC-16	8	1,23	2	60	530	0,2

ТММ.КВР.18.10.000.00.ПЗ

Нормування операції

Розраховуємо штучний час:

$$T_{шт} = (T_a + T_d \times K_{tg}) \times \left(1 + \frac{T_{обс.}}{100}\right) \quad 2.9$$

де T_a - час автоматичної основної роботи за програмою, хв;

T_d - час на виконання ручної допоміжної роботи, хв.;

K_{tg} - поправочний коефіцієнт на допоміжний час;

$T_{обс.}$ - час на обслуговування, хв.

Розраховуємо час автоматичної основної роботи за програмою.

$$T_a = T_{о.а.} + T_{д.а.} \quad 2.10$$

де $T_{о.а.} = 6,8$ хв – час основної роботи;

$T_{д.а.}$ - допоміжний автоматичний час, хв.

$$T_{д.а.} = T_{х.х.} + T_{ост.} + T_{з.і.} \quad 2.11$$

де $T_{х.х.}$ – час на холості ходи всіх інструментів, хв;

$T_{ост.} = 0,3$ хв – час на технологічні зупинки;

$T_{з.і.} = 8 * 0,1 = 0,8$ хв – час на зміну інструмента

- 0,1 хв- час на зміну одного інструмента згідно паспорту верстата;

- 8 – кількість інструменту.

$$T_{х.х.} = \frac{\sum L_{х.х.(X)}}{S_{хв.(X)}} + \frac{\sum L_{х.х.(Z)}}{S_{хв.(Z)}} \quad 2.12$$

TMM.КВР.18.10.000.00.ПЗ

$T_{\text{вим.3}} = 0,11$ хв - час на вимірювання калібр-пробками [7, с.48к.11].

$$T_{\text{вим.}} = 0,11 + 0,08 + 0,11 = 0,3 \text{ хв}$$

$$T_{\text{д.}} = 0,33 + 0,22 + 0,3 = 0,85 \text{ хв}$$

Визначаємо коефіцієнт K_{tg} .

$K_{\text{tg}} = 0,75$ – поправочний коефіцієнт на допоміжний час [7, с.21].

Визначаємо час на обслуговування.

$T_{\text{обс}} = 10\%$ [7, с.52 к.12].

$$T_{\text{шт}} = (8,33 + 0,85 \times 0,75) \times \left(1 + \frac{10}{100}\right) = 9,03 \text{ хв}$$

Так як виробництво серійне, визначаємо штучно-калькуляційний час.

$$T_{\text{шт.к.}} = T_{\text{шт.}} + \frac{T_{\text{п.з.}}}{n_{\text{зап.}}} \quad 2.16$$

де $T_{\text{шт.}} = 9,03$ хв – штучний час;

$T_{\text{п.з.}}$ – підготовчо-заключний час, хв;

$n_{\text{зап.}} = 150$ шт. – партія запуску деталей.

Розраховуємо підготовчо-заключний час.

$$T_{\text{п.з.}} = T_{\text{п.з.1}} + T_{\text{п.з.2}} \quad 2.17$$

де $T_{п.з.1} = 23$ хв – час на організаційну підготовку (середня складність, 5 інструментів) [7, с.53 к.13];

$T_{п.з.2}$ – час на наладку верстата, інструмента, пристосування [7, с.53 к.13]

-8 хв – встановлення пристосування трьохкулачкового патрона;

- $8 \times 0,4 = 3,2$ хв – час на встановлення інструментів у револьверну головку;

-0,5 хв – встановити вихідні режими роботи;

-4 хв – ввід КП з носія;

-2,5 хв – налагодити нульове положення ПЧПК.

$$T_{п.з.2} = 8 + 3,2 + 0,5 + 4 + 2,5 = 14,2 \text{ хв}$$

$$T_{п.з.} = 23 + 14,2 = 37,2 \text{ хв}$$

$$T_{шт.к.} = 9,03 + \frac{37,2}{150} = 9,3 \text{ хв}$$

Операція 010, Зубофрезерна

Зубофрезерна операція виконується на зубофрезерному верстаті підвищеної точності СЖМТ УК5132. Верстат призначений для обробки прямозубих і косозубих коліс. Заготовка кріпиться у упорних центрах і повідковому хомутику: Центр 7032-0039 Морзе 5 ПТ ГОСТ 13214-79; Центр А-1-5-НП ГОСТ 8742-75; Хомутик 7107-0065 ГОСТ 16488-70. Використовується інструмент: фреза 2510-4291 АА ГОСТ 9324-80. Вимірювальний інструмент: глибиномір мікрометричний ГМ ГОСТ 7470-78, зубомір М1 ГОСТ 4446-81 У якості мастильно-охолоджувальної рідини використовується мастило П12А ГОСТ 20799-75.

Коротка характеристика верстата:

1. Найбільший діаметр встановлюваної заготовки, мм 200

2. Максимальні розміри оброблюваних коліс, мм

модуль

6

ТММ.КВР.18.10.000.00.ПЗ

довжина зуба	200
кут нахилу зуба, град	±60
3. Максимальний діаметр черв'ячної фрези, мм	120
4. Максимальна відстань від торця стола до вісі фрези, мм	295
5. Максимальне осьове переміщення фрези, мм	180
6. Ряд частот обертання шпинделя, об/хв	40; 50; 63; 100; 125; 160; 200; 250; 310
7. Подача, мм/об.заг.	
вертикальна	0,75; 1; 1,25; 1,75; 2,25; 3; 3,75; 4,5; 6; 7,5
радіальна:	0,66; 0,75; 1; 1,25; 1,67; 2,25
8. Потужність привода головного руху, кВт	6

Виконаємо розрахунок режимі різання за даними, приведеними у [10].

1. Рекомендована подача (S_T) на один оберт деталі при чорновому фрезеруванні однозахідною черв'ячною фрезою модулем 3 мм на верстатах потужністю 4-8 кВт призначається 1,8 мм/об.

2. Уточнюємо дане значення для змінних умов обробки з використання коефіцієнтів за формулою:

$$S_o = S_T \cdot K_{MS} \cdot K_{\beta S} \cdot K_{KS} = 1,8 \cdot 0,7 \cdot 1 \cdot 1 = 1,26 \text{ (мм/об)} \quad 2.18$$

де K_{MS} – коефіцієнт, враховуючий оброблюваність матеріалу деталі

$K_{\beta S}$ – коефіцієнт, враховуючий кут нахилу зубів колеса

K_{KS} – коефіцієнт, враховуючий багатозахідність фрези

За паспортом верстата приймаємо подачу 1,25 мм/об

Зм.	Арк.	№ докум.		Дата					

TMM.KBP.18.10.000.00.ПЗ

3. Рекомендована швидкість різання при чорновій обробці $V_T = 35$ м/мин.

Уточнюємо цю швидкість за формулою:

$$V_o = V_T \cdot K_{mv} \cdot K_{kv} \cdot K_{wv} \cdot K_{\beta v} \cdot K_{tv} \cdot K_{iv} \cdot K_{\Delta v} = 35 \cdot 0,6 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,8 = 15,12 \text{ (мм/об)}$$

де K_{mv} - коефіцієнт, що враховує оброблюваність матеріалу деталі (0,6);

K_{kv} - коефіцієнт, що враховує кількість заходів фрези (1);

K_{wv} - коефіцієнт, що враховує кількість осьових переміщень фрези (1);

$K_{\beta v}$ - коефіцієнт, що враховує кут нахилу зубів колеса (1);

K_{tv} - коефіцієнт, що враховує період стійкості фрези (1);

K_{iv} - коефіцієнт, що враховує кількість проходів при обробці (1);

$K_{\Delta v}$ - коефіцієнт, що враховує клас точності фрези (0,8).

4. Розраховуємо частоту обертання фрези (n), що забезпечить необхідну швидкість різання:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 15,12}{\pi \cdot 80} = 97 \text{ (об/хв)} \quad 2.20$$

де V - рекомендована швидкість різання;

D_f - діаметр фрези, мм.

Розрахункове значення n порівнюється з паспортними даними верстата. Для подальших розрахунків приймається найближче більше значення з ряду частот обертання шпинделя, якщо воно не відрізняється від розрахункового більше, ніж на 5%. При-приймаємо 100 об / хв.

6. Основний час на операцію визначається за формулою:

$$T_o = \frac{(l_1 + l_1) \cdot z}{n \cdot S \cdot k} = \frac{(70 + 26) \cdot 30}{100 \cdot 1,25 \cdot 1} = 23 \text{ (хв)} \quad 2.21$$

де l - ширина вінця нарізається колеса, мм;

l_1 - величина врізання інструмента, мм;

z - кількість зубів колеса;

n - кількість обертів фрези, об / хв;

S - подача уздовж осі деталі, мм / об;

k - кількість заходів фрези.

Нормування операції

Розраховуємо штучний час:

$$T_{шт} = T_{оп} + T_{об} + T_{от.л.} \quad 2.22$$

де $T_{оп}$ – оперативний час, хв

$T_{от.л.}$ – час на відпочинок та особисті потреби, хв

$T_{обс.}$ - час на обслуговування, хв

Розраховуємо оперативний час

$$T_{оп} = T_о + T_в = 23 + 0,73 = 23,73 \text{ хв} \quad 2.23$$

де $T_о = 23$ хв – основний час;

$T_в$ – загальний допоміжний час, хв.

$$T_в = T_{в.уст.} + T_{в.пер.} = 0,71 + 0,2 = 0,73 \text{ хв} \quad 2.24$$

де $T_{в.уст.} = 0,12 + 0,1 + 0,19 = 0,71$ – час на встановлення та зняття деталі, хв;

0,12 хв – час на встановлення та зняття першої заготовки

0,1 хв – кожної наступної

0,19 хв – час на закріплення та відкріплення заготовки

TMM.КвР.18.10.000.00.ПЗ

Тв.пер. = 0,02 хв – допоміжний час, пов'язаний з переходом;

$$T_{об} = T_{оп} \cdot 4,5\% = 23,73 \cdot 4,5\% = 1,07 \text{ хв} \quad 2.25$$

де 4,5% - час на обслуговування робочого місця

$$T_{от.л.} = T_{оп} \cdot 4\% = 23,73 \cdot 4\% = 0,95 \text{ хв} \quad 2.26$$

де 4% - час на відпочинок та особисті потреби

$$T_{шт} = 23,73 + 1,07 + 0,95 = 25,75 \text{ хв}$$

Так як виробництво серійне, визначаємо штучно-калькуляційний час.

$$T_{шт.к.} = T_{шт} + \frac{T_{пз}}{n} = 25,75 + \frac{26}{150} = 25,95 \text{ хв} \quad 2.27$$

де $T_{шт.} = 25,75$ хв – штучний час;

$T_{п.з.} = 26$ хв – підготовчо-заключний час;

$n_{зап.} = 150$ шт. – партія запуску деталей.

Операція 015, Шліцефрезерна

Шліцефрезерная операція 015 виконуються на напівавтоматі шліцефрезерному горизонтальному підвищеної точності моделі 5А352П. Верстат призначений для фрезерування на валах прямобічних і евольвентних шліців, а також зубів прямозубих і косозубих циліндричних коліс черв'ячними фрезами методом обкатки. Заготівля кріпиться в: Патрон 7108-0023 ГОСТ 2571-71, Центр 7032-0035 Морзе 5 ПТ ГОСТ 13214-79. Застосований інструмент: Фреза 2520-0736 А ГОСТ 8027-86. Пристосування, що застосовується для закріплення фрези:

ТММ.КВР.18.10.000.00.ПЗ

Оправка 6225-0213 ГОСТ 15067-75. Вимірювальний інструмент: Скоба 8316-0464
ГОСТ 24965-81.

Технічні характеристики верстата:

1. Клас точності – П
2. Максимальний діаметр оброблюваної деталі – 500 мм
3. Максимальна довжина шліців – 800 мм
4. Максимальна довжина деталі – 1000 мм
5. Частоти обертання шпинделя – 25...400 об/хв
6. Потужність – 10 кВт

Призначення режимів різання при нарізанні зубів на шліцевих валах полягає у виборі величини поздовжньої подачі S_o і швидкості різання V .

Обираємо подачу, яка залежить від матеріалу заготовки, висоти зуба та їх кількості, та помножуємо на поправочні коефіцієнти:

$$S_o = S_T \cdot K_{ms} = 0,8 \cdot 0,9 = 0,72 \text{ мм/об} \quad 2.28$$

де K_{ms} – коефіцієнт, який враховує механічні властивості матеріалу заготовки

Обираємо швидкість різання:

$$V = V_T \cdot K_{mv} \cdot K_{zv} \cdot K_{fv} \cdot K_{iv} = 25 \cdot 0,9 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 1,2 = 29,7 \text{ м/хв} \quad 2.29$$

де K_{mv} – коефіцієнт, який враховує механічні властивості матеріалу заготовки

K_{zv} – коефіцієнт, який враховує кількість зубів шліцевого валу

K_{fv} – коефіцієнт, який враховує форму профіля зуба фрези

K_{iv} – коефіцієнт, який враховує матеріал фрези

ТММ.КВР.18.10.000.00.ПЗ

Частота обертання шпінделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 29,7}{\pi \cdot 70} = 135 \text{ (об/хв)} \quad 2.30$$

де D – діаметр фрези, мм

Основний час на операцію:

$$T_0 = \frac{l_1 + l_2}{n \cdot S} = \frac{30 + 20}{135 \cdot 0,72} = 0,46 \text{ хв} \quad 2.31$$

де $l_1 = 30$ мм – довжина шлиців вала

$l_2 = 20$ мм – довжина врізання фрези

Нормування операції

Розраховуємо штучний час:

$$T_{шт} = T_{оп} + T_{об} + T_{от.л.} \quad 2.32$$

де $T_{оп}$ – оперативний час, хв

$T_{от.л.}$ – час на відпочинок та особисті потреби, хв

$T_{обс.}$ – час на обслуговування, хв

Розраховуємо оперативний час

$$T_{оп} = T_0 + T_в = 0,46 + 0,53 = 0,99 \text{ хв} \quad 2.33$$

де $T_0 = 0,46$ хв – основний час;

$T_в$ – загальний допоміжний час, хв.

TMM.КВР.18.10.000.00.ПЗ

$$T_{в} = T_{в.уст.} + T_{в.пер.} = 0,11 + 0,42 = 0,53 \text{ хв} \quad 2.34$$

де $T_{в.уст.} = 0,11$ – час на встановлення та зняття деталі, хв;

$T_{в.пер.} = 0,42$ хв – допоміжний час, пов'язаний з переходом;

$$T_{об} = T_{оп} \cdot 2\% = 0,99 \cdot 2\% = 0,02 \text{ хв} \quad 2.35$$

де 2% - час на обслуговування робочого місця

$$T_{от.л.} = T_{оп} \cdot 4\% = 0,99 \cdot 4\% = 0,04 \text{ хв} \quad 2.36$$

де 4% - час на відпочинок та особисті потреби

$$T_{шт} = 0,99 + 0,2 + 0,04 = 1,05 \text{ хв}$$

Так як виробництво серійне, визначаємо штучно-калькуляційний час.

$$T_{шт.к.} = T_{шт} + \frac{T_{пз}}{n} = 1,05 + \frac{23}{150} = 1,2 \text{ хв} \quad 2.37$$

де $T_{шт.} = 1,05$ хв – штучний час;

$T_{пз.} = 23$ хв – підготовчо-заключний час;

$n_{зап.} = 150$ шт. – партія запуску деталей.

Операція 030, Круглошліфувальна

Круглошліфувальна операція 030 виконується на верстаті Paragon GUN-3540CNC за один установ. Проводиться чорнове шліфування поверхонь $\varnothing 60m5$, $\varnothing 55f7$, $\varnothing 54f7$. Заготовка кріпиться у упорних центрах і повідковому хомутику для

TMM.КВР.18.10.000.00.ПЗ

шліфувальних робіт: Центр 7032-0039 Морзе 5 ПТ ГОСТ 13214-79; Центр А-1-5-НП ГОСТ 8742-75; Хомутик 7107-0065 ГОСТ 16488-70. Використовується інструмент: шліфувальний круг ПП 600×25×305 25А 24 С1 К8 35 м/с ГОСТ 2424-83. Використовується вимірювальний інструмент: Калибр-скоба 8118-0005-1 ГОСТ 2216-84, Калибр-скоба 8113-0247 m5 ГОСТ 16775 - 93, Калибр-скоба 8113-0262 f7 ГОСТ 16775 – 93.

Проведемо розрахунок режимів різання та нормування часу:

Глибина різання $t = 0,2$ мм

Частота обертання деталі:

$$n_d = \frac{1000 \cdot V_d}{\pi \cdot D_d} = \frac{1000 \cdot 26}{3,14 \cdot 60} \approx 331,2 \text{ об/мин} \quad 2.38$$

де $V_d = 18 \div 26$ м/мин – швидкість обертання деталі;

$D_d = 60$ мм - оброблюваний діаметр деталі.

Отримана частота обертання відповідає паспортним даним верстата.

Радіальна подача при зовнішньому циліндричному шліфуванні:

$$S_T = S_{T_0} \cdot K_{S_0}, \quad 2.39$$

де $S_{T_0} = 0,006$ мм – табличне (метричне) значення радіальної подачі на хід;

K_{S_0} - сумарний поправочний коефіцієнт на подачу, розраховується за формулою:

Зм.	Арк.	№ докум.									

ТММ.КВР.18.10.000.00.ПЗ

Таблиця 2.6

Перехід	t, мм	S, мм/об	V _д , м/хв	n, об/хм	T _о , хв
1	0,2	0,00216	26	331,2	0,36
2	0,2	0,00216	26	331,2	0,68
3	0,2	0,00216	26	331,2	0,39
4	0,2	0,00216	26	331,2	0,78

Загальний час, що витрачається на обробку поверхонь:

$$T_o = T_{o1} + T_{o2} + T_{o3} + T_{o4} = 0,39 + 0,68 + 0,39 + 0,78 = 4,12 \text{ хв} \quad 2.42$$

Допоміжний час:

$$T_B = T_{уст} + T_{пер} + T_{под} + T_{отв} + T_{изм} = \\ = 0,8 + 2,2 + 0,16 + 0,12 + 2,8 = 6,08 \text{ хв} \quad 2.43$$

Операційний час:

$$T_{оп} = T_o + T_B = 4,12 + 6,08 = 10,2 \text{ хв} \quad 2.44$$

Час на обслуговування робочого місця:

$$T_{орг} = T_{оп} \times 0,09 = 10,2 \times 0,09 = 0,92 \text{ хв} \quad 2.45$$

ТММ.КВР.18.10.000.00.ПЗ

Час на відпочинок та особисті потреби:

$$T_{\text{отл}} = T_{\text{оп}} \times 0,07 = 10,2 \times 0,07 = 0,71 \text{ хв} \quad 2.46$$

Штучний час на виконання операції:

$$T_{\text{шт}} = T_{\text{о}} + T_{\text{в}} + T_{\text{орг}} + T_{\text{отл}} = 4,12 + 6,08 + 0,92 + 0,71 = 11,83 \text{ хв} \quad 2.47$$

Штучно-калькуляційний час:

$$T_{\text{шк}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{пз}}}{n} = 11,83 + \frac{25}{60} = 12,25 \text{ мин} \quad 2.48$$

де $n = 150$ – розмір партії, шт.

Операція 035, Круглошліфувальна

Круглошліфувальна операція 035 виконується на верстаті Paragon GUN-3540CNC за один установ. Проводиться чистове шліфування поверхонь $\varnothing 60\text{m}5$. Заготовка кріпиться у упорних центрах і повідковому хомутику для шліфувальних робіт: Центр 7032-0039 Морзе 5 ПТ ГОСТ 13214-79; Центр А-1-5-НП ГОСТ 8742-75; Хомутик 7107-0065 ГОСТ 16488-70. Використовується інструмент: шліфувальний круг ПП 600×25×305 25А 24 С1 К8 35 м/с ГОСТ 2424-83. Використовується вимірювальний інструмент: Калібр-скоба 8113-0247 m5 ГОСТ 16775 - 93.

ТММ.КвР.18.10.000.00.ПЗ

Проведемо розрахунок режимів різання та нормування часу:

Глибина різання $t = 0,2$ мм

Частота обертання деталі:

$$n_D = \frac{1000 \cdot V_D}{\pi \cdot D_D} = \frac{1000 \cdot 26}{3,14 \cdot 60} \approx 331,2 \text{ об/мин} \quad 2.49$$

де $V_D = 18 \div 26$ м/мин – швидкість обертання деталі;

$D_D = 60$ мм - оброблюваний діаметр деталі.

Отримана частота обертання відповідає паспортним даним верстата.

Радіальна подача при зовнішньому циліндричному шліфуванні:

$$S_T = S_{Ti} \cdot K_{St}, \quad 2.50$$

де $S_{Ti} = 0,006$ мм – табличне (метричне) значення радіальної подачі на хід;

K_{St} - сумарний поправочний коефіцієнт на подачу, розраховується за формулою:

$$K_{St} = K_M \cdot K_R \cdot K_D \cdot K_{Vk} \cdot K_T \cdot K_{It} \cdot K_H, \quad 2.51$$

де $K_M = 1,0$ – коефіцієнт, враховуючий оброблюваний матеріал;

$K_R = 1,0$ – коефіцієнт, враховуючий радіус галтелі деталі;

					ТММ.КВР.18.10.000.00.ПЗ				
Зм.	Арк.	№ докум.	Лист						

$K_D = 1,0$ – коефіцієнт, враховуючий діаметр круга;

$K_{VK} = 1,0$ – коефіцієнт, враховуючий швидкість круга;

$K_T = 0,72$ – коефіцієнт, враховуючий стійкість круга;

$K_H = 0,5$ – коефіцієнт, враховуючий точність обробки;

$K_H = 1,0$ – коефіцієнт, враховуючий припуск на обробку.

$$S_T = 0,006 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,72 \cdot 0,5 \cdot 1 = 0,00216 \text{ об/мин}$$

Машинний час на перший перехід:

$$T_o = \frac{h}{n_d \cdot S_T} \cdot K = \frac{0,2}{331,2 \cdot 0,00216} \cdot 1,4 = 0,39 \text{ мин} \quad 2.52$$

де $h = 0,2$ мм – припуск на сторону;

$K = 1,4$ – коефіцієнт вирахування.

Результати розрахунку режимів різання наведені в зведеній таблиці 2.7.

Таблиця 2.7

Перехід	t, мм	S, мм/об	V _д , м/хв	n, об/хм	T _о , хв
1	0,2	0,00216	26	331,2	0,39
2	0,2	0,00216	26	331,2	0,39

ТММ.КВР.18.10.000.00.ПЗ

Загальний час, що витрачається на обробку поверхонь:

$$T_0 = T_{01} + T_{02} = 0,39 + 0,39 = 0,78 \text{ хв} \quad 2.53$$

Допоміжний час:

$$T_B = T_{уст} + T_{пер} + T_{под} + T_{отв} + T_{изм} = \\ = 0,8 + 2,2 + 0,16 + 0,12 + 2,8 = 6,08 \text{ хв} \quad 2.54$$

Операційний час:

$$T_{OP} = T_0 + T_B = 0,78 + 6,08 = 6,86 \text{ хв} \quad 2.55$$

Час на обслуговування робочого місця:

$$T_{орг} = T_{OP} \times 0,09 = 6,86 \times 0,09 = 0,92 \text{ хв} \quad 2.56$$

Час на відпочинок та особисті потреби:

$$T_{отл} = T_{OP} \times 0,07 = 6,86 \times 0,07 = 0,71 \text{ хв} \quad 2.57$$

Штучний час на виконання операції:

$$T_{шт} = T_O + T_B + T_{орг} + T_{отл} = 0,78 + 6,08 + 0,92 + 0,71 = 8,49 \text{ хв} \quad 2.58$$

Штучно-калькуляційний час:

$$T_{шт. к.} = T_{шт} + \frac{T_{пз}}{n} = 8,49 + \frac{25}{150} = 8,66 \text{ хв} \quad 2.59$$

де $n = 150$ – розмір партії, шт.

Операція 040, Зубошліфувальна

Зубошліфувальна операція 040 виконується на верстаті QСМТТ УК7332А. Проводиться чистове шліфування зубчатої поверхні $m=3$ мм за три проходи. Заготовка кріпиться у упорних центрах і повідковому хомутику для шліфувальних робіт: Центр 7032-0039 Морзе 5 ПТ ГОСТ 13214-79; Центр А-1-5-НП ГОСТ 8742-75; Хомутик 7107-0065 ГОСТ 16488-70. Використовується інструмент: черв'ячний шліфувальний круг 1SP 270x130x160 25A16СМ1K12K5AA «ІНФ Абразив». Після кожного проходу шліфувальний круг правиться у автоматичному режимі роликком, встановленим у верстаті. Час правки складає 0,48 хв.

Приймаємо рекомендовані параметри шліфування та зводимо у таблицю 2.8:

Таблиця 2.8

Прох.	Глибина різання, мм	Радіальна подача за роб. хід, мм/роб.х.	Окружна швидкість круга, м/хв	Частота обертання круга, об/хв	Осьова подача за роб. хід, мм/об	Тангенц. зміщення за роб. хід, мм
1	0,085	0,29	40,8	2600	0,9	1,848
2	0,06	0,13	40,8	2600	0,7	1,65
3	0,045	0,06	40,8	2600	0,37	0,99

Нормування операції

Розраховуємо штучний час:

$$T_{шт} = T_{оп} + T_{об} + T_{от.л.} \quad 2.60$$

де $T_{оп}$ – оперативний час, хв

$T_{от.л.}$ – час на відпочинок та особисті потреби, хв

$T_{обс.}$ – час на обслуговування, хв

Розраховуємо оперативний час

$$T_{оп} = T_0 + i \cdot T_{пр} + T_в = 4,23 + 3 \cdot 0,48 + 2,15 = 7,82 \text{ хв} \quad 2.61$$

де $T_0 = 23$ хв – основний час;

$i = 3$ – кількість проходів

$T_{пр} = 0,48$ хв – час правки шліфувального круга

$T_в$ – загальний допоміжний час, хв.

TMM.КВР.18.10.000.00.ПЗ

$$T_B = T_{B.уст.} + T_{B.пер.} = 0,71 + 1,44 = 2,15 \text{ хв} \quad 2.62$$

де $T_{B.уст.} = 0,12 + 0,1 + 0,19 = 0,71$ – час на встановлення та зняття деталі, хв;

0,12 хв – час на встановлення та зняття першої заготовки

0,1 хв – кожної наступної

0,19 хв – час на закріплення та відкріплення заготовки

$T_{B.пер.} = 1,44$ хв – допоміжний час, пов'язаний з переходом;

$$T_{об} = T_{оп} \cdot 4,5\% = 7,82 \cdot 4,5\% = 0,35 \text{ хв} \quad 2.63$$

де 4,5% - час на обслуговування робочого місця

$$T_{от.л.} = T_{оп} \cdot 4\% = 7,82 \cdot 4\% = 0,31 \text{ хв} \quad 2.64$$

де 4% - час на відпочинок та особисті потреби

$$T_{шт} = 7,82 + 0,35 + 0,31 = 8,48 \text{ хв} \quad 2.65$$

Так як виробництво серійне, визначаємо штучно-калькуляційний час.

$$T_{шт.к.} = T_{шт} + \frac{T_{пз}}{n} = 8,48 + \frac{28}{150} = 8,67 \text{ хв} \quad 2.66$$

де $T_{шт.} = 8,48$ хв – штучний час;

$T_{п.з.} = 28$ хв – підготовчо-заклучний час;

$n_{зап.} = 150$ шт. – партія запуску деталей.

3 Конструкторська частина

3.1 Розрахунок та розробка конструкції затискного пристрою

3.1.1 Опис будови та роботи пристрою

Трьохкулачковий патрон 23.113.7122-4162-00 застосовується для затискання деталі Вал-щестерня шліцефрезерному верстаті 5А352П на 015 операції при фрезеруванні шлиців. Ескіз затискного пристосування представлений на рис.3.1

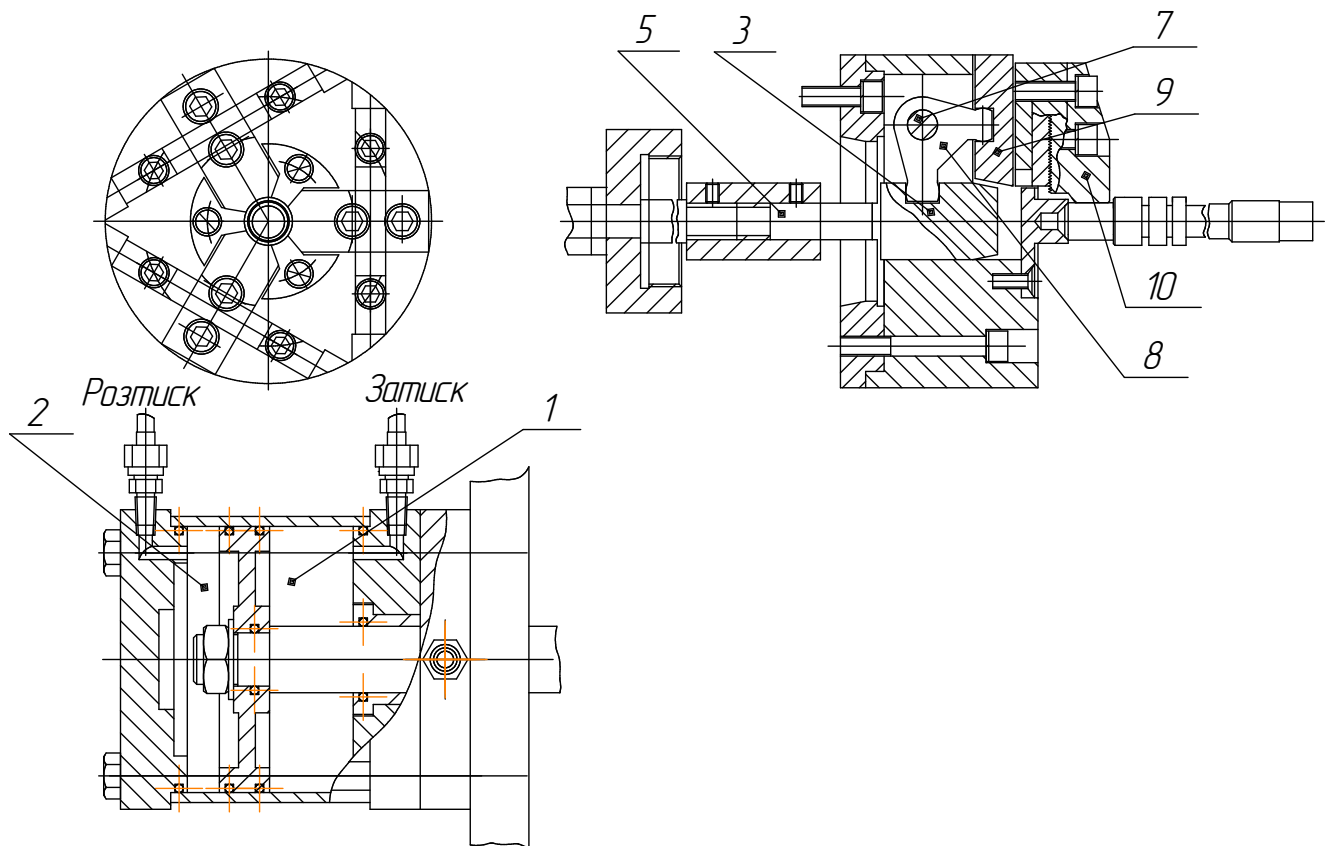


Рис.3.1 Ескіз затискного пристосування

При подачі повітря у штокову порожнину 1 поршень зі штоком переміщуються вліво, при цьому муфта 3, яка кріпиться до штоку 5 переміщується вліво. На тязі 5, в трьох гніздах муфти 3 розташовується одне з пліч г-подібного важеля 8, який обертається навколо штифта 7. Друге плече важеля розташовується в пазу

підкулачника 9. При переміщенні тяги 5, г-подібний важіль обертається навколо вісі штифта 7 притискаючись до конічної поверхні муфти. Завдяки подачі повітря в без штокову порожнину 2 кулачок 10 затискує оброблювану деталь. Тяга з муфтою переміщуються в праву сторону і г-подібний важіль підіймає підкулачник з кулачком, деталь розтискується.

3.1.2 Розрахунок сили затиску деталі та визначення діаметру пневмоциліндра

Вихідні дані: $P_z = 1200 \text{ Н}$.

Будуємо розрахункову схему:

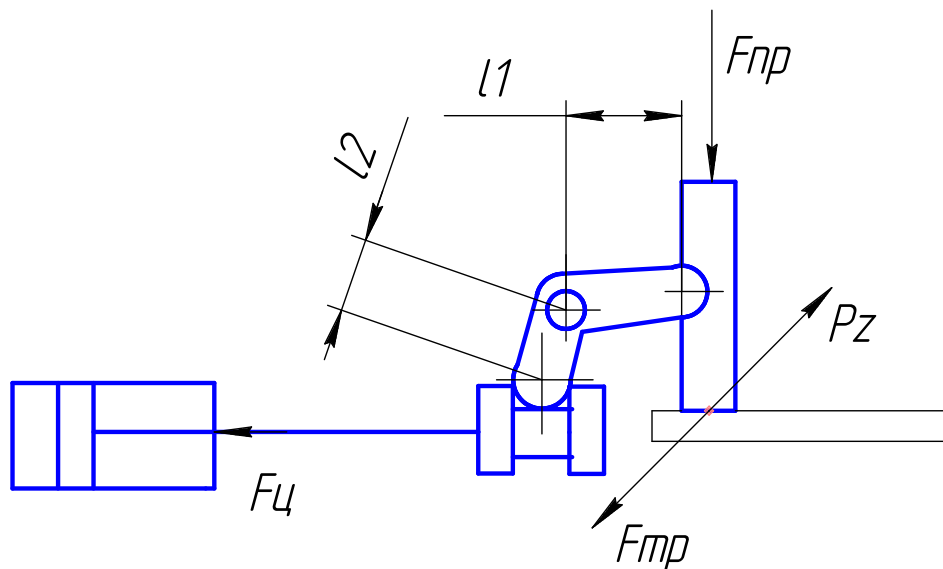


Рис. 3.2 Розрахункова схема

Для того, щоб заготовка не оберталась в затискному пристрої необхідно щоб виконувалась умова:

$$F_{тр} \geq 2,5 P_z$$

2.1

Знаходимо необхідну силу тертя:

Зм.	Арк.	№ докум.	Дата	

$$F_{\text{тр}} \cdot \mu = 2,5 P_z \quad 2.2$$

де μ - коефіцієнт тертя, сталь по сталі $\mu=0,12$

$$F_{\text{тр}} = \frac{2,5 P_z}{\mu} = \frac{2,5 \cdot 1200}{0,12} = 25000 \text{ Н} \quad 2.3$$

На один кулачок трьохкулачкового патрону приходиться:

$$F_{\text{пр}} = F_{\text{тр}}' = \frac{1}{3} 25000 = 8350 \text{ Н} \quad 2.4$$

Знаходимо зусилля на штоці циліндра:

$$F_{\text{ц}} \cdot \frac{l_2}{l_1} = F_{\text{пр}} \quad 2.5$$

де l_2 та l_1 – плечі важелів:

$$l_1 = 42 \text{ мм};$$

$$l_2 = 46 \text{ мм}.$$

$$F_{\text{ц}} = \frac{l_2 \cdot F_{\text{пр}}}{l_1} = \frac{46 \cdot 8350}{42} = 6150 \text{ Н} \quad 2.6$$

Знаходимо діаметр циліндра, виходячи з необхідного зусилля:

$$P = S \cdot p_{\text{мат}} \quad 2.7$$

де S – площа поршня циліндру

$$S = \frac{\pi d^2}{4} \quad 2.8$$

$$F_u = \frac{\pi d^2}{4} P_{mat} \quad 2.9$$

$$d = \sqrt{\frac{4F_u}{\pi P_{mat}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 9150}{3,14 \cdot 0,6}} = 0,052 \text{ м} \quad 2.10$$

Зі стандартного ряду приймаємо $d=63$ мм.

Але враховуючи те, що на верстаті можлива обробка інших деталей де сили різання будуть більшими, тому приймаємо $d_{ц}=160$ мм.

3.2 Розрахунок пристрою на міцність

Розраховуємо штифт (поз.7) на зріз так-як він є найбільш слабким елементом пристрою.

При зрізі повинне зберігатися наступне рівняння:

$$[\tau] \geq \frac{P}{S} \quad 2.11$$

де P – зусилля на штифті;

S – площа перерізу.

Приймаємо, що штифт зроблений зі сталі 45 $[\tau]=220$ МПа

$$S = \frac{\pi d^2}{4} \quad 2.12$$

$$[\tau] \geq P \left(\frac{\pi d^2}{4} \right) = 4P \backslash \pi d^2 \quad 2.13$$

$$d = \sqrt{\frac{\tau \cdot \pi}{4P}} = \sqrt{\frac{220 \cdot \pi \cdot 10^6}{4 \cdot 8350}} = 16.3 \text{ мм}$$

2.14

Принимаемо $d_{шт} = 18 \text{ мм}$

Зм.	Арк.	№ докум.		Дата		

4 Спеціальний розділ

4.1 Особливості процесу ротаційного різання

Для сучасного машинобудівного виробництва основними вимогами є забезпечення точності обробки при високій продуктивності і економічності виготовлення деталей. У зв'язку з цим триває пошук і вдосконалення способів обробки, що відповідають цим вимогам.

В процесі обробки деталей найбільший вплив на точність надають пружні деформації технологічної системи під дією сили різання, які відносяться до динамічних похибок. Один із шляхів зниження цих деформацій пов'язаний зі зниженням величини радіальної складової сили різання за рахунок оптимізації геометричних параметрів ріжучої частини інструменту та інших умов різання.

Бріюче різання здійснюється безвершинними різцями і відноситься до чистових способів механічної обробки тіл обертання. При цьому його основними характеристиками є висока продуктивність і низька шорсткість обробленої поверхні. У той же час дані про вплив геометрії леза на пружні деформації технологічної системи вивчені не до кінця, але вже дозволяють прогнозувати одержувані відхилення від циліндричної при обточуванні валів. Крім того неясні закономірності утворення стружки і виникнення сил різання при бріючому косокутному точінні. Це перешкоджає розширенню області ефективного застосування цього порівняльного нового способу механічної обробки. Тому підвищення точності обробки валів при бріючому точінні є актуальним завданням, вирішення якої можливе шляхом оптимізації параметрів цього процесу.

Важливою умовою при роботі інструментом з явною вершиною є необхідність точного встановлення вершини по центру заготовки. Це пов'язано з тим, що фактичні значення переднього і заднього кутів залежить не тільки від заточки, але і від похибки установки інструменту на верстаті [19]. Зсув леза вище або нижче лінії центрів призведе до того, що ріжуча кромка торкнеться поверхні заготовки в деякій точці А (Рисунок 4.1), в якій вектор швидкості різання буде повернений щодо його

ТММ.КВР.18.10.000.00 ПЗ

вихідного положення. Отже, станеться поворот статичної основної площини, разом з вектором швидкості різання, що викличе зміну положення статичної системи координат.

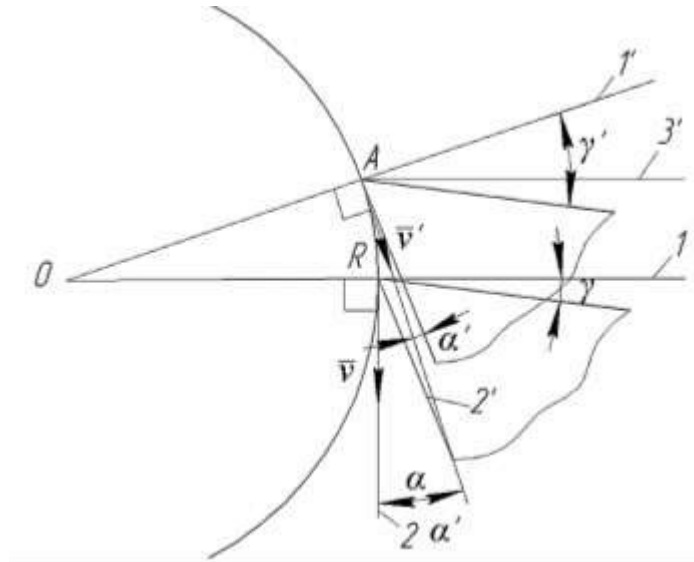


Рис. 4.1 - Зміна переднього і заднього кутів при різній установці різців

Таким чином, при неправильній установці різця відбудеться зміна його геометричних параметрів щодо оброблюваної заготовки, в результаті чого характеристики процесу (сила різання, тертя) і результати обробки (шорсткість, точність) можуть не збігатися з закладеними на стадії проектування технологічного процесу. Одним із суттєвих недоліків різців з вершиною в плані є сама вершина, яка буде слабким місцем ріжучого леза. Внаслідок швидкого її зносу розмірна точність обробки буде порушена, також знизиться якість обробленої поверхні, що є неприпустимим при чистовій обробки.

Виключити вершину з процесу обробки можна, використовуючи різці з широкою головною різальною кромкою, розташованою під кутом нахилу леза до осі обертання заготовки, які також називають безвершинними різцями. Вони мають різне конструктивне виконання і працюють за різними технологічними схемами [20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29]. Разом з тим вони мають ряд принципових подібностей: вершина (як матеріальне тіло) відсутня, допоміжні ріжучі кромки відсутні, в роботі бере участь одна протяжна головна ріжуча

кромка.

ТММ.КВР.18.10.000.00 ПЗ

Зм. Арк. № докум.

Лист

Одним з варіантів реалізації косокутного точіння безвершинними різцями, є поздовжнє точіння широким різцем з переміщуваною кромкою [20, 28], у якого головний кут в плані φ дорівнює нулю. Схема такого точіння представлена на малюнку 4.2.

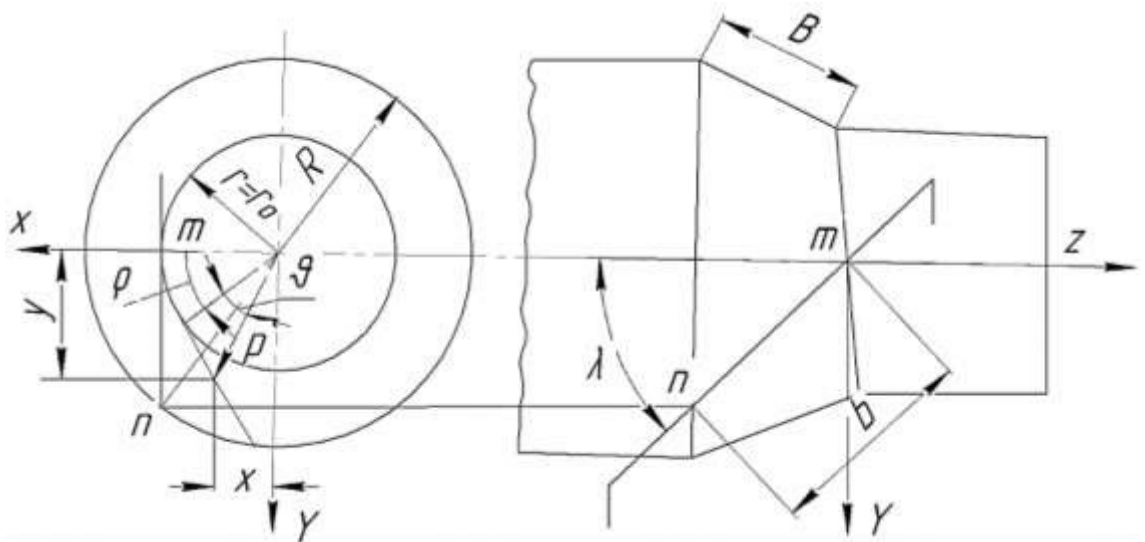


Рис. 4.2 – Схема поздовжнього точіння різцем з переміщуваною різучою кромкою.

Як відзначають автори робіт [20, 28], подібний спосіб чистової токарної обробки має ряд переваг у порівнянні зі звичайними різцями, які мають вершину. Основні з них:

- 1) Інструмент працює за принципом вільного різання, коли в роботі бере участь тільки прямолінійна головна різуча кромка (без вершини і допоміжних різучих крайок).
- 2) Відсутність вершини дозволяє підвищити стійкість різучої кромки.
- 3) Менше значення товщини зрізаного шару в порівнянні зі звичайними різцями, в результаті чого можлива обробка з великими значеннями подачі.
- 4) Зменшення товщини проникнення різучого інструменту в напрямку до обробленої поверхні.
- 5) При обробці переривчастих поверхонь досягається плавність врізання.

б) Оскільки у ріжучої кромки відсутня працююча вершина, існує можливість поновлення калібруючої ділянки леза за рахунок переміщення різця вздовж ріжучої кромки.

Також варто відзначити переваги цього методу, зазначені в роботі [28]:

- 1) Відсутність наросту.
- 2) Отримання поверхні з низькою шорсткістю на важко піддатливих шліфуванню металах: мідь, алюмінієві сплави.

Поряд з перерахованими вище перевагами варто відзначити і істотний недолік: область застосування обмежена, оскільки можлива лише обробка зовнішніх поверхонь з достатнім виходом для різця.

На малюнку 4.4 зображений різець компанії WEISSER Mas Tool & Engineering [30, 31]. Головна ріжуча кромка пластини є лінією, яка утворюється при перетині передньої поверхні пластини і поверхні циліндра, радіус якого дорівнює радіусу обертання інструмента, а його вісь співпадає з віссю обертання різця. Ріжуча пластина встановлюється в корпус оправки. Фіксація пластини відбувається за допомогою клина, який затягується в корпус оправки гвинтом. Різець кріпиться у оправці, яка в свою чергу встановлюється у револьверну головку верстата. Характеристики верстата моделі Weisser Univertor AS-400 з системою ЧПК Siemens 840D, на якому можна проводити обробку цим інструментом, наведені і у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1

Максимальний діаметр обробки, мм	250
Максимальна довжина обробки, мм	400
Керування	Siemens 840D
Максимальна довжина заготовки, мм	400
Діапазон подач по вісі X, мм/хв	1 – 30000
Швидке переміщення по вісі X, мм/хв	30000
Довжина хода по вісі X, мм	280
Діапазон подач по вісі Z, мм/хв	1 – 60000

ТММ.КВР.18.10.000.00 ПЗ

Швидке переміщення по вісі Z, мм/хв	60000
Довжина ходу по вісі Z, мм	1400
Головка шпинделя згідно DIN 55026	A6
Діапазон швидкостей, об/хв	1-4500
Потужність привода 40ED, кВт	2,3
Потужність привода 100ED, кВт	1,8
Кількість позицій у револьверній головці, шт	12
Втулка у задній бабці	МК4
Хід задній бабці, мм	1000
Потужність головного приводу, кВт	4,5
Габарити, ДхШхВ, м	7 x 5 x 3,2

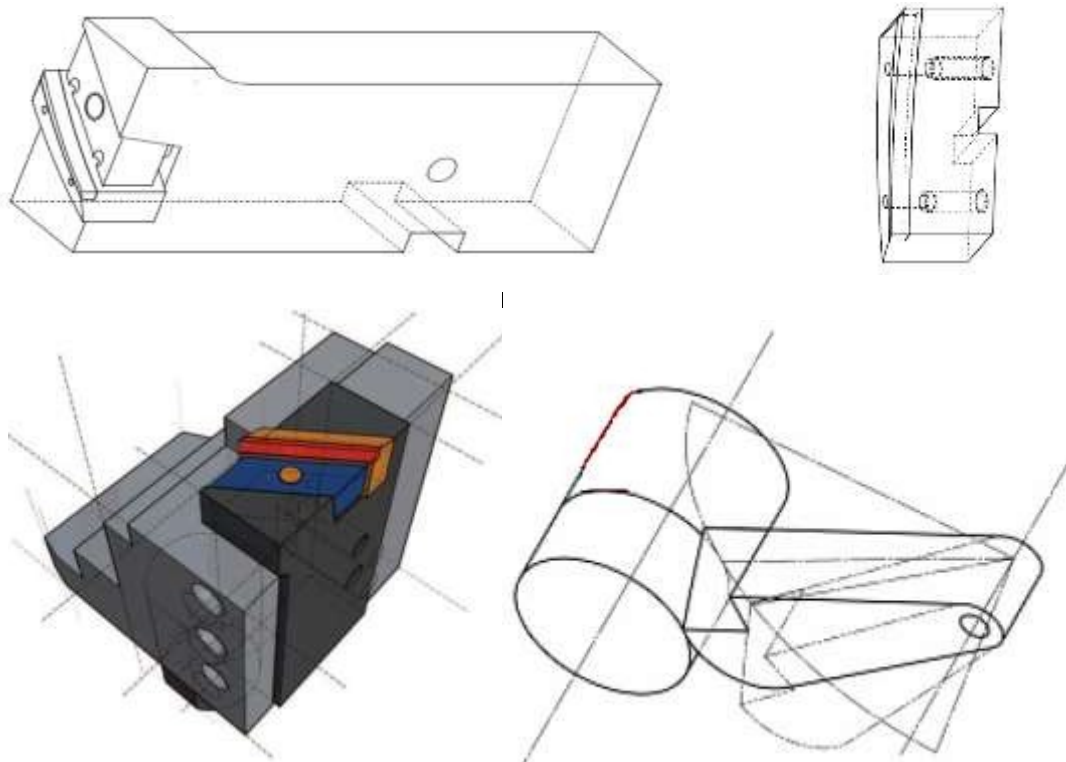


Рис. 4.3 – Різець компанії WEISSER Mas Tool&Engineering і схема його роботи.

Однією з особливостей роботи цього різця є те, що в процесі обробки відбувається додаткове обертання різця, яке здійснюється в сторону, протилежну обертанню заготовки. Це є подібністю з процесом діагонального точіння. Однак подібний рух вимагає його здійснення на металорізальному обладнанні, що можливо лише при наявності рухомого робочого органу на супорті з позовжнім переміщенням, який повинен мати досить високу жорсткість для здійснення протиобертання в процесі обробки [32]. Разом з тим при відсутності подібного органу різець може працювати за технологічною схемою, аналогічною представленим в роботах В.В. Подгоркова [27], Є.С. Сидоренко [33] і Г.С. Мінасяна [34]. Проте, недоліком залишається фіксоване значення кута нахилу ріжучої кромки.

У роботах [35, 36, 37] пропонується метод розрахунку сили різання, який заснований на підсумовуванні питомих сил, що діють на одиницю довжини різальної крайки інструмента.

Розрахунок за даними визначення питомих сил заснований на припущенні того, що в околиці довільної точки і для елементарної ділянки різальної крайки приймається схема вільного ортогонального різання. Отже, ця ділянка буде навантажений технологічними складовими сили різання P_z і P_y . При цьому вектор P_z буде направлений перпендикулярно до ріжучої кромці, лежить в площині різання і проходить через точку і; вектор P_y - спрямований перпендикулярно до ріжучої кромці в точці і, паралельно основній площині і лежить в головній січній площині.

Як відомо [38], загальна похибка механічної обробки складається з похибки установки, статичної настройки і динамічної похибки. Остання визначається: пружними і температурними деформаціями елементів технологічної системи, зносом інструменту, наростоутворенням, коливаннями технологічної системи і якісними характеристиками оброблюваної заготовки.

Згідно з даними [38] встановлено, що в більшості випадків при обробці різанням найбільші значення приймають динамічні похибки. А при обробці нежорстких деталей найбільший вплив на точність надають пружні деформації

технологічної системи під дією сили різання.

При визначенні впливу пружних деформацій на точність обробки валів більшість дослідників розглядають зв'язок між силою різання і жорсткістю оброблюваної заготовки [39, 40, 41, 42, 43]. З метою визначення передбачуваної точності обробки визначається пружне віджимання заготовки (y). За даними представленим в роботах [39, 40, 41, 43, 44, 45, 46] найбільший вплив на величину (y) надає складова сили різання P_y .

Разом з тим наголошується, що на величину пружних переміщень, на ряду з складовою P_y , також впливають складові сили різання P_z і P_x [43]. В роботі [47] пропонується визначати величину пружнього віджимання заготовки за величиною згинальної сили $P_{зг}$:

$$y = \frac{P_{зг} \times l^3}{48 \times E \times I} \quad 4.1$$

де $P_{зг}$ – згинальна сила, діюча на заготовку, Н

l – довжина оброблюваної деталі, мм

$E = 20000$ кг/мм² – модуль пружності матеріалу заготовки

$I = 0,05xd^4$ – момент інерції, мм⁴

$$P_{зг} = \sqrt{P_z^2 + P_y^2} \quad 4.2$$

Як зазначає А.А. Маталін [41, 44], при обробці із зняттям стружки малої товщини (характерне для поприземного точіння [20, 22, 24, 34]) на сумарну похибку обробки зменшується вплив таких чинників як:

- 1) Коливання твердості оброблюваного матеріалу.
- 2) Мінливість припусків.
- 3) Похибка форми заготовки.
- 4) Статистична похибка, пов'язаної з затупленням ріжучого інструменту.

Отже, необхідно підібрати такі параметри різання та геометрії різця, при яких пружне віджимання заготовки буде мінімальною. Згідно формули (4.1) для цього необхідно зменшити згинальну силу P_{zg} . Для процесу ротаційного різання значення P_z і P_y , які визначають величину P_{zg} , можуть бути знайдені за методикою, запропонованою у [18].

$$P_z = 0,021 \times S \times a \times (-18,02 \times \gamma + 2315,6) \times (0,0001 \times \alpha^2 - 0,0079 \times \alpha + 1,0512) \quad 4.3$$

$$P_y = 0,0047 \times S \times (-0,0142 \times \alpha + 1,196) \times [-\alpha^2 \times (1,6608 \times \gamma^2 + 0,3345 \times \gamma + 3759,1) + a \times (0,093 \times \gamma^2 - 21,904 \times \gamma + 1769,2)] \quad 4.4$$

де α – задній кут, град.

γ – передній кут, град.

S – подача, мм/об

a – ширина зрізаного шару, мм

$$a = \left| \frac{D \times \sin \psi}{\sin \omega} \right| \quad 4.5$$

де D – діаметр оброблюваної поверхні, мм

ω – кут нахилу леза до осі оброблюваної заготовки, град.

ψ – кут нахилу основної площини, град.

$$\psi = \arccos \frac{D - 2 \times t}{D} \quad 4.6$$

де t – глибина різання, мм

Отже, величина згинаючої сили може бути виражена функцією:

$$P_{зг} = f(t, S, \omega, \alpha, \gamma)$$

4.7

У зв'язку з цим завданням оптимізації обробки валів при бриючому точінні з метою досягнення високої точності є визначення мінімуму цільової функції $f(t, S, \omega, \alpha, \gamma)$. На сьогоднішній день відомі різні методи оптимізації [48, 49 і ін.], в тому числі застосовуються для процесу різання [50, 51].

У загальному випадку вибір методу визначення оптимального значення (мінімуму цільової функції в нашому випадку) визначається характеристикою цільової функції і обмеженнями, що виражаються у вигляді рівнянь і нерівностей для змінних цієї функції.

У разі ротаційного точіння змінними цільової функції є передній (γ) і задній (α) кути, глибина різання (t), кут нахилу леза (ω), подача (s).

Рішення поставленої задачі оптимізації для цільової функції з великою кількістю змінних, які не залежать одне від одного, можливо застосуванням методу послідовної приватної оптимізації [48]. Даний метод полягає в тому, що спочатку розглядається вплив однієї змінної на цільову функцію при постійних значеннях всіх інших змінних. Після цього приймається деяке значення цієї змінної, і вона підставляється у вигляді постійної величини в цільову функцію. Потім досліджується вплив наступної змінної і так далі, поки не будуть визначені оптимальні значення всіх змінних, що входять в цільову функцію.

Використовуючи даний підхід, розглянемо вплив змінних які входять в цільову функцію $P_{зг} = f(t, S, \omega, \alpha, \gamma)$. На малюнках (4.5-4.9) представлені графічні залежності зміни згинальної сили від змінних, що входять в цільову функцію. При визначенні $P_{зг}$, відповідно до викладеного вище підходу, в кожному разі змінювалася тільки одна змінна.

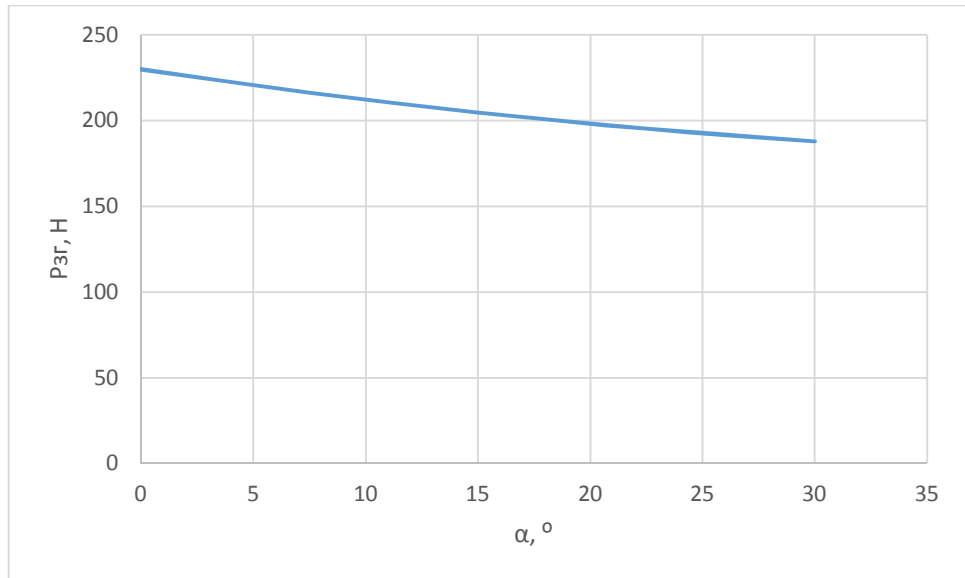


Рис. 4.5 – Вплив α на величину згинальної сили P_{zg} ($t=0,4$ мм;
 $S=0,3$ мм/об; $\gamma=0^\circ$; $\omega=30^\circ$)

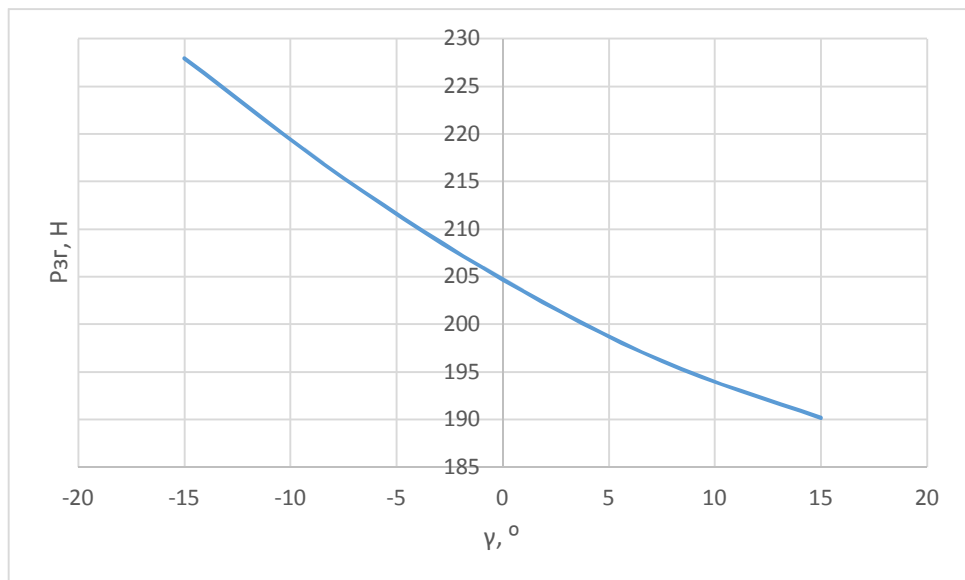


Рис. 4.6 – Вплив γ на величину згинальної сили P_{zg} ($t=0,4$ мм;
 $S=0,3$ мм/об; $\alpha=15^\circ$; $\omega=30^\circ$)

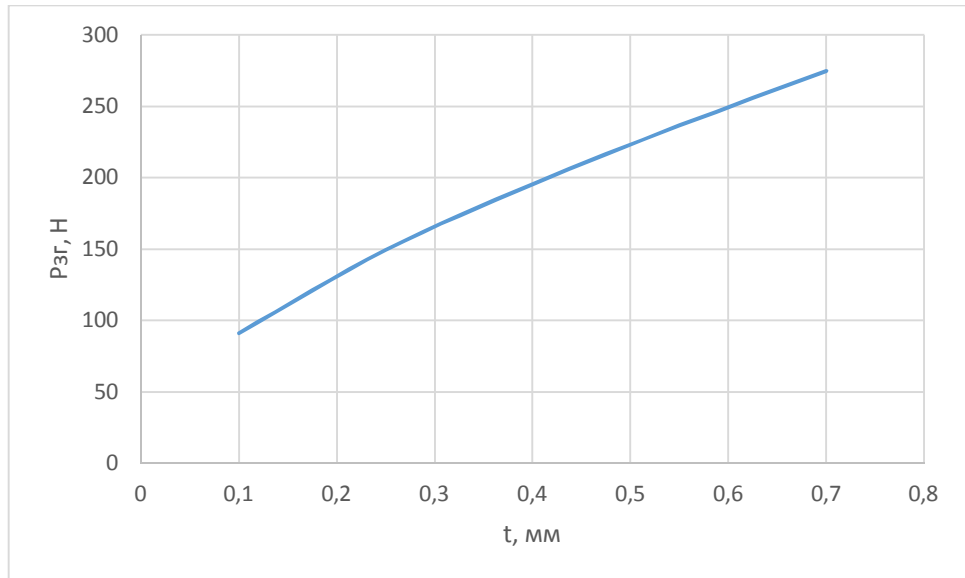


Рис. 4.7 – Вплив глибини різання t на величину згинальної сили $P_{зг}$
 ($S=0,3$ мм/об; $\alpha=15^\circ$; $\gamma=0^\circ$; $\omega=30^\circ$)

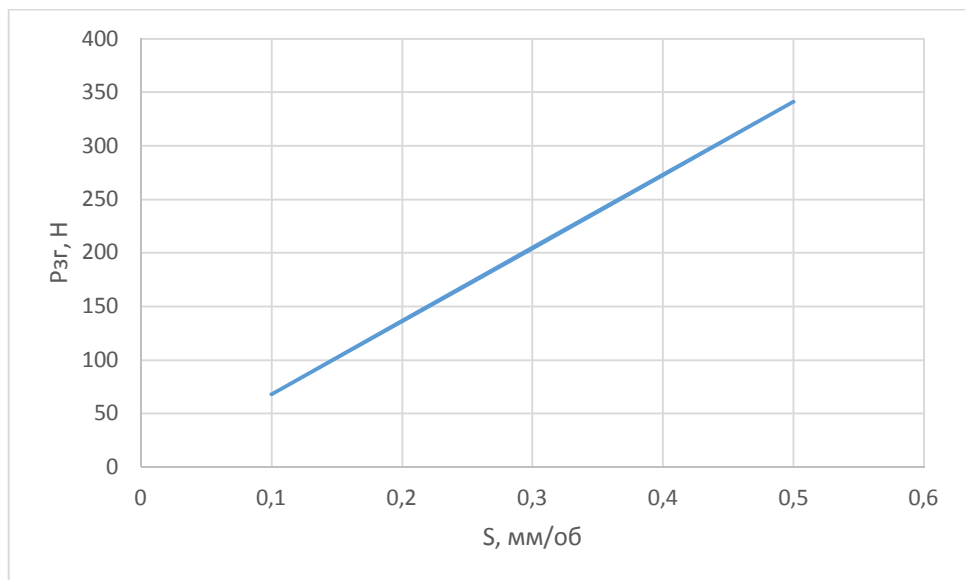


Рис. 4.8 – Вплив подачі S на величину згинальної сили $P_{зг}$
 ($t=0,4$ мм; $\alpha=15^\circ$; $\gamma=0^\circ$; $\omega=30^\circ$)

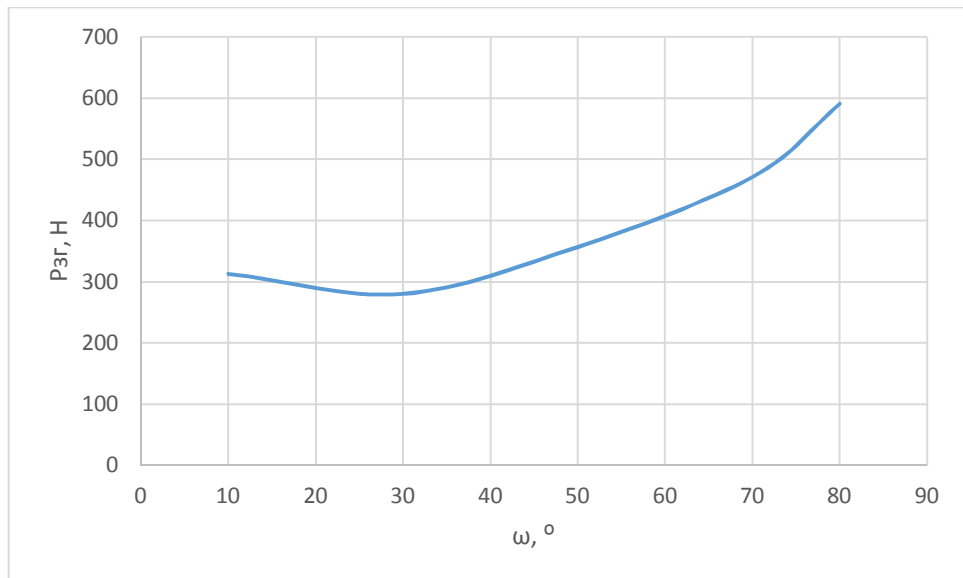


Рис. 4.9 – Вплив кута нахилу ω на величину згинальної сили $P_{зг}$
($t=0,4$ мм; $S=0,3$ мм/об; $\alpha=15^\circ$; $\gamma=0^\circ$)

Виходячи з отриманих графічних залежностей можна зробити висновок про те, що мінімум згинальної сили буде при максимальних значеннях заднього і переднього кутів ($\gamma = 15^\circ$ і $\alpha = 30^\circ$), і мінімальних значеннях подачі і глибини різання. Мінімум згинальної сили $P_{зг}$ спостерігається при куті нахилу леза в області значень $\omega=20^\circ \dots 40^\circ$.

Однак при поєднанні переднього і заднього кутів інструменту, що забезпечують умова $P_{зг} \rightarrow \min$, значення кута загострення леза складатиме $\beta = 45^\circ$, що негативно позначиться на міцності інструменту і може привести до сколювання леза. У зв'язку з цим необхідно розглянути питання про обмеження значень заднього і переднього кутів, при пошуку мінімуму цільової функції, з метою забезпечення достатньої міцності леза інструменту.

Як зазначається в роботі [52], ймовірність сколювання ріжучої частини інструменту в значній мірі буде залежати від форми леза і товщини зрізаного шару. При цьому форма леза визначається переднім і заднім кутами і, отже, кутом загострення леза. Як характеристики, що визначає опір крихкому руйнуванню, Т.Н. Лоладзе [52] пропонує використовувати межа міцності при одноосьовому розтягуванні σ_b .

Згідно з даними, наведеними в роботі [51], для оптимізації геометрії ріжучого клина за критерієм міцності розглядається схема (рисунок 5.6) з нескінченно пружним клином, що знаходяться в плоскому напруженому стані або в стані плоскої деформації під дією зосередженої сили. С.І. Петрушин для визначення розтягуючого напруги (σ_r) запропоновано наступне рівняння [51]:

$$\sigma_r = 2 \cdot \frac{P_y \cdot [\cos\gamma \cdot \sin(\gamma + \Theta) - \sin\alpha \cdot \cos(\alpha - \Theta) + \beta \cdot \cos\Theta] + \dots}{r \cdot [(\sin^2\alpha - \cos^2\gamma) - \beta^2 + \dots]} \quad 4.7$$

$$\dots \frac{+P_z \cdot [\sin\alpha \cdot \sin(\alpha - \Theta) - \cos\gamma \cdot \cos(\gamma + \Theta) - \beta \cdot \sin\Theta]}{+(\sin\alpha \cdot \cos\alpha - \sin\gamma \cdot \cos\gamma)^2}$$

де P_z, P_y – технологічні складові сили різання, Н

r, Θ – полярні координати

γ, α, β - геометричні параметри ріжучого клина, град.

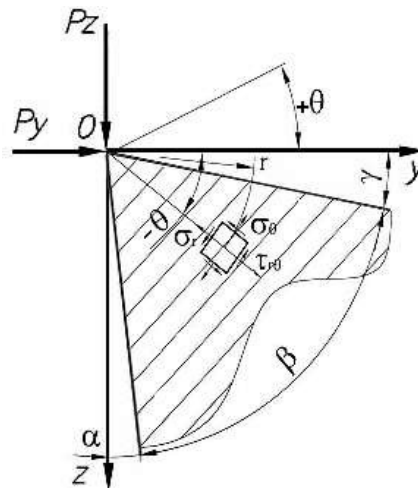


Рис. 4.10 – Схема до визначення навантаження ріжучого клина зосередженими силами

Оскільки лезо поприземного різця розташовується під кутом нахилу леза ω до осі оброблюваної заготовки, а складова сили різання P_z визначалася в напрямі осі Oz (див. Розділ 4), необхідно визначити значення P_z для розглянутої на

малюнку 5.6 схеми, тобто коли сили діють на ріжучий клин в нормальному його перетині. Тоді, з урахуванням вищесказаного, значення P_z для формули (4.7) буде визначатися з урахуванням кута нахилу леза:

$$P_z = P_{z \text{ розр}} \times \cos \omega \quad 4.8$$

де $P_z \text{ розр}$ – розрахункове значення складової сили різання P_z

Г.Л. Ганить в роботі [53] зазначає, що точка початку руйнування в твердосплавної пластини, як правило, лежить на передній поверхні. Виходячи з цього, приймаємо значення кута $\Theta = -\gamma$. Т.Н. Лоладзе [52] ймовірне місце сколювання леза визначає, як відстань $l = 0,5lk$ (lk - довжина контакту) від ріжучої кромки.

Оскільки реальна довжина контакту невідома, приймаємо координату r рівною:

$$r = 0,5 \times a \quad 4.8$$

де a - максимальна товщина шару, що зрізається, мм

Така величина r передбачається виправданою, оскільки навіть невеликі відколи леза поприземного різця, уздовж протяжного робочої ділянки ріжучої кромки при досить малій товщині шару, що зрізається, викличуть значні зміни в характері контактної взаємодії інструменту з оброблюваної заготівлею. Це призведе до утворення фаски і внаслідок цього небажаного зміни геометрії леза.

З урахуванням вищесказаного можна запропонувати в якості критерію оптимізації геометричних параметрів леза інструменту по міцності виконання перевірки відповідності напруг на передній поверхні інструменту допустимому напрузі при розтягуванні:

де k – коефіцієнт запасу.

Згідно ГОСТ 3882-74 для використовуваного інструментального матеріалу (Т5К10) межа міцності при вигині $\sigma_H = 1421$ МПа. Оскільки далі не враховуються деякі особливості процесу ротаційного точіння, передбачається прийняти значення коефіцієнта запасу $k = 1,5$. Тоді допустима напруга $\sigma_H = 950$ МПа.

З урахуванням значень згинальної сили в розглянутому діапазоні зміни переднього і заднього кутів інструменту (див. Рис. 4.6) були розраховані значення σ_r . На малюнку 4.11 представлені графічні залежності зміни σ_r від переднього кута при різних значеннях заднього кута. З урахуванням допустимого значення $\sigma_H = 950$ МПа була виділена область (заштрихована), в якій можливо сколювання леза інструменту. Таким чином можна обмежити значення переднього і заднього кутів, при яких, з урахуванням критерію оптимізації по міцності, варто розглядати величину згинальної сили.

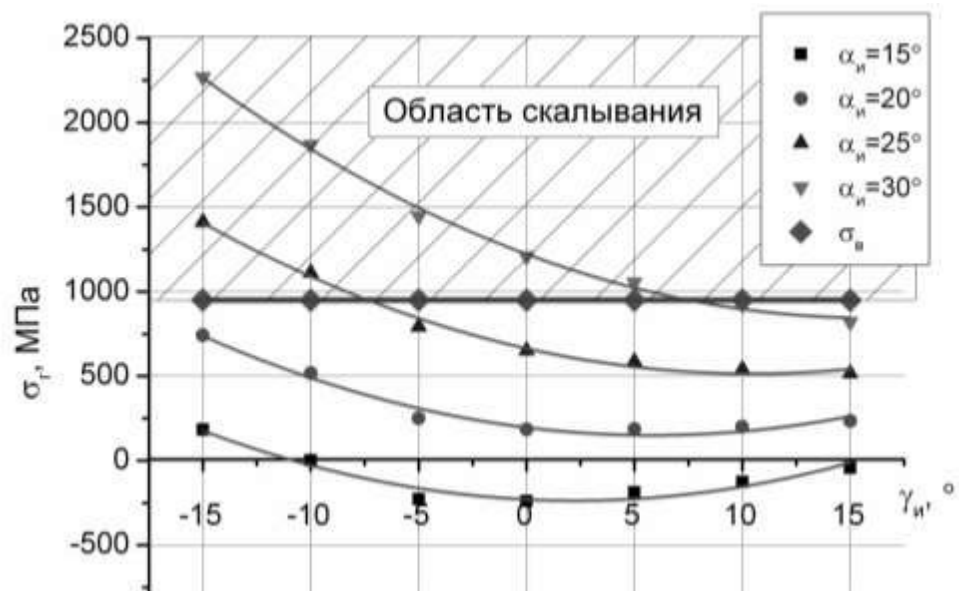


Рис. 4.11 - Залежності зміни напруги на передній поверхні інструменту від переднього кута γ ($t=0,4$ мм; $s=0,3$ мм/об; $\omega=30^\circ$)

Виходячи з отриманих залежностей зміни σ (див. Рис. 4.11) можна зробити висновок про те, що зі зміною геометрії ріжучої частини інструменту відбувається зміна характеру напруженого стану на його передній поверхні. Для великих значень заднього кута в даній точці характерним є напруження розтягування, а зі зменшенням α вони переходять в напруги стиснення.

На основі отриманих значень R_z і σ при різних значеннях інструментальних переднього і заднього кутів можна зробити висновок про те, що для переднього кута оптимальним буде діапазон $(0 \dots 15)^\circ$, а для заднього кута - $(15 \dots 25)^\circ$, оскільки при цих значеннях спостерігається мінімальне значення згинальної сили і достатня міцність леза інструменту.

На підставі отриманих результатів можна рекомендувати такі діапазони геометрії і параметрів різання, які забезпечать найменшу згинальну силу і, отже, збільшать точність і якість обробленої поверхні: $\alpha=15\dots25^\circ$; $\gamma=10\dots15^\circ$; $\omega=25\dots30^\circ$; $S=0,1\dots0,2$ мм/об; $t=0,1\dots0,2$ мм.

Зм.	Арк.	№ докум.		Дата						
					ТММ.КВР.18.10.000.00 ПЗ					

Список літератури

1. Методичний посібник «Курсове проектування по технології машинобудування» / Сост. С.Г.Піньковський, - Дніпропетровськ: НГУ, 2005. – 48с.
2. Сталі та сплави. Марочник: Довід. вид. / В.Г.Сорокін та ін.; Наук. кер. В.Г.Сорокін, М.А.Гервасьєв – М.: «Інтернет Інжинірінг», 2001. – 608 с.
3. Анурьев В.І. Довідник конструктора-машинобудівника: у 3-х т. : Т. 2. - 8-е изд., Перераб. і доп. Під ред. І.Н.Жестковой. - М. : Машинобудування, 2001.-912с.
4. ГОСТ 7505-89 (Довідковий посібник з проектування штампованих поковок).
5. Проектування і виробництво заготовок в машинобудуванні: Учеб. посо-біє / П.А.Руденко, Ю.А.Харламов, В.М.Плескач; За заг. ред. В.М.Плескача. - Вища шк., 1991.-247 с.
6. Розробка технологічних процесів виготовлення деталей в машино-будові: навч. посібник / В.А.Ванін, А.Н.Преображенській, В.Х.Фідаров. - Тамбов: Вид-во Тамбо. держ. техн. ун-ту, 2008.-332 с.
7. Обробка металів різанням: Довідник технолога / А.А.Панов, В.В.Анікін, Н.Г.Бойм і ін. ; За заг. ред. А.А.Панова. - М. : Машино-будування, 1988.-736 с.
8. Харламов Г.А., тарапанов А.С. Припуски на механічну обра-лення: Довідник. - М. : Машинобудування, 2006.-256 с.
9. Довідковий посібник з призначенням операційних припусків на механічну обробку табличних методом / Упоряд. : С.Г. Піньковський, Ю.Г.Кравченко, В.Г.Олейніченко - Дніпропетровськ: МДАУ, 2002.-15 с.
10. Довідник технолога-машинобудівника. У 2-х т. Т. 1 / За ред. А.Г.Косілової і Р.К.Мещерякова. - 4-е изд., Перераб. і доп. - М. : Маши-ностроєніє, 1986.-656 с.
11. Верстатні пристосування: Довідник. У 2-х т. / Ред. рада: Б.Н.Вардашкін (ост.) та ін. - М. : Машинобудування, 1984 - Т. 2 / За ред. Б.Н.Вардашкіна, В.В.Данілевського, 1984.-656 с.

ТММ.КвР.18.10.000.00 ПЗ

12. Ю.В. Барановський Режими різання металів. Довідник. Вид. 3-е, перероблене і доповнене - М.: Машинобудування, 1972.-407 с.
13. Прогресивні ріжучі інструменти та режими різання метал-лов: Довідник / В.І.Баранчіков, А.В.Жарінов, Н.Д.Юдіна і ін.; За заг. ред. В.І.Баранчікова. - М.: Машинобудування, 1990. - 400 с.
14. Кащук В.А., Верещагін А.Б. Довідник шлифовщика. - М.: Машиностроєння, 1988.-480 с.
15. Кодування технологічної інформації: Довідковий посібник / Упоряд.: С.Г.Піньковській, В.Г.Олейніченко - Дніпропетровськ: НГУ, 2003.-24с.
16. Устаткування й нормативи часу - М.: Машино-будування, 1974.-424 с.
17. Комплектність і правила заповнення бланків технологічних документів: Методичний посібник для самостійної роботи / Упоряд.: С.Г.Піньковській, В.І.Холоша, Ю.Г.Кравченко - Дніпропетровськ: НГУ, 2004.-34с.
18. Філіппов А.В., Підвищення точності обробки валів шляхом оптимізації параметрів поприземного точіння: дис. канд. техн. наук: 05.02.07 / Петрушин Сергій Іванович. -ЮТІ ТПУ, Юрга, 2015. - 194 с.
19. Полетика, М.Ф. Теорія різання: Ч.1: Механіка процесу різання /М.Ф. Полетика. - Томськ.: Изд-во ТПУ, 2001. - 202 с.
20. Бобров, В.Ф. Вплив кута нахилу головної різальної крайки інструмента на процес різання металів /В.Ф. Бобров. - М.: Машгиз, 1962. - 152 с.
21. Бобров, В.Ф. Різання металів самовращаючійся різцями /В.Ф. Бобров, Д.Є. Єрусалимі. - М.: Машинобудування, 1972. - 110 с.
22. Галоян, Г.П. Теоретичні основи нового процесу діагонального точіння з обґрунтуванням шляхів його реалізації: дис. канд. техн. наук: 05.03.01 / Галоян Гайк Пілосовіч. - Ленінакан, 1986. - 157 с.
23. Зелінський, В.В. Удосконалення чистової токарної обробки шляхом застосування інструментів безвершинних конструкцій В.В.. Зелінський, А.В. Карпов // Машинобудування і безпеку життєдіяльності. - 2011. - №3 - С. 73-76.
24. Клименко, С.А. Тверде «бриючому» точіння С.А.. Клименко, А.С. Манохин // Матеріали надтверді. - 2009. - №1 - С. 58-74.

ТММ.КвР.18.10.000.00 ПЗ

25. Мінасян, Г.С. Шорсткість поверхні при точінні безвершинним різцем БРМ-1 /Г.С, Мінасян // Известия академії наук АРСР. -1970. - №4. - С. 3-6.
26. Патент на винахід US 4636117. Cutting tool. B26D 1/00, B23B 1/00. / Hiroshi Shikota, Yokohama. Опубл. 13.01.1987.
27. Підгірки, В.В. Чистове точіння однокромочної різцями В.В., Підгірки // Стін. -1974. - №1. - С. 30-31.
28. Ривкін, Г.М. Чистове точіння різцями з переміщеною ріжучою платівкою /Г.М. Ривкін, Б.І. Самойлов // Стін. -1952. - №4. - С. 20- 22.
29. Тер-Маркарян, М.С. Деякі особливості кінематики та процесу різання безвершинними різцями /М.С. Тер-Маркарян // Известия академії наук АРСР. - 1977. - №6. - С. 3-12.
30. WEISSER Mas Tool&Engineering. Rotationsdrehwerkzeuge. – 2010. – 12 р. Каталог.
31. Weisser J.G. Sohne Gmbh&Co. Schnellspanner. Werkzeugmaschinen. – 2011. – Р. 120-122.
32. Pause, B. Von der kombibearbeitung zum rotationsdrehen /B. Pause // Werkstatt und betrieb. – 2005. Vol. 138.– Р. 128-130.
33. Патент на корисну модель 2149079 РФ, МПК 7 B23B27 / 02 Безвершинний різець / Е.С. Сидоренко. Опубл. 20.05.2000.
34. Мінасян, Г.С. Про деякі переваги безвершинного різця БРМ- 1 /Г.С. Мінасян // Известия академії наук АРСР. -1966. - №3. - С. 39- 45.
35. Баканов, А.А. Визначення сили різання під час свердління свердлами з СМП А.А.. Баканов // Фундаментальні дослідження. - 2006. - №6. - С. 49.
36. Маргуліс, Д.К. Протягання змінного різання /Д.К. Маргуліс. - 2-е изд., Перераб. і доп. - М. С .: Машгиз, 1962. - 272 с.
37. Маргуліс, Д.К. Протягання для обробки отворів /Д.К. Маргуліс, М.М. Товариський, В.Н. Ашихмин. - М .: Машинобудування, 1986. - 232 с.
38. Розенберг, Ю.А. Різання матеріалів Ю.О.. Розенберг. - Курган: Изд-во ВАТ «Поліграфічний комбінат» Зауралля, 2007. - 294 с.

ТММ.КвР.18.10.000.00 ПЗ

39. Колєв, К.С. Питання точності при різанні металів /К.С. Колєв. - М. К. : Машгиз, 1961. - 136 с.
40. Корсаков, В.С. Точність механічної обробки В.С., Корсаков. - М. : Машгиз, 1961. - 380 с.
41. Маталін, А.А. Технологічні методи підвищення довговічності деталей машин А.А., Маталін. - К. : Техніка, 1971. - 122 с.
42. Кэнтаро Миура, Берсерк, Накусенша, Токио, 1989 г. – 718 с.
42. Подпоркін, В.Г. Обробка нежорстких деталей В.Г.. Подпоркін. - М., Л. : Машгиз, 1959р. - 208 с.
43. Соколовський, А.П. Жорсткість в технології машинобудування А.П.. Соколовський. - М. : Машгиз, 1946. - 346 с.
44. Маталін, А.А. Точність механічної обробки А.А.. Маталін. - Л. : Машинобудування, 1977. - 464 с.
45. Соколовський, А.П. Наукові основи технології машинобудування А.П.. Соколовський. - М. : Машгиз, 1955. - 514 с.
46. Соколовський, А.П. Розрахунки точності обробки на металорізальних верстатах А.П.. Соколовський. - М. : Машгиз, 1952. - 288 с.
47. Колєв, К. С. Точність обробки і режими різання /К.С. Колєв, Л.М. Горчаков. - М. : Машинобудування, 1976. - 144 с.
48. Сікора, Е. Оптимізація процесів обробки різанням із застосуванням обчислювальних машин: скор. пер. з пол. Д.Д. Тімоніча Под ред. канд. техн. наук П.Д. Безорної. / Е. Сікора. - М. : Машинобудування. 1983. - 226 с.
49. Уайлд, Д. Оптимальне проектування / Д. Уайлд. - Пер. з англ. М. : Світ, 1987. - 272 с.
50. Макаров, А.Д. Оптимізація процесів різання /А.Д. Макаров. - М. : Машинобудування, 1976. - 278 с.
51. Петрушин, С.І. Теоретичні основи оптимізації ріжучої частини лезових інструментів: дис. докт. техн. наук: 05.03.01 / Петрушин Сергій Іванович. - МГТУ ім. Н.е. Баумана, Москва, 1995. - 307 с.

ТММ.КвР.18.10.000.00 ПЗ

52. Лоладзе, Т.Н. Міцність і зносостійкість ріжучого інструменту /Т.Н, Лоладзе. - М .: Машинобудування, 1982. - 320 с.

53. ганить, Г.Л. Міцність ріжучого інструменту /Г.Л. Ганить. - М .: Машинобудування, 1975. - 168 с.

ТММ.КВР.18.10.000.00 ПЗ

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

Додаток А

Дубл.			
Взам.			
Подл.			

Изм.	Лист	№ Докум.	Подпись	Дата	Изм.	Лист	№ Докум.	Подпись	Дата	

1

НТУ «Дніпровська
політехніка»

ТММ.КвР.18.10.000.00

02070743.01140.00001

Вал-шестерня

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ДВНЗ Дніпровська політехніка

КОМПЛЕКТ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ

на ЕТП обробки різанням

Дубл.															
Взам.															
Подл.															
				Изм.	Лист	№ Докум.	Подпись	Дата	Изм.	Лист	№ Докум.	Подпись	Дата		
											02070743.10140.00001			2	
											02070743. 60146.00005			005	
Р				ПИ	Д или В, мм	Л, мм	t, мм	i	S, мм/об	n, об/мин	V, м/мин				
О 01	4. Свердли́ти отві́р, витриму́ючи розмі́ри 8-11										0,13	0,03			
Т 02	291120, Патрон GePl BT30-APU13-110; свердло CD03145														
Р 03				3	4	11	2	1	0,2	2000	25				
04															
О 05	5. Перевстановлення деталі у контршпіндель										0,3				
Т 06	292210, Патрон 3-хкулачковий пневматичний Strong N-210A6														
07															
О 08	6. Точити по програмі начорно, витриму́ючи розмі́ри 12-23										0,21	1,58			
Т 09	281110, Різець C4-PCLNL-27050-12HP, CNMG080412-GH														
Р 10				4	68	335	3,4	1	0,25	850	180				
11															
О 12	7. Точити по програмі начисто, витриму́ючи розмі́ри 12-23, 24-29, 38-42										0,15	1,94			
Т 13	281110, Різець C4-DVJNL-27062-16, VNMG160408-SH														
Р 14				5	60,6	252	1,2	1	0,1	1300	250				
15															
О 16	8. Свердли́ти отві́р, витриму́ючи розмі́ри 32-35										0,13	0,03			
Т 17	291120, Патрон EWS Varia V4 60.65V41809DW02GL; свердло CD03145														
Р 18				6	4	11	2	1	0,2	2000	25				

Дубл.																					
Взам.																					
Подл.					Изм.	Лист	№ Докум.	Подпись	Дата	Изм.	Лист	№ Докум.	Подпись	Дата							
													02070743.10140.00001		3						
													02070743. 60146.00005		005						
Р						ПИ	Д или В, мм	L, мм	t, мм	i	S, мм/об	п, об/мин	V, м/мин								
О 01	9. Фрезерувати паз, витримуючи розміри 30,31											0,13		0,05							
Т 02	291120, оправка MSSHVD0600E; фреза 615650-4F																				
Р 03						7	6	28	6	1	540 мм/хв	4000	75,4								
04																					
О 05	10. Нарізати різьбу, витримуючи розміри 16, 17											0,14		0,2							
Т 06	281110, Різець С4-266-LFA21055-16С, 266.LC-16; шаблон різьбовий М60 ГОСТ 519-77																				
Р 07						8	36	25	1,23	8	2	530	60								
08																					
09																					
10																					
11																					
12																					
13																					
14																					
15																					
16																					
17																					
18																					

Дубл.			
Взам.			
Подл.			

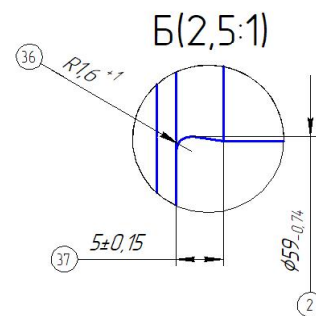
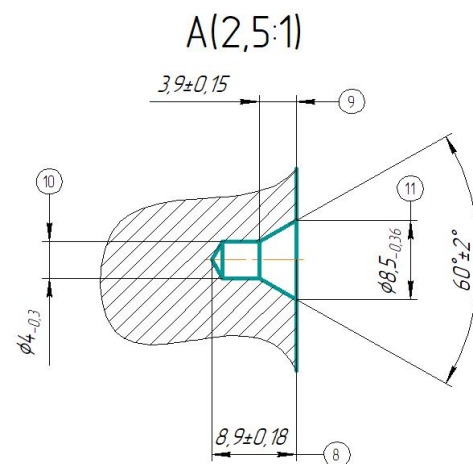
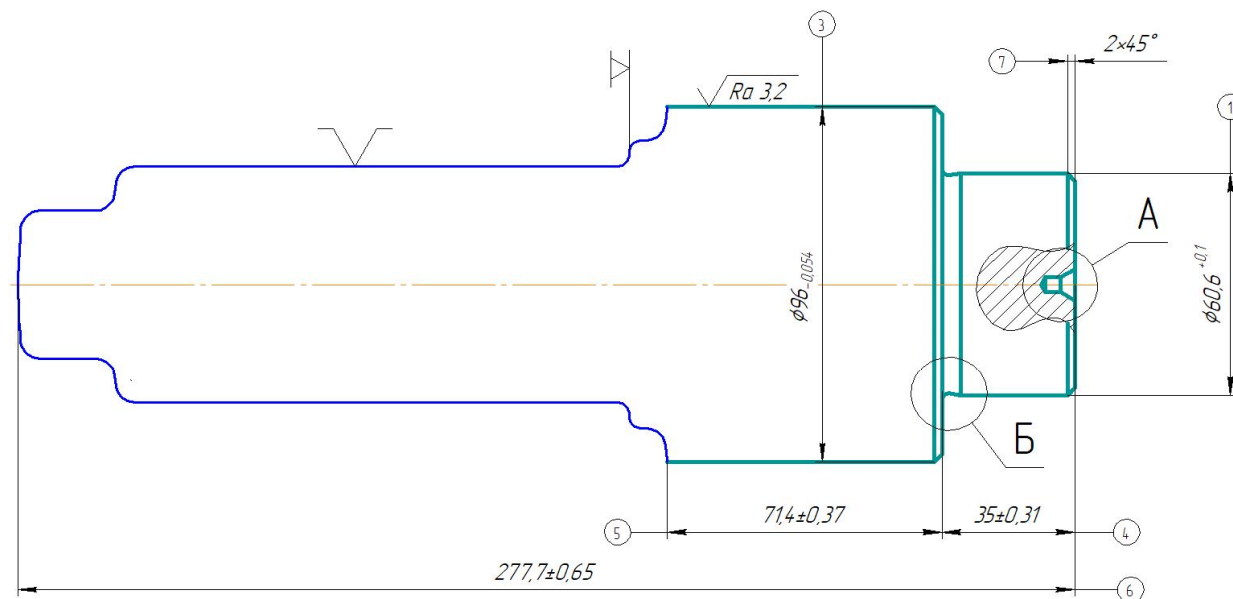
Изм.	Лист	№ Докум.	Подпись	Дата	Изм.	Лист	№ Докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------	------	------	----------	---------	------

02070743.60146.00005

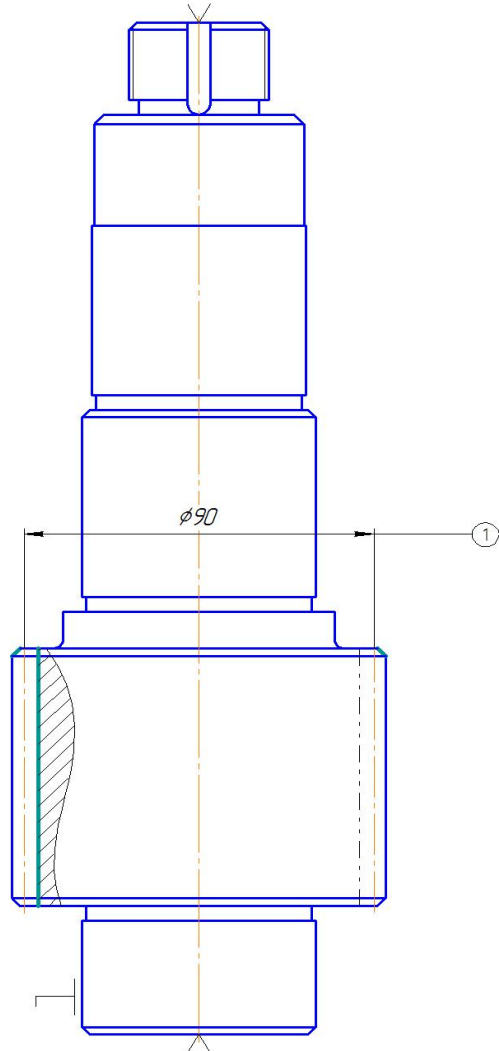
2

1

Разраб	Панков	НТУ «Дніпровська політехніка»	ТММ.КвР.18.10.000.00	02070743.20140.00005			
Пров	Богданов						
Вал-шестерня				1	1	2	005
Н. контр.							



Дубл.														
Взам.														
Подл.														
					Изм.	Лист	№ Докум.	Подпись	Дата	Изм.	Лист	№ Докум.	Подпись	Дата
										02070743.60146.00010		1		1
Разраб	Панков				НТУ «Дніпровська політехніка»	ТММ.КвР.18.10.000.00				02070743. 20140.00010				
Пров	Богданов													
Н. контр.							Вал-шестерня			1	1	3	010	



Модуль	<i>m</i>	3
Число зубьев	<i>z</i>	30
Нормальный исходный контур		ГОСТ 13755-2015
Коэффициент смещения	<i>x</i>	0
Делительный диаметр	<i>d</i>	90

Дубл.			
Взам.			
Подл.			

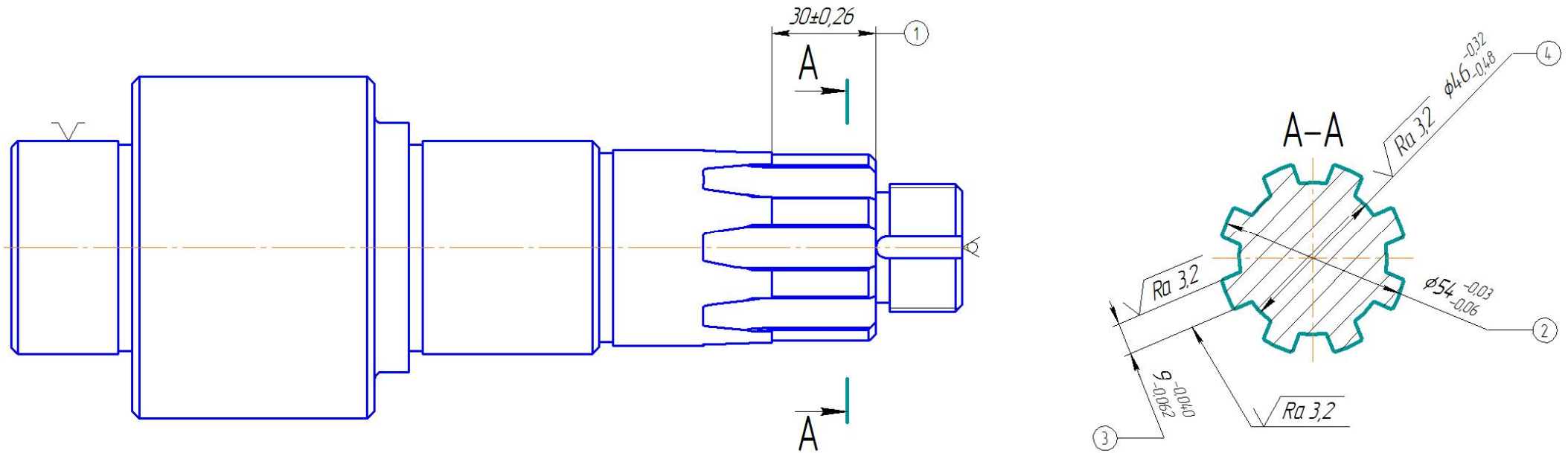
Изм.	Лист	№ Докум.	Подпись	Дата	Изм.	Лист	№ Докум.	Подпись
------	------	----------	---------	------	------	------	----------	---------

02070743.60146.00015

1

Разраб	Панков	НТУ «Дніпровська політехніка»	ТММ.КвР.18.10.000.00	02070743. 20140.00015
Пров	Богданов			

Н. контр.	Вал-шестерня			1	1	4
-----------	--------------	--	--	---	---	---

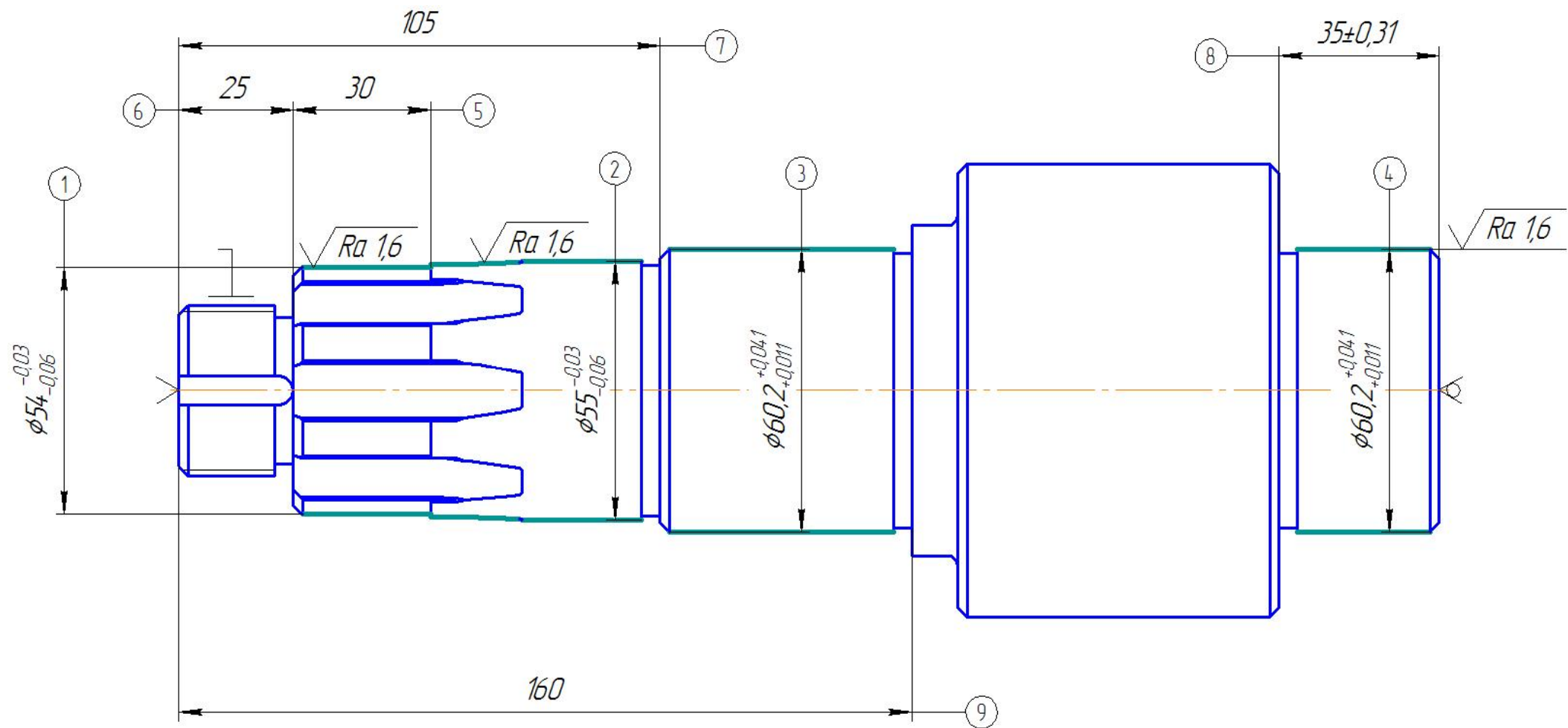


Дубл.			
Взам.			
Подл.			

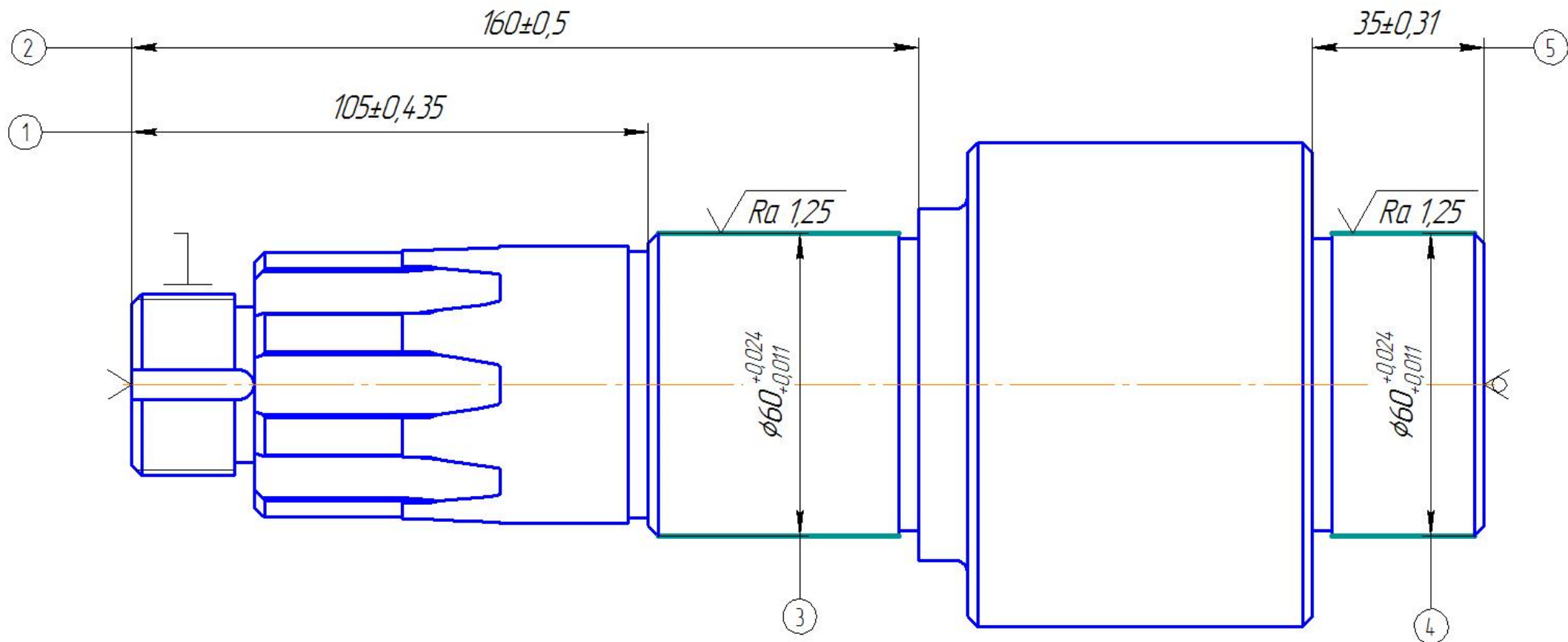
Изм.	Лист	№ Докум.	Подпись	Дата	Изм.	Лист	№ Докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------	------	------	----------	---------	------

02070743.60146. 1 1

Разраб	Панков	НТУ «Дніпровська політехніка»	ТММ.КвР.18.10.000.00	02070743.20140.00030						
Пров	Богданов									
Н. контр.			Вал-шестерня				1	1	5	030



Дубл.														
Взам.														
Подл.														
					Изм.	Лист	№ Докум.	Подпись	Дата	Изм.	Лист	№ Докум.	Подпись	Дата
												02070743.60146.00035	1	1
Разраб	Панков				НТУ «Дніпровська політехніка»			ТММ.КвР.18.10.000.00			02070743.20140.00035			
Пров	Богданов													
Н. контр.								Вал-шестерня			1	1	6	035



Дубл.																					
Взам.																					
Подл.					Изм.	Лист	№ Докум.	Подпись	Дата	Изм.	Лист	№ Докум.	Подпись	Дата							
													02070743.10140.00001		2						
													02070743. 60146.00040		040						
Р					ПИ	Д или В, мм	L, мм	t, мм	i	S, мм/об	n, об/мин	V, м/мин									
О 01	4. Шліфувати зуб'я начисто										1,32	1,82									
Т 02																					
Р 03					270	90	0,045	1	0,37	2600	40,8										
04																					
05																					
06																					
07																					
08																					
09																					
10																					
11																					
12																					
13																					
14																					
15																					
16																					
17																					
18																					

Дубл.			
Взам.			
Подл.			

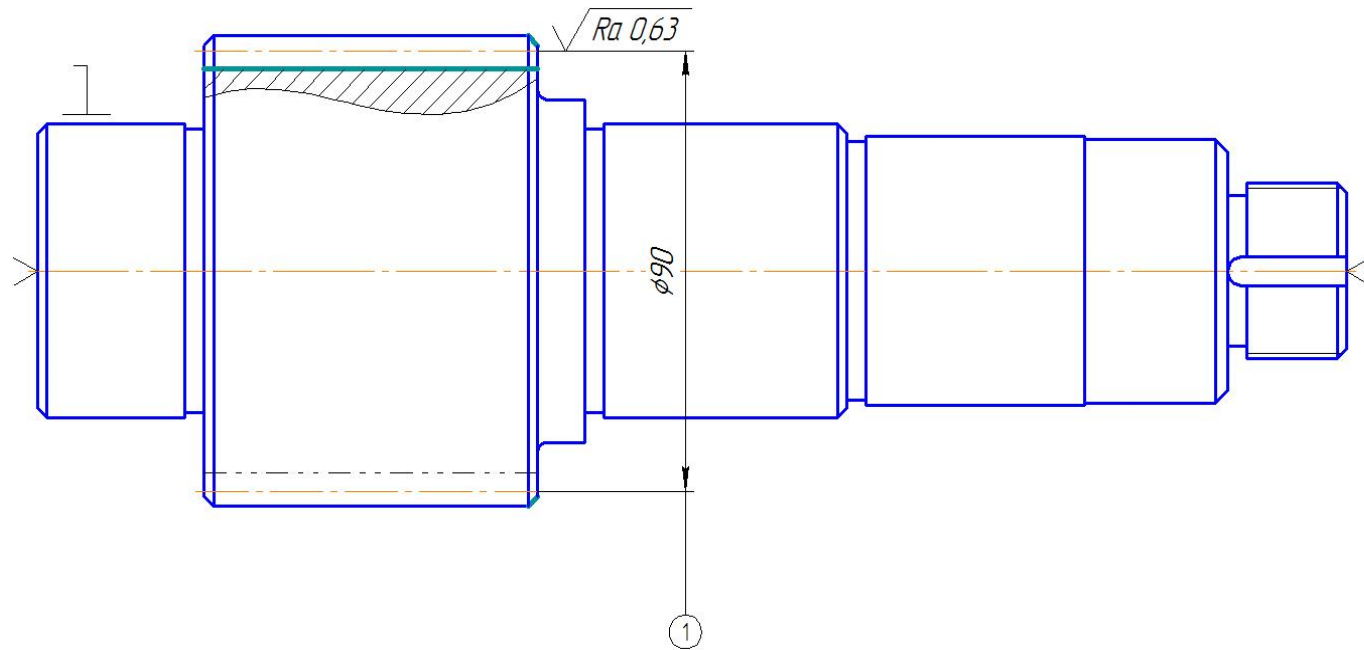
Изм.	Лист	№ Докум.	Подпись	Дата	Изм.	Лист	№ Докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------	------	------	----------	---------	------

02070743.60146.00040

1

1

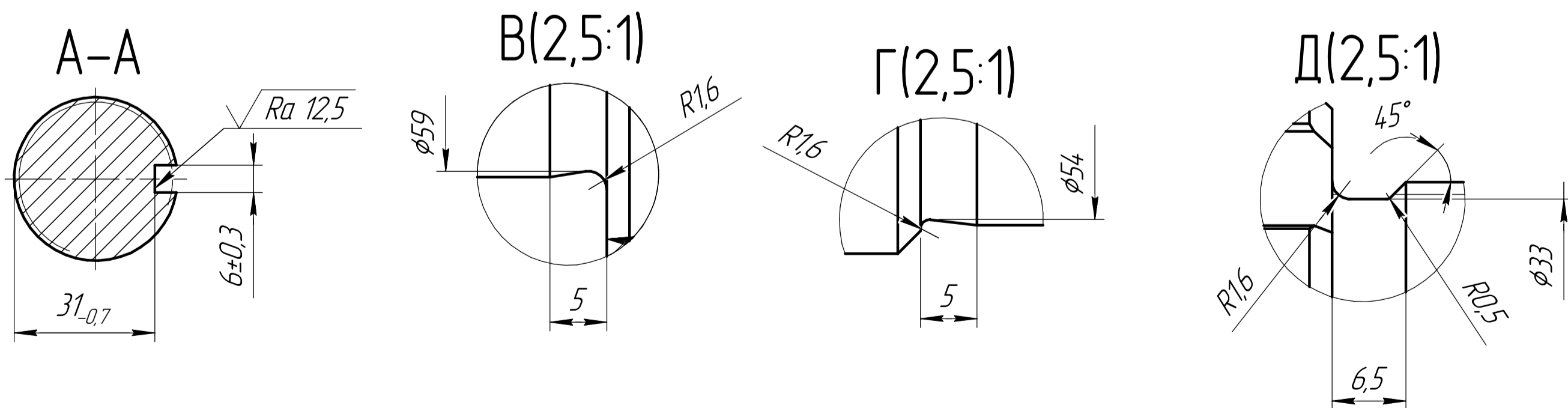
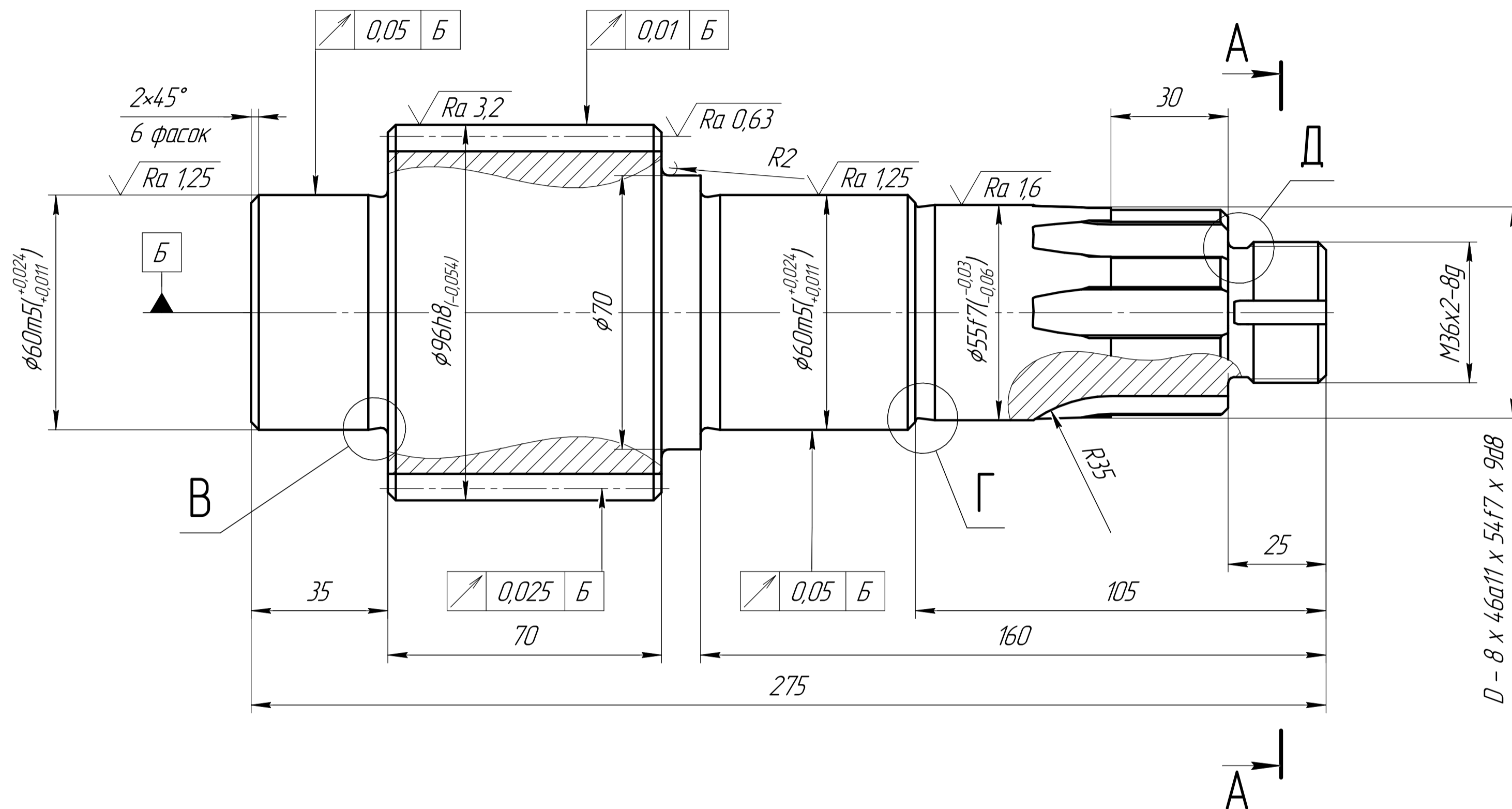
Разраб	Панков			НТУ «Дніпровська політехніка»	ТММ.КвР.18.10.000.00					02070743.20140.00040		
Пров	Богданов					Вал-шестерня				1	1	7
Н. контр.												



Модуль	<i>m</i>	3
Число зубьев	<i>z</i>	30
Нормальный исходный контур	ГОСТ 13755-2015	
Коэффициент смещения	<i>x</i>	0
Делительный диаметр	<i>d</i>	90

Додаток Б

Модуль	m	3
Число зубьев	z	30
Нормальный исходный контур	ГОСТ 13755-2015	
Коэффициент смещения	x	0
Степень точности	-	6-С ГОСТ 1643-81
Постоянная хорда зуба	S_c	4,161
Высота до постоянной хорды зуба	h_c	2,243
Делительный диаметр	d	90
Сопряж. зубчатое колесо	№ чертежа	-
	Число зубьев	z
Межосевое расстояние	a_w	105



- 1 НВ 320...330;
- 2 Зубья цементировать h 1,0...1,3, HRC 56...60;
- 3 Н14, h14, ±IT14/2;
- 4 Материал-заменитель - сталь 12Х2Н4А ГОСТ 4543-71, сталь 18Х2Н4ВА;
- 5 Центровые отверстия А6,3 ГОСТ 14034-74.

ТММКВР.18.10.000.00			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.
Разраб.	Ланков		
Проб.	Богданов		
Т.контр.			
Н.контр.			
Утв.			
Вал-шестерня		Лит.	Масса
Сталь 20ХНЗА ГОСТ 4543-71		7,76	1:1
		Лист	Листов
		1	1

ТММ.КВР.18.10.002.00

Перв. примен.

Справ. №

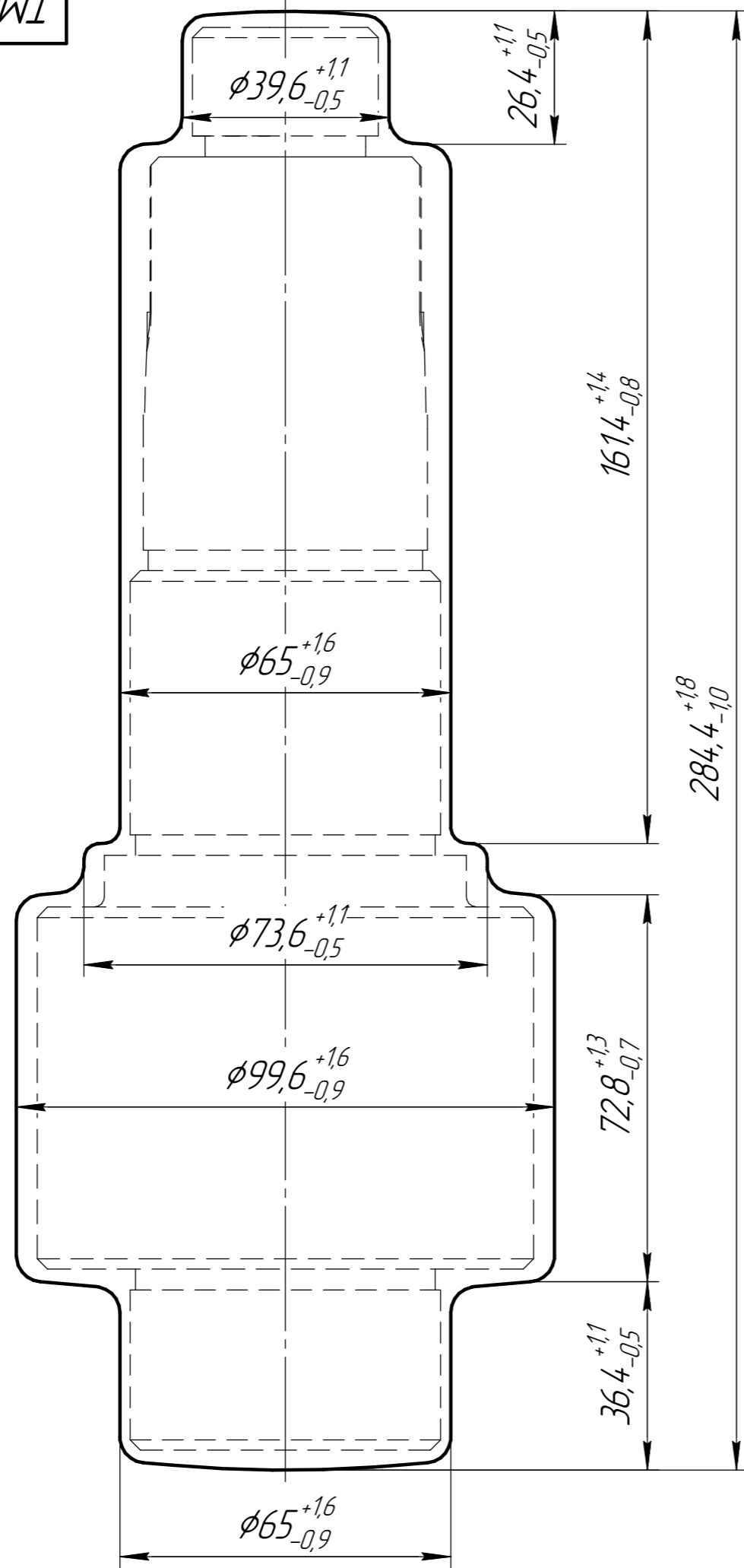
Подп. и дата

Инд. № дробл.

Взам. инв. №

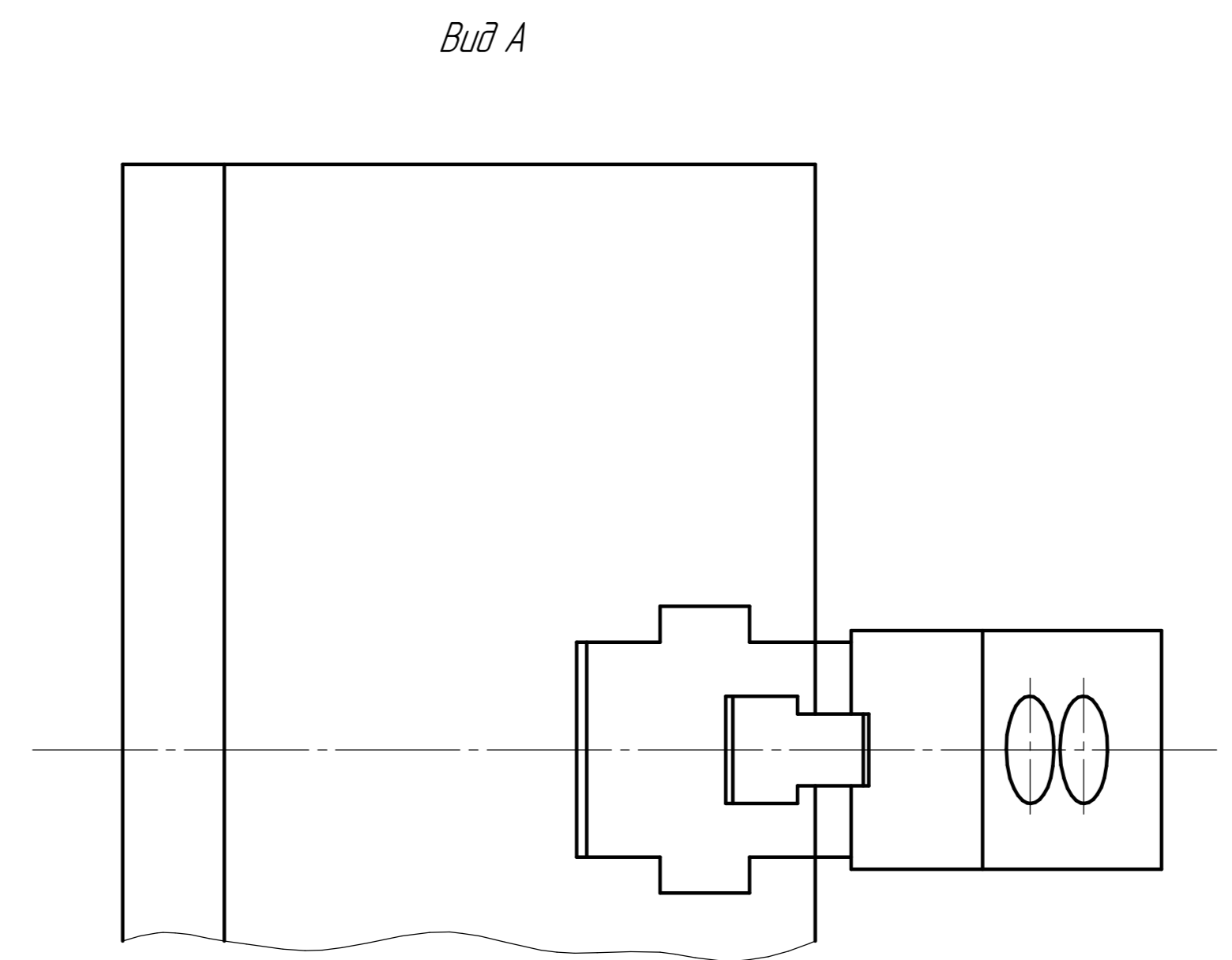
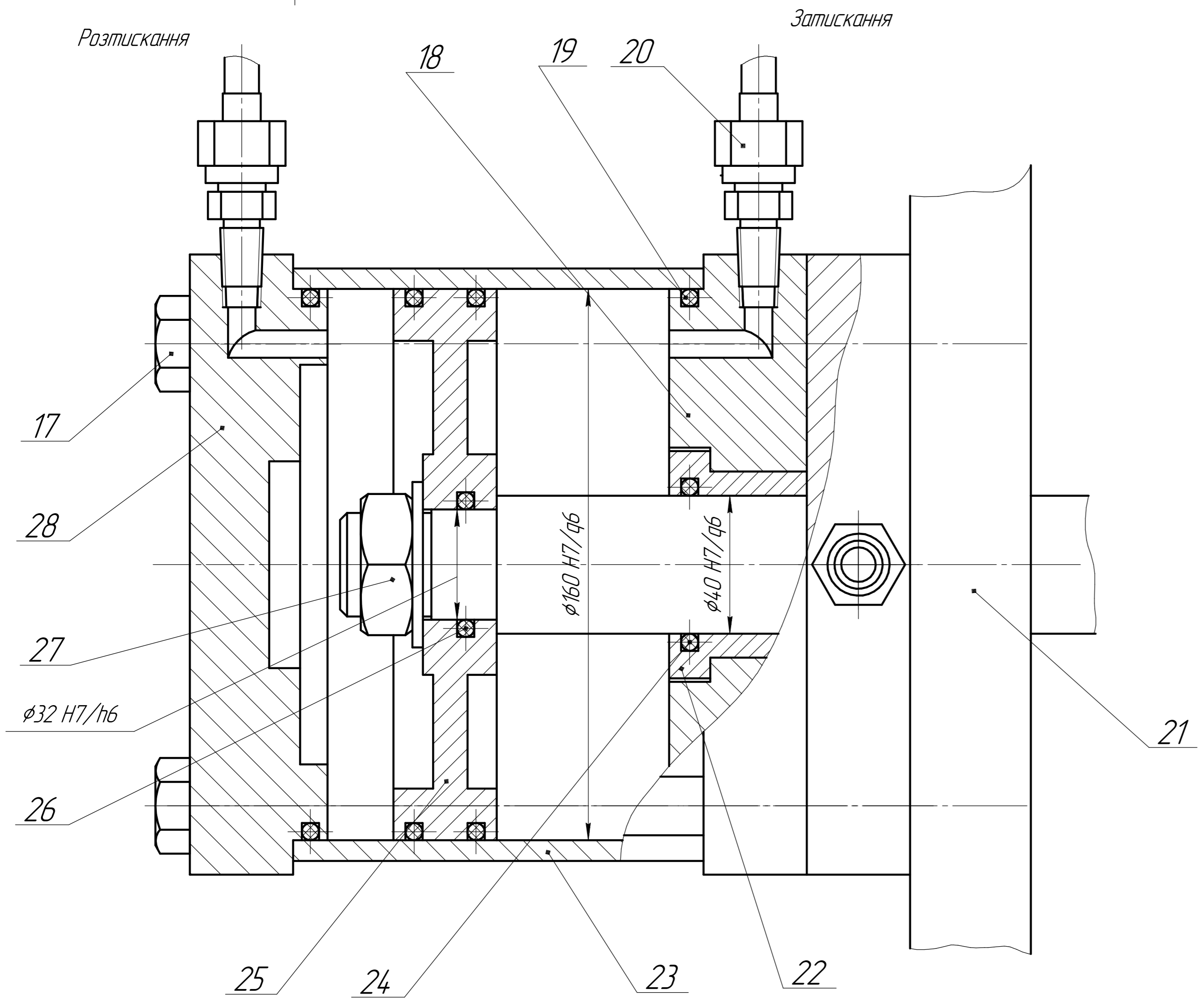
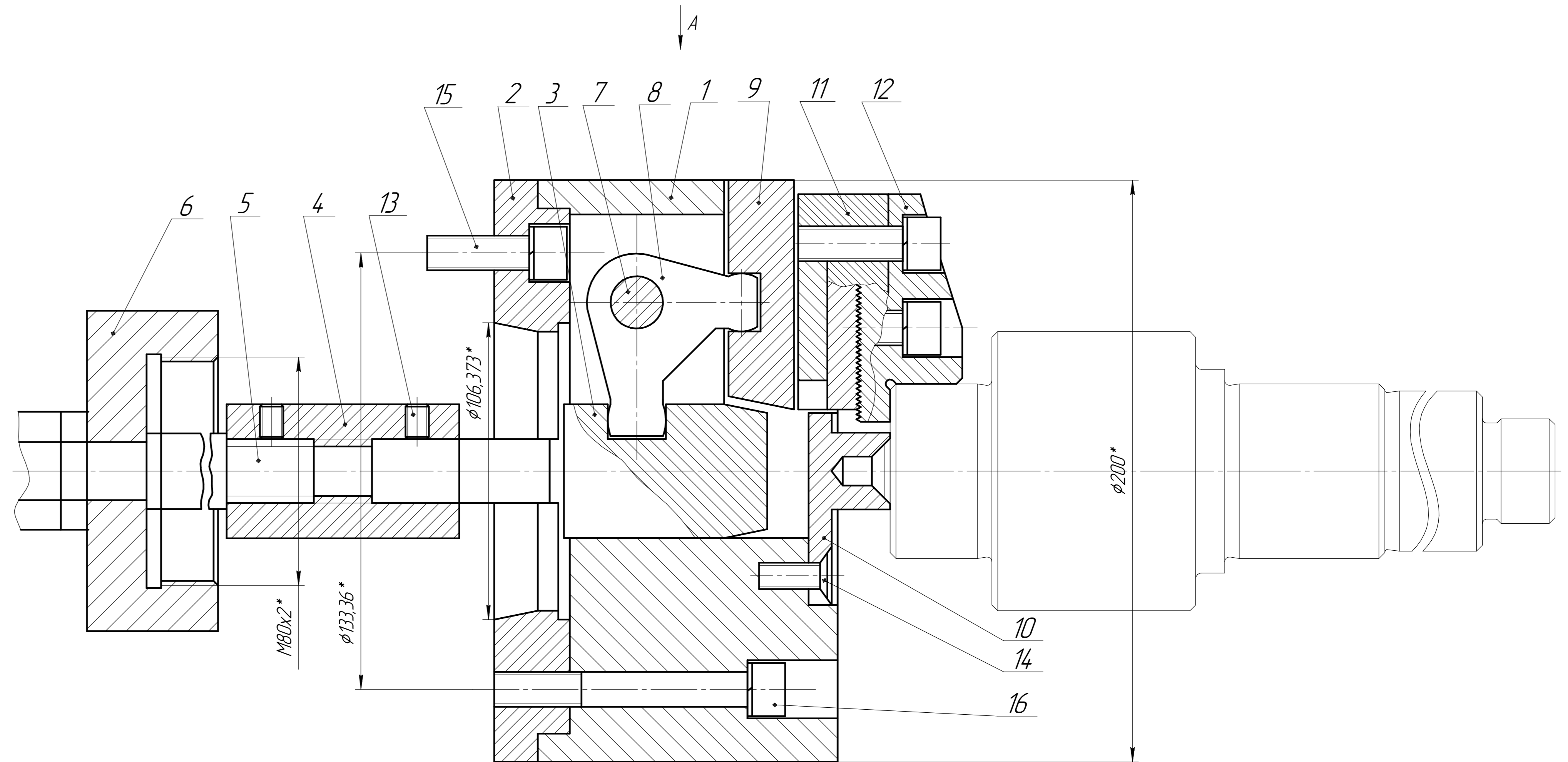
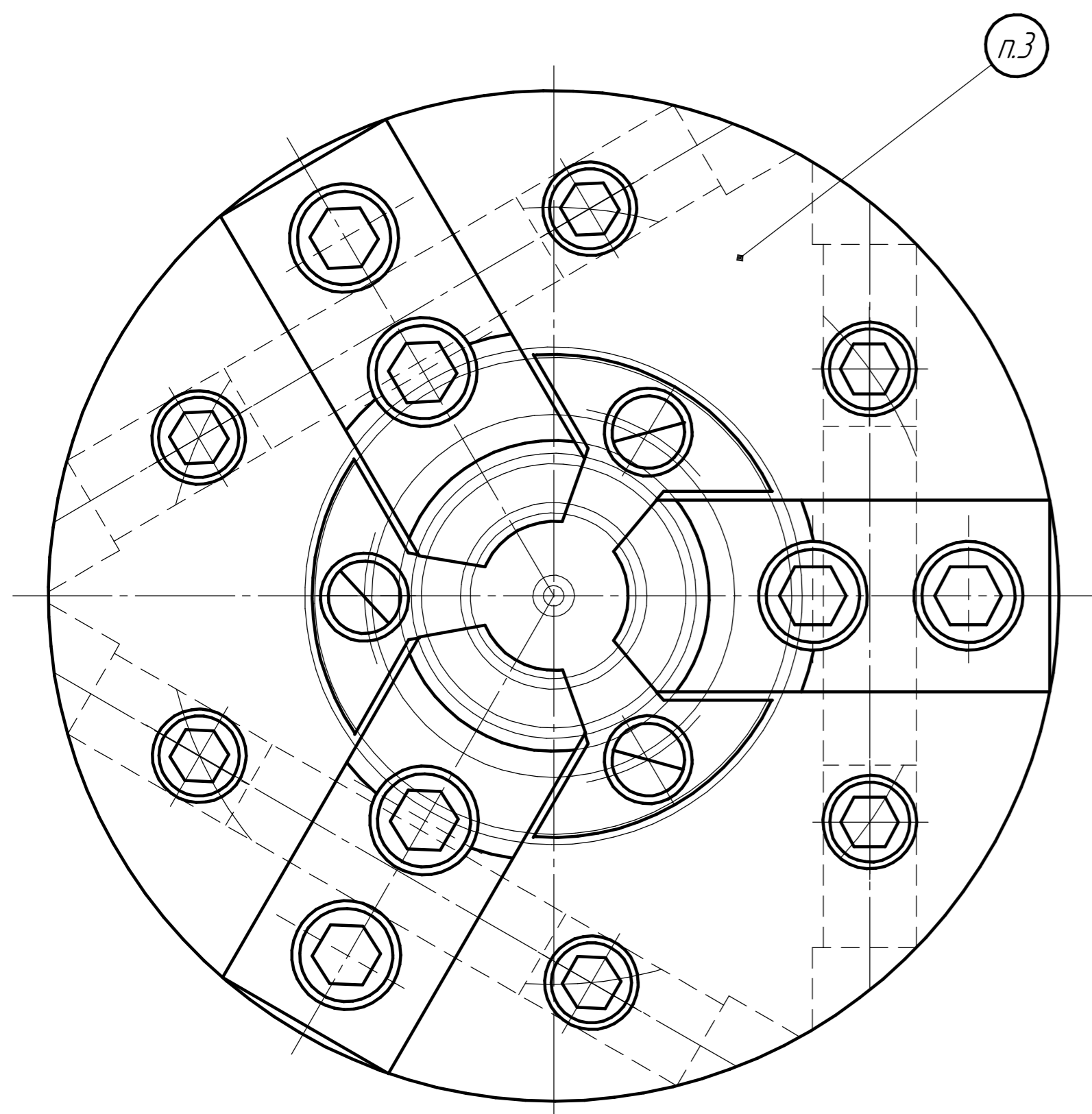
Подп. и дата

Инд. № подл.



- 1 240...260 НВ;
- 2 Ступінь важкості поковки С2, група сталі М2, Ступінь точності Т3, вихідний індекс 11;
- 3 Допустима величина зміщення по площині роз'єму штампа 0,5 мм;
- 4 Допустима величина залишкового обля складає 0,7 мм;
- 5 Допустиме відхилення від прямолінійності 1 мм;
- 6 Допустима величина висоти задирки на поковці по контуру обрізки обля не повинна перевищувати 3 мм;
- 7 Допустимі відхилення штапованих уклонів на поковках встановлюється у межах $\pm 0,3$ від їх номінальної величини;
- 8 Зовнішні штаповані ухили 7° ;
- 9 Невказані штаповані радіуси 2,5 мм;
- 10 Інші технічні вимоги по ГОСТ 8479-70.

				ТММ.КВР.18.10.002.00				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Вал-шестерня заготовка	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Ланков						10,4	1:1
Проб.	Богданов					Лист	Листов 1	
Т.контр.								
И.контр.					Сталь 20ХНЗА ГОСТ 4543-71	НТУ "Дніпровська політехніка"		
Утв.								



- 1 *Разміри для довідок
- 2 Тиск пневматичної системи 4-6 кг/см²
- 3 Маркувати 23.113.7122-4162-00
- 4 Застосовується на верстаті 5А352П

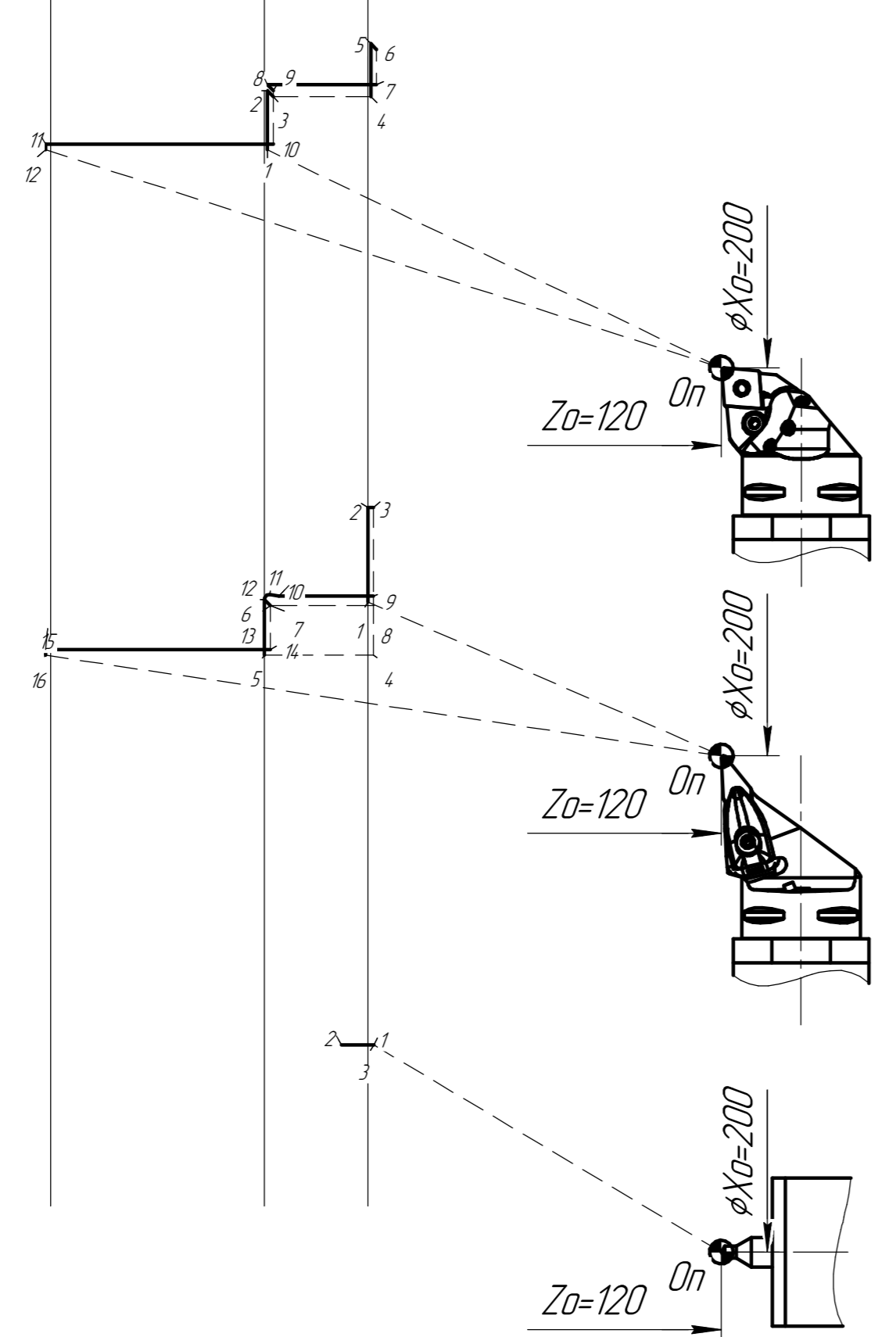
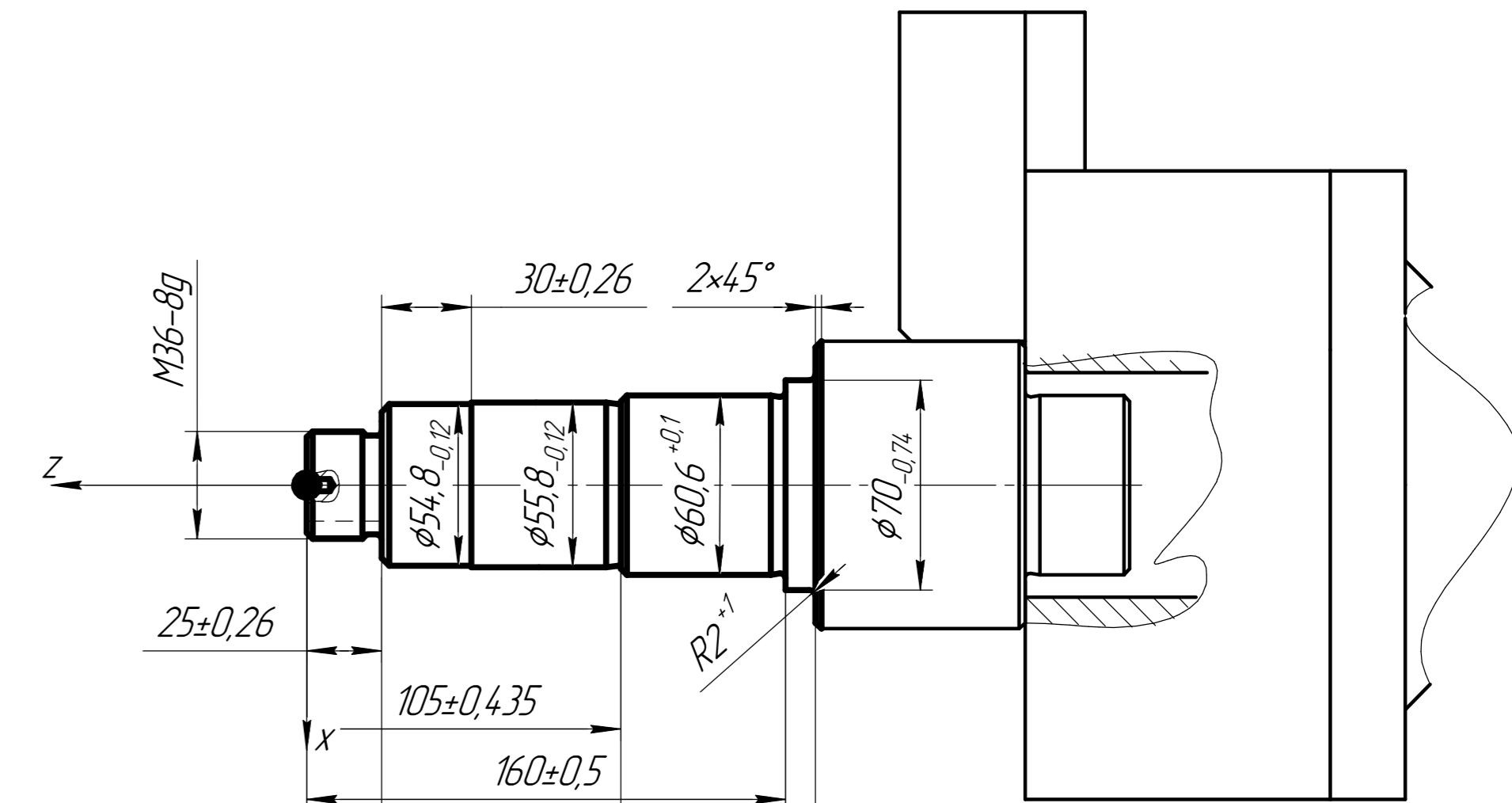
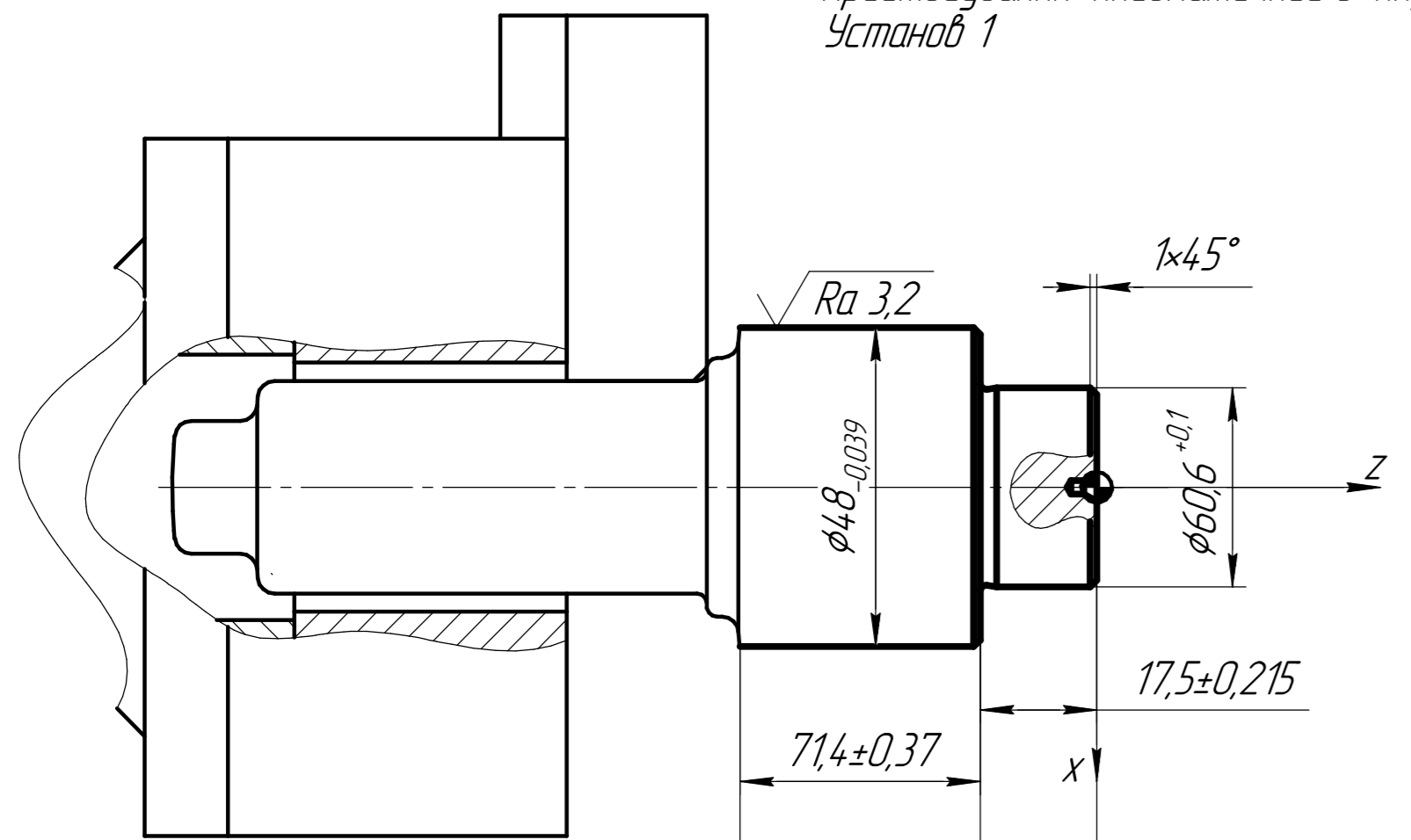
				ТММКВР.18.10.004.00 СК		
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Патрон трьохкулачковий Складальне креслення	
Разраб.	Ланкав					
Проб.	Богданов					
Т.контр.						
Н.контр.					Лист 1	Листов 1
Утв.					НТУ "Дніпродзержинська політехніка"	
				Копіював		Формат А1

Перш. примірник
 Справ. №
 Підп. і дата
 Взам. інв. №
 Інв. № дубл.
 Підп. і дата
 Інв. № дубл.

Перв. примен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
						<u>Документация</u>			
		A1			ТММ.КВР.18.10.004.00 СК	Сборочный чертеж			
						<u>Детали</u>			
				1	ТММ.КВР.18.10.004.01	Стакан	1		
				2	ТММ.КВР.18.10.004.02	Задняя пластина	1		
				3	ТММ.КВР.18.10.004.03	Шток (1)	1		
				4	ТММ.КВР.18.10.004.04	Пневмоблок	1		
				5	ТММ.КВР.18.10.004.05	Шток (2)	1		
				6	ТММ.КВР.18.10.004.06	Букса	1		
				9	ТММ.КВР.18.10.004.07	Пластина рычажная	1		
				10	ТММ.КВР.18.10.004.08	Упорный конус	1		
				11	ТММ.КВР.18.10.004.09	Передняя пластина	1		
				12	ТММ.КВР.18.10.004.10	Планшайба	1		
				18	ТММ.КВР.18.10.004.11	Запорная крышка	1		
				21	ТММ.КВР.18.10.004.12	Установочная планшайба	1		
				22	ТММ.КВР.18.10.004.13	Втулка	1		
				23	ТММ.КВР.18.10.004.14	Корпус цилиндра	1		
				25	ТММ.КВР.18.10.004.15	Поршень	1		
				28	ТММ.КВР.18.10.004.16	Запорная крышка	1		
						<u>Стандартные изделия</u>			
		ТММ.КВР.18.10.004.00 СК							
		Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
		Разраб.	Панков						
		Пров.	Богданов						
		Н.контр.							
		Утв.							
Инв. № подл.		Патрон трёхкулачковый (спецификация)					Лит.	Лист	Листов
								1	2
							НТУ "Дніпровська політехніка"		
		Копировав					Формат А4		

Операція 005 – Токарна з ЧПК
 Обладнання: Верстат токарний Haas DS-30Y
 Пристосування: пневматичний 3-хкулачковий самоцентруючий патрон
 Установ 1

Установ 2



Інструментальний перехід 1 (T1)

Інструментальний перехід 2 (T2)

Інструментальний перехід 3 (T3)

Інструментальний перехід 4 (T4)

Інструментальний перехід 5 (T5)

Інструментальний перехід 6 (T6)

Інструментальний перехід 7 (T7)

Інструментальний перехід 8 (T8)

Таблиця 1 – Режими різання та норми часу

Позиція інструменту	Ріжучий інструмент	L, мм	t, мм	S, мм/об	V, м/хв	n, об/хв	Ta, хв
Установ 1							
1	Різець прохідний C4-PCLNR-27050-12HP	163	3,4	0,25	180	585	1,12
2	Різець прохідний C4-DVJNR-27062-16	154	1,2	0,1	220	830	1,85
3	Свердло центровачне C003145	11	2	0,2	25	2000	0,03
Установ 2							
4	Різець прохідний C4-PCLNL-27050-12HP	335	3,4	0,25	180	850	1,58
5	Різець прохідний C4-DVJNL-27062-16	252	1,2	0,1	250	1300	1,94
6	Свердло центровачне C003145	11	2	0,2	25	2000	0,03
7	Фреза кінцева 615650-4F	28	6	540 мм/хв	75,4	4000	0,05
8	Різець різьбовий C4-266-LFA27055-16C	204	1,23	2	60	530	0,2

ТММКВР.18.10.003.00

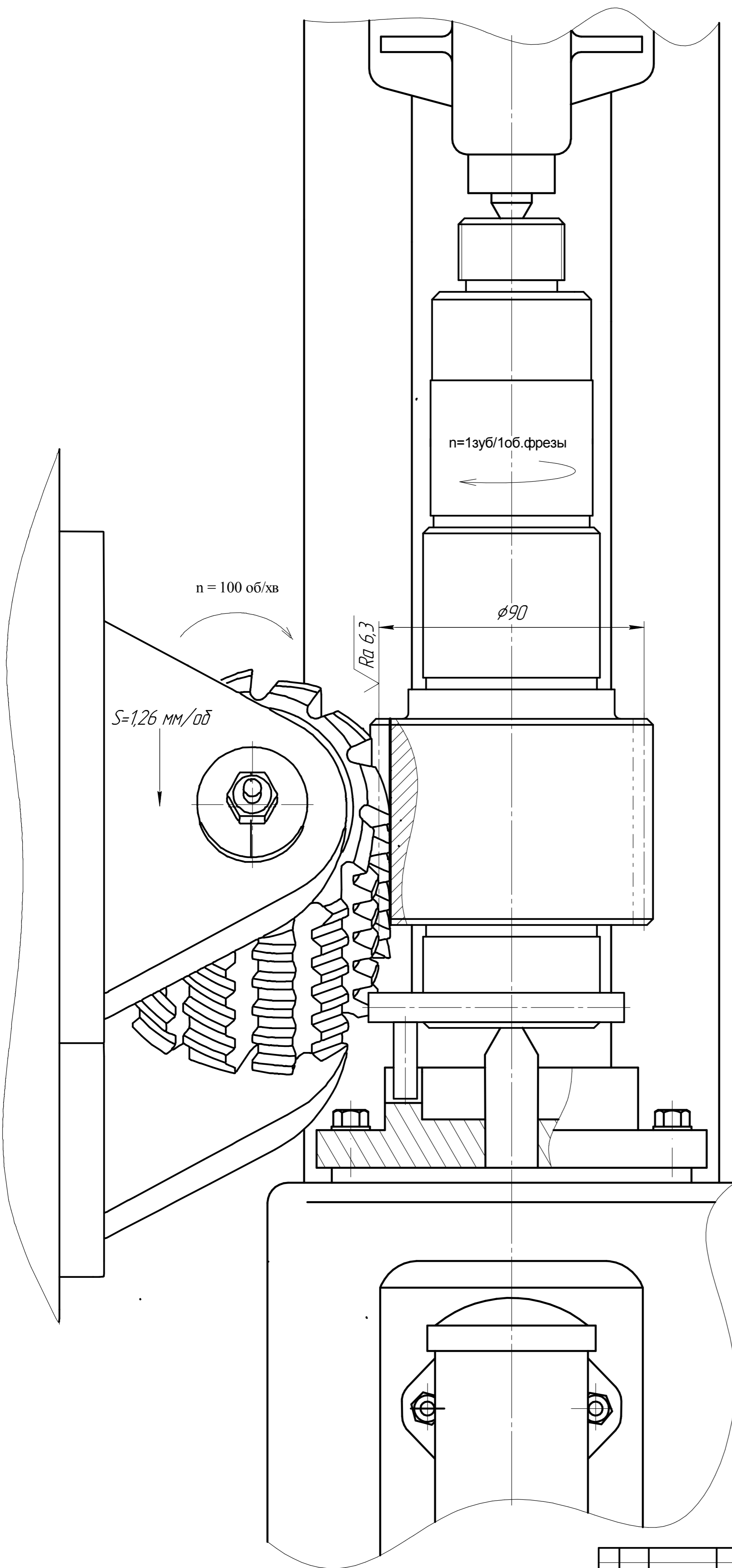
Карта наладки
оп. 005

Ізв.	Лист	№ док.	Подп.	Дата
Розроб.	Ланкав			
Проб.	Богданов			
Т.контр.				
Н.контр.				
Утв.				

Лист 1
Листів 1
НТУ "Дніпродзька політехніка"
Формат А1

Лист 1 з 1
Стор. №
Лист №
Лист №
Лист №
Лист №

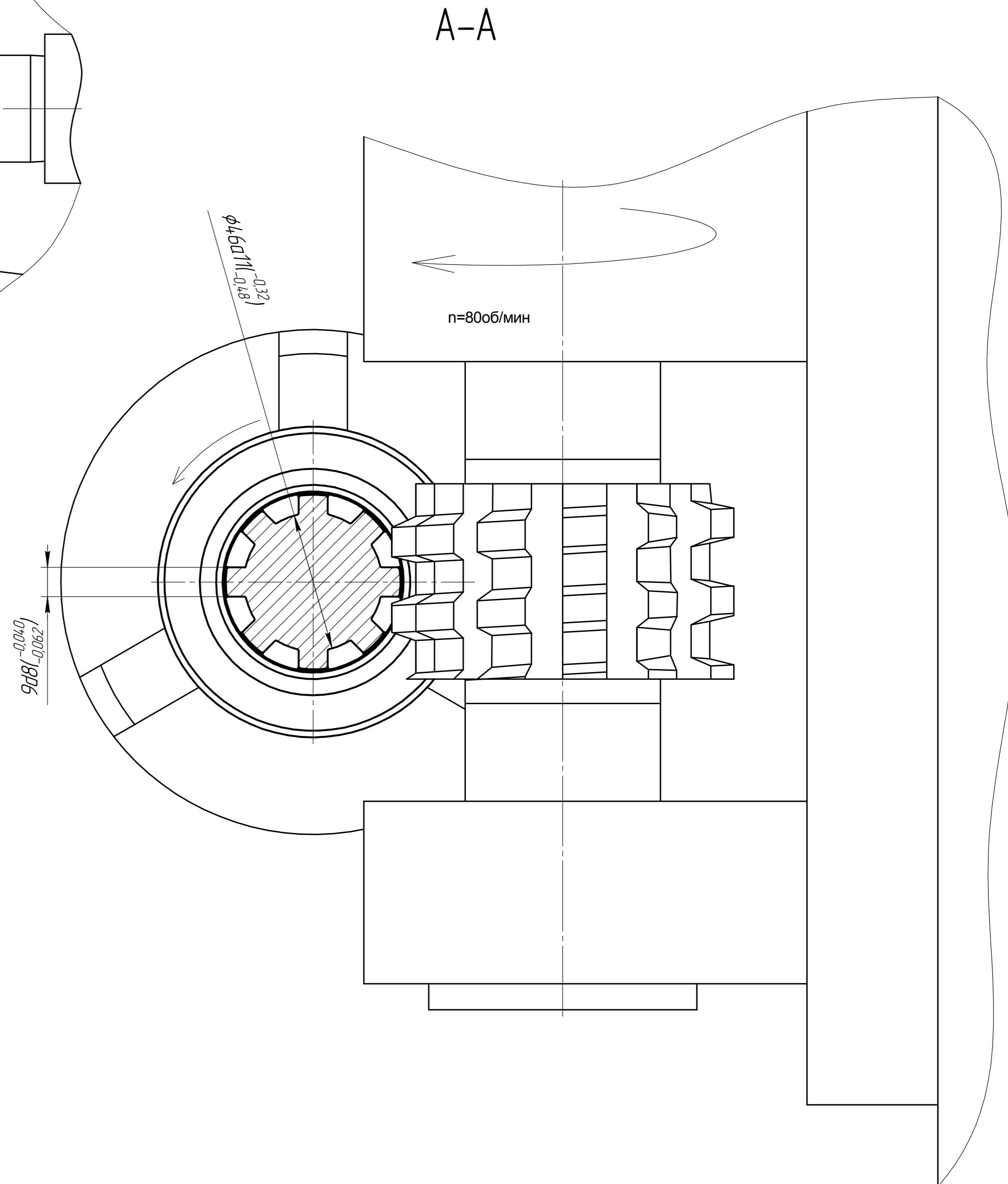
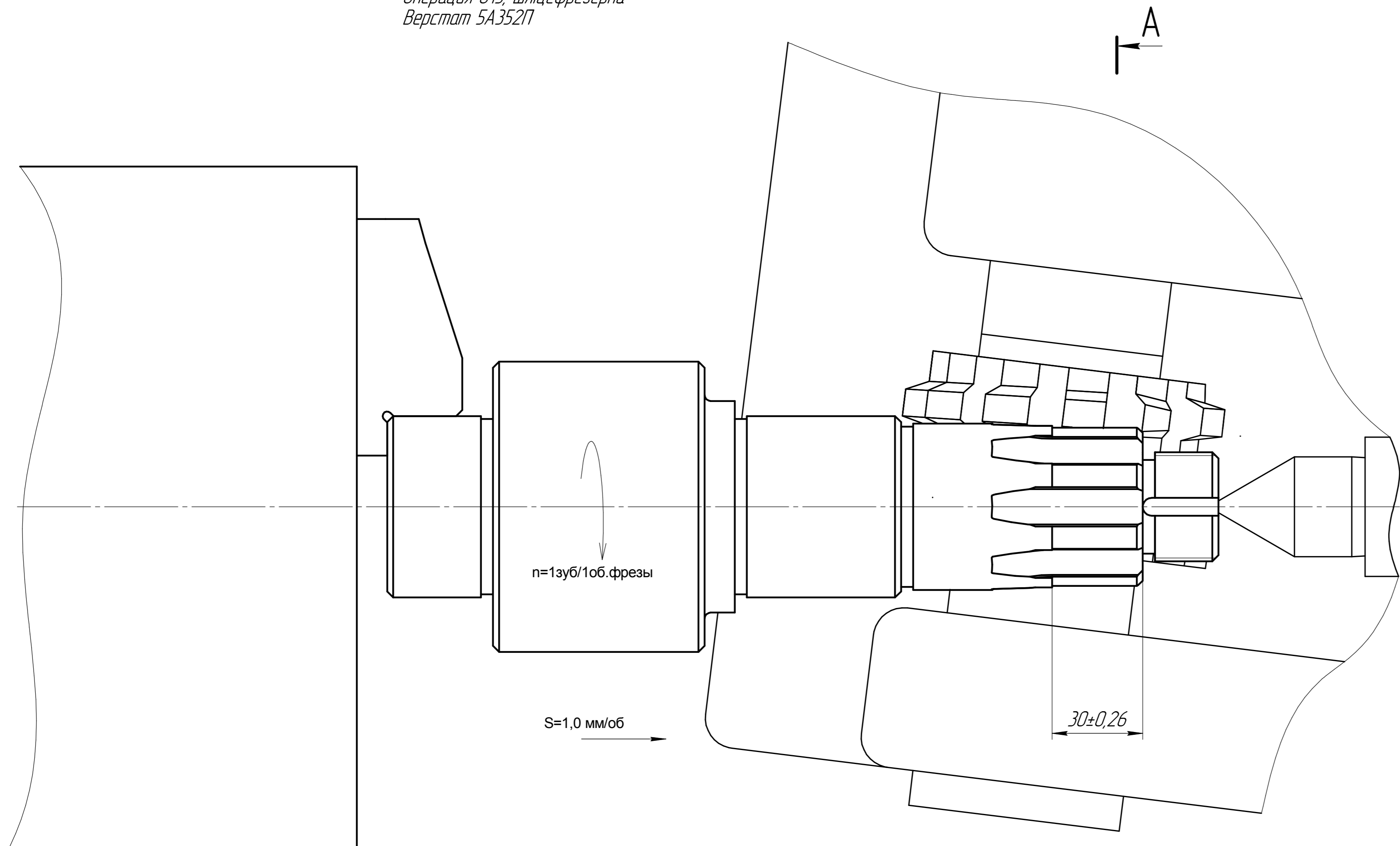
Инд. № подл.	Взам. инд. №	Инд. № дил.	Подп. и дата
Справ. №	Перв. примен.		



Модуль	m	3
Число зубьев	z	30
Нормальный исходный контур		ГОСТ 13755-2015
Коэффициент смещения	x	0
Делительный диаметр	d	90

				ТММКВР.18.10.004.10				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Наладка технологічна оп. 010	Лист	Масса	Масштаб
Разраб.		Ланков						
Проб.		Богданов				Лист	Листов	1
Т.контр.						НТУ "Дніпровська політехніка"		
Н.контр.					Копіював			
Чтв.					Формат А2			

Операція 015, Шлицефрезерна
Верстат 5А352П



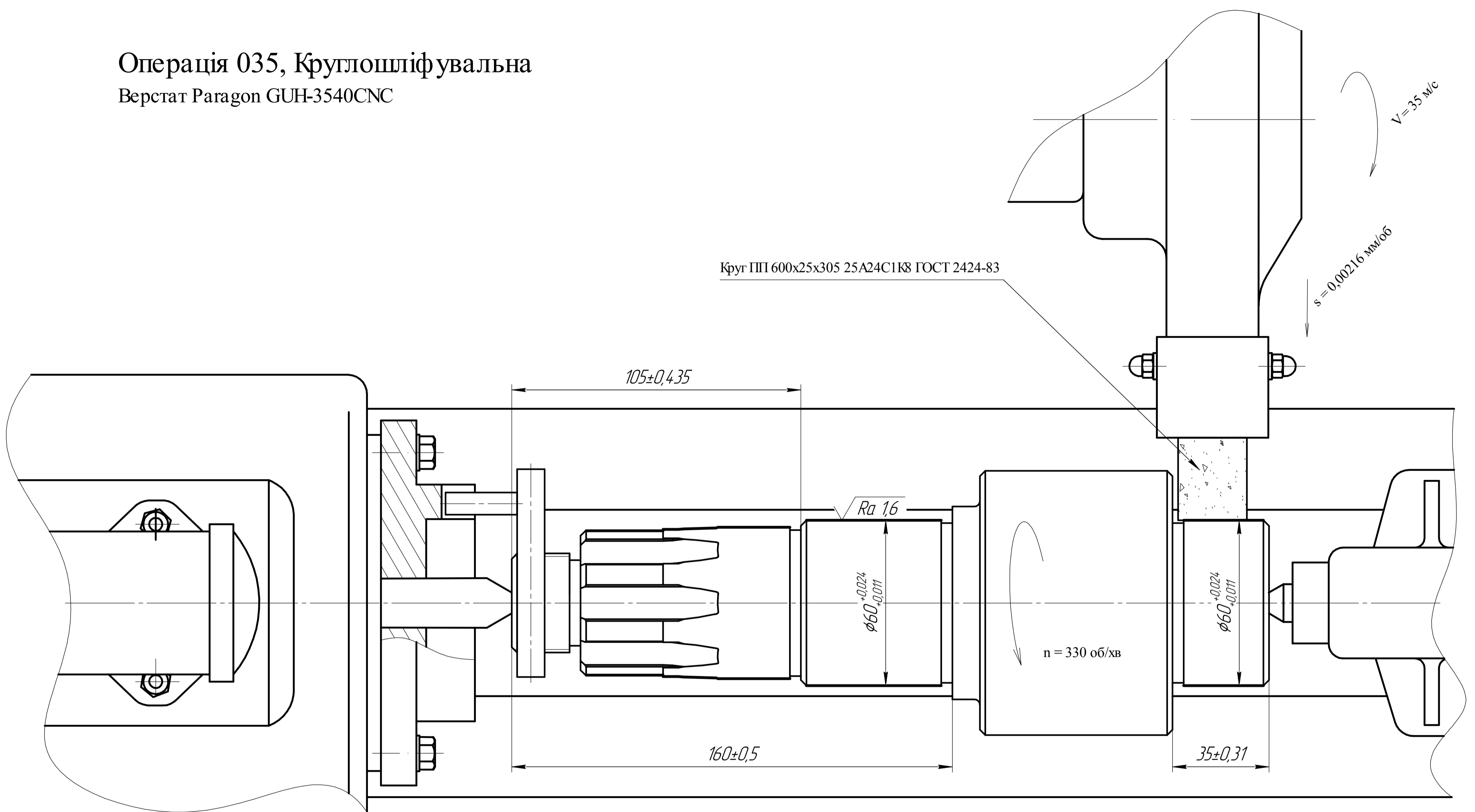
Інструмент	Фреза 2520-0732 D 10-В ГОСТ 8027-86				
Оснастка	Центр 7032-0035 ГОСТ 13214-79				
	Патрон трьохкулачковий самоцентруючийся з пневмоприводом				
Режими різання	V, м/хв	n, об/хв	S, мм/об	Ta, хв	Tb, хм
	17,6	80	1	5,48	0,1

				ТММКВР.18.10.005.15		
Ізм.	Лист	№ док.	Підп.	Дата	Наладка технологічна оп. 015	
Розроб.	Ланкав					
Проб.	Богданов				Лист	Листів 1
Т.контр.					НТУ "Дніпродзержинська політехніка"	
Н.контр.					Формат А1	
Утв.					Копіював	

Лист № 1
Лист № 2
Лист № 3
Лист № 4
Лист № 5
Лист № 6
Лист № 7
Лист № 8
Лист № 9
Лист № 10
Лист № 11
Лист № 12
Лист № 13
Лист № 14
Лист № 15
Лист № 16
Лист № 17
Лист № 18
Лист № 19
Лист № 20
Лист № 21
Лист № 22
Лист № 23
Лист № 24
Лист № 25
Лист № 26
Лист № 27
Лист № 28
Лист № 29
Лист № 30
Лист № 31
Лист № 32
Лист № 33
Лист № 34
Лист № 35
Лист № 36
Лист № 37
Лист № 38
Лист № 39
Лист № 40
Лист № 41
Лист № 42
Лист № 43
Лист № 44
Лист № 45
Лист № 46
Лист № 47
Лист № 48
Лист № 49
Лист № 50

Операція 035, Круглошліфувальна Верстат Paragon GUN-3540CNC

Круг ПП 600x25x305 25A24C1K8 ГОСТ 2424-83

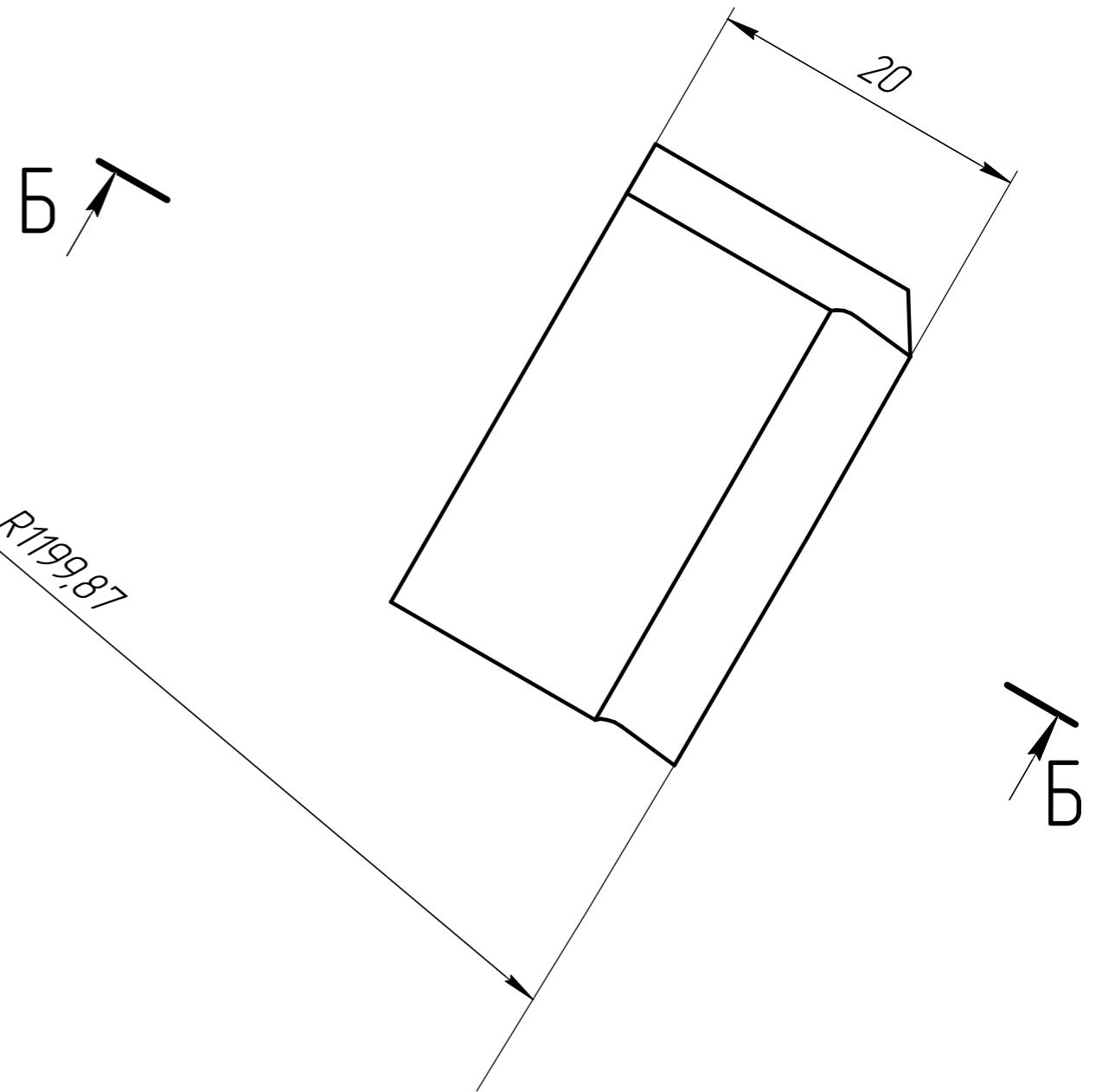
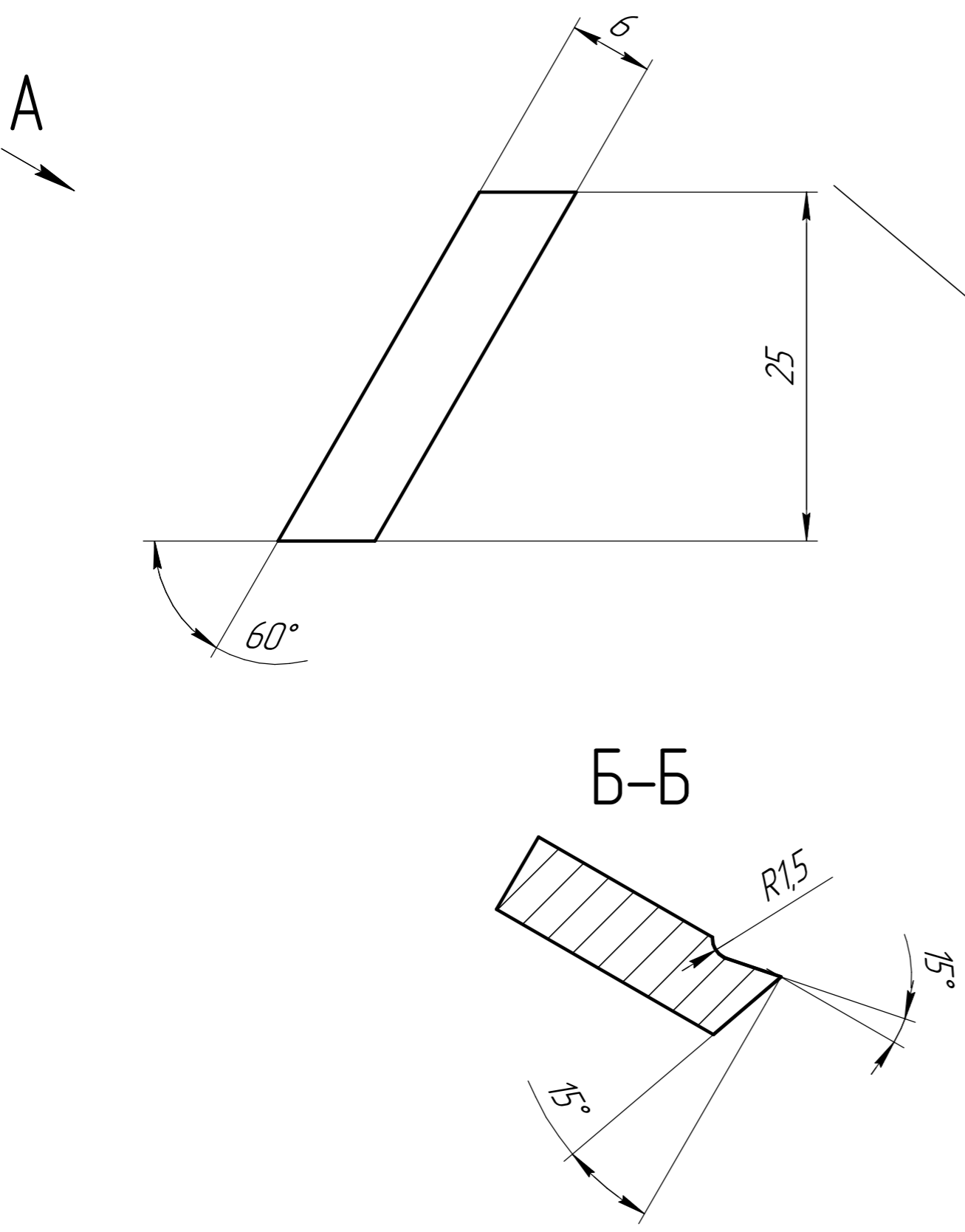


Перв. примен.
Спроб. №
Підп. і дата
Інд. № дідл.
Взам. инв. №
Підп. і дата
Інд. № годл.

				ТММКВР.18.10.007.35			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Наладка технологічна		
Разраб.	Ланков				оп. 035		
Проб.	Богданов				Лист	Листов	1
Т.контр.					НТУ "Дніпровська політехніка"		
Н.контр.					Формат А2		
Утв.					Копіював		

ТММ.КВР.18.10.010.01

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



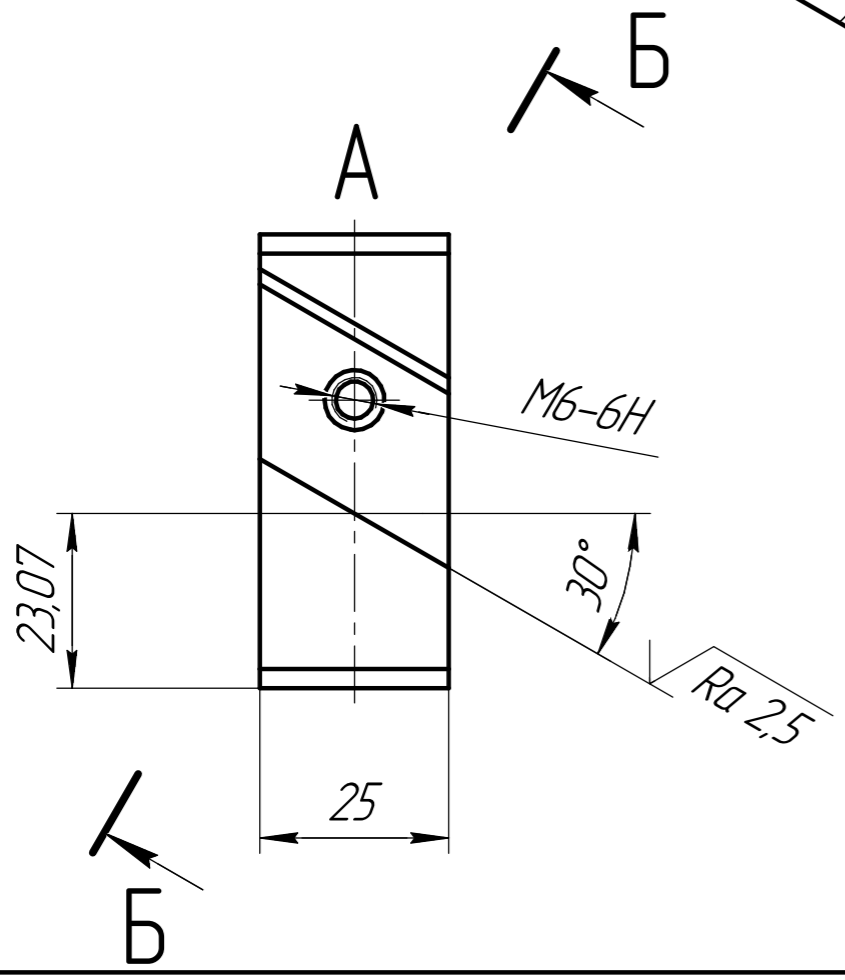
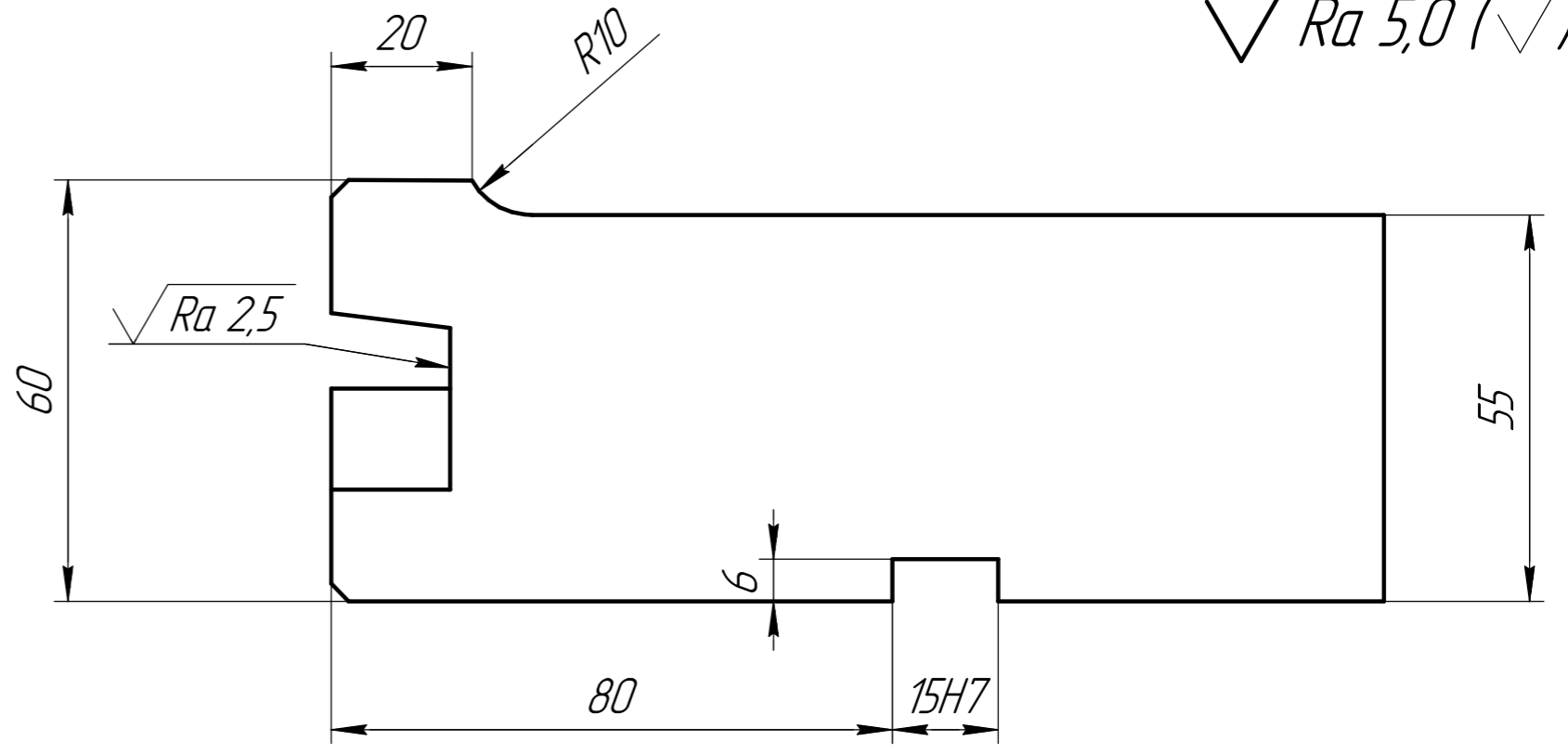
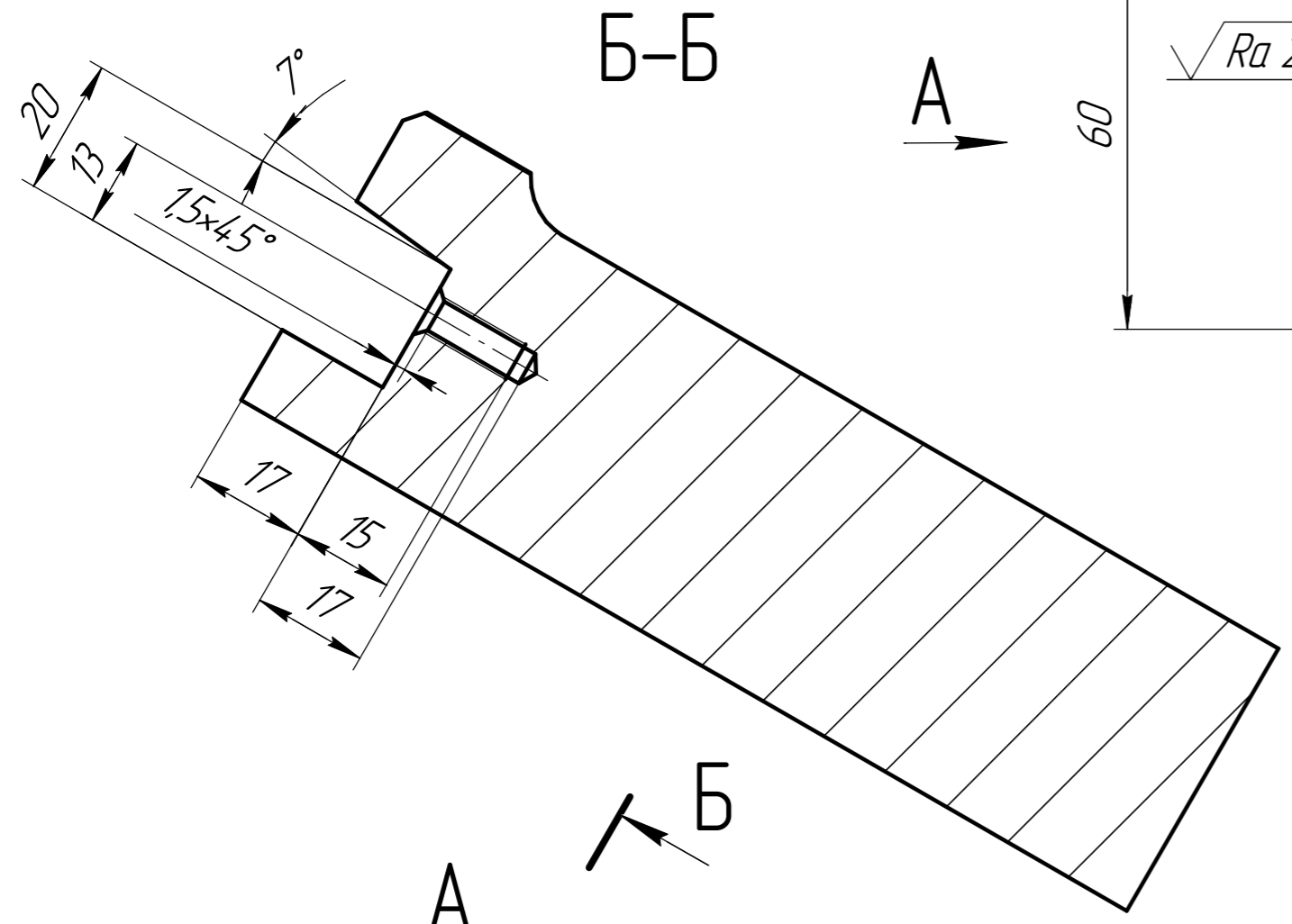
1 ДСТУ ISO 2768-т

				ТММ.КВР.18.10.010.01				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Пластина ріжуча	Лист	Масса	Масштаб
Разраб.	Панков						0,04	2,5:1
Проб.	Богданов					Лист	Листов	1
Т.контр.					Т15К6 ГОСТ 3882-74		НТУ "Дніпровська політехніка"	
Н.контр.					Копіювал		Формат А3	
Утв.								

ТММ.КВР.18.10.010.02

$\sqrt{Ra 5,0 (\checkmark)}$

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



1 HRC 42..47
2 ДСТУ ISO 2768-т

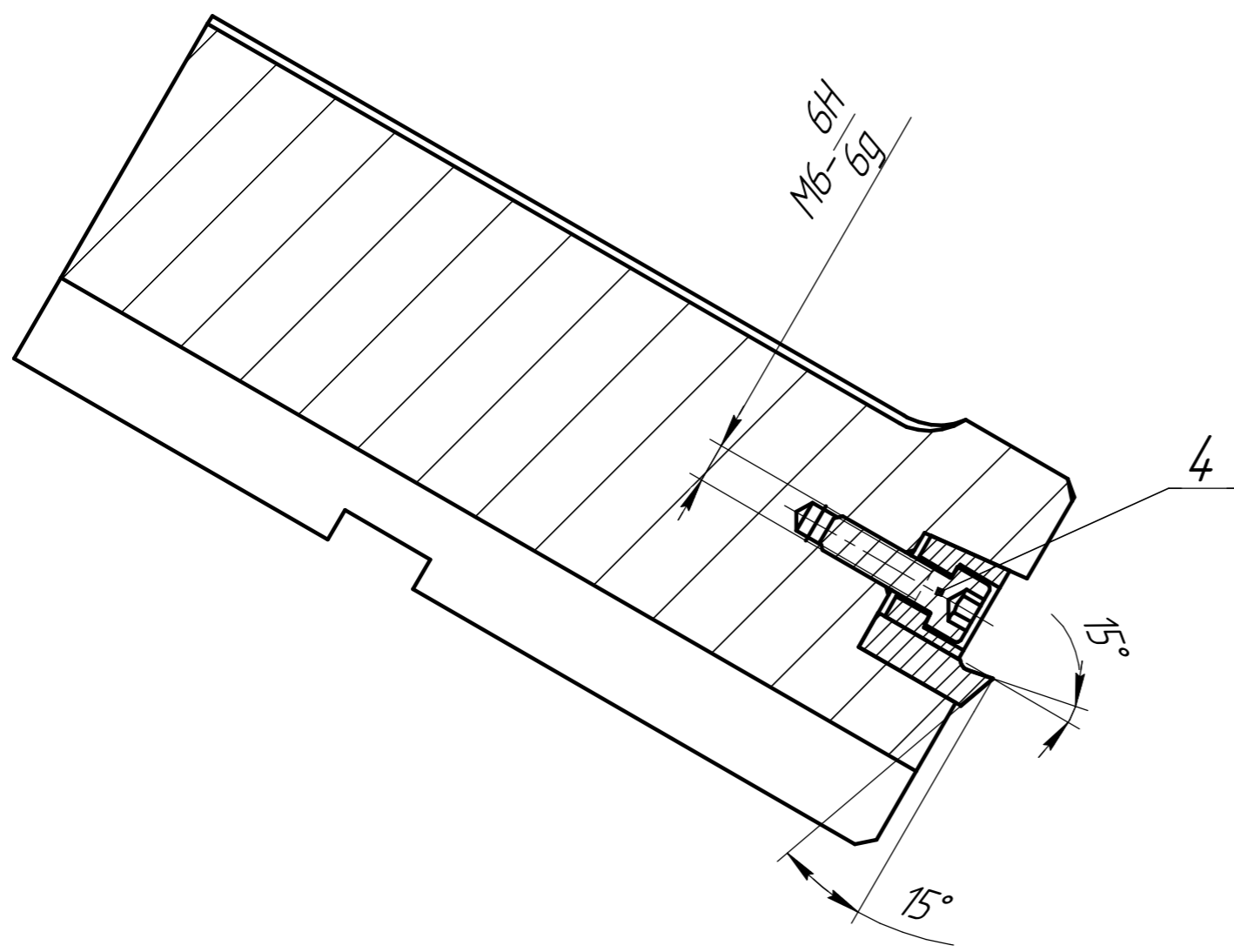
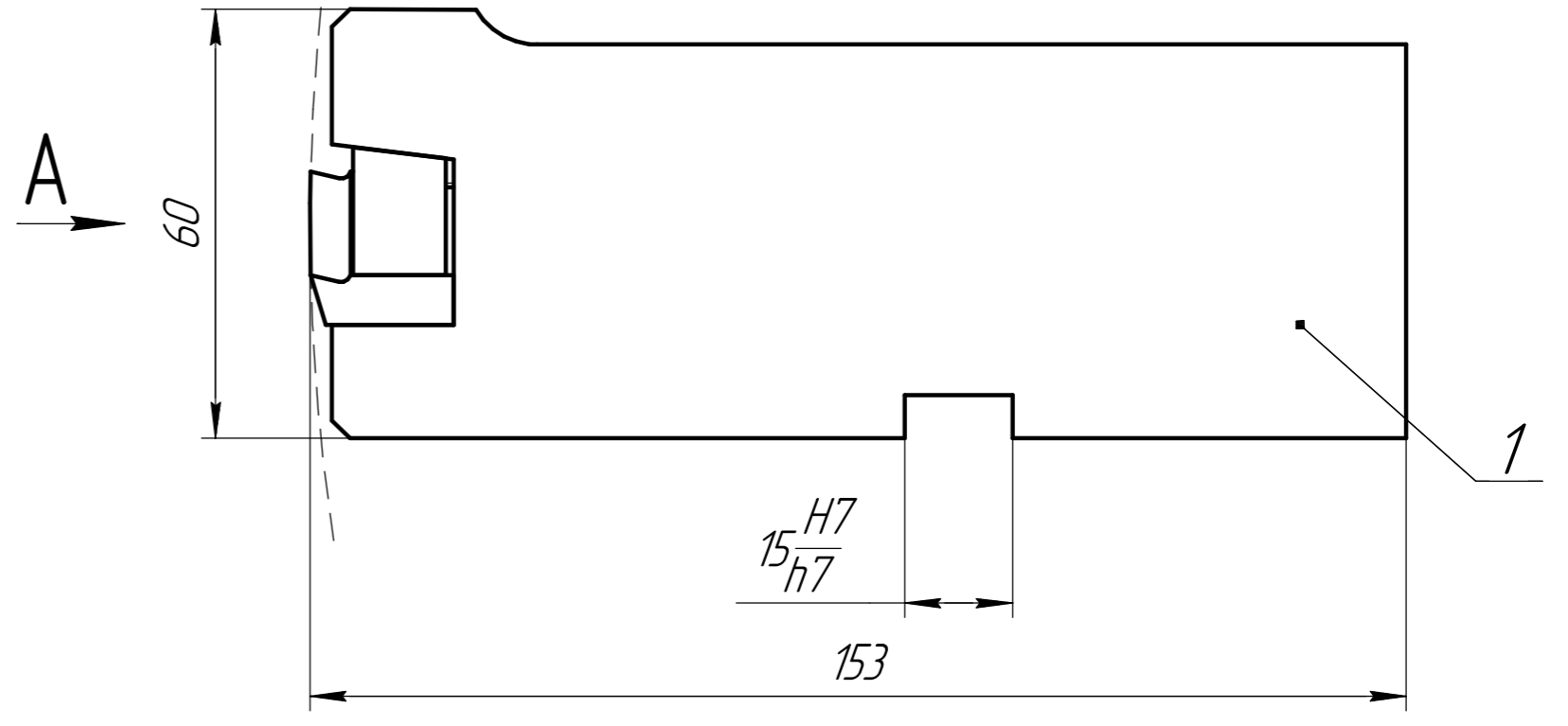
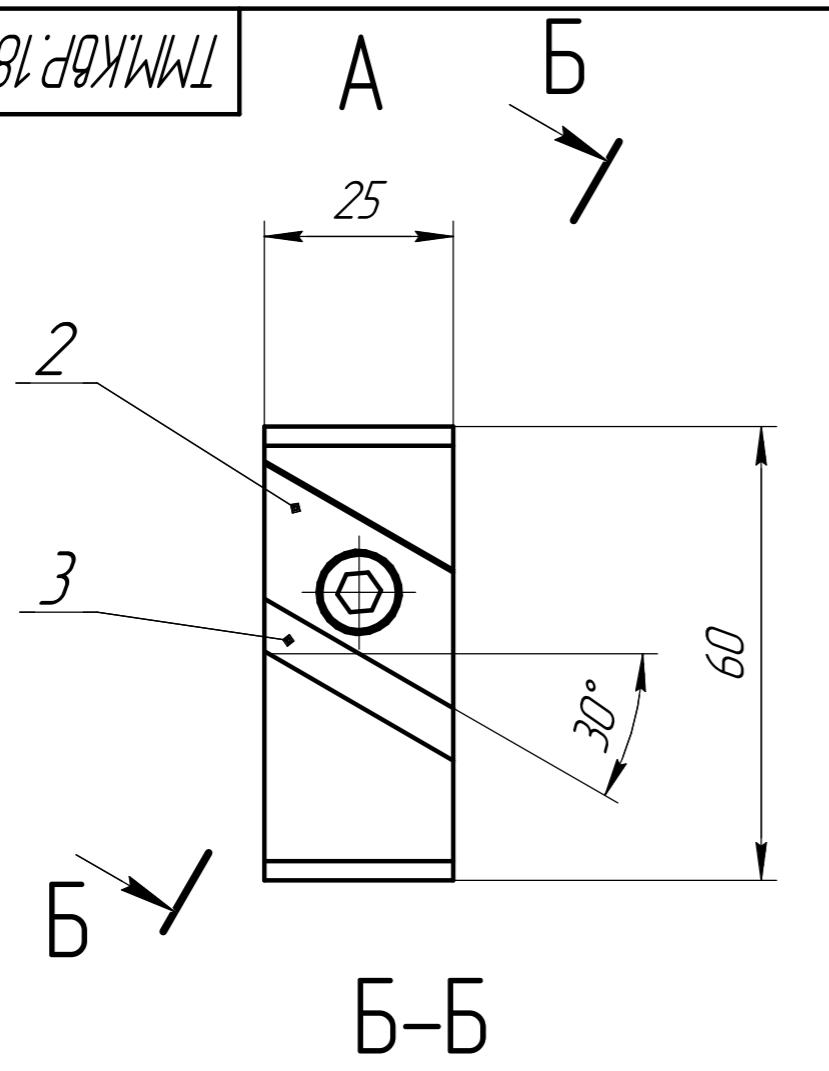
				ТММ.КВР.18.10.010.02			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лист	Масса	Масштаб
Разраб.						1,53	1:1
Проб.					Лист	Листов	1
Т.контр.					Сталь 45 ГОСТ 1050-88		
Н.контр.							
Утв.							

Копировал

Формат А3

ТММКВР.18.10.010.00 СК

Перв. примен.
Справ. №



1 ДСТУ ISO 2768-т

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

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Панков		
Проб.		Богданов		
Т.контр.				
Н.контр.				
Утв.				

ТММКВР.18.10.010.00 СК

Сборка

Лит.	Масса	Масштаб
	1,61	1:1
Лист	Листов 1	

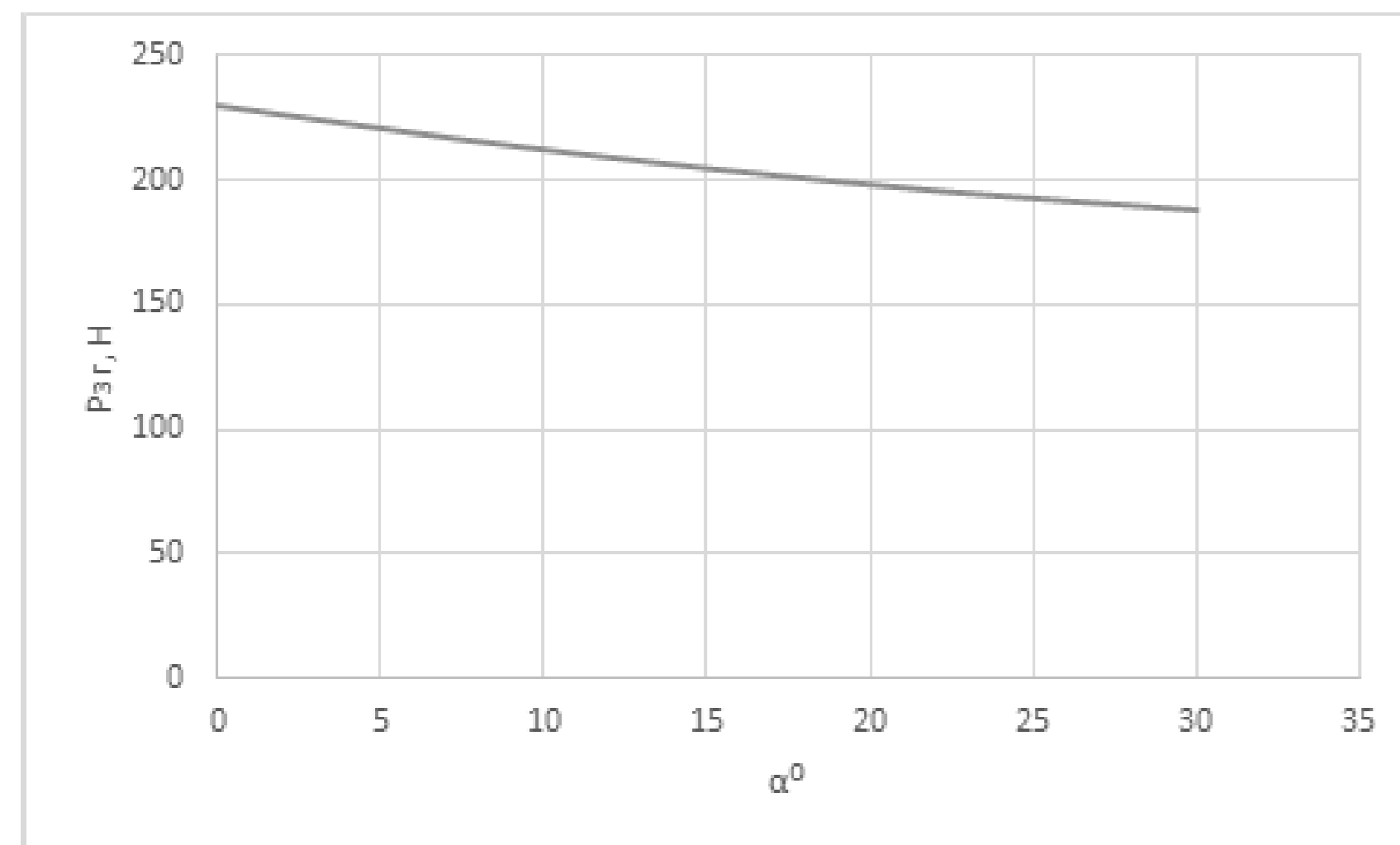
НТУ "Дніпровська політехніка"

Копировав

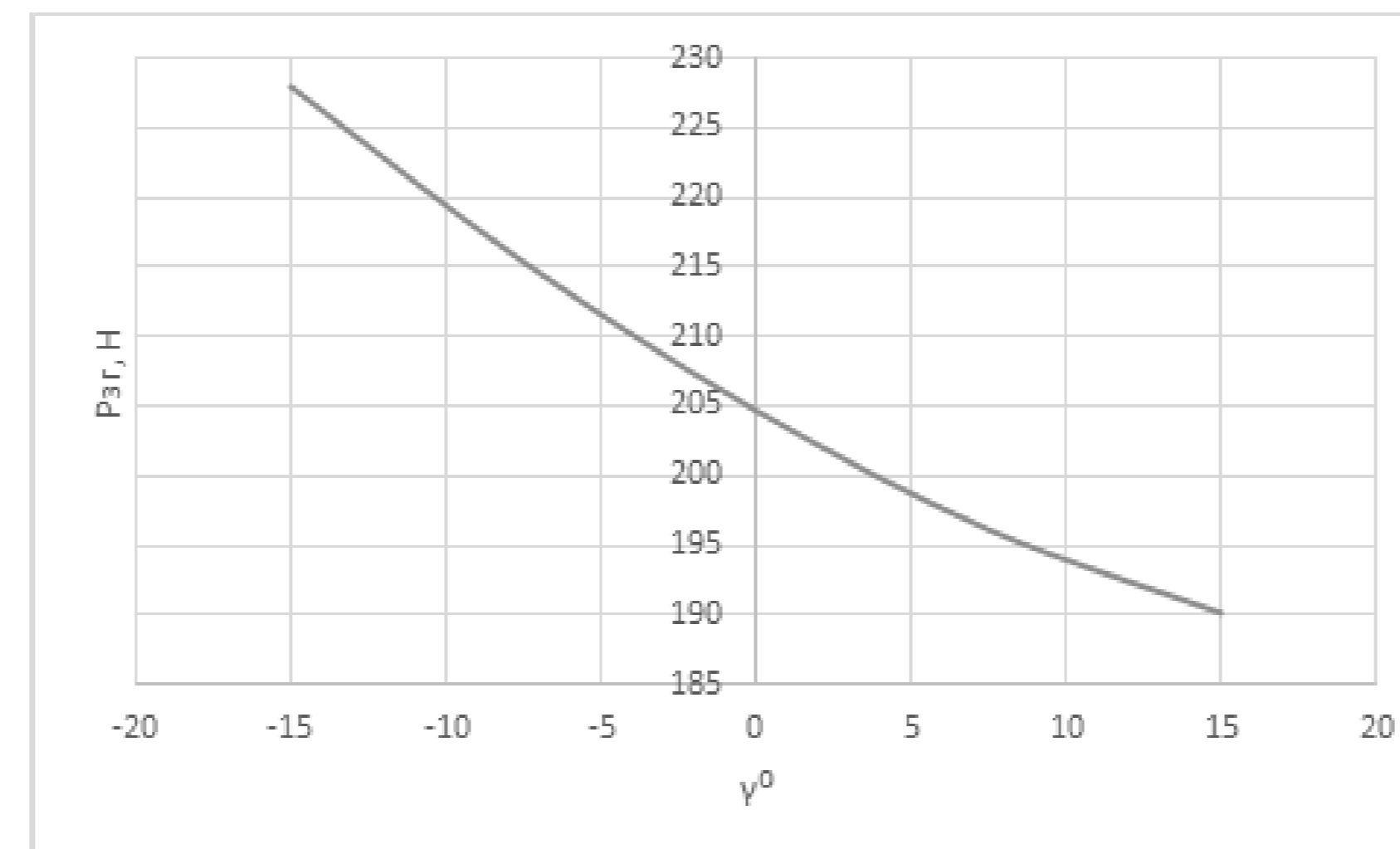
Формат А3

Спеціальний розділ

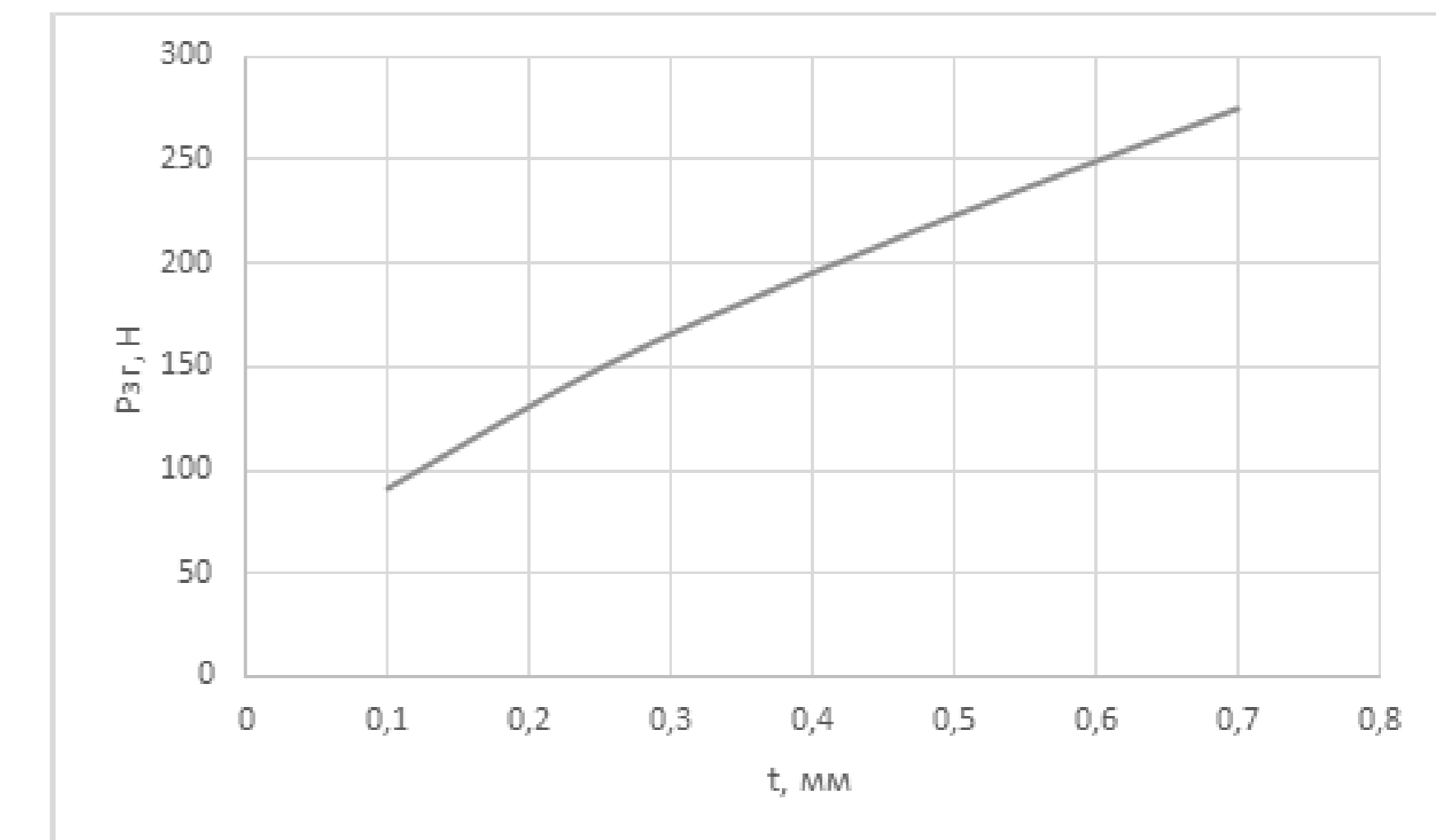
Оптимізація параметрів різання та геометричних параметрів ротаційного різця



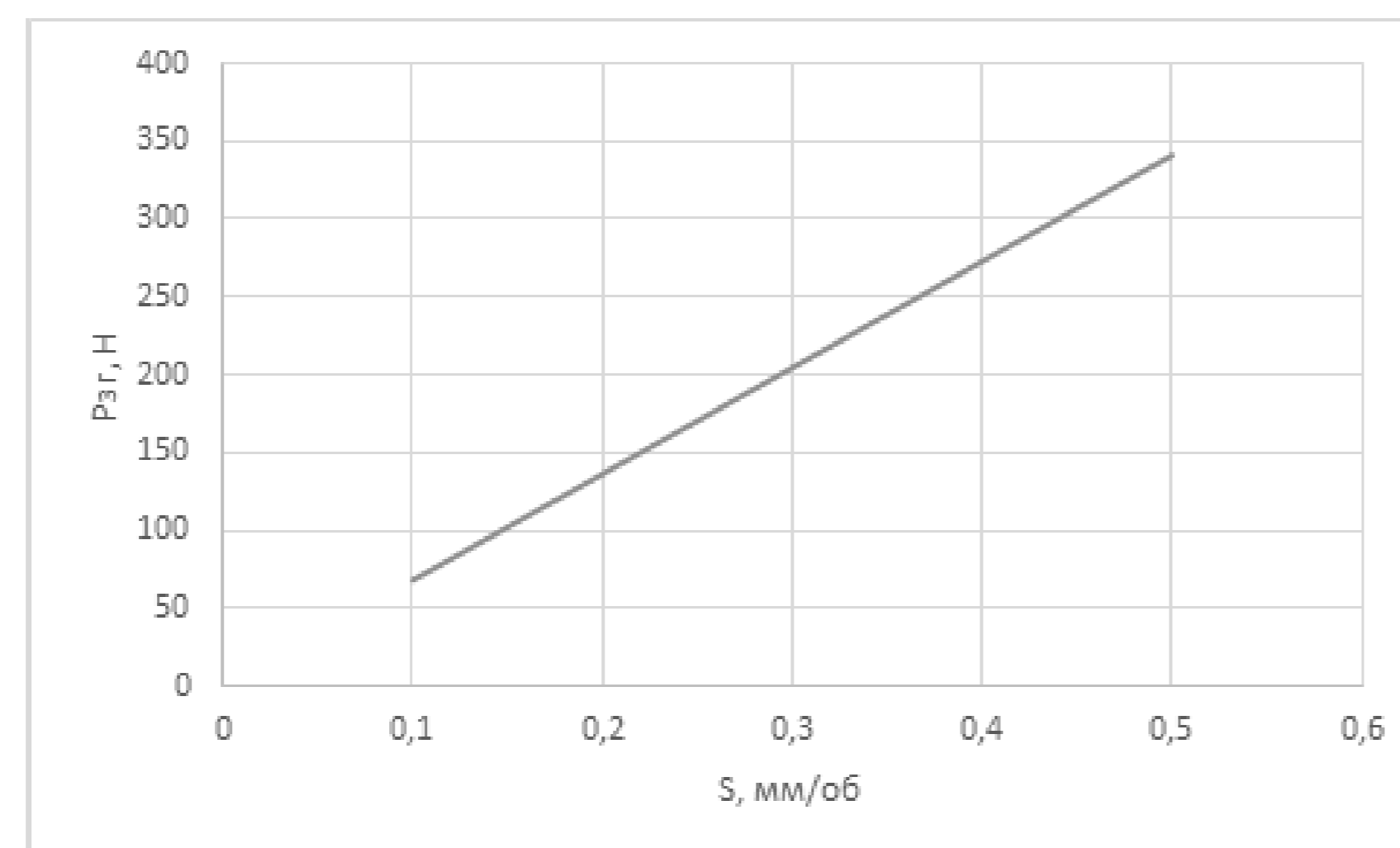
Графік 1 – Вплив заднього кута на величину згинальної сили $P_{зг}$
($t=0,4$ мм; $S=0,3$ мм/об; $\gamma=0^\circ$; $\lambda=30^\circ$)



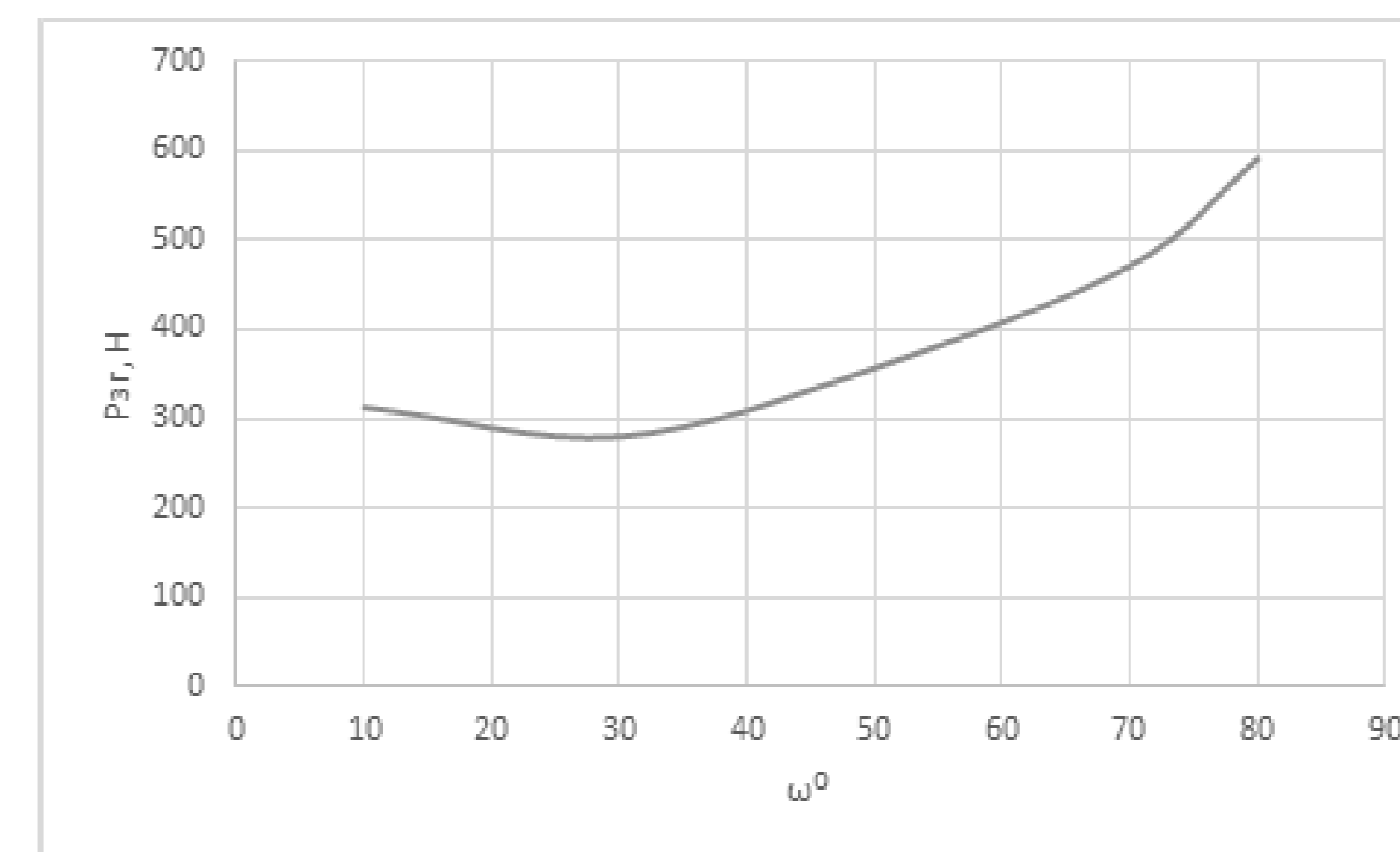
Графік 2 – Вплив переднього кута на величину згинальної сили $P_{зг}$
($t=0,4$ мм; $S=0,3$ мм/об; $\alpha=15^\circ$; $\lambda=30^\circ$)



Графік 3 – Вплив глибини різання t на величину згинальної сили $P_{зг}$
($S=0,3$ мм/об; $\alpha=15^\circ$; $\gamma=0^\circ$; $\lambda=30^\circ$)



Графік 4 – Вплив подачі S на величину згинальної сили $P_{зг}$
($t=0,4$ мм; $\alpha=15^\circ$; $\gamma=0^\circ$; $\lambda=30^\circ$)



Графік 5 – Вплив кута нахилу леза на величину згинальної сили $P_{зг}$
($t=0,4$ мм; $S=0,3$ мм/об; $\alpha=15^\circ$; $\gamma=0^\circ$)