

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ТРАНСПОРТУ
КАФЕДРА ТЕХНОЛОГІЇ МАШИНОБУДУВАННЯ

КВАЛІФІКАЦІЙНА МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

на тему: Розробка технологічного забезпечення виготовлення деталі «Діафрагма» турбодетандера з використанням САПР технологій

Виконав: магістрант
групи ПМ-23м
Чернов М.Р.

Керівник КМР:
к.т.н., доцент
Нечаєв В.П.

**ПОЯСНОВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ МАГІСТЕРСЬКОЇ
РОБОТИ**

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

на тему: Розробка технологічного забезпечення виготовлення деталі
«Діафрагма» турбодетандера з використанням САПР технологій

Виконав магістрант гр. ПМ-23м

(підпис)

Чернов М.Р.

Керівник КМР

(підпис)

Нечасв В.П.

Нормоконтроль

(підпис)

Нечасв В.П.

Завідувач кафедри

(підпис)

Рязанцев А.О.

Криворізький національний університет
Факультет: механічної інженерії та транспорту
Кафедра: технології машинобудування
Ступінь вищої освіти: магістр
Спеціальність: 131 Прикладна механіка
Освітньо-професійна програма: Технології машинобудування

Затверджую
Зав. кафедри доцент, к.т.н., Рязанцев А.О.

(підпис)

(дата)

ЗАВДАННЯ на кваліфікаційну магістерську роботу

Магістранта гр. ПМ-23м Чернова Микити Руслановича

1. Тема: Розробка технологічного забезпечення виготовлення деталі «Діафрагма» турбодетандера з використанням САПР технологій

Керівник КМР: доц., к.т.н. Нечаєв В.П.

Затверджена наказом по КНУ № _____ від «__» _____ 2024 р.

2. Термін подання магістрантом закінченої роботи _____ р.

3. Вихідні дані до роботи: 1. Креслення вузла. 2. Креслення деталі «Діафрагма». 3. Річна програма випуску деталей

4. Зміст пояснювальної записки: 1. Розробка та узгодження технічного завдання. 2. Проектування технологічного процесу складання. 3. Технологічна підготовка виробництва виробу. 4. Моделювання та програмування операцій механічної обробки. 5. Конструкторська підготовка виробництва. 6. Організаційно-економічна підготовка виробництва. 7. Комплексна оцінка ефективності проектних рішень з використанням інноваційно-наукових ресурсів

5. Перелік графічного матеріалу: 1. Складальне креслення. 2. Вставка турбодетандера. 3. Діафрагма. 4. Діафрагма (поковка штампована). 5. Ескізи операцій технологічного процесу. 6. Верстатно-інструментальне налагодження. 7. Оснащення технологічне. 8. Схема конструкції контрольного пристрою. 9. План цеху. 10. Науково-дослідна частина.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Організаційно-економічна підготовка виробництва	Нечаєв В.П. к.т.н., доцент		

7. Календарний план:

Розділи пояснювальної записки	Термін виконання
1 Розробка та узгодження технічного завдання	12.09.2024
1.1 Технічне завдання та аналіз вихідних даних	17.09.2024
1.2 Службове призначення виробу	22.09.2024
2 Проектування технологічного процесу складання	28.09.2024
3 Технологічна підготовка виробництва виробу	01.10.2024
3.1 Техніко-економічний аналіз вихідних даних для обробки деталі	05.10.2024
3.2 Проектування технологічного процесу обробки деталі	15.10.2024
4 Моделювання та програмування операцій механічної обробки	18.10.2024
5 Конструкторська підготовка виробництва	23.10.2024
6 Організаційно-економічна підготовка виробництва	24.10.2024
6.1 Техніко-економічне обґрунтування варіантів маршруту технологічного процесу	06.11.2024
6.2 Реконструкція механоскладального цеху	10.11.2024
6.3 Вибір та обґрунтування засобів та регламентів забезпечення охорони праці, безпеки життєдіяльності, екологічних вимог виробничих процесів	13.11.2024
7 Комплексна оцінка ефективності проектних рішень з використанням інноваційно-наукових ресурсів	16.11.2024
Висновки	17.11.2024
Додатки	28.11.2024
Попередній захист	10.11.2024

Дата видачі завдання: « ____ » _____ 2024 р.

Завдання видав керівник
кваліфікаційної магістерської роботи _____ / Нечаєв В.П./

Завдання отримав
магістрант _____ / Чернов М.Р./

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<i>Документація</i>						
A4		1	КНУ.КМР.131.24.1-18.ПЗ	Пояснювальна записка	106	
A4		2	КНУ.КМР.131.24.1-18.ТП	Альбом тех.карт на ТП виготовлення деталі	17	
<i>Креслення</i>						
A1		3	КНУ.КМР.131.24.1-18.ВТСК	Вал тихохідний (складальне креслення)	1	
A2		4	КНУ.КМР.131.24.1-18.ВТ	Вставка турбодетандера	1	
A1		5	КНУ.КМР.131.24.1-18.Д	Діафрагма	1	
A3		6	КНУ.КМР.131.24.1-18.КПШ	Діафрагма (поковка штампована)	1	
A1		7	КНУ.КМР.131.24.1-18.ЕОТП	Ескізи операцій технологічного процесу	1	
A1		8	КНУ.КМР.131.24.1-18.ВІН	Верстатно-інструментальне налагодження	1	
A1		9	КНУ.КМР.131.24.1-18.ОТ	Оснащення технологічне	1	
A3		10	КНУ.КМР.131.24.1-18.СККП	Схема конструкції контрольного пристрою	1	
A1		11	КНУ.КМР.131.24.1-18.ПЦ	План цеху	1	
A1		12	КНУ.КМР.131.24.1-18.НДЧ	Науково-дослідна частина	1	
КНУ.КМР.131.24.1-18.ВМ						
Відомість матеріалів КМР						
Лит.		Лист		Листов		
Н				1		
Кафедра ТМ гр. ПМ-23м						
Формат А4						

РЕФЕРАТ

Тема роботи: «Розробка технологічного забезпечення виготовлення деталі «Діафрагма» турбодетандера з використанням САПР технологій»

Пояснювальна записка до КМР: 106 стор., 46 рисунків, 47 таблиць, комплект карт на 17 стор. на технологічні процеси механічної обробки деталі, 10 листів графічної частини.

Тема магістерської випускної роботи присвячена розробці технологічного забезпечення виготовлення деталі «Діафрагма» турбодетандера з використанням САПР. Сучасні турбодетандери є складними високотехнологічними елементами енергетичних систем, і важливою їх частиною є діафрагма, яка визначає ефективність роботи агрегату. У процесі дослідження розглянуто застосування САПР технологій на всіх етапах проектування та виготовлення цієї деталі.

В сучасних умовах розвитку машинобудування та енергетики підвищується попит на ефективні технології виготовлення високоточних і надійних деталей. Турбодетандери використовуються в багатьох галузях промисловості, таких як енергетика, хімічна та газова промисловість. Технологічне забезпечення виготовлення деталей, зокрема діафрагм, із застосуванням САПР дозволяє значно скоротити час розробки, підвищити точність і якість продукції, що є особливо актуальним для енергетичного обладнання. Ця тема важлива для розвитку вітчизняного виробництва та впровадження сучасних цифрових технологій у промисловість.

Метою даної роботи є розробка технологічного процесу виготовлення деталі «Діафрагма» турбодетандера з використанням сучасних САПР технологій, що дозволить підвищити ефективність виробництва та точність виготовлення. Для досягнення цієї мети необхідно виконати наступні завдання:

- аналіз конструкційних особливостей та технологічних вимог до деталі «Діафрагма»;
- дослідження існуючих методів виготовлення подібних деталей;
- розробка технологічного процесу із застосуванням САПР;
- проведення моделювання та оптимізація технологічного процесу;
- оцінка результатів та обґрунтування ефективності запропонованих рішень.

Об'єктом дослідження є процес виготовлення деталі «Діафрагма» турбодетандера. Предметом дослідження виступає застосування САПР технологій у технологічному забезпеченні виробництва цієї деталі.

ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ, ДІАФРАГМА, ТУРБОДЕТАНДЕР, САПР, ПРОЕКТУВАННЯ, ВИРОБНИЦТВО, МОДЕЛЮВАННЯ, ОПТИМІЗАЦІЯ.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-18.Р</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		<i>Чернав</i>			<i>Реферат</i>	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		<i>Нечаєв</i>						
Реценз.								
Н. Контр.		<i>Нечаєв</i>				<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-23м</i>		
Зав. каф.		<i>Рязанцев</i>						

ЗМІСТ

Вступ	9
1 Розробка та узгодження технічного завдання	10
1.1 Технічне завдання та аналіз вихідних даних	10
1.2 Службове призначення об'єкту проектної задачі	11
1.3 Вимоги до методів проектування, обладнання та технологій	12
2 Проектування технологічного процесу складання	13
2.1 Службове призначення виробу	13
2.2 Проектування технологічного процесу складання	13
3 Технологічна підготовка виробництва виробу	18
3.1 Техніко-економічний аналіз вихідних даних для обробки деталі	18
3.2 Проектування технологічного процесу обробки деталі	24
4 Моделювання та програмування операцій механічної обробки	52
4.1 Розробка верстатно–інструментального налагодження та розрахунково-технологічної карти для операції на верстатах з ЧПК	52
4.2 Розробка комплексу допоміжного інструменту	54
5 Конструкторська підготовка виробництва	58
5.1 Проектування технологічного оснащення	58
5.2 Проектування контрольного оснащення	65
6 Організаційно-економічна підготовка виробництва	69
6.1 Проектування ремонтно-механічного цеху	69
6.2 Охорона праці та екологія виробництва	80
6.3 Розрахунки ключових техніко-економічних показників	82
7 Комплексна оцінка ефективності проектних рішень з використанням інноваційно-наукових ресурсів	95
7.1 Підхід до забезпечення шорсткості поверхні	96
7.2 Стружкоутворення і температура в зоні різання	97
7.3 Механічна обробка з попереднім впливом на матеріал	100
7.4 Геометрія різально інструменту та динаміка процесу	101
7.5 Багатофакторна модель	102
7.6 Висновок	103
Висновки	104
Список використаних джерел	105
Додатки	107

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-18.Р</i>		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		<i>Чернав</i>			Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		<i>Нечаєв</i>					
Реценз.					<i>Зміст</i>		
Н. Контр.		<i>Нечаєв</i>					
Зав. каф.		<i>Рязанцев</i>					
					<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-23М</i>		

ВСТУП

Сукупність методів та заходів виготовлення машин, використаних у визначеній галузі виробництва, складає технологією цієї галузі, у зв'язку з цим виникли поняття: технологія обробки тиском, технологія складання машин. Усі ці області виробництва відносяться до технології машинобудування, охоплюючи усі етапи процесу виготовлення машинобудівельної продукції.

Однак під «технологією машинобудування» прийнято розуміти наукову дисципліну що вивчає переважно процеси механічної обробки деталей та складання машин та за одним заходом торкається питання вибору заготовок та засобів їх виготовлення.

Процес механічної обробки пов'язаний з експлуатацією складного обладнання – металорізальних верстатів, трудомісткості та собівартості механічної обробки більше, ніж на інших етапах процесу виготовлення машин.

У «технології машинобудування» комплексно вивчається питання взаємодії верстата й пристрою, ріжучого інструменту та оброблюючої деталі; шляхом побудов найбільш раціональних, таким чином найбільш виробничих та економічних, технологічних процесів обробки деталей машин, включає вибір обладнання та технологічного оснащення; засоби раціональної побудови технологічних процесів складання машин.

Питання, які характерні для технології виробництва спеціалізованих галузей, вивчаються у спеціальних керівництвах, таких, як «технологія автотракторного будівництва», «технологія двигунобудування», «технологія верстатобудування» і т.д. Технологія машинобудування як наукова дисципліна створена радянськими вченими. Початок формування цієї дисципліни відноситься до тридцятих років минулого століття. Розвиток технології механічної обробки та складання і її спрямованості обумовлюється стоячими перед машинобудівною промисловістю задачами вдосконалення технологічних процесів, пошуком та вивченням нових методів виробництва, подальшого розвитку та впровадження комплексної механізації та автоматизації виробничих процесів на базі досягнень науки та техніки, забезпечуючи найбільш високу продуктивність праці при належній якості та найменшій собівартості випускаючої продукції.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-18.В</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Чернав</i>			<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Нечаєв</i>					
<i>Реценз.</i>					<i>Вступ</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Нечаєв</i>					
<i>Зав. каф.</i>		<i>Рязанцев</i>					
					<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-23м</i>		

1 РОЗРОБКА ТА УЗГОДЖЕННЯ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ

1.1 Технічне завдання та аналіз вихідних даних

Тема магістерської випускної роботи присвячена розробці технологічного забезпечення виготовлення деталі «Діафрагма» турбодетандера з використанням САПР. Сучасні турбодетандери є складними високотехнологічними елементами енергетичних систем, і важливою їх частиною є діафрагма, яка визначає ефективність роботи агрегату. Вихідними даними даної роботи є: креслення деталі «Діафрагма» та річний обсяг випуску заданої деталі (1000 шт.). Креслення деталі показано на рис. 1.1.

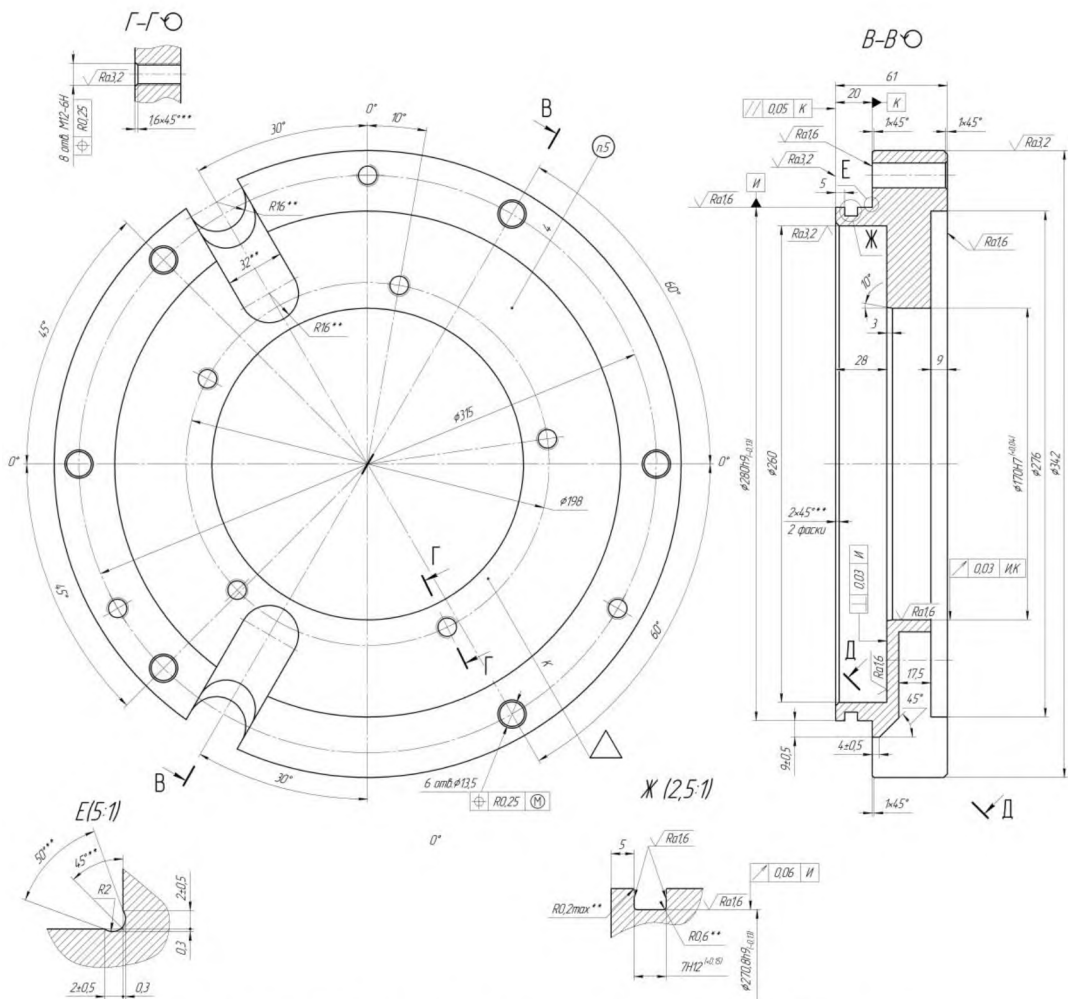


Рисунок 1.1 – Креслення деталі «Діафрагма»

Метою даної роботи є розробка технологічного процесу виготовлення деталі «Діафрагма» турбодетандера з використанням сучасних САПР технологій, що дозволить підвищити ефективність виробництва та точність виготовлення.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-18.01.РУТЗ</i>		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>Розробка та узгодження технічного завдання</i>		
Розроб.		<i>Чернов</i>					
Перевір.		<i>Нечаєв</i>					
Реценз.							
Н. Контр.		<i>Нечаєв</i>					
Зав. каф.		<i>Рязанцев</i>			Літ.	Арк.	Аркушів
					<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-23М</i>		

Об'єктом дослідження є процес виготовлення деталі «Діафрагма» турбодетандера.

Предметом дослідження виступає застосування САПР технологій у технологічному забезпеченні виробництва деталі «Діафрагма».

1.2 Службове призначення об'єкту проектної задачі

Основний принцип роботи турбодетандера ґрунтується на розширенні газу в робочому колесі. Газ віддає свою енергію і рахунок цього відбувається зниження його температури. Далі ця сама енергія може використовуватися як для вироблення енергії в електрогенераторі, так і для стиснення газу в компресорі, що дотискає. Таким чином, турбодетандер здатний виробляти не тільки холод, а й економічну, недорогу електроенергію, що теж є не маловажливим фактором і одним із найголовніших його переваг.

Деталь діафрагма входить до складу редуктора низькотемпературного турбодетандера, що зображений на рисунку 1.2.

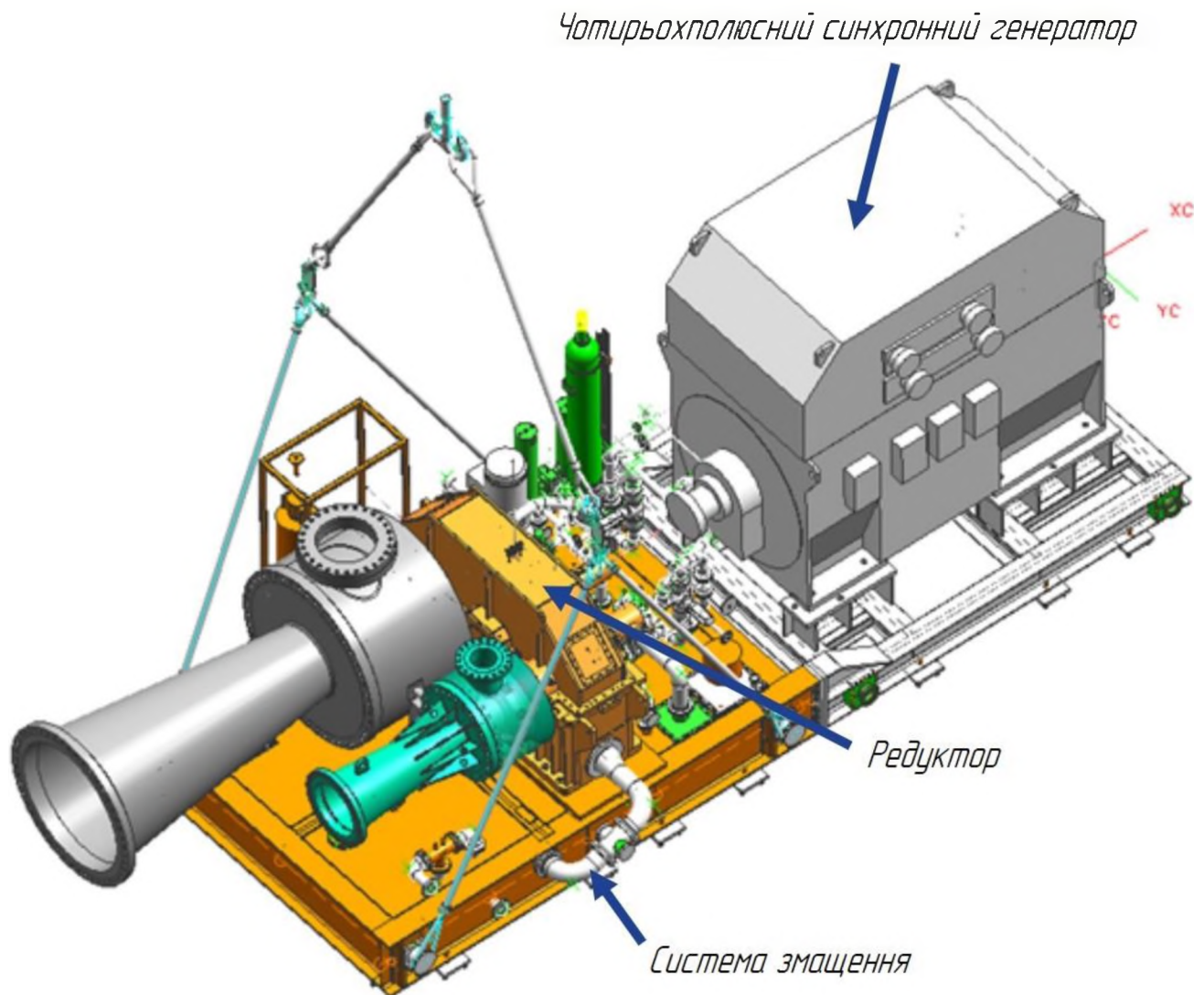


Рисунок 1.2 – Загальний вигляд турбодетандера

					КНУ.КМР.131.24.1-18.01.РУТЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Природний газ із магістрального газопроводу через засувку, теплообмінник, дозуючий блок підводиться до турбодетандеру, розширюється в ньому та зі зниженим тиском через засувку подається в газопровід споживача. У міру збільшення потоку газу до турбодетандерного агрегату (ТДА) витрата газу через газорегуляторний пункт (ГРП) знижується до повного закриття.

Підігрів газу проводиться в теплообміннику теплоносієм, якою можуть застосовуватися гаряча вода або пара. Блок дозуючий автоматично підтримує постійний, у межах допуску налаштування, тиск газу на виході ТДА шляхом дроселювання витрати газу на вході в турбодетандер. Стоп кран блоку, що дозує, перекриває практично миттєво подачу газу до ТДА при нормальних зупинках або у разі аварії.

При аварійних ситуаціях, коли закритий клапан стопорного блоку дозуючого, газ через турбодетандер вже не проходить, а ГРП ще не вступив у роботу, заданий тиск у газопроводі споживача до моменту початку роботи ГРП підтримує регулятор тиску газу байпасного блоку, який увімкнений паралельно турбодетандеру.

Потенційна енергія газу перетворюється на механічну роботу обертання ротора турбодетандера, який для узгодження частот обертання з'єднаний із турбогенератором через редуктор (до складу якого входить діафрагма).

1.3 Вимоги до методів проектування, обладнання та технологій

У зв'язку з тим, що тематика магістерської роботи передбачає використання систем автоматизації, зокрема САД-систем, на основі отриманого 2D креслення було створено тривимірну модель діафрагми редуктора турбодетандера (рис. 1.3). Спроектвана модель буде застосовуватися для подальшого моделювання процесу обробки в САМ-системі.

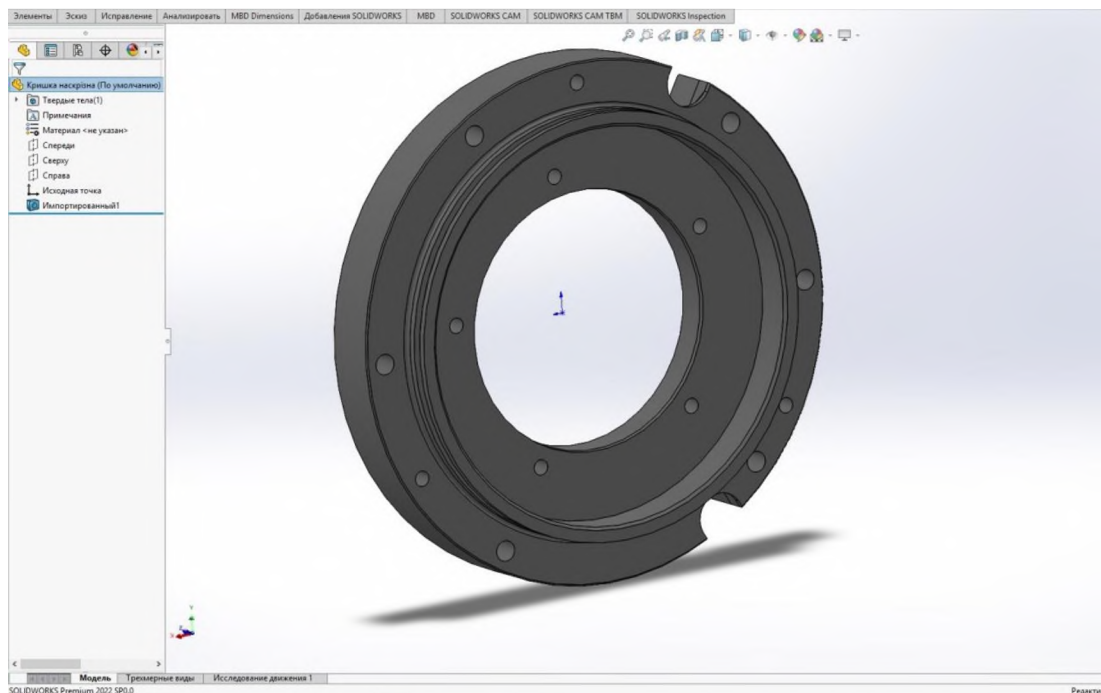


Рисунок 1.3 – Об'ємна модель деталі «Діафрагма»

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

КНУ.КМР.131.24.1-18.01.РУТЗ

2 ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ СКЛАДАННЯ

2.1 Службове призначення виробу

Турбодетандерний агрегат є турбінною лопатковою машиною з безперервною дією (рис. 2.1). Основною метою такого апарату є розширення газу для подальшого охолодження. Турбодетандер здійснює низькотемпературну обробку газу в різних промислових установках, а також бере безпосередню участь у розподілі багатокomпонентних газових сумішей та у зрідженні газу.

Конструкція турбодетандера складається з корпусу, ротора, соплового апарату, що регулюється, і направляючого апарату, який обладнаний необхідними поворотними механізмами.

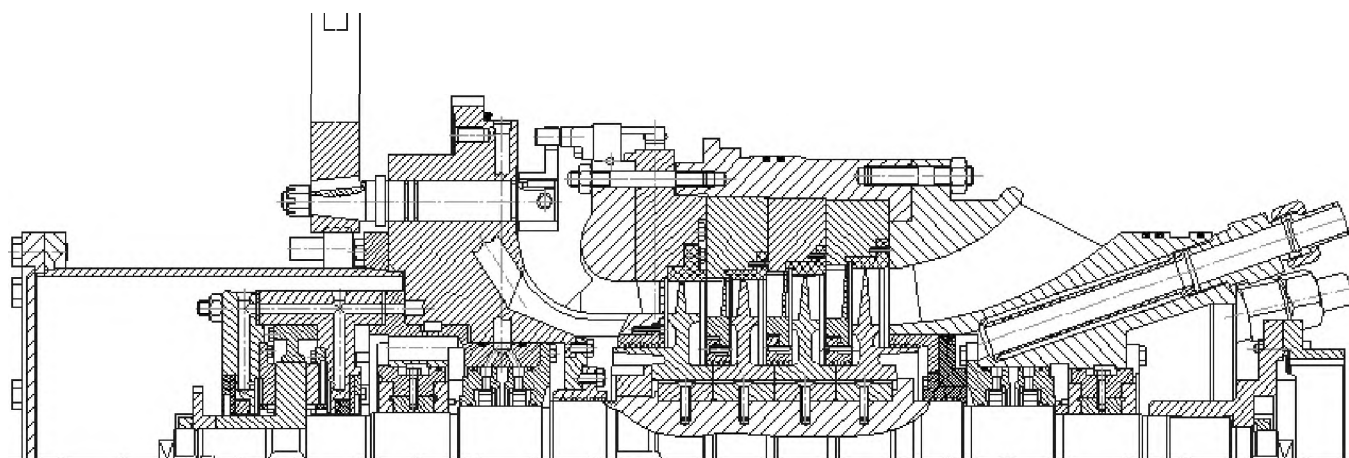


Рисунок 2.1 – Низькотемпературний турбодетандер

2.2 Проектування технологічного процесу складання

2.2.1 Виявлення та розрахунок лінійних розмірних ланцюгів

Для визначення методу складання розрахуємо розмірні ланцюги. Був виявлений лінійний розмірний ланцюг А [11, ст. 9], що визначає величину зазору між підшипником та дистанційним кільцем. Схема лінійного розмірного ланцюга представлена на рисунку 2.2.

Проводимо прямий розрахунок лінійного ланцюга за методикою розрахунку ланки-компенсатора.

Вихідні дані: $A_1=570\text{Js}14(\pm 0,875)$, $A_2=20\text{Js}14(\pm 0,26)$, $A_3=A_5=90_{-0,2}$, $A_4=350\text{ Js}14(\pm 0,7)$, $A_K=A_6=20\pm 0,26$, $A_\Sigma=1\pm 0,5\text{мм}$.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-18.02.ПТПС</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		<i>Чернов</i>			<i>Проектування технологічного процесу складання</i>	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		<i>Нечаєв</i>						
Реценз.						<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-23М</i>		
Н. Контр.		<i>Нечаєв</i>						
Зав. каф.		<i>Рязанцев</i>						

Величина компенсації:

$$T_K = T_{\Sigma} - [T_{\Sigma}] \quad (2.1)$$

де T_{Σ} – технологічно досяжний допуск на замикаючу ланку,
 $[T_{\Sigma}]$ – потрібний допуск на замикаючу ланку.

$$T_K = 3 - 1 = 2 \text{ мм}$$

Необхідна кількість сходинок компенсатора:

$$N = \frac{T_K}{[T_{\Sigma}] - T_{\text{КОМП}}} + 1 = \frac{2}{1 - 0,52} + 1 = 5,167, \text{ приймаємо } N=6, \quad (2.2)$$

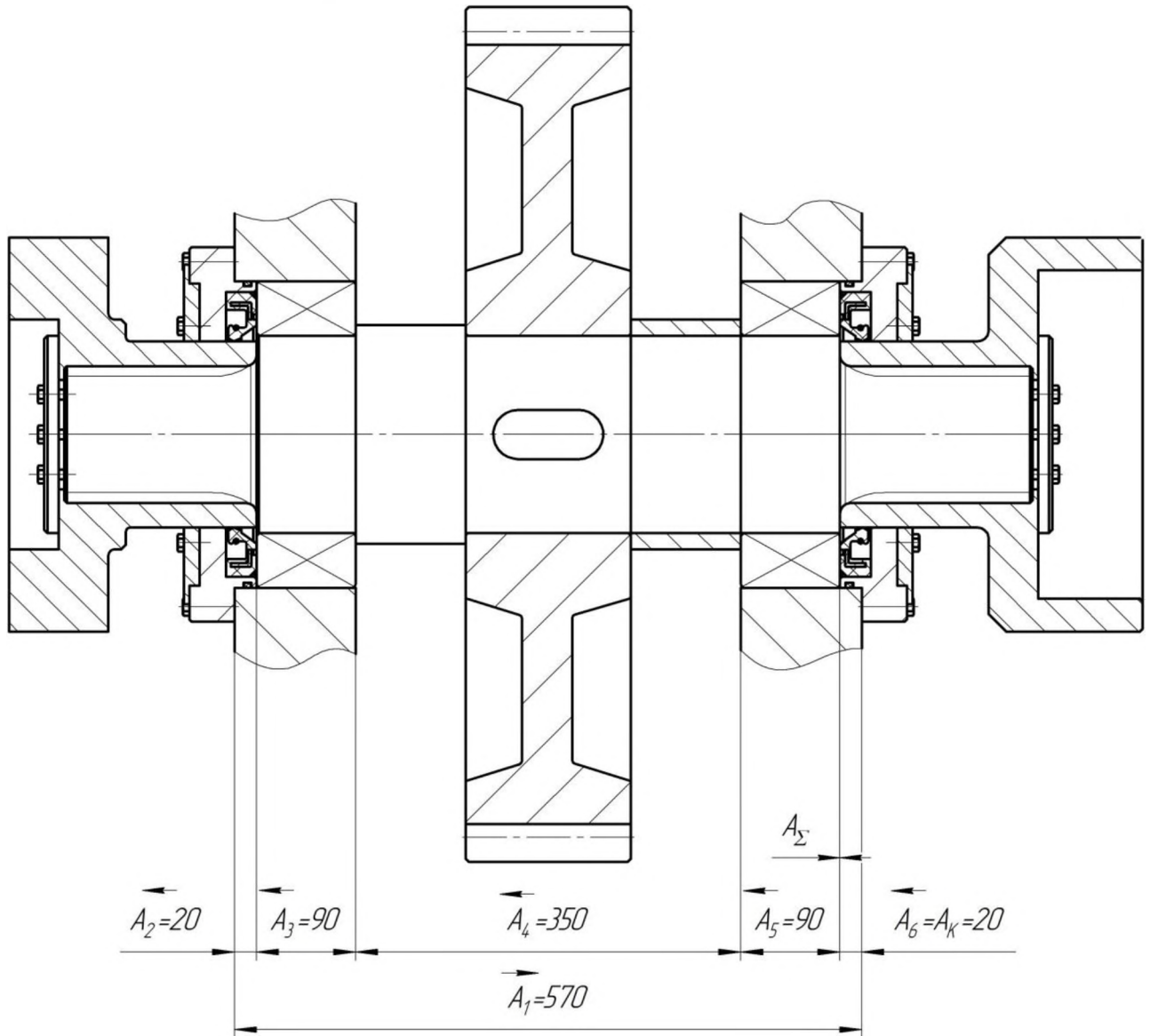


Рисунок 2.2 – Схема лінійного розмірного ланцюга А

Уточнення величини сходинки компенсатора:

$$T_{CT} = \frac{T_K}{N-1} = \frac{2}{6-1} = 0,4 \text{ мм} \quad (2.3)$$

Середній розмір компенсатора:

$$A_{СК} = A_{КОМП} + \Delta C_{КОМП} + \Delta C_{\Sigma} - [\Delta C_{\Sigma}] \quad (2.4)$$

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КМР.131.24.1-18.02.ПТПС

Арк.

У вузлі використовують підшипники 2097136 ДСТУ ГОСТ 520:2014 – підшипник радіально-упорний роликів конічний. Максимальний радіальний зазор становить $G_{РАД} = 160\text{мм}$ [9, с.79, табл.61].

Визначаємо величину кута перекосу у найгіршому випадку. Схема розрахунку приведена на рисунку 2.4.

Кут перекосу вала визначається за формулою:

$$\alpha = \arctg\left(\frac{2 \cdot G_{РАД}}{L}\right) \quad (2.7)$$

де $G_{РАД}$ – радіальний зазор у підшипнику,
 $L=440\text{мм}$ – відстань між підшипниками.

$$\alpha = \arctg\left(\frac{2 \cdot 0,160}{440}\right) = 0,042 \approx 0^{\circ}2'30''$$

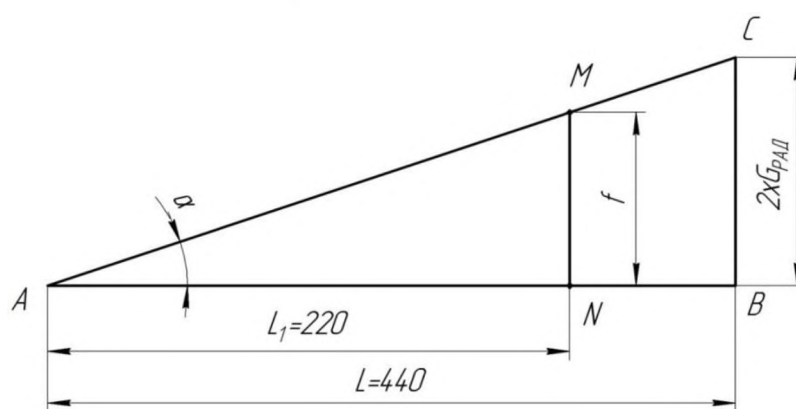


Рисунок 2.4 – Схема розрахунку кута перекосу

З умови подібностей трикутників ABC та AMN визначимо радіальне зміщення f зубчатої поверхні:

$$f = \frac{2 \cdot G_{РАД} \cdot L_1}{L} = \frac{2 \cdot 0,160 \cdot 220}{440} = 0,160 \text{ мм} \quad (2.8)$$

Тобто допуск на радіальне зміщення приблизно становить $0,160\text{мм}$ ($\pm 0,080\text{мм}$).

Нормоване значення $f_A = \pm 0,090\text{мм}$ при міжосьовій відстані $a_w = 526,57\text{мм}$, $Z=46$, $m=16$ [3, табл.5.17, с. 336].

Отже, підшипники забезпечують кут перекосу менше нормованого значення.

2.2.3 Технологічний процес складання

Визначаємо порядок складання вузла Вал тихохідний та представляємо послідовність складання на рисунку 2.5. Попередньо визначивши, що складання проводиться методом регулювання, в нашому випадку за допомогою ланки – компенсатора.

На основі схеми складання розроблюємо операційний технологічний процес складання, та відображаємо у технологічних картах складання.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-18.02.ПТПС</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

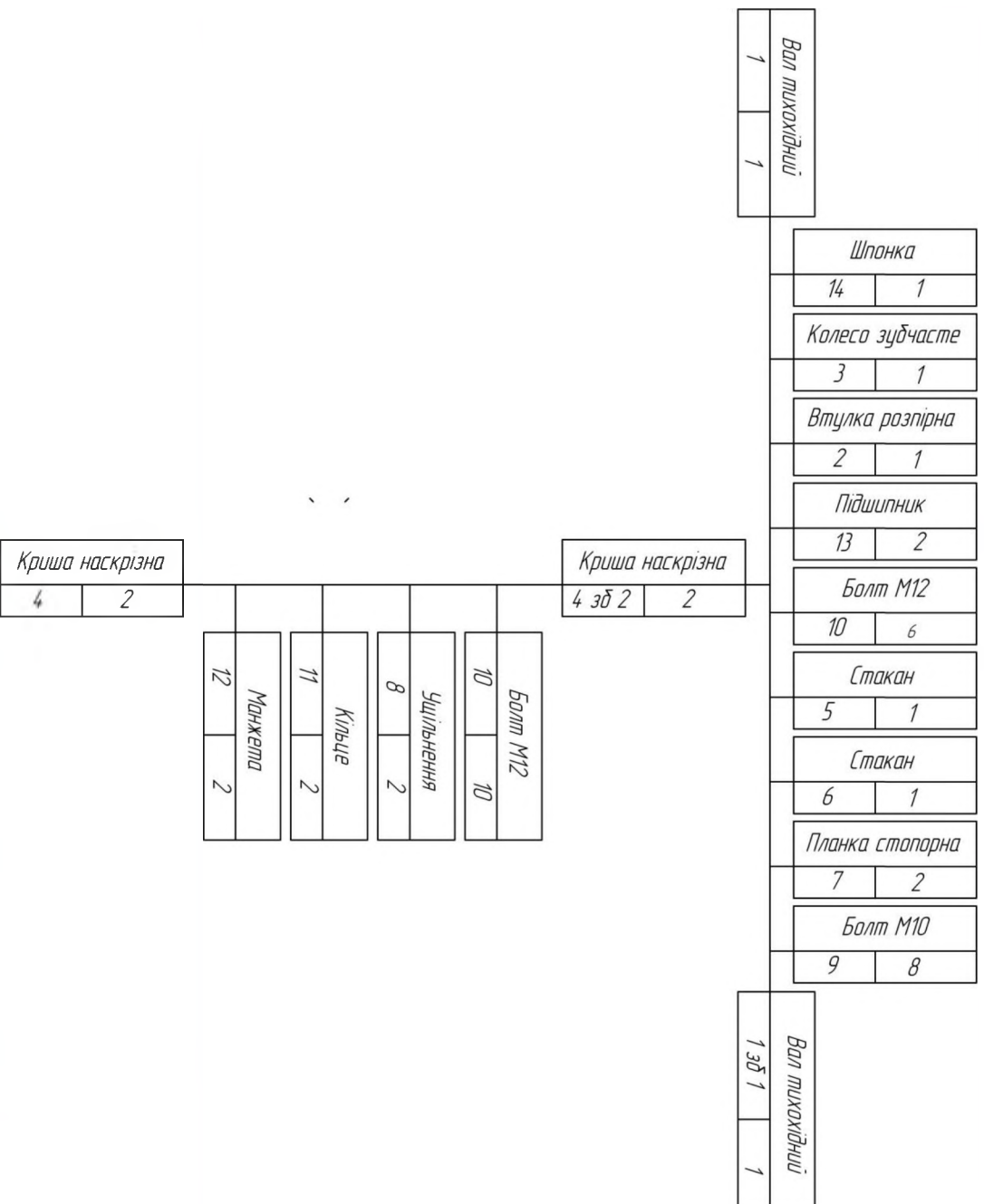


Рисунок 2.5 – Схема складання вузла

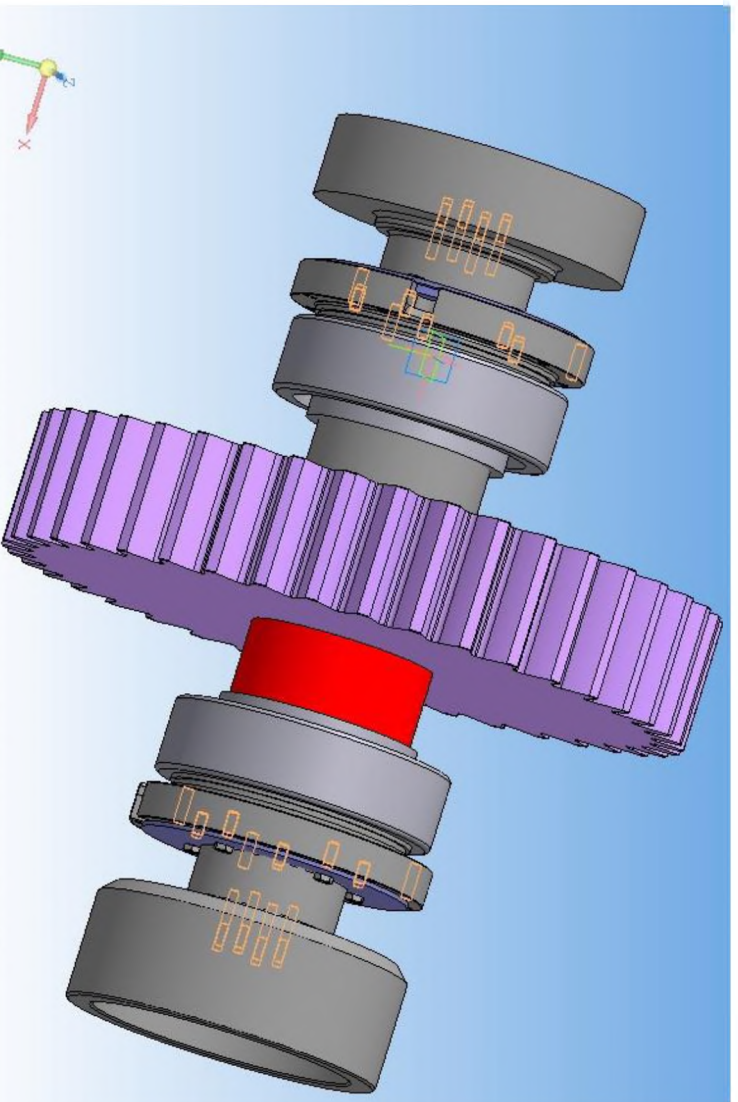


Рисунок 2.6 – Складальне креслення вузла 3D

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КМР.131.24.1-18.02.ПТТЛС

Арк.

3 ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА ВИРОБУ

3.1 Техніко-економічний аналіз вихідних даних для обробки деталі

3.1.1 Службове призначення деталі. Вибір матеріалу і варіантів замін

Діафрагма служить корпусом для кріплення лабіринтового ущільнення, виготовленого з алюмінію. Лабіринтове ущільнення кріпиться на діафрагмі за допомогою гвинтів і запобігає попаданню газу у вузол підшипника. Лабіринтове ущільнення виготовлене спеціально з м'якого матеріалу для простоти виготовлення й запобігання зношування несучого вала.

Так як турбодетандери працюють на великих швидкостях, то вони піддаються вібрації, температурному впливу, не піддаються ударам, дії абразиву. Діафрагма піддається статичному навантаженню, тому виготовлено зі ст3 ДСТУ 2651-94. Дана сталь добре піддається зварюванню всіма видами зварки, не схильна до відпускнуї крихкості. Можлива заміна матеріалу на ст2, ст5 ДСТУ 2651-94. Дані про матеріал деталі та заміну приводяться у табл. 3.1. та 3.2.

Таблиця 3.1 – Хімічний склад матеріалу деталі

Склад	C, %	Si, %	Mn, %	Cu, %	As, %	Ni, %	S, %	P, %	Cr, %
Ст3	0,14-0,22	0,12-0,3	0,4-0,65	0-0,3	0-0,08	0-0,3	0-0,05	0-0,04	0-0,3
Ст2	0,09-0,15	0,05-0,17	0,25-0,5	0-0,3	0-0,08	0-0,3	0-0,05	0-0,04	0-0,3
Ст5	0,28-0,37	0,15-0,35	0,5-0,8	0-0,3	0-0,08	0-0,3	0,05	0,04	0,03

Таблиця 3.2 – Механічні властивості ст3 ДСТУ 2651-94

Властивості	σ_T , МПа	σ_{BP} , МПа	δ_5 , %	ψ , %	a_H , Дж/см ²	Твердість НВ
Ст2	200	353	24	50	59	143
Ст3	230	380	24	50	59	143
Ст5	270	520	24	50	59	143

На основі даних, що наведені в таблицях, можна зробити висновок, що ст2 має найнижчі механічні властивості, а ст5 – найвищі серед приведених марок. Таким чином, заміна ст3 на ст2 недоцільна. Найкращим заміником є ст5.

3.1.2 Аналіз якості поверхонь деталей

Для аналізу якості поверхонь деталей проводимо нумерацію поверхонь на кресленні деталі (рис. 3.1).

Основні поверхні служать для визначення положення деталі у вузлі. До них відносяться поверхня 15, що представлена $\varnothing 280h9$ шорсткістю Ra1,6, та поверхня 2 – торець з шорсткістю Ra1,6. Ці поверхні є базовими та позначені літерами И та К відповідно.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-18.03.ТПВВ</i>		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		<i>Чернав</i>			Технологічна підготовка виробництва виробу		
Перевір.		<i>Нечаєв</i>					
Реценз.							
Н. Контр.		<i>Нечаєв</i>					
Зав. каф.		<i>Рязанцев</i>					
					Літ.	Арк.	Архувів
					<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-23М</i>		

Допоміжні поверхні служать для визначення положення деталей, що приєднуються до деталі, яка розглядається. До них відносяться поверхня 7, що представлена $\text{Ø } 170\text{H}7$ шорсткістю $Ra1,6$, та поверхня 12 – торець з шорсткістю $Ra1,6$ та відхиленням від перпендикулярності не більше $0,03\text{мм}$ відносно бази И.

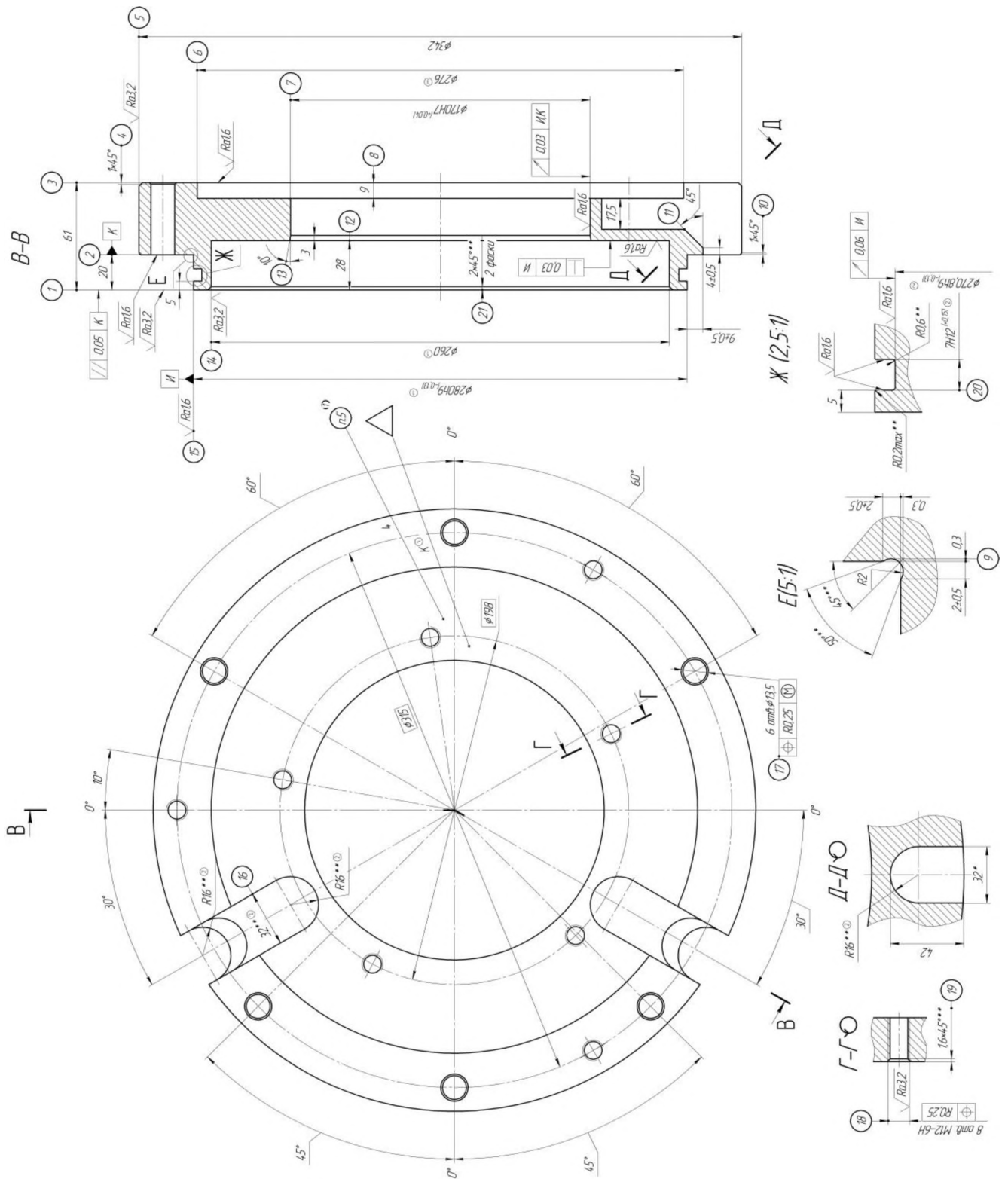


Рисунок 3.1 – Нумерація поверхонь деталі

У таблиці 3.3 приведені характеристики поверхонь.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-18.03.ТГВВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.3 – Характеристика поверхонь

№ п/п	Номинальний розмір, мм	Квалітет, IT	Допуск Т чи відхилення розміру	Шорсткість, Ra, мкм	Відхилення форми і розташування поверхонь
1	61	js14	+0,370 -0,370	3,2	0,05 К
2	20	Js14	+0,260 -0,260	1,6	
3	61	js14	+0,370 -0,370	1,6	-
4	1x45°	js14	+0,125 -0,125	6,3	-
5	Ø342	h14	0 -1,400	6,3	-
6	Ø276	H14	+1,300 0	6,3	-
7	Ø170	H7	+0,040 0	1,6	0,03 И,К
8	9	Js14	+0,180 -0,180	6,3	-
9	R2	js14	+0,125 -0,125	6,3	-
10	1x45°	js14	+0,125 -0,125	6,3	-
11	4	js14	+0,5 -0,5	6,3	-
12	28	js14	+0,260 -0,260	1,6	0,03 И
13	3x10°	js14	+0,125 -0,125	6,3	-
14	Ø260	H14	1,300 0	3,2	-
15	Ø280	h9	0 -0,130	1,6	
16	32	Js14	+0,310 -0,310	6,3	-
17	6 отв. Ø13,5	H14	+0,430 0	6,3	R0,25 (M)
18	8 отв. M12	6H	0,170	3,2	R0,25
19	1,6x45°	js14	+0,125 -0,125	6,3	-
20	7	H12	+0,150 0	1,6	0,06 И
	Ø270,8	H9	0 -0,130		
21	2x45°	14	+0,125 -0,125	6,3	-

До спряжених поверхонь відносяться:

					КНУ.КМР.131.24.1-18.03.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- 18 – різьбі отвори, що позначені на кресленні М12-6Н, позиційний допуск на радіус складає 0,25мм, шорсткість поверхні Ra3,2,
- 20 – канавка розміщення ущільнення, шорсткість поверхні Ra1,6, квалітет 9, радіальне биття не повинно перевищувати 0,06мм відносно бази І,
- 17 – отвори для кріплення корпусу до корпусу вузла, що позначені на кресленні Ø13,5мм, позиційний допуск на радіус складає 0,25мм, шорсткість поверхні Ra6,3, Н14.

До вільних поверхонь відносяться:

- 9 – канавка для виходу шліфувального кола, квалітети точності відповідають технічним вимогам, шорсткість поверхні Ra6,3,
- фаски, що представлені поверхнями 4,10, 13, 19, 21,
- пази для утворення газопровідних каналів, що представлені поверхнею 16.

Таким чином, вимоги до шорсткості, квалітетів допусків, допуски відхилення від форми та розташування поверхонь, що позначені на кресленні, дають можливість обробки деталі на верстатах нормальної точності.

3.1.3 Технічний контроль робочого креслення

На кресленні зображений головний вид та вид зліва деталі «Діафрагма». Вид зліва має переріз В-В, що відображає внутрішні поверхні деталі. На кресленні у збільшеному масштабі представлені види канавки для виходу шліфувального кола, канавки для розміщення ущільнення, переріз різбового отвору для кріплення лабіринтового ущільнення до корпусу, переріз пазу. Цього достатньо для повного уявлення про форму деталі.

На деталі проставлені всі необхідні розміри. Розміри основних та допоміжних поверхонь мають квалітет допуску (деякі мають інформацію про граничні відхилення), проставлена шорсткість поверхонь. Поверхні, що забезпечують положення деталі у вузлі, тобто циліндрична поверхня Ø280 шорсткістю Ra1,6 та торець Ø342 шорсткістю Ra1,6, призначені базовими, про що свідчать чорні замальовані трикутники із буквеними позначеннями. На поверхні Ø170, торець Ø260 та торець Ø280 шорсткістю Ra1,6 проставлені допуски на відхилення поверхонь відносно заданих баз.

На розміри деталі, що не мають позначення квалітету, призначається 14 квалітет, про що мається запис у технічних вимогах. Невказана шорсткість Ra6,3, що знижує можливість появи концентраторів навантаження.

Технічні вимоги містять інформацію про розміри для довідок, невказані допуски та граничні відхилення по 14 квалітету, покриття – хімічне окислення та маркування деталі.

Штамп містить всю необхідну інформацію, а саме матеріал деталі ст3 ДСТУ 2651-94, маса 19,2кг, масштаб 1:1, назва – Корпус, шифр креслення. Таким чином креслення відповідає вимогам ЄСКД.

3.1.4 Аналіз технологічності деталі

3.1.4.1 Якісний аналіз технологічності

Заготовкою для одержання даної деталі може бути поковка, поковка штампована, відливка.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-18.03.ТПВВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При виборі заготовки у вигляді поковки під час обробки знімається значний припуск, що приводить до збільшення трудомісткості та собівартості деталі.

При виборі заготовки у вигляді поковки штампованої припуск на механічну обробку значно менший в порівнянні із попереднім варіантом. Але значну частину собівартості складає затрати на проектування та виготовлення штампу.

При виборі відливки у якості заготовки з'являється необхідність використовувати матеріалу із ливарними властивостями.

Деталь має розвинуті поверхні для установки та закріплення, що представлені циліндричними та торцевими поверхнями.

Деталь жорстка, що дає можливість використання підвищених режимів різання, використання одночасної обробки декількома інструментами. Профіль деталі дозволяє вільне підведення та відведення ріжучого та вимірювального інструмента.

Допуски розмірів поверхонь деталі представлені 7 та 9 квалітетами. Невказані розміри згідно технічним вимогам мають 14 квалітет. Поверхні деталі з шорсткістю Ra1,6 та Ra3,2. Невказана шорсткість складає Ra6,3, отже, ці поверхні піддають чорновій та напівчистовій обробці. Необхідна точність та шорсткість досяжна при використанні верстатів та оснащення нормальної точності.

Можна зробити висновок, що в цілому деталь технологічна, але маються нетехнологічні елементи у вигляді пазів, що утворюють газопровідні канали. Для запобігання цьому, газопровідні канали можливо утворити у інших деталях, де їх виготовлення являється більш технологічним.

3.1.4.2 Кількісний аналіз технологічності

Коефіцієнт використання матеріалу, вихідною заготовкою якої є поковка (згідно заводського технологічного процесу):

$$K_{в.м.} = \frac{Q_{д.}}{Q_3} = \frac{19,2}{69,8} = 0,275$$

Коефіцієнт використання матеріалу, вихідною заготовкою якої є поковка штампована:

$$K_{в.м.} = \frac{Q_{д.}}{Q_3} = \frac{19,2}{26} = 0,74$$

Коефіцієнт уніфікації:

$$K_{ун} = \frac{n}{N} = \frac{39}{46} = 0,85$$

Коефіцієнт уніфікації повинен перевищувати 0,9.

В нашому випадку $K_{ун}=0,85$, що говорить про значну кількість розмірів, що не належать до лінійних рядів.

Середня шорсткість:

$$Ra_{ср} = \frac{\sum Ra \cdot n}{N} = \frac{1,6 \cdot 6 + 3,2 \cdot 3 + 6,3 \cdot 12}{21} = 4,51$$

Отже, вимоги до шорсткості деталі середні.

Середня точність:

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-18.03.ТПВВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$IT_{CP} = \frac{\sum IT \cdot n}{N} = \frac{1 \cdot 7 + 2 \cdot 9 + 1 \cdot 12 + 17 \cdot 14}{21} = 13,1$$

Отже, вимоги до точності низькі.

3.1.5 Вибір типу виробництва. Задачі проектування. Пропозиції щодо удосконалення

3.1.5.1 Вибір типу виробництва та методу роботи

На початку розробки дипломного проекту вважається, що виробництво деталі буде середньо-серійним і обробка буде виконуватись на технологічній лінії. Після розробки технологічного процесу тип виробництва уточнюється за коефіцієнтом закріплення операцій.

3.1.5.2 Вибір діючого заводського чи типового технологічного процесу. Задачі проектування. Пропозиції щодо удосконалення типового ТП

За базовий технологічний процес використаємо заводський, що приведений у таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Базовий технологічний процес

№ опер.	1. Назва операції 2. Верстат 3. Зміст переходів технологічної операції	Інструмент (різучий, допоміжний, вимірювальний)
1	2	3
005	1 Токарна 2 Токарно-гвинторізний 165 3 Обробка торцевих та циліндричних поверхонь начорно	Штангенциркуль ШЦ-III-500-0,1; штангенциркуль ШЦ-II-250-0,1 ДСТУ ГОСТ 166:2009, штангенглибиномір ШГ-250-0,05 ДСТУ ГОСТ 162:2009, радіусний шаблон набір №1 ТУ-034-228-88
010	1 Токарна 2 Токарно-гвинторізний 1А64 3 Обробка торцевих та циліндричних поверхонь начисто, точіння канавок	Патрон D800 7103-0054, штангенциркуль ШЦ-III-500-0,1; штангенциркуль ШЦ-II-250-0,1 ДСТУ ГОСТ 166:2009, штангенглибиномір ШГ-250-0,05 ДСТУ ГОСТ 162:2009, різець Кр 9315-205-01 b=4 R=0,6, різець Кр 9319-128, нутромір НИ 160-250 ДСТУ ГОСТ 868:2009, кільце 30-170 КАТР 30-2003, мікрометр МК300-1 ДСТУ ГОСТ 6507:2009
015	1 Координатно-розточна 2 Координатно-розточний 2Е470 3 Свердління 8 отв. Ø10,2мм, свердління 6 отв. Ø13,5мм, фрезерування двох пазів	Глобусний стіл, свердла 2301-0030; 2301-0030; 2301-3594 ДСТУ ГОСТ 10903:2008, Штангенциркуль ШЦ-II-250-0,05 ДСТУ ГОСТ 166:2009; zenківка 2353-0134 ДСТУ ГОСТ 14953:2008, фреза 2235-0075 ДСТУ ГОСТ 17025:2008, Штангенглибиномір ШГ-250-0,05 ДСТУ ГОСТ 162:2009

						КНУ.КМР.131.24.1-18.03.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Продовження таблиці 3.4

1	2	3
020	1 Слюсарна 2 Верстак слюсарний 3 Нарізання різьби, зачистка заусенців, притуплення гострих кромок	Мітчик 2621-1519.2 ДСТУ ГОСТ 3266:2008, мітчик 2621-1517.2 ДСТУ ГОСТ 3266:2008, пробка 8221-3053 6Н ДСТУ ГОСТ 17758-2009, напильник DIN 7261
025	Окислення хімічне	-
030	Технічний контроль	-

3.1.5.2 Задачі проектування

Оскільки програма випуску передбачає перехід на середньо-серійний тип виробництва, то необхідно визначити задачі проектування:

Розробити свій операційний маршрут обробки деталі, залишивши послідовність обробки згідно заводського технологічного процесу, представленого в таблиці 3.4.

Інноваційний ТП буде розроблюватись на базі типового. Замінюємо вихідну заготовки на поковку штамповану. Завдяки цьому значно зменшується припуски на обробку, час обробки, підвищиться економія металу.

Заміна операції координатно-розточної та слюсарної на розточну з ЧПК. Це дозволить зменшити затрати часу на даній операції.

3.2 Проектування технологічного процесу обробки деталі

3.2.1 Вибір, техніко-економічне обґрунтування та проектування заготовок

Головним у виборі заготовки є забезпечення заданого рівня якості готової деталі при її мінімальній собівартості. Собівартість деталі визначається сумою собівартості заготовки по калькуляції заготівельного цеху і собівартості її наступної обробки до досягнення заданих вимог якості згідно креслення.

На попередньому етапі вибору оптимального способу одержання заготовки можна користуватися так званою матрицею впливу факторів (табл. 3.5) [5, ст.29-30]. Аналізуючи ступінь впливу основних факторів, які визначають вибір виду заготовки і технології її виготовлення для даної деталі, вибираємо один технологічний процес, що забезпечує одержання заготовки необхідної якості. Кращим вважається спосіб, який набрав більше число плюсів.

Таблиця 3.5 – Матриця впливу факторів

Спосіб виготовлення заготовки	Фактори				Сума
	Форма і розміри заготовки	Точність та якість поверхневого шару	Технологічні властивості матеріалу	Економія матеріалу	
Лиття	+	+	-	+	3
Ковка	+	-	+	-	2
Штампуння	+	+	+	+	4

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>КНУ.КМР.131.24.1-18.03.ТПВВ</i>				

Можна зробити висновок, що найбільш оптимальним способом отримання заготовки є штамповка.

Вартість заготовки обчислюється за формулою 3.1

$$A = M \cdot C \cdot K_n \cdot K_c \cdot K_{оп} - (Q - q) \cdot Ц \quad (3.1)$$

де M – маса заготовки, C – вихідна оптова ціна 1 кг заготовки, K_n – коефіцієнт, що враховує групу складності заготовки, K_c – коефіцієнт, що враховує виготовлення заготовок, $K_{оп}$ – коефіцієнт, що враховує масу заготовки, q – чиста маса деталі, $Ц$ – ціна 1кг відходів, $З_о$ – заробітна плата по операціям механічної обробки, грн.

Вартість відливки:

$$A = 26,2 \cdot 42,2 \cdot 0,82 \cdot 1,06 \cdot 0,86 - (26,2 - 19,2) \cdot 5 = 791,48 \text{ грн.}$$

Вартість поковки штампованої:

$$A = 26 \cdot 42,9 \cdot 0,88 \cdot 1,16 \cdot 0,723 - (26 - 19,2) \cdot 5 = 789,21 \text{ грн.}$$

Таким чином, можна зробити висновок, що вибір поковки штампованої в якості заготовки є економічно вигідним.

3.2.2 Проектування заготовок

Проводимо розрахунок поковки штампованої згідно.

Хімічний склад Ст3 ДСТУ 2651-94: 0,14-0,22% С, 0,12-0,3% Si, 0,4-0,6% Mn, 0-0,3% Cu, 0-0,08% As, 0-0,04% P, 0-0,30% Ni, 0-0,3% Cr.

Розраховуємо масу деталі, яка становить $m=19,2$ кг

Розрахункова маса поковки:

$$G_{пок.} = K_p \cdot G_{дет.} \quad (3.2)$$

де $G_{дет.}$ – маса деталі;

K_p – розрахунковий коефіцієнт [3, ст.31].

$$G_{пок.} = 1,6 \cdot 19,2 = 30,72 \text{ кг}$$

По таблиці 19 [3, ст.28] обираємо штампувальні молоти, клас точності – Т4.

Група сталі М1 по таблиці 1 [3, ст.7-8], так як дана сталь містить до 0,35% вуглецю або сумарну масову долю легованих елементів до 2%.

Ступінь складності поковки в залежності від відношення:

$$\frac{G_{пок.}}{G_{ф.}} \quad (3.3)$$

де $G_{ф.}$ – маса геометричної фігури, у яку вписується форма поковки.

Розміри геометричної фігури, яка описує поковку, збільшуємо у 1,05 раза. Такою геометричною фігурою є циліндр.

Визначаємо масу циліндра:

$$G_{ф.} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot L \cdot \rho, \quad (3.4)$$

де $\rho = 7,85 \text{ кг/дм}^3$ – густина сталі.

$$G_{ф.} = \frac{3,14 \cdot (34,2 \cdot 1,05)^2}{4} \cdot (0,61 \cdot 1,05) \cdot 7,85 = 50,9 \text{ кг}$$

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-18.03.ТПВВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\frac{G_{\text{пок}}}{G_{\text{ф}}} = \frac{30,72}{50,9} = 0,604.$$

В нашому випадку ступінь складності С1.

Роз'єм штампу розміщуємо посередині найбільшого діаметру деталі.

Вихідний індекс 14 за таблицею 2 [3, ст.10].

По таблиці 3 [3, ст.12] призначаємо основні припуски на механічні обробку на сторону та заносимо в таблицю 1.

Призначаємо зміщення поверхні роз'ємну штампа [3, ст.14, табл.4] і відхилення від площинності та прямолінійності [3, ст.14, табл.5], які складають додаткові припуски.

Обрані значення заносимо в таблицю 3.6.

Таблиця 3.6 – Припуски на механічну обробку

№ за/п	Номинальний розмір, мм	Ra	Основний припуск, мм	Додатковий припуск, мм	Номинальні розміри поковки, мм	Округлені розміри поковки, мм	Граничні відхилення, мм
1	Ø342	3,2	2,7x2	0,5	Ø348,4	Ø348	+2,7
							-1,3
2	Ø280	1,6	2,7x2	0,5	Ø286,4	Ø286	+2,7
							-1,3
3	Ø276	6,3	2,7x2	0,5	Ø269,6	Ø269,5	+2,7
							-1,3
4	Ø260	3,2	2,7x2	0,5	Ø253,6	Ø253,5	+2,7
							-1,3
5	Ø170	1,6	2,5x2	0,5	Ø164	Ø164	+2,4
							-1,2
6	61	3,2/1,6	2,3+2,3	0,6	66,8	66,5	+1,8
							-1,0
7	28	3,2/1,6	2,3-1,8	0,6	28,5	28,5	+1,6
							-0,9
8	20	3,2/1,6	2,3-1,8	0,6	20,5	20,5	+1,6
							-0,9
9	9	6,3/1,6	2,3-1,8	0,6	9,5	9,5	+1,6
							-0,9

По таблиці 8 [3, ст.17] призначаємо допуски і граничні відхилення та заносимо до таблиці 1.

По таблиці 7 [3, ст.15] величина мінімальних радіусів закруглення заготовки становить R=4мм. Радіуси внутрішніх кутів приймаємо у 2,5 рази більше, тобто R=10мм. Допуски радіусів закруглення назначаємо за таблицею 17 [1, ст.26] в залежності від класу точності Т4. Отже, розміри зовнішніх та внутрішніх радіусів та їх граничні відхилення становлять відповідно 4±0,5 та 10±1,5мм.

Величина залишкового облою призначається по таблиці 10 [3, ст.21] та становить 1,4мм. Допустима величина висоти заусенця поковки по контуру обрізки облою не повинна перевищувати 5мм.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-18.03.ТПВВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Допустима величина зміщення по поверхні роз'ємну штампа, що визначається за таблицею 9 [3, ст.20], становить 1,2мм. Допустиме відхилення від вигнутості, що визначаємо за таблицею 13 [3, ст.23], становить 1,2мм.

По таблиці 18 [3, ст.26] призначаємо штамповочні уклони. Зовнішні уклони становлять 7° , а внутрішні – 10° .

Виконуємо креслення поковки.

Товщину звичайної (пласкої) перемички визначають за формулою:

$$S = 0,45\sqrt{d_0 - 0,25h_0} - 5 + 0,6\sqrt{h_0} = 0,45\sqrt{164 - 0,25 \cdot 43,2} - 5 + 0,6\sqrt{43,2} = 4,5 \text{ мм},$$

де $d_0=164$ мм - діаметр прошивання, мм;

$h_0=43,2$ мм - глибина прошивання, мм.

Так як $h_0 < d_0$ у 2,5 рази, то для полегшення роздачі металу в сторони рекомендують використовувати перемички з розкосом.

Тоді: $S_{\min}=0,65S=3$ мм, приймаємо $S_{\min}=4$ мм; $S_{\max}=1,35S=6$ мм

Діаметр плоскої ділянки $d_1=25$ мм, радіуси закруглень вершин позначок $R_1=16,5$ мм.

Обираємо середню облойну канавку.

Товщина містка заусенця, мм:

$$h_3 = c' \sqrt{F_n} = 0,016 \cdot \sqrt{98373} = 5 \text{ мм}$$

де c' - безрозмірний коефіцієнт, $c'=0,013-0,016$ (чим крупніше, кування, тим менше коефіцієнт c').

Площа поперечного перерізу заусенічної канавки $S_3=434$ мм²

Об'єм заусенця, мм³:

$$V_3 = \kappa' U h_3 = 0,5 \cdot 1112 \cdot 5 = 2780 \text{ мм}^3$$

де $\kappa'=0,5-0,6$ - коефіцієнт заповнення металом канавки для заусенця; U_n - периметр заусенця по замкнутій лінії приблизно дорівнює периметрові контуру штампування по лінії зрізу заусенця.

Маса вихідної заготовки, кг:

$$G_{\text{заг}} = V_{\text{заг}} \left(\frac{100 + \delta_y}{100} \right) \rho \cdot 10^{-3} = (V_{\text{пок}} + V_{\text{омх}}) \cdot \left(\frac{100 + \delta_y}{100} \right) \rho \cdot 10^{-3}, \quad (3.5)$$

де $V_{\text{заг}}$ і $V_{\text{пок}}$ - об'єми заготовки і кування, см³; δ_y - чад металу, %; ρ - щільність металу, кг/м³ (г/см³) [2; 3].

$$G_{\text{заг}} = 4025,107 \cdot \left(\frac{100 + 2}{100} \right) \cdot 7,85 \cdot 10^{-3} = 32,23 \text{ кг}$$

Для кувань, виготовлених осіданням вихідної заготовки в торець, діаметр $D_{\text{заг}}$ визначають за формулою:

$$D_{\text{заг}} = 1,083 \sqrt{\frac{V_{\text{заг}}}{m}}; \quad (3.6)$$

де m - коефіцієнт, що позначає відношення $L_{\text{заг}}/D_{\text{заг}}$, приймають 1,6.

$$D_{\text{заг}} = 1,083 \sqrt{\frac{4025107}{1,6}} = 147,8 \text{ мм},$$

приймаємо $D_{\text{заг}}=150$ мм

При штампуванні без кліщовини довжину заготовки визначають:

$$L_{\text{заг}} = V_{\text{заг}} / F_{\text{заг}} = 4025107 / 17662,5 = 227 \text{ мм}$$

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КМР.131.24.1-18.03.ТПВВ					

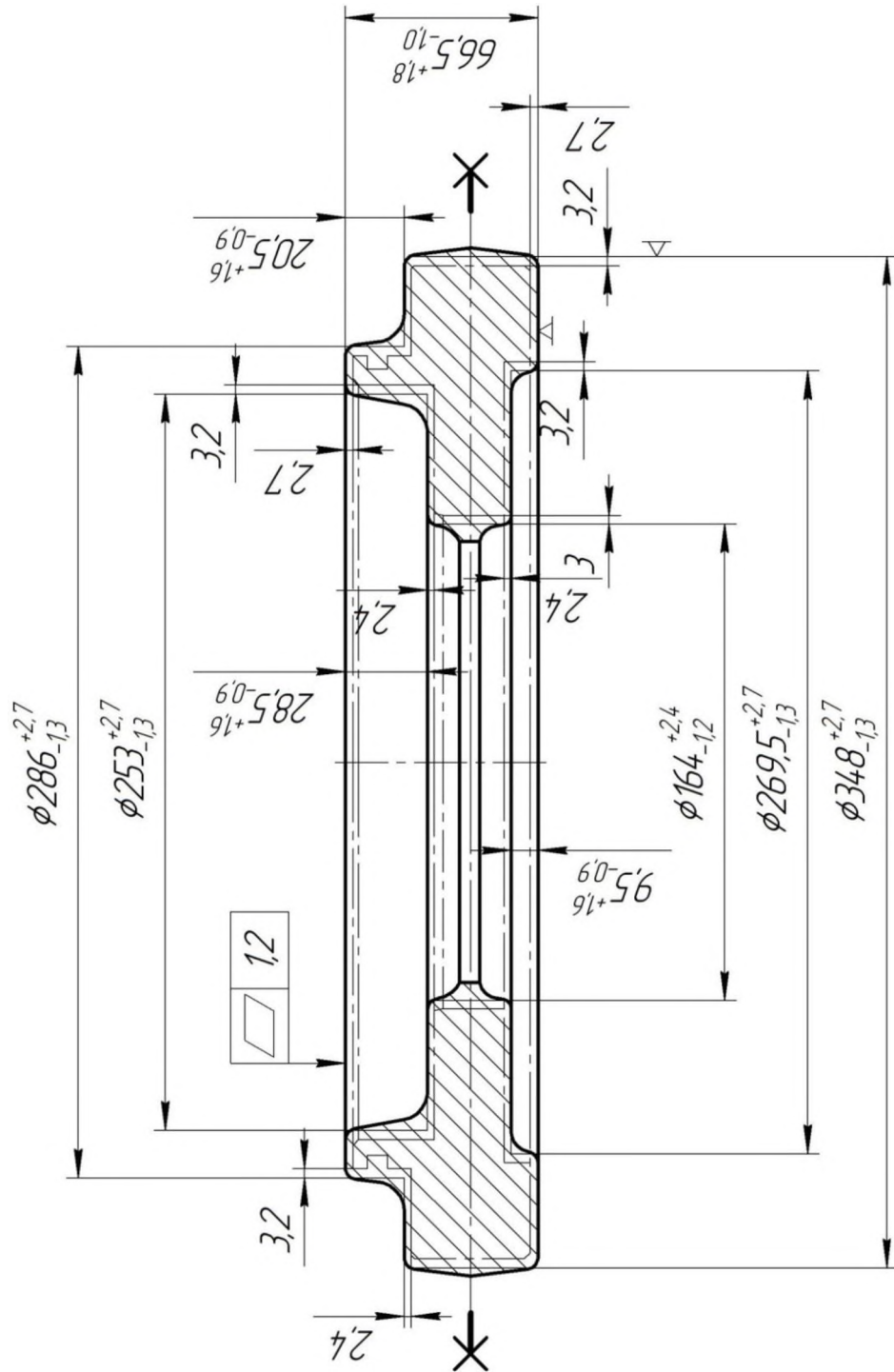


Рисунок 3.2 – Ескіз заготовки

Орієнтовний розрахунок маси падаючих частин (кг) штампувального молота подвійної дії для штампування у відкритих штампах:

$$G_{np} = (5 \div 6) F_{n.s}^* = 5 \cdot 1692 = 9810 \text{ кг} = 9,81 \text{ т}$$

де $F_{n.s}^*$ - площа проекції кування і заусенця на площину рознімання штампа (у плані) см^2 ;

Стандартна маса молота подвійної дії становить 10т.

Енергія удару молота, кгс·м (кДж),

$$Q_{уд} = 1,44GH = 1,44 \cdot 10 \cdot 1,5 = 21,6 \text{ кДж}$$

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КМР.131.24.1-18.03.ТПВВ

Арк.

де G - маса падаючих частин молота, кг; H - максимальний хід баби молота з урахуванням висоти верхньої половини штампа, м.

Швидкість падіння баби молота (з урахуванням утрат на тертя), м/с

$$v_6 = \sqrt{1,8g} = \sqrt{1,8 \cdot 9,81} = 4,2 \text{ м/с,}$$

де g - прискорення вільного падіння, $g=9,81$ м/с²; $H=1,5-2$ м.

Визначаємо зусилля обрізного преса

Зусилля обрізки заусенця або прошивання перемички, кН:

$$P_{обр} = K' K_{зан} F_{cp} \sigma_{cp} = 1,8 U_{nt_3} \sigma_y = 1,8 \cdot 1,123 \cdot 0,0098 \cdot 400 = 7,92 \text{ кН,}$$

$$P_{пр} = 1,8 U_{nt_n} \sigma_y = 1,8 \cdot 0,477 \cdot 0,0168 \cdot 400 = 5,8 \text{ кН,}$$

де K' - коефіцієнт, що враховує затуплення різальних кромки, $K'=1,8$;

$K_{зан}$ - коефіцієнт запасу зусилля обрізного преса, $K_{зан}=1,25$;

F_{cp} - площа зрізу, обумовлена через периметр контуру зрізу U_n і дійсну товщину зрізу t_3 , t_n по формулам, мм²: заусенця - $F_{cp}=U_{nt_3}$, перемички - $F_{cp}=U_{nt_n}$;

σ_{cp} - межа міцності при зрізі металу при температурі обрізки, що може бути виражена через межу міцності при розтягу (при холодній $\sigma_{cp} \approx 0,8\sigma_B$, при гарячій $\sigma_{cp} \approx 0,8\sigma_{Bт}$).

Межа міцності при розтягу Ст3 $\sigma_y=38-47$ кгс/мм²=372-460 МПа при температурі холодної обрізки.

Дійсна товщина зрізу обрізаного заусенця: $t_3=Z_c+n'=7+2,8=9,8$ мм

Перемички, що прошиваються: $t_n=z_n+n'+m_i=9+2,8+5=16,8$ мм

де Z_c і z_n - величини, обумовлені графічно, відповідно по лінії зрізу заусенця (рис. 1) і по лінії прошивання перемички, мм; n' - можливе недоштамбування, рівне позитивному відхиленню допуску на висоту кування, мм; m_i - знос виступу під позначку в штампі, прийнятий рівним 5-8 мм.

Зусилля одночасної обрізки заусенця і прошивання перемички в комбінованому штампі, тс:

$$P_{общ} = P_{обр} + P_{пр} = 7,92 + 5,8 = 13,72 \text{ кН}$$

3.2.3 Вибір і обґрунтування баз

Діафрагма відноситься до деталей типу диск.

Конструкторськими основними базами називають поверхні, що визначають положення деталі у вузлі. До них відноситься зовнішня циліндрична поверхня 15 $\varnothing 280h_9$ мм з шорсткістю Ra1,6, торцева поверхня 2 $\varnothing 342$ мм з шорсткістю Ra1,6.

Конструкторськими допоміжними базами називають поверхні, що визначають положення деталей, які приєднуються до деталі, що розглядається. До них відноситься внутрішня циліндрична поверхня 7 $\varnothing 170H_7$ мм з шорсткістю Ra1,6, торцева поверхня 8 $\varnothing 276$ мм з шорсткістю Ra6,3.

Технологічними базами називають поверхні, які визначають розміщення деталі під час обробки на верстаті. До них відносяться зовнішня циліндрична поверхня 5 $\varnothing 342$ мм та торець 3 $\varnothing 342$ мм (токарна чорнова), внутрішня циліндрична поверхня 15 $\varnothing 280h_9$ мм та торець 1 $\varnothing 280$ мм (токарна чистова), внутрішня циліндрична поверхня 7 $\varnothing 170H_7$ мм та торець 1 $\varnothing 280$ мм (багатоопераційна).

Вимірювальні бази співпадають з конструкторськими основними базами.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-18.03.ТПВВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Теоретична схема базування з вказівкою 6 опорних точок зображена на рисунку 3.3.

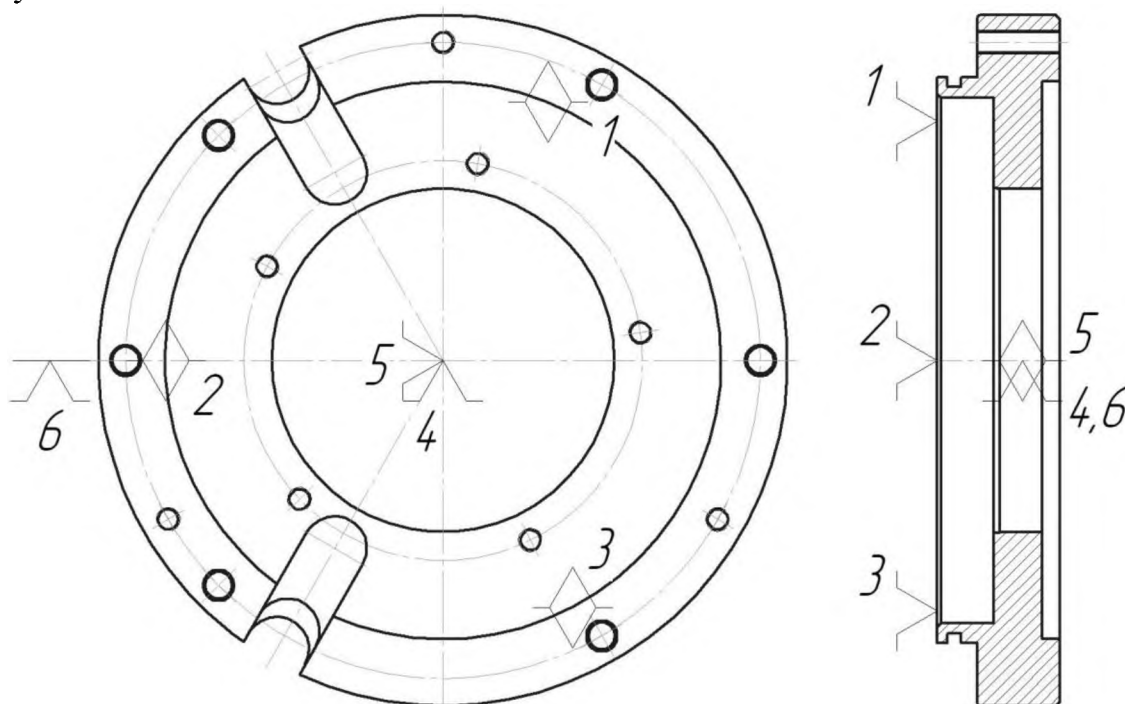


Рисунок 3.3 – Теоретична схема базування

На першій операції деталь закріплюють за так звані чорнові бази, що представлені зовнішньою циліндричною поверхнею 5 $\varnothing 348$ мм та торцем 3 $\varnothing 348$ мм. Ці поверхні добре розвинені.

Схеми базування деталі на токарних верстатах при різних установах зображені на рисунках 3.4 та 3.5, на багатоопераційну – рисунок 3.6.

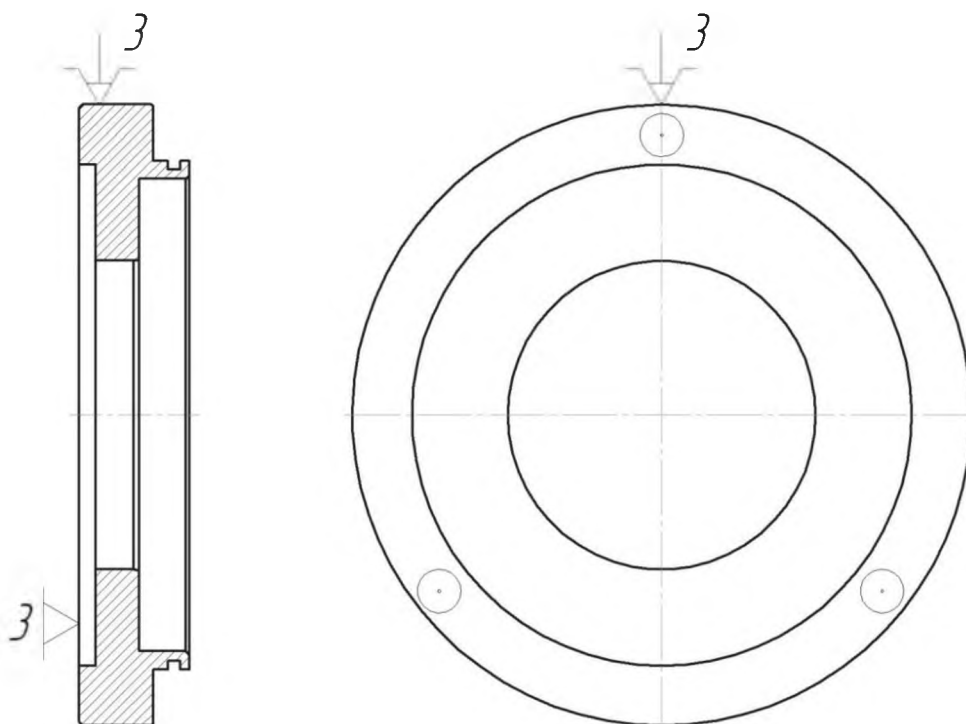


Рисунок 3.4 – Схема базування на токарному верстаті (Установ А)

					КНУ.КМР.131.24.1-18.03.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

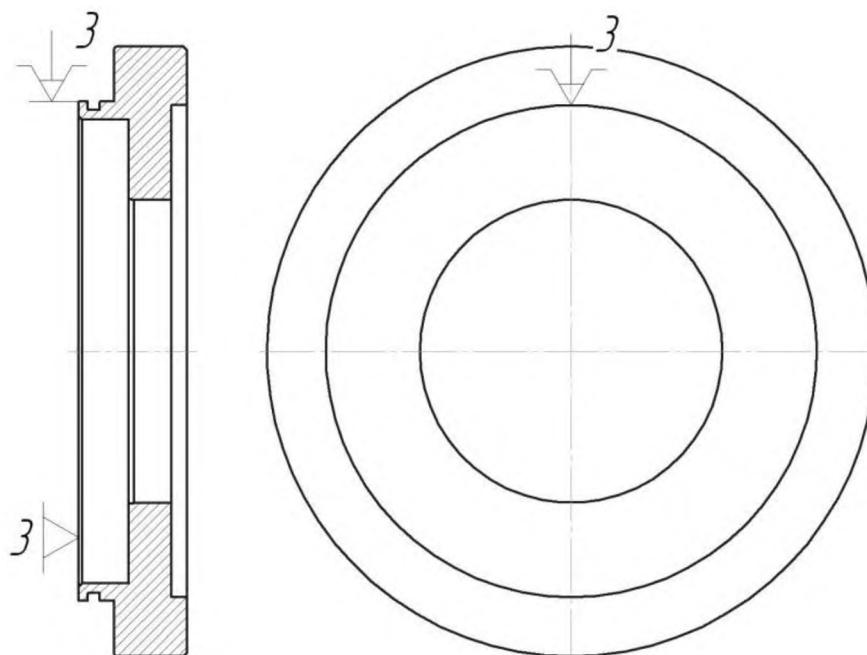


Рисунок 3.5 – Схема базування на токарному верстаті (Установ Б)

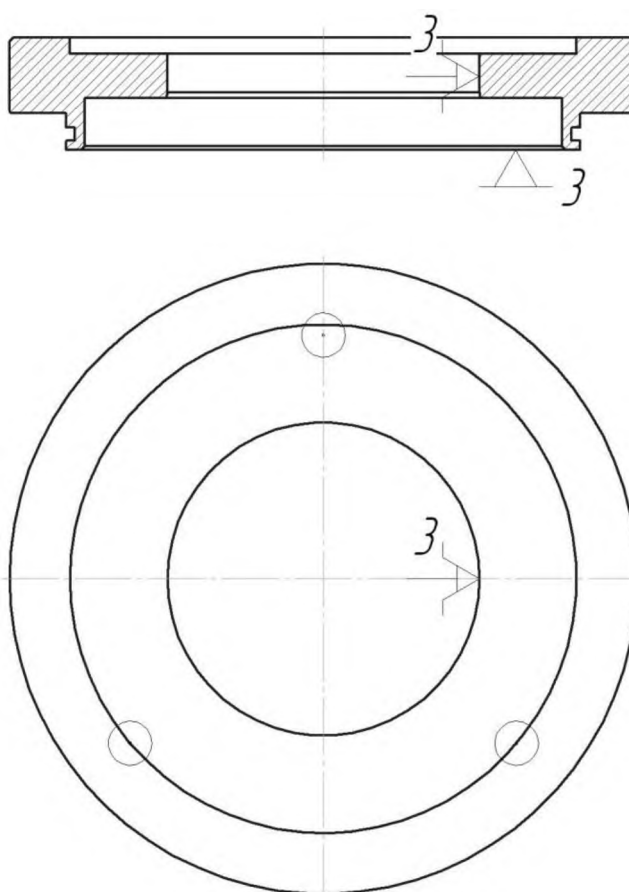


Рисунок 3.6 – Схема базування на багатоцільовому верстаті

Принцип єдності баз частково зберігається. Цей принцип порушується через переустанови деталі на токарному верстаті.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-18.03.ТПВВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.2.4 Вибір і обґрунтування послідовності обробки поверхонь

На зовнішні, внутрішні і торцеві поверхні визначаємо кількість послідовних переходів з поступовим наближенням до необхідної точності і шорсткості. Отримані результати представлені у табл. 3.7.

Таблиця 3.7 – Послідовність переходів

№ пов., розмір	Найменування переходу	Шорсткість, Ra	Точність, IT	Допуск, мкм
1	2	3	4	5
7 Ø170H7	Заготовка	25	17	3600
	Розточувати отвір начерно	12,5	14	1000
	Розточувати отвір напівчисто	6,3	11	250
	Розточувати отвір начисто	3,2	7	40
	Розточувати отвір натонко	1,6	7	40
15 Ø280h9	Заготовка	25	17	4000
	Точити начерно	12,5	14	1300
	Точити напівчисто	6,3	12	520
	Точити начисто	3,2	11	320
	Точити натонко	1,6	9	130
20 Ø270,8 h9	Заготовка	6,3	14	1300
	Точити напівчисто	6,3	12	520
	Точити начисто	3,2	10	210
	Точити натонко	1,6	9	130
1 61	Заготовка	25	17	2800
	Підрізати торець начерно	12,5	14	740
	Підрізати торець напівчисто	6,3	14	740
	Підрізати торець начисто	3,2	14	740
2 20	Заготовка	25	17	-
	Точити уступ начерно	6,3	14	520
	Точити уступ начисто	3,2	14	520
	Точити уступ натонко	1,6	14	520
3 61	Заготовка	12,5	14	740
	Підрізати торець начерно	6,3	14	740
	Підрізати торець начисто	3,2	14	740
	Підрізати торець натонко	1,6	14	740
5 Ø342	Заготовка	25	17	4000
	Точити начерно	12,5	14	1400
	Точити напівчисто	6,3	14	1400
6 Ø276	Заготовка	25	17	4000
	Розточувати начерно	6,3	14	1300
8 9	Заготовка	25	17	2500
	Підрізати торець начерно	12,5	14	360
	Підрізати торець напівчисто	6,3	14	360

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КМР.131.24.1-18.03.ТПВВ

Арк.

Продовження таблиці 3.7

1	2	3	4	5
9 0,3	Заготовка	25	17	-
	Точіння напівчистове	6,3	14	250
12 28	Заготовка	25	17	2500
	Підрізати торець начерно	6,3	14	520
	Підрізати торець начисто	3,2	14	520
	Підрізати торець натонко	1,6	14	520
14 Ø260	Заготовка	6,3	14	530
	Розточувати отвір начерно	12,5	14	1300
	Розточувати отвір напівчисто	6,3	14	1300
	Розточувати отвір начисто	3,2	14	1300
16 32	Заготовка	25	17	-
	Фрезерування пазів	6,3	14	620
17 Ø13,5	Заготовка	25	17	-
	Свердління	6,3	14	430
18 M12	Заготовка	25	17	-
	Свердління	6,3	14	430
	Нарізання різьби	3,2	6H	190

3.2.5 Розробка маршруту обробки деталі

На основі базового технологічного процесу розроблюємо технологічну послідовність деталі, що представлена у таблиці 3.8.

Таблиця 3.8 – Технологічна послідовність обробки деталі

№	Найменування операції	Номер оброблюємої поверхні	Номер базуємої поверхні	Тип та модель верстата
005	Токарна чорнова: Установ А Установ Б	1,2,7,12,14,15,21 3,5,6,8,21	3,5 1,15	Токарно-гвинторізний верстат 165
010	Токарна чистова: Установ А Установ Б	1,2,9,12,13,14,15,20 3,5,7	3, 5 1,15	Токарний верстат з ЧПК MAST ML 500x1000 SH8
015	Багатоопераційна	4,16,17,18,19	7, 14	Горизонтально-фрезерний верстат з ЧПК Kitamura Mycenter HX500iG
020	Окислення хімічне	-	-	-
025	Технічний контроль	-	-	-

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-18.03.ТПВВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.2.6 Розробка технологічної операції

В залежності від моделі верстата, характеру обробки обираємо ріжучий, допоміжний та вимірювальний інструмент та заносимо до таблиці 3.9.

Таблиця 3.9 – Розроблений технологічний процес

№ операції	1. Назва операції 2. Верстат 3. Зміст переходів технологічної операції	Інструмент (ріжучий, допоміжний, вимірювальний)
1	2	3
005	1 Токарна 2 Токарно-гвинторізний 165 3 Обробка торцевих та циліндричних поверхонь начерно	Штангенциркуль ШЦ-III-500-0,1, штангенциркуль ШЦ-II-250-0,1 ДСТУ ГОСТ 166:2009; штангенглибиномір ШГ-250-0,05 ДСТУ ГОСТ 162:2009; радіусний шаблон набір №1 ТУ-034-228-88. Різець підрізний, Т15К6 2112-0005, різець прохідний упорний, Т15К6 2103-0007, різець розточний для глухих отворів, Т15К6 2141-0011, різець розточний для наскрізних отворів, Т15К6 2140-0009, різець прохідний відігнутий, Т15К6 2102-0055
010	1 Токарна 2 Токарний верстат з ЧПК MAST ML 500x1000 SH8 3 Обробка торцевих та циліндричних поверхонь начисто, точіння канавок	Штангенциркуль ШЦ-III-500-0,1, штангенциркуль ШЦ-II-250-0,1 ДСТУ ГОСТ 166:2009; штангенглибиномір ШГ-250-0,05 ДСТУ ГОСТ 162:2009; нутромір НИ 160-250 ДСТУ ГОСТ 868:2009; кільце 30-170 КАТР 30-2003; мікрометр МК300-1 ДСТУ ГОСТ 6507:2009. Різець Кр 9315-205-01 b=4 R=0,6, різець Кр 9319-128; різець підрізний Seco: державка DTGNR2525M22-M, пластина TNMG220408-MF2; CVD покриття: TP1501; різець Seco: державка SCLCL2525M12JET, пластина CCGT09T302-M3, CVD покриття: TS2050; різець розточний Seco: державка A40U-PCLNR12, пластина CNMG120412-MR7, матеріал: TM2501; прохідний різець Seco: державка PSSNR2525M12, пластина SNMG120416-GH, CVD покриття: UE610

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-18.03.ТПВВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 3.9

1	2	3
015	1 Багатоопераційна 2 Горизонтально-фрезерний верстат з ЧПК Kitamura Mycenter NX500iG 3 Свердління 8 отв. Ø10,2мм, зенкування фасок, свердління 6 отв. Ø13,5мм, зенкування фасок, фрезерування 2 пазів, нарізання різьби M12x1,75	Глобусний стіл, штангенглибиномір ШГ-250-0,05 ДСТУ ГОСТ 162:2009; штангенциркуль ШЦ-ІІ-250-0,05 ДСТУ ГОСТ 166:2009; свердло спіральне Seco d=10,2мм, SD1108A-1020-096-12R1; свердло спіральне Seco d=13,5мм, SD1108A-1350-096-12R1; мітчик Seco M12x1,75, MTH-M12X1.75ISO6H-BC-M004-A, покриття TiCN; кінцева фреза D=32, кінцева JS512320D2C.0Z2-NXT, покриття NXT зенківка ACM45-TC09-D13X18-W16-L100-Z02
020	Окислення хімічне	-
025	Технічний контроль	-

3.2.7 Розрахунок міжопераційних розмірів і припусків на обробку

3.2.7.1 Аналітичний розрахунок припусків на зовнішню циліндричну поверхню

Для розрахунку припусків вибираємо внутрішню циліндричну поверхню Ø170H7^(+0,040)мм. Розрахунок ведемо аналітичним методом.

Послідовність обробки заносимо в графу 1 табл. 3.10. Дані для заповнення граф 3,4 для штампованої заготовки узяті з [2, с. 186, табл. 12]. В графу 9 заносимо величини допусків.

Розрахунок відхилень розташування поверхонь:

Величину відхилень Δ_{Σ} для штампованої заготовки при обробці в патроні визначаємо по [2, с. 187, табл. 18]

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{\Delta_{\Sigma_k}^2 + \Delta_y^2} = \sqrt{48^2 + 250^2} = 255 \text{ мкм},$$

де Δ_{Σ_k} - загальне відхилення осі від прямолінійності;

$$\Delta_{\Sigma_k} = \Delta_k l_k = 2 \cdot 24 = 48 \text{ мкм},$$

де l_k - довжина циліндричної поверхні, Δ_k - питома кривизна, мкм на 1 мм довжини [2, с. 186, табл. 15], $\Delta_k = 2 \text{ мкм/мм}$.

Δ_y - зсув осі заготівлі в результаті погрішності центрування.

Точіння чорнове

Величину залишкових просторових відхилень Δ_r визначають по рівнянню:

$$\Delta_r = K_y \cdot \Delta_{\Sigma} = 0,06 \cdot 255 = 15,3 \text{ мкм},$$

де $K_y = 0,06$ - коефіцієнт уточнення [2, с. 190, табл. 29].

Точіння напівчистове: $\Delta_r = K_y \cdot \Delta_{\Sigma} = 0,05 \cdot 15,3 = 0,765 \text{ мкм}$, приймаємо $\Delta_r = 1 \text{ мкм}$

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-18.03.ТПВВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Точіння чистове: $\Delta_r = K_y \cdot \Delta_\Sigma = 0,04 \cdot 0,765 = 0,0306 \text{ мкм}$, приймаємо $\Delta_r = 0$

Точіння тонке: $\Delta_r = 0$.

13]. Похибка установки заготовки в патроні становить: $\varepsilon_1 = 250 \text{ мкм}$ [2, с. 41, табл.

Похибка установки при точінні напівчистовому:

$$\varepsilon_2 = \varepsilon_1 \cdot 0,05 = 250 \cdot 0,05 = 12,5 \text{ мкм.}$$

Похибки установки при точінні чистовому:

$$\varepsilon_3 = \varepsilon_2 \cdot 0,04 = 12,5 \cdot 0,04 = 0,5 \text{ мкм, приймаємо } \varepsilon_3 = 1 \text{ мкм.}$$

Результати розрахунків вносимо в графу 6 таблиці 3.10.

Розрахунок мінімальних припусків на діаметральні розміри для кожного переходу виконують по рівнянню:

- точіння чорнове $2Z_{i\text{min}} = 2(100+200+255+250) = 1610 \text{ мкм}$;

- точіння напівчистове $2Z_{i\text{min}} = 2(50+60+15+12,5) = 275 \text{ мкм}$;

- точіння чистове $2Z_{i\text{min}} = 2(25+40+1+0) = 132 \text{ мкм}$;

- точіння тонке $2Z_{i\text{min}} = 2(10+20+0+0) = 60 \text{ мкм}$;

Розрахункові значення припусків заносимо в графу 7 (табл. 3.10).

Розрахунок найбільших розрахункових розмірів по технологічних переходах робимо, складаючи значення найменших граничних розмірів, що відповідають попередньому технологічному переходу, з величиною припуску на виконуваний перехід:

$$170 - 0,06 = 169,94 \text{ мм,}$$

$$169,94 - 0,132 = 169,808 \text{ мм,}$$

$$169,808 - 0,275 = 169,533 \text{ мм,}$$

$$169,533 - 1,610 = 167,923 \text{ мм.}$$

Найменші розрахункові розміри заносимо в графу 8 табл. 3.10 Найменші граничні розміри (округлені) заносимо в графу 11 табл. 3.10.

Найменші граничні розміри по переходах:

$$170 - 0,04 = 169,96 \text{ мм,}$$

$$169,96 - 0,1 = 169,86 \text{ мм,}$$

$$169,808 - 0,250 = 169,558 \text{ мм,}$$

$$169,533 - 1 = 168,533 \text{ мм,}$$

$$167,923 - 3,6 = 164,323 \text{ мм.}$$

Результати розрахунків вносимо в графу 10 табл. 3.10.

Розрахунок фактичних максимальних і мінімальних припусків по переходах робимо, віднімаючи відповідно значення найбільших і найменших граничних розмірів, що відповідають виконуваному і попередньому технологічним переходам:

Мінімальні припуски:

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-18.03.ТПВВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$170-169,94=0,06\text{мм},$$

$$169,94-169,808=0,132\text{мм},$$

$$169,808-169,533=0,275\text{мм},$$

$$169,533-167,923=1,61\text{мм}.$$

Максимальні припуски:

$$169,96-169,84=0,12\text{мм},$$

$$169,84-169,55=0,29\text{мм},$$

$$169,55-168,53=1,02\text{мм},$$

$$168,53-164,323=4,21\text{мм}.$$

Результати розрахунків вносимо в графу 12 і 13 табл. 3.10.

Розрахунок загальних припусків виконуємо за рівняннями:

- найбільшого припуску:

$$Z_{0\max} = \Sigma Z_{\max} = 4,21 + 1,02 + 0,29 + 0,12 = 5,64\text{мм};$$

- найменшого припуску:

$$Z_{0\min} = \Sigma Z_{\min} = 1,61 + 0,275 + 0,132 + 0,06 = 2,077\text{мм}.$$

Перевірка правильності розрахунків:

$$Z_{0\max} - Z_{0\min} = 5,64 - 2,077 = 3,563\text{мм};$$

$$T_3 - T_d = 3,6 - 0,04 = 3,56\text{мм}.$$

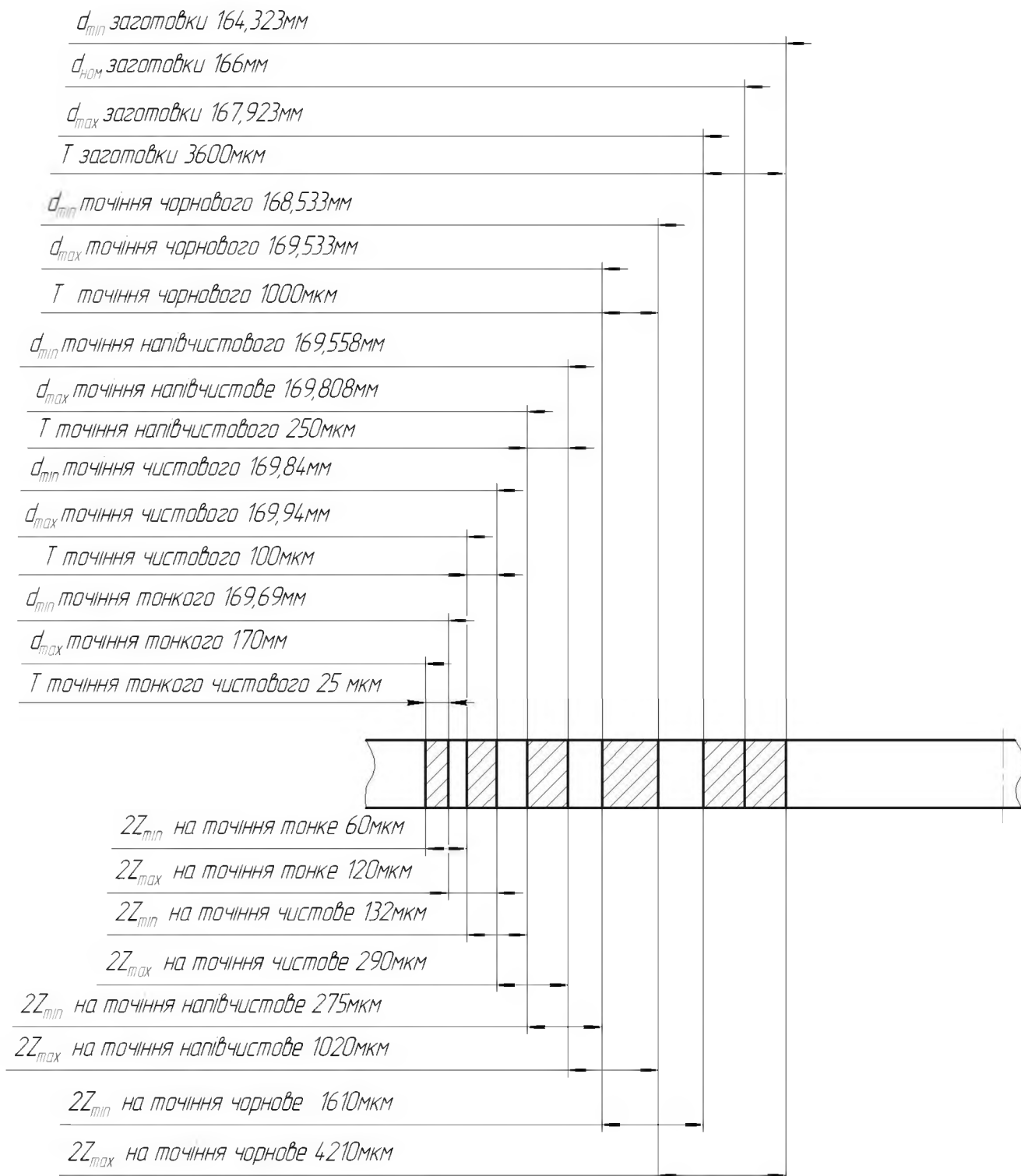
Отже, розрахунки вірні.

Таблиця 3.10 – Результати розрахунку припусків на обробку та граничних розмірів по технологічним переходам

Маршрут обробки поверхні Ø170Н7	Квалітет	Елементи припуску, мкм				Розрахункові величини		Допуск на виконуваний розмір, мкм	Прийняті (округлені) розміри заготівлі по переходах, мкм		Граничний припуск, мкм	
		R _Z	h	Δ _r	ε	Z _i , мкм	Макс. діаметру, мм		найменші	найбільші	Z _{max}	Z _{min}
1		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Штампуння	17	100	200	255	-	-	167,923	3600	164,323	167,923	-	-
Точіння чорнове	14	50	60	15	250	1610	169,533	1000	168,533	169,533	4,21	1,61
Точіння напівчистове	11	25	40	1	12,5	275	169,808	250	169,558	169,808	1,02	0,275
Точіння чистове	9	10	20	0	1	132	169,94	100	169,84	169,94	0,29	0,132
Точіння тонке	7	5	10	0	0	60	170	40	169,96	170	0,12	0,06

Схема припусків на обробку зображена на рисунку 3.7.

					КНУ.КМР.131.24.1-18.03.ТПВВ				Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

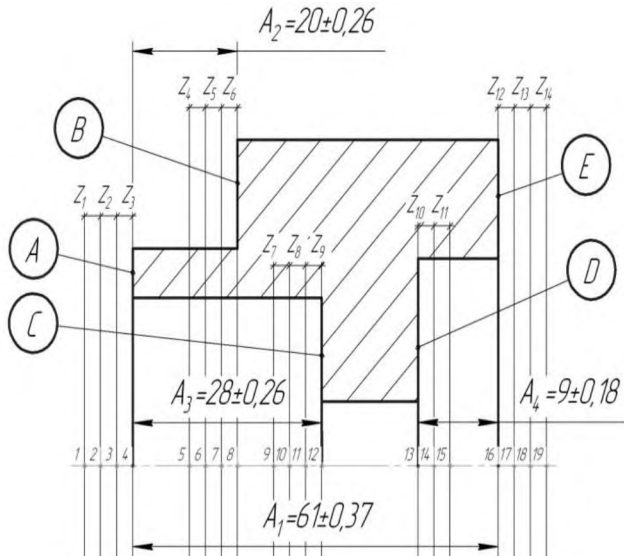
Рисунок 3.7 – Схема припусків на обробку $\text{Ø}170\text{H}7$

3.2.7.2 Розрахунок міжопераційних лінійних розмірів

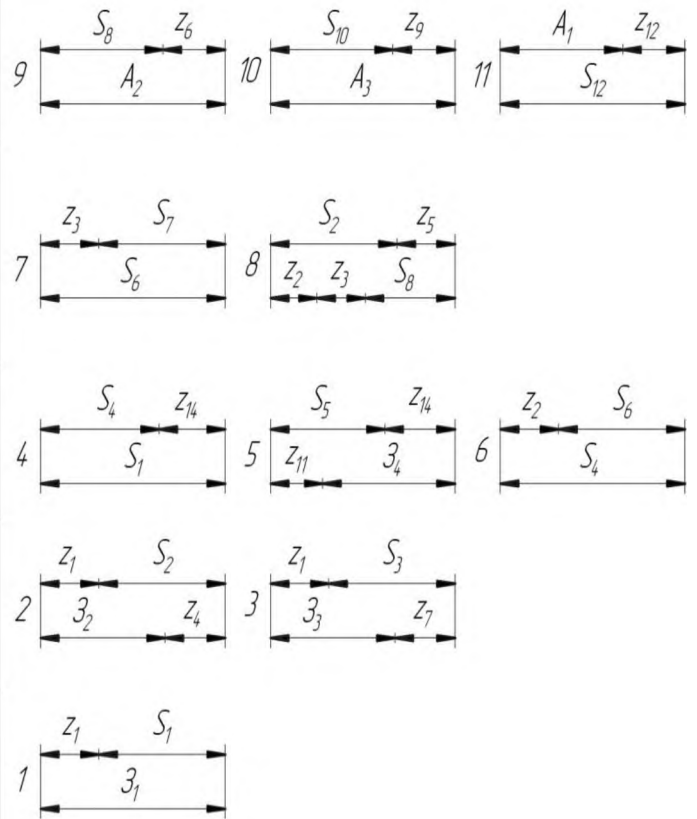
Проводимо розрахунки міжопераційних лінійних розмірів деталі Діафрагма. Схему технологічного процесу обробки торців деталі забражена у таблиці 3.11. Вихідні дані по розрахунку приведені в таблиці 3.12. Розрахунки приведені у таблиці 3.13.

					КНУ.КМР.131.24.1-18.03.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.11 —Схема технологічного процесу обробки торців деталі



010 установ Б	S_{12}
010 установ А	S_{10} S_8 S_7 S_6
005 установ Б	S_4 S_5
005 установ А	S_3 S_2 S_1
0	$z_3 = 28,5^{+16}_{-10}$ $z_2 = 20,5^{+16}_{-0,9}$ $z_4 = 9,5^{+16}_{-0,9}$ $z_1 = 66^{+18}_{-10}$



Таблиця 3.12 – Вихідні дані для розрахунку

№ пов.	Послідовність обробки поверхонь	Шорст- кість, Ra	Точність		Допуск T		Припуск t		При- пуск Z ₁
			Назн.	Уточн.	Назн.	Уточн.	Назн.	Уточн.	
A	1 Заготовка	25	-	-	-	-	-	-	-
	2 Точіння чорнове	12,5	14	14	0,74	0,74	1,2	1,4 ^{+2,17} _{-1,37}	Z ₁
	3 Точіння напівчистове	6,3	14	13	0,74	0,46	0,8	0,7±0,6	Z ₂
	4 Точіння чистове	3,2	14	12	0,74	0,3	0,5	0,4±0,38	Z ₃
B	1 Заготовка	25	-	-	-	-	-	-	-
	2 Точіння чорнове	6,3	14	14	0,52	0,52	1,2	1,2 ^{+1,1985} _{-1,185}	Z ₄
	3 Точіння чистове	3,2	14	12	0,52	0,21	0,7	0,7±0,615	Z ₅
	4 Точіння тонке	1,6	14	12	0,52	0,21	0,5	0,5±0,21	Z ₆
C	1 Заготовка	25	-	-	-	-	-	-	-
	2 Точіння чорнове	6,3	14	14	0,52	0,52	1,5	1,5 ^{+1,1985} _{-1,185}	Z ₇
	3 Точіння чистове	3,2	14	12	0,52	0,21	0,5	0,5±0,21	Z ₈
	4 Точіння тонке	1,6	14	12	0,52	0,21	0,4	0,4±0,365	Z ₉
D	1 Заготовка	25	-	-	-	-	-	-	-
	2 Точіння чорнове	12,5	14	14	0,36	0,36	1,4	1,4 ^{+1,1905} _{-1,205}	Z ₁₁
	3 Точіння напівчистове	6,3	14	14	0,36	0,36	1	1±0,21	Z ₁₀
E	1 Заготовка	25	-	-	-	-	-	-	-
	2 Точіння чорнове	6,3	14	14	0,74	0,74	1,5	15±0,74	Z ₁₄
	3 Точіння чистове	3,2	14	14	0,74	0,74	1	0,9±0,68	Z ₁₃
	4 Точіння тонке	1,6	14	12	0,74	0,3	0,5	0,6±0,52	Z ₁₂

					КНУ.КМР.131.24.1-18.03.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.13 – Розрахунок технологічних розмірних ланцюгів обробки торців

№	Рівняння розм. ланцюга	Вихідне значення	Технологічний розмір	Допуск техно-логічного розміру	Технологічний розмір настроювання	Граничні значення припусків (уточнені)
1	2	3	4	5	6	7
1	$S_1=3_1-z_1$	$3_1=66,5^{+1,8}_{-1,0}$ $Z_1=1,2\pm 0,125$	$S_1=66,5-1,2=65,3$	IT14 $T=0,74$	$65,3\pm 0,37$	$z_1=3_1-S_1=$ $=66,5^{+1,8}_{-1,0}-65,3\pm 0,37=$ $=1,2^{+2,17}_{-1,37}$
Робимо перерозподіл припусків						
1	$S_1=3_1-z_1$	$3_1=66,5^{+1,8}_{-1,0}$ $Z_1=1,4\pm 0,125$	$S_1=66,5-1,4=65,6$	IT14 $T=0,74$	$65,6\pm 0,37$	$z_1=3_1-S_1=66,5^{+1,8}_{-1,0}-$ $-65,6\pm 0,37=1,4^{+2,17}_{-1,37}$
2	$S_2=3_2+z_4-z_1$	$3_2=20,5^{+1,6}_{-0,8}$ $Z_1=1,4\pm 0,125$ $Z_4=1,2\pm 0,125$	$S_2=20,5+1,2-1,4=20,3$	IT14 $T=0,52$	$20,3\pm 0,26$	$z_4=S_2+z_1-3_1=$ $=20,3\pm 0,26+1,4\pm$ $0,125-20,5^{+1,6}_{-0,8}=1,2^{+1,985}_{-1,185}$
3	$S_3=3_3+z_7-z_1$	$3_3=28,5^{+1,6}_{-1,0}$ $Z_1=1,4\pm 0,125$ $Z_7=1,5\pm 0,125$	$S_3=28,5+1,5-1,4=28,6$	IT14 $T=0,52$	$28,6\pm 0,26$	$z_7=S_3+z_1-3_3=$ $=28,6\pm 0,26+1,4\pm$ $0,125-28,5^{+1,6}_{-1,0}=1,5^{+1,985}_{-1,385}$
4	$S_4=S_1-z_{14}$	$S_1=64,6\pm 0,37$ $Z_{14}=1,5\pm 0,125$	$S_4=64,6-1,5=63,1$	IT14 $T=0,74$	$63,1\pm 0,37$	$z_{14}=S_1-S_4=$ $=64,6\pm 0,37-63,1\pm$ $0,37=1,5\pm 0,74$
5	$S_5=3_4+z_{11}-z_{14}$	$3_4=9,5^{+1,6}_{-0,9}$ $Z_{14}=1,5\pm 0,125$ $Z_{11}=1,4\pm 0,125$	$S_5=9,5+1,4-1,5=9,4$	IT14 $T=0,36$	$9,4\pm 0,18$	$z_{11}=S_5+z_{14}-3_4=$ $=9,4\pm 0,18+1,5\pm$ $0,125-9,5^{+1,6}_{-0,9}=1,4^{+1,905}_{-1,205}$
6	$S_6=S_4-z_2$	$S_4=63,1\pm 0,37$ $Z_2=0,7\pm 0,125$	$S_6=63,1-0,7=62,4$	IT13 $T=0,46$	$62,4\pm 0,23$	$z_2=S_4-S_6=$ $=63,4\pm 0,37-62,3\pm$ $0,23=0,7\pm 0,6$
7	$S_7=S_6-z_3$	$S_7=64,3\pm 0,23$ $Z_3=0,4\pm 0,125$	$S_7=64,3-0,4=63,9$	IT12 $T=0,3$	$61,9\pm 0,15$	$z_3=S_6-S_7=$ $=62,3\pm 0,23-61,9\pm$ $0,15=0,4\pm 0,38$
8	$S_8=S_2+z_5-z_2-z_3$	$S_2=20,3\pm 0,26$ $Z_5=0,7\pm 0,125$ $Z_2=0,8\pm 0,125$ $Z_3=0,5\pm 0,125$	$S_8=20,3+0,7-0,8-0,5=19,5$	IT12 $T=0,21$	$19,5\pm 0,105$	$z_5=S_8+z_2+z_3-S_2=$ $=19,5\pm 0,105+0,8\pm 0,125$ $+0,5\pm 0,125-20,3\pm$ $0,26=0,7\pm 0,615$
9	$S_8=A_2-z_6$	$A_2=20\pm 0,26$ $Z_6=0,5\pm 0,125$	$S_8=20-0,5=19,5$	IT12 $T=0,21$	$19,5\pm 0,105$	$z_6=A_2-S_8=$ $=20\pm 0,105-$ $19,5\pm 0,105=0,5\pm 0,21$
10	$S_{10}=A_3-z_9$	$A_3=28\pm 0,26$ $Z_9=0,4\pm 0,125$	$S_{10}=28-0,4=27,6$	IT12 $T=0,21$	$27,6\pm 0,105$	$z_9=A_3-S_{10}=$ $=28\pm 0,26-$ $27,6\pm 0,105=0,4\pm 0,365$
11	$S_{12}=A_1+z_{12}$	$A_1=61\pm 0,37$ $Z_{12}=0,5\pm 0,125$	$S_{12}=61+0,5=61,5$	IT12 $T=0,3$	$61,5\pm 0,15$	$z_{12}=S_{12}-A_1=$ $=61,5\pm 0,15-$ $60\pm 0,37=0,5\pm 0,52$
Робимо перерозподіл припусків						
11	$S_{12}=A_1+z_{12}$	$A_1=61\pm 0,37$ $Z_{12}=0,6\pm 0,125$	$S_{12}=61+0,6=61,6$	IT12 $T=0,3$	$61,6\pm 0,15$	$z_{12}=S_{12}-A_1=61,6\pm 0,15-$ $-60\pm 0,37=0,6\pm 0,52$

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>КНУ.КМР.131.24.1-18.03.ТПВВ</i>	Арк.

3.2.7.3 Вибір між операційних розмірів і припусків на обробку
Згідно розрахунків, що приведені вище, заповнюємо таблицю 3.14 на всі поверхні.

Таблиця 3.14 – Міжопераційні розміри та припуски на обробку

№ пов.	Найменування переходу	Шорсткість, Ra	Точність, IT	Допуск, мкм	Припуск, t, мм	Міжопераційний розмір з допусками
1	2	3	4	5	6	7
7 Ø170H7	Заготовка	25	17	3600	-	Ø164 ^{+2,4} _{-1,2}
	Розточувати отвір начорно	12,5	14	1000	3	Ø167 ⁺¹
	Розточувати отвір напівчисто	6,3	11	250	1,5	Ø168,5 ^{+0,25}
	Розточувати отвір начисто	3,2	9	40	1	Ø169,5 ^{+0,04}
	Розточувати отвір натонко	1,6	7	40	0,5	Ø170 ^{+0,04}
15 Ø280h9	Заготовка	25	17	4000	-	Ø286 ^{+2,7} _{-1,3}
	Точити начорно	12,5	14	1300	2,5	Ø283,5 _{-1,3}
	Точити напівчисто	6,3	12	520	2	Ø281,5 _{-0,52}
	Точити начисто	3,2	11	320	1	Ø280,5 _{-0,32}
	Точити натонко	1,6	9	130	0,5	Ø280 _{-0,13}
20 Ø270,8 h9	Заготовка	6,3	14	1300	5,5	Ø281 _{-1,3}
	Точити напівчисто	6,3	12	520	9,5	Ø272,5 _{-0,52}
	Точити начисто	3,2	10	210	1	Ø271,5 _{-0,21}
	Точити натонко	1,6	9	130	0,7	Ø270,8 _{-0,13}
1 61	Заготовка	25	17	2800	-	66,5 ^{+1,8} _{-1,0}
	Підрізати торець начорно	12,5	14	740	1,4	65,1±0,37
	Підрізати торець напівчисто	6,3	14	740	0,7	64,4±0,37
	Підрізати торець начисто	3,2	14	740	0,4	64±0,37

					КНУ.КМР.131.24.1-18.03.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

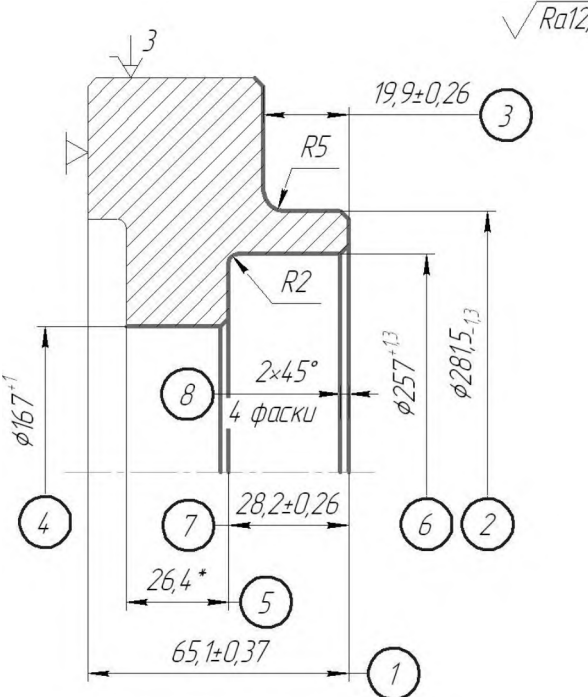
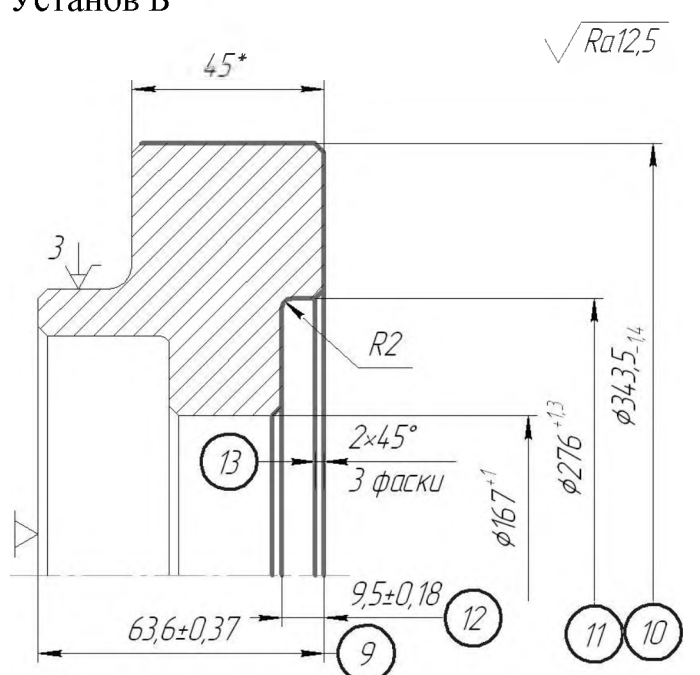
Продовження таблиці 3.14

1	2	3	4	5	6	7
2 20	Заготовка	25	17	2500	-	$17,6^{+1,6}_{-0,9}$
	Точити уступ начорно	6,3	14	520	1,2	$18,8 \pm 0,26$
	Точити уступ начисто	3,2	14	520	0,7	$19,5 \pm 0,26$
	Точити уступ натонко	1,6	14	520	0,5	$20 \pm 0,26$
3 61	Заготовка	12,5	14	740	1,2	$64 \pm 0,37$
	Підрізати торець начорно	6,3	14	740	1,5	$62,5 \pm 0,37$
	Підрізати торець начисто	3,2	14	740	0,9	$61,6 \pm 0,37$
	Підрізати торець натонко	1,6	14	740	0,6	$61 \pm 0,37$
5 $\varnothing 342$	Заготовка	25	17	4000	-	$\varnothing 348^{+2,7}_{-1,3}$
	Точити начорно	12,5	14	1400	4,5	$\varnothing 343,5_{-1,4}$
	Точити напівчисто	6,3	14	1400	1,5	$\varnothing 342_{-1,4}$
6 $\varnothing 276$	Заготовка	25	17	4000	-	$\varnothing 269,5^{+2,7}_{-1,3}$
	Розточувати начорно	6,3	14	1300	6,5	$\varnothing 276^{+1,3}$
8 9	Заготовка	25	17	2500	-	$6,6^{+1,6}_{-0,9}$
	Підрізати торець начорно	12,5	14	360	1,4	$8 \pm 0,26$
	Підрізати торець напівчисто	6,3	14	360	1	$9 \pm 0,18$
9 0,3	Заготовка	25	17	-	-	0
	Точіння напівчистове	6,3	14	250	0,3	$0,3 \pm 0,125$
12 28	Заготовка	25	17	2500	-	$25,6^{+1,6}_{-0,9}$
	Підрізати торець начорно	6,3	14	520	1,5	$27,1 \pm 0,26$
	Підрізати торець начисто	3,2	14	520	0,5	$27,6 \pm 0,26$
	Підрізати торець натонко	1,6	14	520	0,4	$28 \pm 0,26$
14 $\varnothing 260$	Заготовка	6,3	14	530	-	$\varnothing 253^{+2,7}_{-1,3}$
	Розточувати отвір начорно	12,5	14	1300	4	$\varnothing 257^{+1,3}$
	Розточувати отвір напівчисто	6,3	14	1300	2	$\varnothing 259^{+1,3}$
	Розточувати отвір начисто	3,2	14	1300	1	$\varnothing 260^{+1,3}$
16 32	Заготовка	25	17	-	-	0
	Фрезерування пазів	6,3	14	620	32	$32^{+0,62}$
17 $\varnothing 13,5$	Заготовка	25	17	-	-	0
	Свердління	6,3	14	430	6,75	$\varnothing 13,5^{+0,43}$
18 M12	Заготовка	25	17	-	-	0
	Свердління	6,3	14	430	5,1	$\varnothing 10,2^{+0,43}$
	Нарізання різьби	3,2	6H	190	3,5	M12-6H

В таблиці 3.15 приведена послідовність обробки деталі, представлені ескізи операцій

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-18.03.ТПВВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.15 – Ескізи операцій обробки деталі

№ операції верстат	Назва операції, зміст переходів технологічної операції	Ескіз операції
1	2	3
005 165	<p>Токарна чорнова:</p> <p>Установ А</p> <p>1 Встановити, закріпити, зняти;</p> <p>2 Точити торець у розмір 1;</p> <p>3 Точити уступ 2 на довжину 3;</p> <p>4 Розточувати поверхню 4 на глибину 5;</p> <p>5 Розточувати поверхню 6 на глибину 7;</p> <p>6 Точити фаски 8</p>	<p>Установ А</p>  <p>* Розміри для довідок</p>
	<p>Установ Б</p> <p>1 Встановити, закріпити, зняти;</p> <p>2 Точити торець у розмір 9;</p> <p>3 Точити поверхню 10;</p> <p>4 Розточувати поверхню 11 на глибину 12;</p> <p>5 Точити фаски 13</p>	<p>Установ Б</p>  <p>* Розміри для довідок</p>

Арк.

КНУ.КМР.131.24.1-18.03.ТПВВ

Змн. Арк. № докум. Підпис Дата

Продовження таблиці 2.15

1	2	3
010 MAST ML 500x1000 SH8	<p>Токарна чистова:</p> <p>Установ А</p> <p>1 Встановити, закріпити, зняти;</p> <p>2 Точити торець у розмір 1;</p> <p>3 Точити уступ 2 на довжину 3;</p> <p>4 Розточувати поверхню 4 на глибину 5;</p> <p>5 Точити канавку 6;</p> <p>6 Точити канавку шириною 7 та діаметром 8;</p> <p>7 Точити фаски 9,10</p>	<p>Установ А</p>
	<p>Установ Б</p> <p>1 Встановити, закріпити, зняти;</p> <p>2 Точити торець у розмір 11;</p> <p>3 Точити поверхню 12 на довжину 13;</p> <p>4 Підрізати торець в розмір 14</p> <p>5 Розточувати поверхню 15</p>	<p>Установ Б</p> <p>* Розміри для довідок</p>

Арк.

КНУ.КМР.131.24.1-18.03.ТПВВ

Змн. Арк. № докум. Підпис Дата

Продовження таблиці 2.15

1	2	3
015 Kitamura Mycenter HX500iG	Багатоопераційна: 1 Встановити, закріпити, зняти; 2 Свердлити отвори 1 та 2; 3 Фрезерувати пази в розміри 3, 4, 5, 6, 7, 8; 4 Нарізати різьбу 1	
020	Окислення хімічне	-
025	Технічний контроль	-

3.2.8 Розрахунок і вибір режимів різання, нормування технологічних операцій

3.2.8.1 Розрахунок і вибір режимів різання

Для розрахунку режимів різання та нормування технологічних операцій візьмемо токарну чорнову обробку (установ А). Ескіз операції зображений на рисунку 3.8.

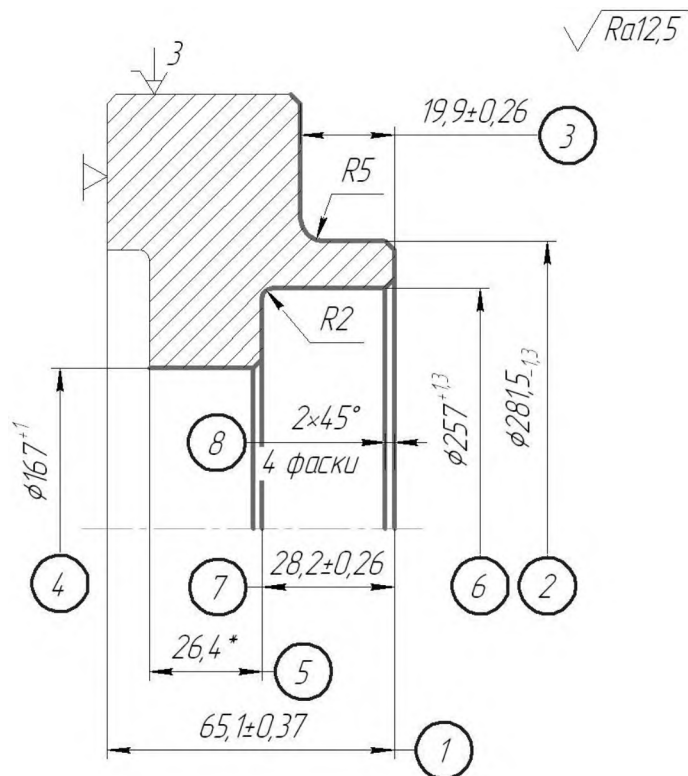


Рисунок 3.8 – Ескіз операції

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КМР.131.24.1-18.03.ТПВВ	Арк.

Вихідні дані: матеріал – ст3, НВ 143, точність обробки IT14, Ra12,5,
 Перехід 1 – підрізання торцю,
 перехід 2 – точіння уступа,
 перехід 3 – розточувати наскрізний отвір,
 перехід 4 – розточувати глухий отвір.

Припуск на обробку поверхонь $t_1=1,2\text{мм}$, $t_2=2,5\text{мм}$, $t_3=4\text{мм}$, $t_4=3\text{мм}$.

Обираємо подачу в залежності від глибини зрізаемого шару, діаметру обробки поверхні [2, табл.12, с.267].

$S_1=0,8-1,3\text{мм/об}$, приймаємо $S_1=0,6\text{мм/об}$,

$S_2=0,8-1,3\text{мм/об}$, приймаємо $S_2=0,6\text{мм/об}$,

$S_3=0,5-1,1\text{мм/об}$, приймаємо $S_3=0,6\text{мм/об}$,

$S_4=0,5-1,1\text{мм/об}$, приймаємо $S_4=0,6\text{мм/об}$.

Швидкість різання визначається за формулою 3.7.

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V, \quad (3.7)$$

де C_V – коефіцієнт, x , y , m – показники степеню, T – стійкість інструменту, t – глибина різання, S – подача, $K_V = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{UV}$ – коефіцієнт, що враховує вплив різних факторів ($K_V = 0,8$)

Випишемо табличні значення та розрахуємо швидкість різання.

$$V_1 = \frac{350}{60^{0,2} \cdot 1,2^{0,15} \cdot 0,6^{0,35}} \cdot 0,8 = 143 \text{ м/хв},$$

$$V_2 = \frac{350}{60^{0,2} \cdot 2,5^{0,15} \cdot 0,6^{0,35}} \cdot 0,8 = 128,7 \text{ м/хв},$$

$$V_3 = \frac{350}{60^{0,2} \cdot 4^{0,15} \cdot 0,6^{0,35}} \cdot 0,8 = 137 \text{ м/хв},$$

$$V_4 = \frac{350}{60^{0,2} \cdot 3^{0,15} \cdot 0,6^{0,35}} \cdot 0,8 = 125 \text{ м/хв}.$$

Визначаємо кількість обертів шпинделя за формулою 3.8 та коректуємо в залежності від паспортних даних верстата.

$$n = \frac{V \cdot 1000}{\pi \cdot d}, \quad (3.8)$$

$$n_1 = \frac{143 \cdot 1000}{3,14 \cdot 281,5} = 160,1 \text{ об/хв}, \text{ приймаємо } n_1 = 160 \text{ об/хв},$$

$$n_2 = \frac{128,7 \cdot 1000}{3,14 \cdot 281,5} = 145,6 \text{ об/хв}, \text{ приймаємо } n_2 = 125 \text{ об/хв},$$

$$n_3 = \frac{137 \cdot 1000}{3,14 \cdot 167} = 261,2 \text{ об/хв}, \text{ приймаємо } n_3 = 250 \text{ об/хв},$$

$$n_4 = \frac{125 \cdot 1000}{3,14 \cdot 257} = 154,8 \text{ об/хв}, \text{ приймаємо } n_4 = 125 \text{ об/хв}.$$

Коректуємо значення швидкості різання:

$$V_1 = \frac{3,14 \cdot 281,5 \cdot 160}{1000} = 141,4 \text{ м/хв},$$

$$V_2 = \frac{3,14 \cdot 281,5 \cdot 125}{1000} = 110,5 \text{ м/хв},$$

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-18.03.ТПВВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$V_3 = \frac{3,14 \cdot 167 \cdot 250}{1000} = 131,1 \text{ м/хв},$$

$$V_4 = \frac{3,14 \cdot 257 \cdot 125}{1000} = 101 \text{ м/хв}.$$

3.2.8.2 Нормування технологічного процесу

Основний машинний час обробки:

$$T_o = \frac{L_{p.x.}}{S \cdot n}, \quad (3.9)$$

де $L_{p.x.} = L_{рез} + y$ — довжина робочого ходу, S — подача, n — частота обертання шпинделя.

Розраховуємо основний машинний час обробки (установ А):

$$T_{o1} = \frac{16,25}{0,6 \cdot 160} = 0,169 \text{ хв},$$

$$T_{o2} = \frac{23,5}{0,6 \cdot 125} = 0,26 \text{ хв},$$

$$T_{o3} = \frac{30,4}{0,6 \cdot 250} = 0,176 \text{ хв},$$

$$T_{o4} = \frac{30,3}{0,6 \cdot 125} = 0,373 \text{ хв},$$

Основний машинний час обробки на установі Б:

$$T_{o5} = 0,503 \text{ хв}, \quad T_{o6} = 0,75 \text{ хв}, \quad T_{o7} = 1,13 \text{ хв}.$$

Час обробки однієї фаски 0,016хв.

Сумарний основний машинний час:

$$T_o = 0,169 + 0,26 + 0,176 + 0,373 + 0,503 + 0,75 + 1,13 + 0,016 \cdot 7 = 3,48 \text{ хв}.$$

Машино-допоміжний час знаходимо з формули:

$$T_d = 0,485 \cdot 4 + 0,235 \cdot 5 = 3,12 \text{ хв}$$

Таким чином, оперативний час:

$$T_{оп} = T_o + T_d = 3,48 + 3,12 = 6,6 \text{ хв}$$

Час на відпочинок та обслуговування визначається у відсотках від оперативного часу. Для токарної операції він становить 7%

$$T_{вдп} + T_{обсл} = 0,07 \cdot 6,6 = 0,46 \text{ хв}$$

Норму штучного часу визначаємо за формулою 2.10

$$T_{шт} = T_o + T_d + T_{вдп} + T_{обсл} \quad (3.10)$$

$$T_{шт} = 3,48 + 3,12 + 0,46 = 7,05 \text{ хв}$$

Норму штучнокалькуляційного часу визначаємо за формулою 3.11

$$T_{шк} = T_{шт} + T_{п-з}/n, \quad (3.11)$$

де $T_{п-з}$ — підготовчо-заклучний час, що визначається на всю партію, n — розмір партії.

$$T_{шк} = T_{шт} + T_{п-з}/n = 7,05 + 14/1000 = 7,064 \text{ хв}$$

Для всіх інших операцій режими різання та норми часу зводимо в таблицю 3.16.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-18.03.ТПВВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.16 – Режими різання та норми часу обробки деталі

№ оп.	Назва операції, зміст переходів	Режими різання							Норми часу						
		D	l	t	S	V	n	i	T _О	T _Д	T _{ОП}	T _{ВІДП} , T _{ОБСЛ}	T _{ШТ}	T _{ШК}	
005	Токарна чорнова: Установ А 1 Встановити, закріпити, зняти														
	2 Точити торець у розмір 1	281,5	-	1,2	0,6	141,4	160	1	0,169	0,485					
	3 Точити уступ 2 на довжину 3	281,5	19,5	2,5	0,6	110,5	125	1	0,26	0,235					
	4 Розточувати поверхню 4 на глибину 5	167	26,4	3	0,6	131,1	250	1	0,176	0,235					
	5 Розточувати поверхню 6 на глибину 7	257	28,3	4	0,6	101	125	1	0,373	0,235					
005	6 Точити фаски 8	257	-	-	0,6	101	125	-	0,016x4	0,485					
	Установ Б 1 Встановити, закріпити, зняти														
	2 Точити торець у розмір 9	343,5	-	1,4	0,6	135	125	1	0,503	0,485					
	3 Точити поверхню 10	343,5	45	4,5	0,6	108	100	1	0,75	0,235					
	4 Розточувати поверхню 11 на глибину 12	276	9,4	6,5	0,4	108,3	125	1	1,13	0,235					
	5 Точити фаски 13	276	-	-	0,6	108	100	1	0,016x3	0,485					
								M	3,48	3,12	6,5	0,46	7,05	7,064	

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

КНУ.КМР.131.24.1-18.03.ТПВВ

Арк.

Продовження таблиці 3.16

№ операції	Назва операції, зміст переходів	Режими різання							Норми часу					
		D	l	t	S	V	n	i	T ₀	T _д	T _{оп}	T _{вдп, Тобсл}	T _{шт}	T _{шк}
010	Токарна чистова: Установ А 1 Встановити, закріпити, зняти													
	2 Точити торець у розмір 1	280	-	0,8	0,4	140,6	160	1	0,219	0,485				
			0,5	0,2	176	200	1	0,35	0,235					
	3 Точити уступ 2 на довжину 3	280	20	2	0,4	140,6	160	1	0,313	0,235				
				1	0,4	140,6	160	1	0,313	0,235				
				0,5	0,2	140,6	160	1	0,625	0,235				
010	4 Розточувати поверхню 4 на глибину 5	260	28	2	0,4	130,6	160	1	0,734	0,235				
				1	0,4	163,3	200	1	0,588	0,235				
	5 Точити канавку 6	280	-	0,3	0,15	176	200	1	0,01	0,235				
	6 Точити канавку шириною 7 та діаметром 8	270,8	-	9,2	0,4	136	160	1	0,144	0,235				
	7 Точити фаски 9,10	260	-	-	0,4	130,6	160	1	0,016x2	0,485				
	Установ Б 1 Встановити, закріпити, зняти													
	2 Точити торець у розмір 11	342	-	0,9	0,4	172	160	1	0,578	0,485				
				0,6	0,2	172	160	1	1,156	0,235				
3 Точити поверхню 12 на довжину 13	342	41	1,5	0,4	134,2	125	1	0,82	0,235					

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

КНУ.КМР.131.24.1-18.03.ТПВВ

Арк.

Продовження таблиці 3.16

№ операції	Назва операції, зміст переходів	Режими різання							Норми часу						
		D	l	t	S	V	n	i	T ₀	T _д	T _{оп}	T _{вдп, тобсл}	T _{шт}	T _{шк}	
010	4 Підрізати торець в розмір 14	170	21	1,5	0,4	133,5	250	1	0,333	0,21					
				1	0,2	168	315	1	0,333	0,235					
				0,5	0,2	168	315	1	0,333	0,235					
	5 Розточувати поверхню 15	276	9	1	0,4	163,3	200	1	0,712	0,635					
								M	7,4	5,145	12,545	0,88	13,425	13,439	
015	Багато-операційна														
	1 Встановити, закріпити, зняти														
	2 Свердлити отвори 1 та 2	13,5	41	6,75	0,51	20	400	1	0,221x6	0,14x6					
	3 Фрезерувати пази в розмірі 3, 4, 5, 6, 7, 8	10,5	25	5,25	0,51	20	500	1	0,098x5	0,14x5					
	4 Нарізати різьбу 1	M12	25	-	1,75	11,86	315	1	0,053x5	0,14x5					
								M	7,18	2,52	18,1	2,17	20,27	20,31	

Отже, загальна тривалість обробки деталі складає:

$$T = T_{шк1} + T_{шк2} + T_{шк3} = 7,064 + 13,439 + 20,31 = 40,81 \text{ хв.}$$

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КМР.131.24.1-18.03.ТПВВ	Арк.

4 МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ ОПЕРАЦІЙ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

4.1 Розробка верстатно–інструментального налагодження та розрахунково-технологічної карти для операції на верстатах з ЧПК

Діафрагма відноситься до деталей типу диск. Вісі оброблюваних отворів, що розглядаються на даній операції, співпадають з віссю деталі. Обробку проводимо на горизонтально-фрезерному верстаті з ЧПК Kitamura Mycenter HX500iG, що має горизонтальне розташування шпинделю. Верстат представлений на рисунку 4.1. Технічні характеристики представлені у табл. 4.1.

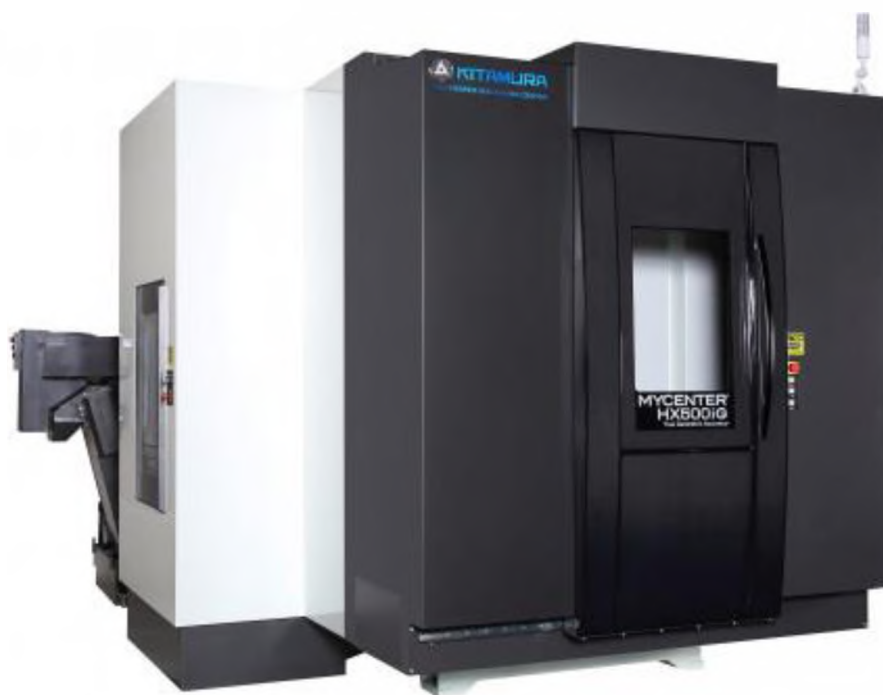


Рисунок 4.1 – Горизонтально-фрезерний верстат з ЧПК Kitamura Mycenter HX500iG

Таблиця 3.1– Технічні характеристики верстата IP500ПМФ4

№ з/п	Технічні характеристики	Параметри
1	2	3
1	Максимальний діаметр деталі, мм	800
2	Максимальне навантаження столу, кг	800
3	Максимальна висота деталі, мм	1100

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-18.04.МПОМО</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		<i>Чернав</i>			<i>Моделювання та програмування операцій механічної обробки</i>	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		<i>Нечаєв</i>						
Реценз.								
Н. Контр.		<i>Нечаєв</i>				<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-23м</i>		
Зав. каф.		<i>Рязанцев</i>						

Продовження таблиці 3.1

1	2	3
4	Переміщення по осі X, мм	870
5	Переміщення по осі Y, мм	800
6	Переміщення по осі Z, мм	930
7	Переміщення по осі B	0 – 360°
8	Тип приводу	4-ступінчаста коробка передач
9	Максимальний обертовий момент шпинделя, Нм	585.9 / 1225.9
10	Потужність двигуна шпинделя (миттєва/постійна), кВт	40/22
11	Швидкість шпинделя, об/хв	2000
12	Конус шпинделя	BT/ISO50
13	Розмір магазину	62 інструменти
14	Максимальний діаметр інструменту, мм	125 / 300
15	Максимальна довжина інструменту, мм	600
16	Максимальна вага інструменту, кг	30
17	Керування	Arumatik-Mi
18	Зонд заміру деталі	Renishaw OMP400
19	Лазерний зонд заміру інструменту	Renishaw NC-4
20	Ширина x глибина x висота верстата, мм	3620 x 4957 x 4259
21	Вага верстата, кг	16500

Розміри шпинделя, столу верстата приведені на рисунку 4.2.

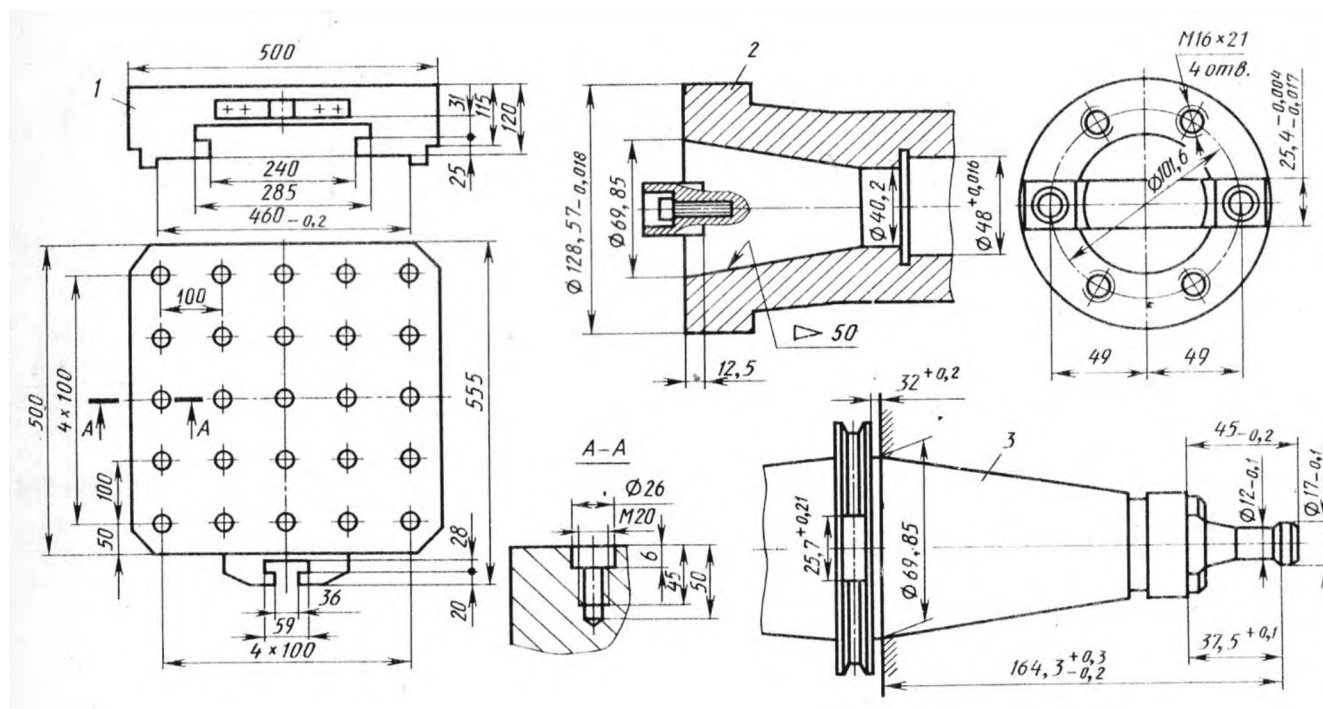


Рисунок 4.2 – Розміри шпинделі та столу верстата з ЧПК Kitamura Mycenter HX500iG

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КМР.131.24.1-18.04.МПОМО	Арк.

Обробка проводиться в послідовності: свердлення 6 отворів $\varnothing 13,5\text{мм}$ та 8 отворів $\varnothing 10,2\text{мм}$, зенкування фасок, фрезерування двох пазів, нарізування різьби M12.

Умовна схема базування деталі представлена на рисунку 3.6.

Торець $\varnothing 280\text{мм}$ та шорсткістю Ra6,3 виконує роль установчої поверхні. Циліндрична поверхня $\varnothing 170\text{H7}$ мм та шорсткістю Ra 1,6 виконує роль центруючої поверхні.

Діафрагма закріплюється на вертикальну плиту, що містить 3 пальці для центрування деталі. Затиснення реалізується за допомогою двох Г-подібних прихватів.

4.1.1 Вибір типу інструменту для виконання технологічного процесу

Обрані ріжучі інструменти для обробки на даній операції представлені у таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Ріжучі інструменти

№	Ріжучий інструмент	Матеріал ріжучої частини	Технічні характеристики
1	Свердло Seco SD1108A-1350-096-12R1 [10]	покриття TiCN	$\varnothing 13,5\text{мм}$, L=170мм, l=70мм
2	Свердло Seco SD1108A-1020-096-12R1 [10]	покриття TiCN	$\varnothing 10,2\text{мм}$, L=140мм, l=60мм
3	Зенківка Seco ACM45-TC09-D13X18-W16-L100-Z02 [10]	покриття TiCN	D=20мм, d=4мм, L=116мм, l=24мм
4	Фреза Seco JS512320D2C.0Z2-NXT [9]	покриття NXT	d=32мм, l=53мм, L=155мм, z=6
5	Мітчик Seco MTH-M12X1.75ISO6H-BC-M004-A [10]	покриття TiCN	M12x1,75, виконання 1, L=89мм, l=29мм, d ₁ =9мм, l ₁ =10,5мм

4.2 Розробка комплексу допоміжного інструменту

Допоміжний інструмент, що представлений в таблиці 4.3, обираємо в залежності від посадочної поверхні інструменту та посадочного місця шпинделя верстату.

Використовуємо втулку перехідна з хвостовиком конусністю 7:24 та внутрішнім конусом Морзе до верстатів ЧПК. При невідповідності номерів конусів Морзе інструментів та втулок використовуємо перехідні втулки. Для закріплення мітчика використовуємо спеціальний патрон для швидкозмінного інструменту та швидкозмінну перехідну втулку, де жорстко закріплюється мітчик.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-18.04.МПОМО</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.3 – Допоміжний інструмент

№	Ріжучий інструмент	Допоміжний інструмент
1	2	3
1	Свердло спіральне Ø13,5мм	Тримач для свердла C5-391.27-14065 [11]
		Оправка EM3414 401 3650 [11]
2	Свердло спіральне Ø10,2мм	Тримач для свердла C5-391.27-11055 [11]
		Оправка EM3414 401 3650 [11]
3	Зенківка	Тримач для свердла C5-391.27-11055 [11]
		Оправка EM3414 401 3650 [11]
4	Фреза кінцева d=32мм	Тримач для свердла C5-391.27-32075 [11]
		Оправка EM3414 401 3650 [11]
5	Мітчик M12x1,75	Мітчиковий патрон DEGERLI 377214 [12]
		Різьбонарізна цанга 8 19 28 M12 [12]

Розробка обробки у програмі FeatureCAM:

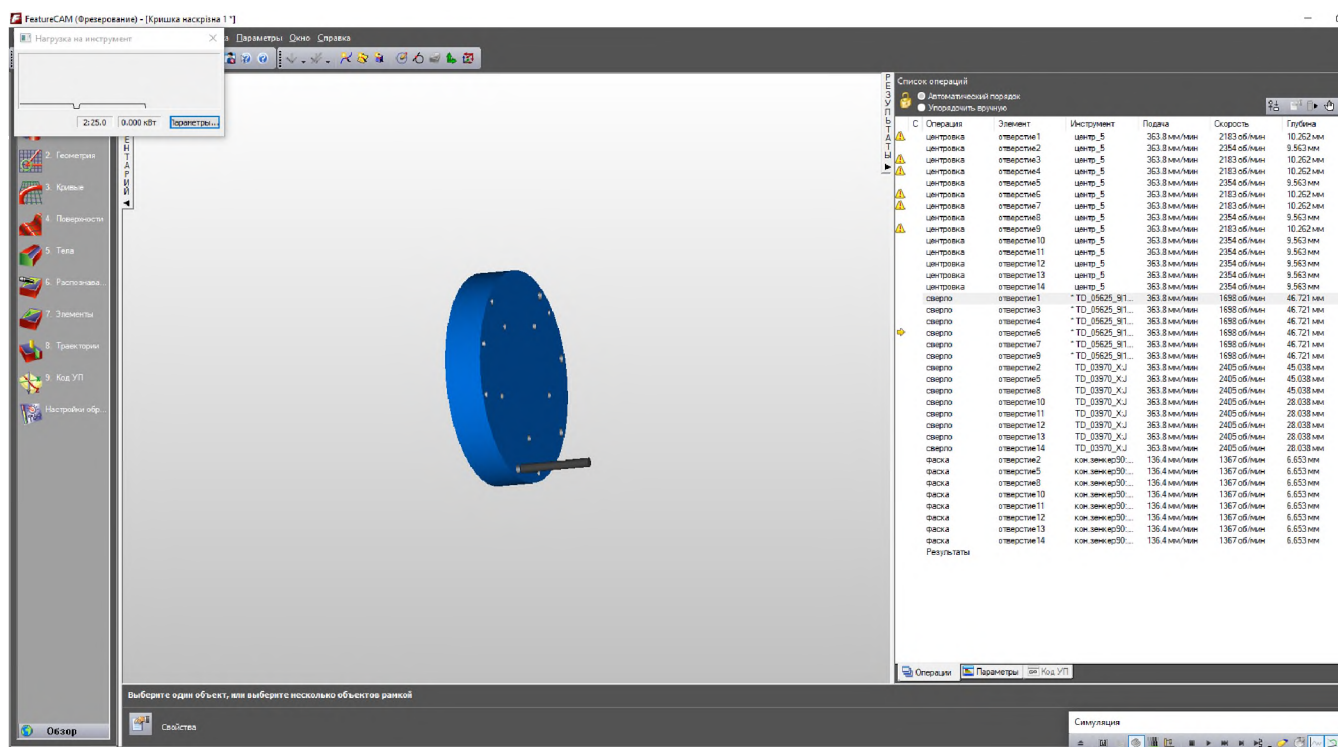


Рисунок 4.3 – Кадр програми (обробка отворів)

					КНУ.КМР.131.24.1-18.04.МПОМО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

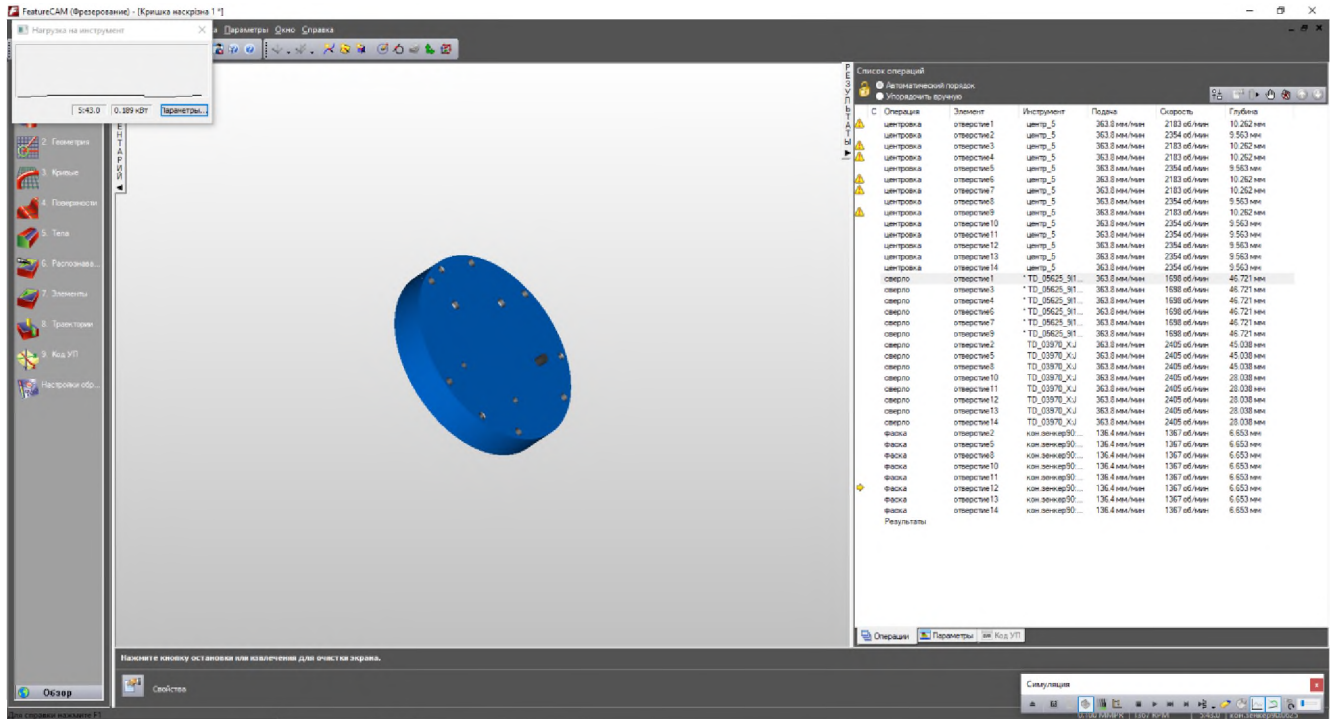


Рисунок 4.4 – Кадр программы FeatureCAM обработки детали «Диафрагма»

Таблица 4.4 – Керующая программа для обработки отверстий детали «Диафрагма»

%	N405 G80
O0001(ДИАФРАГМА)	N410 X6.2008 Y0.
(12-11-2019 22:52:02)	N415 G83 G98 Z-1.8394 R0.1181 Q0.5625 F14.3
N25 G00 G20 G17 G40 G49 G80 G94	N420 G80
N30 G91 G28 Z0	N425 M5
N35 (SPOTDRILL ОТВЕРСТИЕ1)	N430 G91 G28 Z0 M09
N40 T1 M6	N435 G49 G90 X0. Y0.
N45 G00 G54 G90 X-6.2008 Y0. S2182 M03	N440 M01
N50 G43 H1 Z0.9843 M08	N445 (DRILL ОТВЕРСТИЕ2)
N55 G81 G98 Z-0.404 R0.1181 F14.3	N450 T3 M06
N60 G80	N455 G94
N65 (SPOTDRILL ОТВЕРСТИЕ2)	N460 G00 G54 X-5.37 Y-3.1004 S2405 M03
N70 X-5.37 Y-3.1004 S2353	N465 G43 H3 Z0.9843 M08
N75 G81 G98 Z-0.3765 R0.1181 F14.3	N470 G83 G98 Z-1.7731 R0.1181 Q0.397 F14.3
N80 G80	N475 G80
N85 (SPOTDRILL ОТВЕРСТИЕ3)	N480 X0. Y6.2008
N90 X-4.3846 Y4.3846 S2182	N485 G83 G98 Z-1.7731 R0.1181 Q0.397 F14.3
N95 G81 G98 Z-0.404 R0.1181 F14.3	N490 G80
N100 G80	N495 X5.37 Y-3.1004
N105 Y-4.3846	N500 G83 G98 Z-1.7731 R0.1181 Q0.397 F14.3
N110 G81 G98 Z-0.404 R0.1181 F14.3	N505 G80
N115 G80	N510 (DRILL ОТВЕРСТИЕ10)
N120 (SPOTDRILL ОТВЕРСТИЕ5)	N515 X-3.4414 Y1.8298
N125 X0. Y6.2008 S2353	N520 G83 G98 Z-1.4582 R-0.2362 Q0.397 F14.3
N130 G81 G98 Z-0.3765 R0.1181 F14.3	N525 G80
N135 G80	N530 X-2.8037 Y-2.7075
N140 (SPOTDRILL ОТВЕРСТИЕ6)	N535 G83 G98 Z-1.4582 R-0.2362 Q0.397 F14.3
N145 X3.1004 Y5.37 S2182	N540 G80
N150 G81 G98 Z-0.404 R0.1181 F14.3	N545 X0.6768 Y3.8384

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КМР.131.24.1-18.04.МПОМО

Арк.

N155 G80	N550 G83 G98 Z-1.4582 R-0.2362 Q0.397 F14.3
N160 Y-5.37	N555 G80
N165 G81 G98 Z-0.404 R0.1181 F14.3	N560 X1.7086 Y-3.5032
N170 G80	N565 G83 G98 Z-1.4582 R-0.2362 Q0.397 F14.3
N175 (SPOTDRILL ОТВЕРСТИЕ8)	N570 G80
N180 X5.37 Y-3.1004 S2353	N575 X3.8597 Y0.5424
N185 G81 G98 Z-0.3765 R0.1181 F14.3	N580 G83 G98 Z-1.4582 R-0.2362 Q0.397 F14.3
N190 G80	N585 G80
N195 (SPOTDRILL ОТВЕРСТИЕ9)	N590 M5
N200 X6.2008 Y0. S2182	N595 G91 G28 Z0 M09
N205 G81 G98 Z-0.404 R0.1181 F14.3	N600 G49 G90 X0. Y0.
N210 G80	N605 M01
N215 (SPOTDRILL ОТВЕРСТИЕ10)	N610 (CHAMFER ОТВЕРСТИЕ2)
N220 X-3.4414 Y1.8298 S2353	N615 T4 M06
N225 G81 G98 Z-0.7308 R-0.2362 F14.3	N620 G94
N230 G80	N625 G00 G54 X-5.37 Y-3.1004 S1367 M03
N235 X-2.8037 Y-2.7075	N630 G43 H4 Z0.9843 M08
N240 G81 G98 Z-0.7308 R-0.2362 F14.3	N635 G82 G98 Z-0.2619 R0.1181 P2000 F5.4
N245 G80	N640 G80
N250 X0.6768 Y3.8384	N645 X0. Y6.2008
N255 G81 G98 Z-0.7308 R-0.2362 F14.3	N650 G82 G98 Z-0.2619 R0.1181 P2000 F5.4
N260 G80	N655 G80
N265 X1.7086 Y-3.5032	N660 X5.37 Y-3.1004
N270 G81 G98 Z-0.7308 R-0.2362 F14.3	N665 G82 G98 Z-0.2619 R0.1181 P2000 F5.4
N275 G80	N670 G80
N280 X3.8597 Y0.5424	N675 (CHAMFER ОТВЕРСТИЕ10)
N285 G81 G98 Z-0.7308 R-0.2362 F14.3	N680 X-3.4414 Y1.8298
N290 G80	N685 G82 G98 Z-0.6163 R-0.2362 P2000 F5.4
N295 M5	N690 G80
N300 G91 G28 Z0 M09	N695 X-2.8037 Y-2.7075
N305 G49 G90 X0. Y0.	N700 G82 G98 Z-0.6163 R-0.2362 P2000 F5.4
N310 M01	N705 G80
N315 (DRILL ОТВЕРСТИЕ1)	N710 X0.6768 Y3.8384
N320 T2 M06	N715 G82 G98 Z-0.6163 R-0.2362 P2000 F5.4
N325 G94	N720 G80
N330 G00 G54 X-6.2008 Y0. S1697 M03	N725 X1.7086 Y-3.5032
N335 G43 H2 Z0.9843 M08	N730 G82 G98 Z-0.6163 R-0.2362 P2000 F5.4
N340 G83 G98 Z-1.8394 R0.1181 Q0.5625 F14.3	N735 G80
N345 G80	N740 X3.8597 Y0.5424
N350 X-4.3846 Y4.3846	N745 G82 G98 Z-0.6163 R-0.2362 P2000 F5.4
N355 G83 G98 Z-1.8394 R0.1181 Q0.5625 F14.3	N750 G80
N360 G80	N755 M5
N365 Y-4.3846	N760 G0 G91 G28 Z0 M09
N370 G83 G98 Z-1.8394 R0.1181 Q0.5625 F14.3	N765 G49 G90 X0. Y0.
N375 G80	N770 M30
N380 X3.1004 Y5.37	%
N385 G83 G98 Z-1.8394 R0.1181 Q0.5625 F14.3	
N390 G80	
N395 Y-5.37	
N400 G83 G98 Z-1.8394 R0.1181 Q0.5625 F14.3	

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-18.04.МПОМО</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5 КОНСТРУКТОРСЬКА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА

5.1 Проектування технологічного оснащення

5.1.1 Проектування верстатного оснащення

5.1.1.1 Розробка схем базування заготовки

На рисунку 5.1 показано ескіз механічної обробки деталі «Діафрагма», на якому зображено деталь у тому положенні, в якому вона буде розташовуватись на верстаті, під час обробки, показано теоретичну схему базування відповідно до існуючих стандартів, зображено місце прикладання зусиль затиску, нанесені розміри з вимогами по точності та шорсткості на поверхні, що оброблюються.

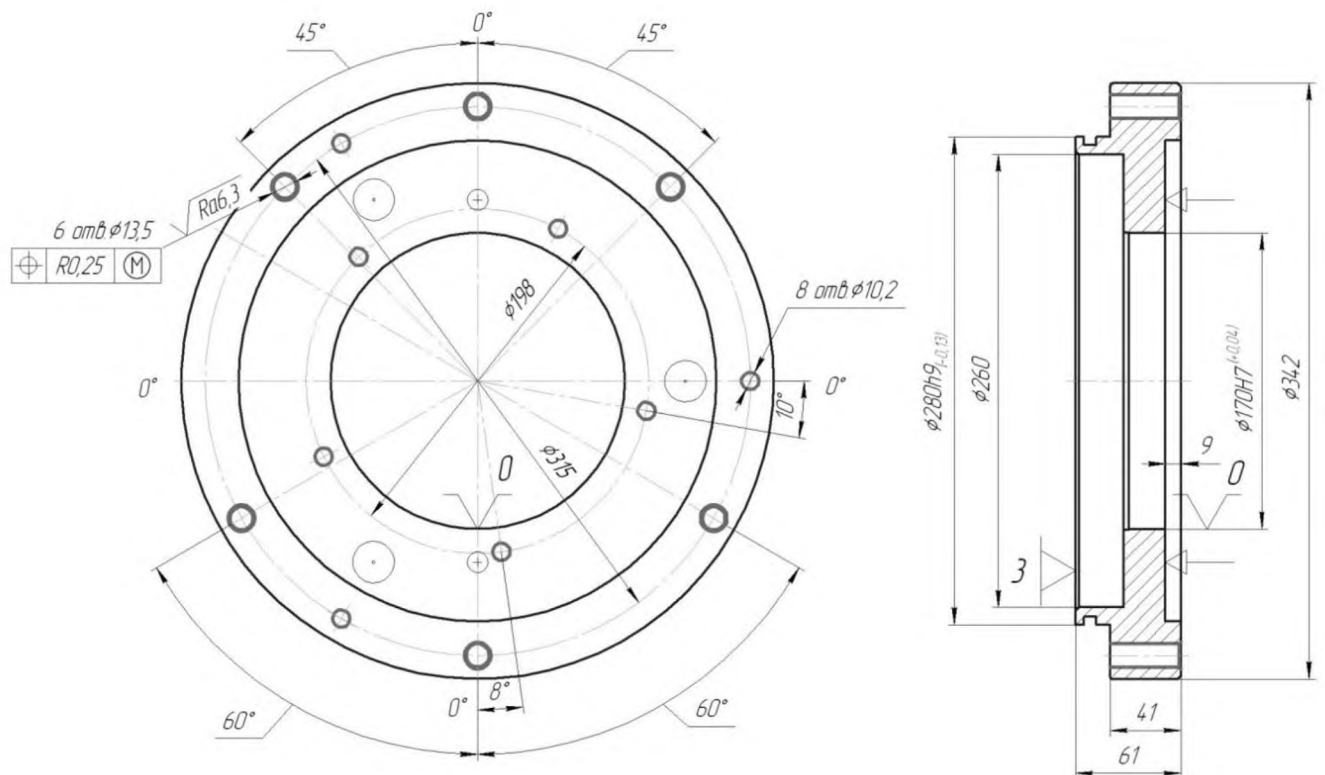


Рисунок 5.1 – Схема базування деталі на столі верстату

Деталь закріплена на оправці. Установчою базою, що полишає 3 ступені вільності, є торець $\text{Ø}280\text{мм}$, центрувальною, що полишає 2 ступені вільності, є циліндрична поверхня $\text{Ø}170\text{мм}$.

5.1.1.2 Вибір режимів різання на свердлильну операцію

Для механічної обробки використовуємо інструмент – свердло фірми Seco (рис. 5.2) SD1108A-1050-096-12R1 ($\alpha=7^\circ$, $2\phi=140^\circ$, $\text{OAL}=163\text{ мм}$; $\text{LFS}=118\text{ мм}$; $\text{LS}=45\text{ мм}$; $\text{LCF}=114\text{ мм}$; $\text{DMM}=12\text{ мм}$); покриття TiAlN [2, с. 42].

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-18.05.КПВ</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Чернав				<i>Конструкторська підготовка виробництва</i>	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.	Нечаєв							
Реценз.								
Н. Контр.	Нечаєв					<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-23м</i>		
Зав. каф.	Рязанцев							

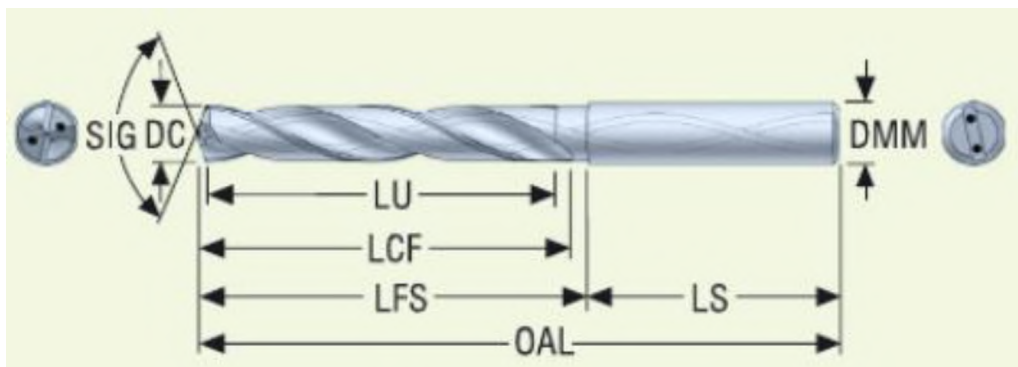


Рисунок 5.2 – Свердло SD1108A-1350-096-12R1 [4 с. 42]

Подача на оберт $S_0=0,36 - 0,43$ мм/об, приймаємо $S_0=0,4$ мм/об.
Визначаємо швидкість різання за формулою (5.1)

$$V_H = \frac{C_V D^{q_V}}{T^m t^{x_V} S_0^{y_V}} K_V, \quad (5.1)$$

де $K_V = K_{MV} \cdot K_{NV} \cdot K_{IV}$,

Випишуємо значення коефіцієнтів та степенів.

Підставляємо всі значення у формулу швидкості:

$$V_H = \frac{9,8 \cdot 13,5^{0,4}}{75^{0,2} \cdot 6,75^{0,2} \cdot 0,4^{0,5}} 0,848 = 12,6 \text{ м/хв.}$$

Частота обертання шпинделя обчислюється за формулою (5.2).

$$n = \frac{1000 \cdot V_H}{\pi D}, \quad (5.2)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 12,6}{3,14 \cdot 13,5} = 297 \text{ об/хв}$$

Приймаємо стандартне значення частоти обертання шпинделя $n=250$ об/хв.

Перераховуємо значення швидкості:

$$V_H = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 13,5 \cdot 250}{1000} = 10,6 \text{ м/хв}$$

Визначаємо осьову складову сили різання за формулою (4.3)

$$P_X = 9,81 C_P D^{x_P} S_0^{y_P} K_{MP}, \quad (5.3)$$

$$\text{де } K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{353}{750} \right)^{0,5} = 0,686$$

$$P_X = 9,81 \cdot 68 \cdot 13,5^1 \cdot 0,4^{0,7} \cdot 0,686 = 3252 \text{ Н}$$

Момент сил опору різання (крутний момент) визначаємо по формулі (5.4)

$$M_{C.P.} = 9,81 C_M D^{q_M} S_0^{y_M} K_{MM}, \quad (5.4)$$

$$M_{C.P.} = 9,81 \cdot 0,0345 \cdot 13,5 D^2 \cdot 0,4^{0,8} \cdot 0,568 = 16,83 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

5.1.1.3 Вибір типу пристрою

Тип пристрою – одномісний (для обробки однієї деталі), з механізованим приводом затиску.

					КНУ.КМР.131.24.1-18.05.КПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.1.1.4 Вибір металорізального верстату

Свердлильну операцію виконуємо на горизонтально-фрезерному верстаті з ЧПК Kitamura Mucenter NX500iG, технічні характеристики верстату наведено в 4 розділі роботи.

5.1.2 Аналіз схеми базування деталі

5.1.2.1 Аналіз технологічних баз

Технологічними базами називають поверхні, які визначають розміщення деталі під час обробки на верстаті. До них відносяться зовнішня циліндрична поверхня 5 $\varnothing 342$ мм та торець 3 $\varnothing 342$ мм (токарна чорнова), внутрішня циліндрична поверхня 15 $\varnothing 280$ h9мм та торець 1 $\varnothing 280$ мм (токарна чистова), внутрішня циліндрична поверхня 7 $\varnothing 170$ H7мм та торець 1 $\varnothing 280$ мм (розточна).

5.1.2.2 Вибір конструкції установчих елементів

Для закріплення деталі використовуємо два прихвати, що зображені на рисунку 5.3. Для центрування використовуємо три пальця $\varnothing 20$ мм, що зображені на рисунку 5.4.

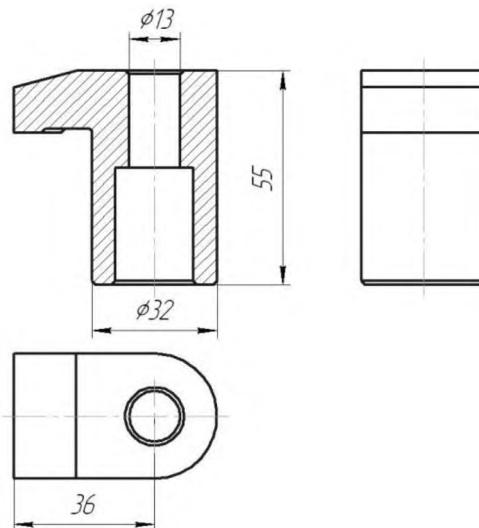


Рисунок 5.3 – Прихват ДСТУ ГОСТ 14733:2008

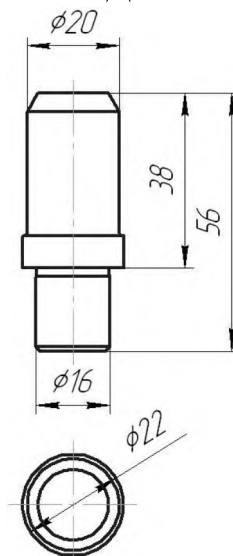


Рисунок 5.4 – Палець 7030-1242 ДСТУ ГОСТ 17774:2008

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-18.05.КПВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для складання використовуємо два болта М10 DIN 933, дві гайки М10 ДСТУ ГОСТ 15523:2008, шайби 10 ДСТУ ГОСТ 10462:2008.

5.1.3 Розрахунок похибки базування

Закріплення корпусу на оправці з гарантованим зазором. Схема установки показана на рисунку 5.5.

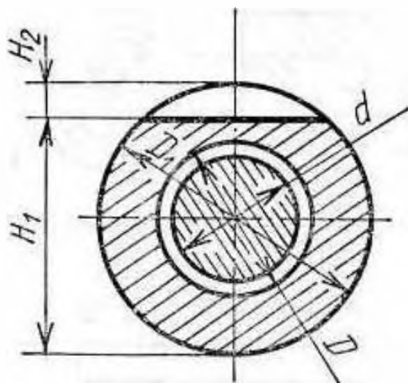


Рисунок 5.5 – Схема установки деталі

$$\varepsilon_B = 2e + T_D + T_d + \Delta \quad (5.5)$$

де $e=30\text{мм}$ – ексцентриситет між базою та обробленою поверхнею обертання заготовки,

$T_D=40\text{мм}$ – допуск на діаметр отвору у деталі,

$T_d=25$ – допуск на діаметр оправки,

$\Delta=0$ – гарантований діаметральний зазор між базою заготовки та жорсткою циліндричною оправкою.

Деталь з оправкою з'єднується по $\varnothing 170\text{H}7/h6$.

$$\varepsilon_B = 2 \cdot 30 + 40 + 25 + 0 = 125\text{мм}$$

Допуск на $\varnothing 198\text{мм}$ згідно IT14 становить 1150мм, отже, схема базування задовольняє вимогам точності.

5.1.4 Розробка схеми закріплення

Розрахунок проводимо для закріплення деталі за допомогою двох прихватів. Схема закріплення зображена на рисунку 5.6.

Складаємо рівняння моментів відносно осі О:

$$\sum M_0 = 0$$

$$k \cdot M - F_{T1} \cdot D_1 + F_{T2} \cdot D_2 = 0 \quad (5.6)$$

$$\text{де } F_{T1} = f \cdot W, F_{T2} = f \cdot (P + W)$$

де $k=k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6 = 1,5 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,3 \cdot 1 \cdot 1 = 1,95$ – коефіцієнт запасу, приймаємо $k=2,5$,

$M=16,83\text{Н}\cdot\text{м}$ – крутний момент свердла,

$P=3252\text{Н}$ – осьове зусилля свердла,

$d_1=315\text{мм}$ – діаметр прижиму планок,

$d_2=200\text{мм}$ – діаметр опорної поверхні,

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-18.05.КПВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$f=0,2$ – коефіцієнт тертя,
 F_{T1}, F_{T2} – сили тертя,
 W – сила затиску.

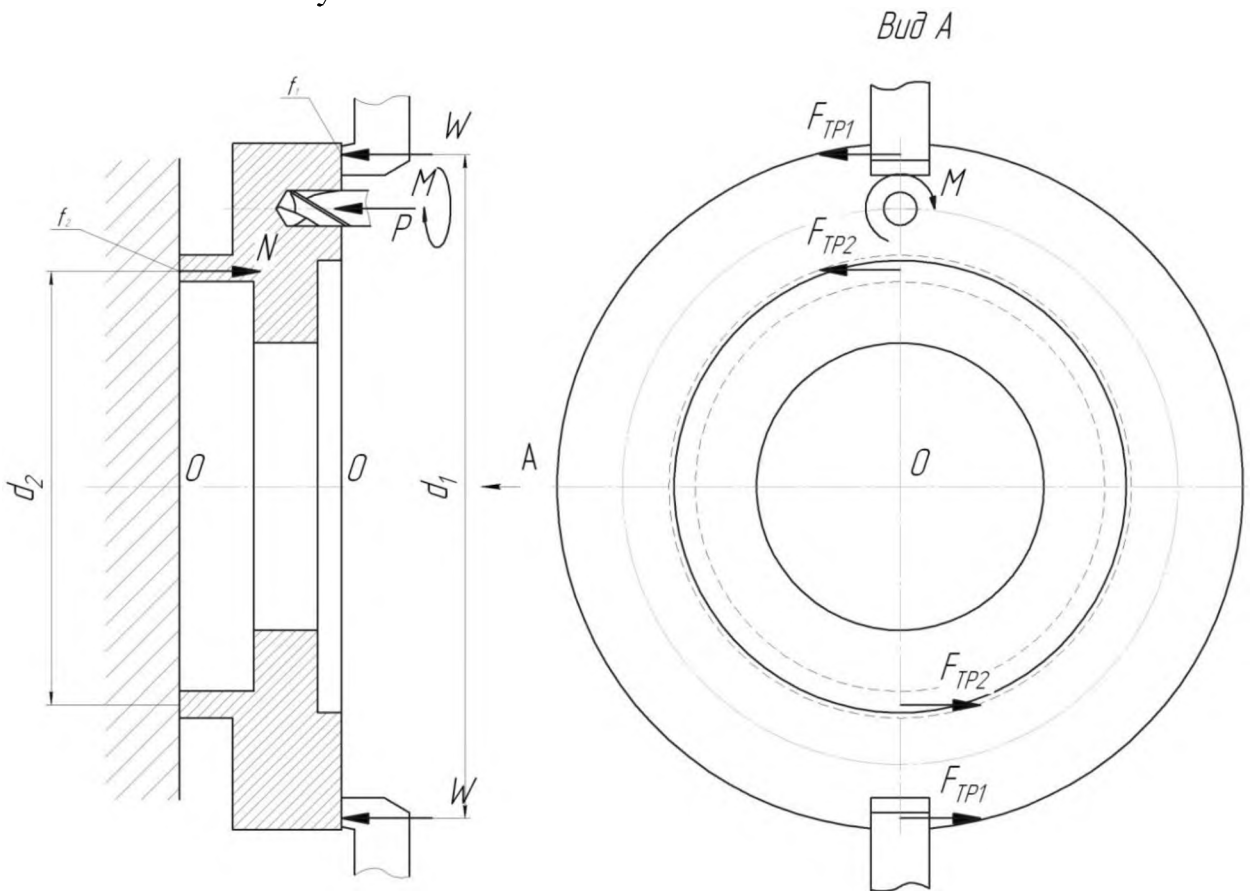


Рисунок 5.6 – Схема закріплення

Отже, сила зажиму розраховується за формулою:

$$W = \frac{M \cdot k - P \cdot f \cdot d_2}{f \cdot (d_1 + d_2)} \quad (5.7)$$

$$W = \frac{16,83 \cdot 2,5 - 3252 \cdot 0,2 \cdot 0,200}{0,2 \cdot (0,315 + 0,200)}$$

В чисельнику отримуємо від'ємне значення, отже, сила тертя від осьової дії свердла P повністю протидіє провороту деталі від крутного моменту M .

Проводимо розрахунок сил закріплення без врахування осьової сили, тоді рівня моментів прийме вид:

$$k \cdot M - F_T \cdot (D_1 + D_2) = 0 \quad (5.8)$$

$$W = \frac{M \cdot k}{f \cdot (d_1 + d_2)}$$

$$W = \frac{16,83 \cdot 2,5}{0,2 \cdot (0,315 + 0,200)} = 408,5 \text{ Н}$$

5.1.5 Вибір конструкції затискного механізму

Закріплення заготовки в пристрої при механічній обробці виконуємо за допомогою пристосування з ручним затиском.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-18.05.КПВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Проведемо силовий аналіз затискного пристрою. Розглянемо важільну систему прихвату (рисунок 5.7).

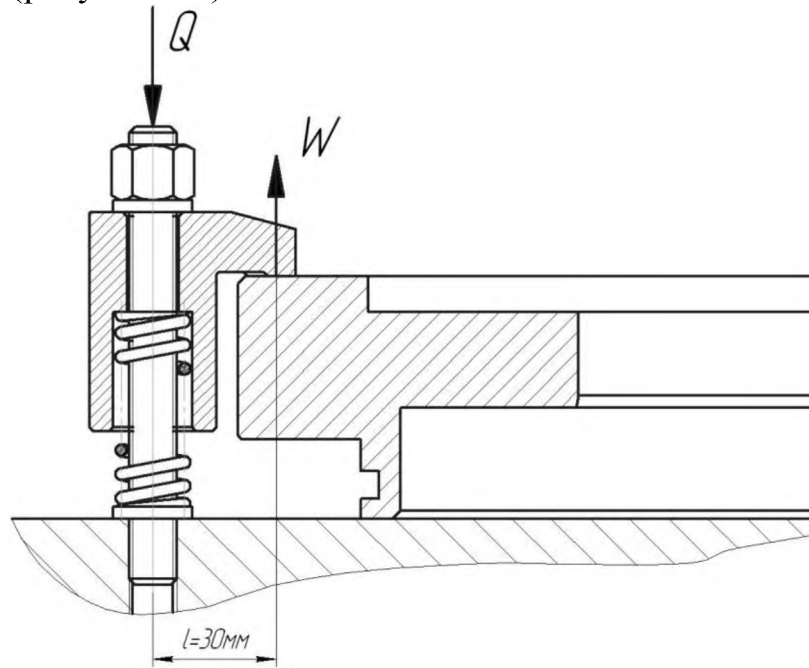


Рисунок 5.7 – Система гвинтового прихвату

По потрібній силі затиску W та допустимим навантаженням визначаємо номінальний діаметр d гвинта:

$$W = 0,64 \cdot \pi d^2 / 4 \cdot \sigma = 0,5 d^2 \sigma, \text{ Н} \quad (5.9)$$

де σ – допустиме навантаження розтягу матеріалу гвинта ($\sigma \approx 800 \text{ кГ/см}^2$), звідси

$$d = \sqrt{\frac{W}{0,5 \cdot \sigma}} = \sqrt{\frac{408,5}{0,5 \cdot 800}} = 1,01 \text{ см}$$

Приймаємо гвинт М12.

Складемо рівняння рівноваги сил по вздовж вертикальної осі:

$$\sum F = 0$$

$$W - W_1 \cdot \eta = 0 \quad (5.10)$$

де η – ККД, що враховує втрати на тертя ($\eta \approx 0,95$).

$$W_1 = W / \eta = 408,5 / 0,95 = 430 \text{ Н}$$

Отже, потрібно розвинути на винті зусилля $W_1 = 430 \text{ Н}$

Визначимо силу Q , що прикладена до рукоятки ключа:

$$Q = \frac{W_1 \cdot r_{CP} \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + 0,33 \cdot f \cdot \frac{D_H^3 - D_B^3}{D_H^2 - D_B^2}}{l}, \text{ Н} \quad (5.11)$$

де W_1 – потрібна сила затиску ($W_1 = 430 \text{ Н}$);

r_{CP} – середній радіус різьби ($r_{CP} \approx 6 \text{ мм}$);

l - довжина рукоятки ключа в мм ($l = 150 \text{ мм}$);

α – кут пійому різьби ($\alpha \approx 2^\circ 30' \div 3^\circ 30'$), умова самогальмування гвинта, болта ($\alpha \leq 6^\circ 30'$);

φ – приведений кут тертя в різьбовій парі ($\varphi \approx 6^\circ 30'$);

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КМР.131.24.1-18.05.КПВ					

f – коефіцієнт тертя при плоскому контакті двох сопрягаємих деталей (на нижньому торці гайки або гвинта $f=0,1 \div 0,15$);

D_n – наружний діаметр опорного торця гайки в мм ($D_n=16,5$ мм);

D_v – внутрішній діаметр опорного торця гайки в мм ($D_v=12$).

$$Q = \frac{430 \cdot 6 \cdot \operatorname{tg}(3^\circ + 6^\circ 30') + 0,33 \cdot 0,1 \cdot \frac{16,5^3 - 12^3}{16,5^2 - 12^2}}{150} = 2,87 \text{ Н}$$

Отже, для розвинення необхідної сили затиску потрібно прикласти до ключа силу $Q=2,87$ Н, тобто створити момент затяжки $0,432$ Н·м

5.1.6 Розрахунок на точність верстатного пристрою

Підсумкова похибка обробки є наслідком сукупного впливу різних факторів, що впливають на похибки обробки.

До їхнього числа відносяться: похибки виготовлення і зносу елементів верстата, пристрою, інструмента; похибки деформації пристрою і заготовки під дією сил різання та інші. Кожний з факторів породжує свою складову похибку обробки.

При обробці заготовок у пристроях на налаштованих верстатах можна виділити наступні незалежні основні складові похибки:

δ_b – похибка базування заготовки у верстатному пристрої;

$\delta_{р.п.}$ – похибка розташування пристрою на металорізальному верстаті;

$\delta_{п.н.}$ – похибка розташування направляючих елементів пристрою щодо базових поверхонь верстатного пристрою;

δ_z – похибка закріплення заготовки в пристрої;

δ_{zn} – похибка зносу елементів верстатного пристрою;

$\delta_{п.р.}$ – похибка взаємного розташування у верстатному пристрою опорних елементів з базовими поверхнями деталі.

Сумарна похибка пристрою розраховується за формулою:

$$\delta_{\Sigma} = K \cdot \sqrt{\delta_b^2 + \delta_{р.п.}^2 + \delta_{п.н.}^2 + \delta_z^2 + \delta_{п.н.}^2 + \delta_{zn}^2}, \quad (5.12)$$

де K – коефіцієнт, що враховує відхилення розсіювання значень складових величин від закону нормального розподілу, $K=1,1 \dots 1,2$.

Похибка розташування пристрою на металорізальному верстаті $\delta_{р.п.} = 0$.

Похибка базування заготовки у верстатному пристрої становить:

$$\delta_b = 0,125 \text{ мм.}$$

Похибка розташування направляючих елементів пристрою щодо базових поверхонь верстатного пристрою $\delta_{п.н.}$ дорівнює допуску на міжосьову відстань між направляючими елементами, $\delta_{п.н.} = 0$.

Похибка закріплення δ_z складається в зміні положення деталі в результаті додавання до неї зусилля закріплення і визначається як різниця між найбільшою і найменшою проекціями зсуву вимірювальної бази в напрямку виконуваного розміру.

При виявленні похибки закріплення враховуються контактні переміщення в місцях сполучення деталі з опорними поверхнями пристрою. При гідрозатиску δ_z можна зневажити, тобто $\delta_z = 0$.

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КМР.131.24.1-18.05.КПВ				

На знос впливають розміри і конструкція установочних елементів, матеріал і маса оброблюваної деталі, стан її базових поверхонь.

Виконуємо розрахунок похибки $\delta_{zn} = 0$

Похибка взаємного розташування у верстатному пристрої опорних елементів з базовими поверхнями деталі становить:

$$\delta_{n.p.} = (1/3 \dots 1/5) \cdot T \quad (5.13)$$

де T – допуск розміру заготовки.

$$\delta_{n.p.} = 1/5 \cdot 0,04 = 0,008 \text{ мм.}$$

Розрахунок точності пристрою ведемо в наступній послідовності:

- 1) з розмірів, що витримуються на операції, виділити ті, на точність яких впливає пристрій;
- 2) з них вибрати для перевірки розмір з мінімальним допуском;
- 3) виявити всі складові похибки, які впливають на точність розміру, що перевіряються;
- 4) визначити максимальне значення кожної із складових похибок;
- 5) обчислити підсумкову похибку.

Обчислюємо сумарну похибку:

$$\delta_{\Sigma} = 1,1 \cdot \sqrt{0,125^2 + 0,008^2} = 0,138 \text{ мм.}$$

Порівнюємо сумарну похибку $\delta_{\Sigma} = 0,138 \text{ мм}$ з допуском $T = 0,180$.

Тоді $0,138 < 0,180 \text{ мм}$, тобто $\delta_{\Sigma} < T$.

Отже, пристрій буде забезпечувати задану точність обробки, і використовувати його доцільно.

5.2 Проектування контрольного оснащення

Схема деталі з проставленими базами та поверхнями, що потребують контролю, зображена на рисунку 5.8.

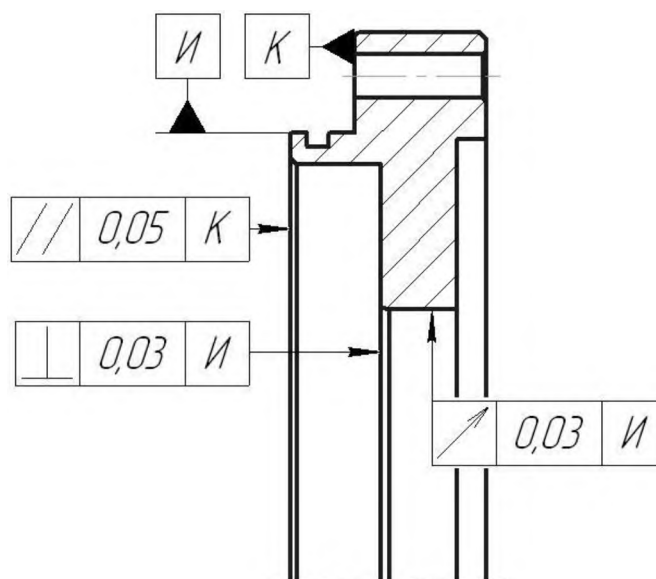


Рисунок 5.8 – Схема деталі

					КНУ.КМР.131.24.1-18.05.КПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На рисунку 5.9 зображено контроль відхилення від перпендикулярності торцевої поверхні відносно бази И та контроль радіального биття поверхні відносно бази И .

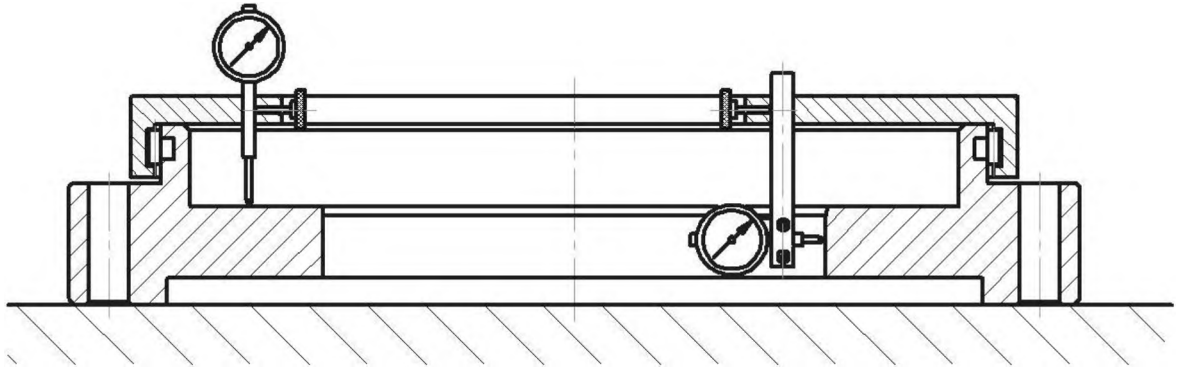


Рисунок 5.9 – Схема контролю відхилення від перпендикулярності торцевої поверхні відносно бази И та контролю радіального биття поверхні відносно бази И

Контрольний пристрій складається з накладної планшайби з трьома роликами, один з яких підпружинений, що забезпечує відсутність зазору, а отже, точність центрування на зовнішню циліндричну поверхню деталі.

У планшайбі закріплюються індикатори, які при повороті планшайби на деталі фіксують відхилення від перпендикулярності та радіальне биття.

На рисунку 5.10 зображено контроль відхилення від паралельності торцевих поверхні відносно бази К.

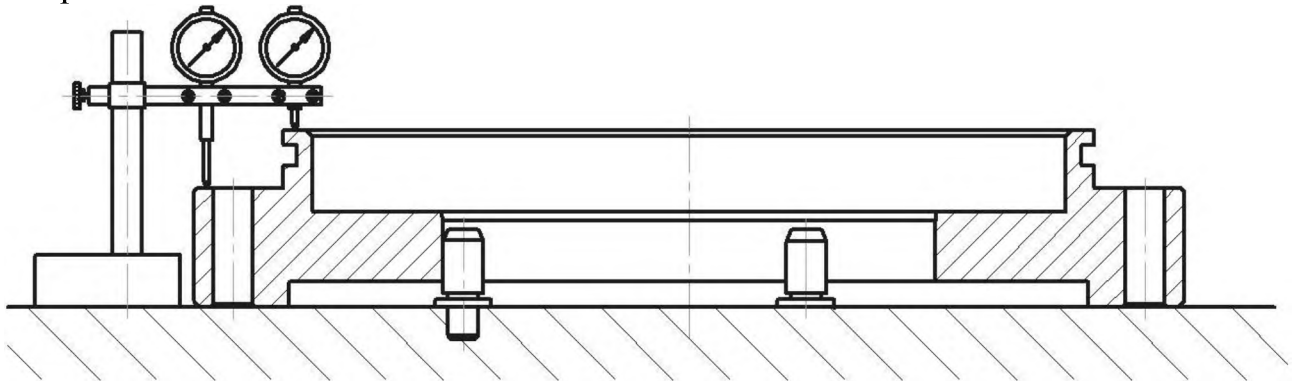


Рисунок 5.10 – Схема контролю відхилення від паралельності торцевих поверхні відносно бази К

Деталь Встановлюється на оправку, яка реалізується за допомогою трьох пальців. На стойку закріплюють два індикатора, які при повороті деталі будуть фіксувати певні відхилення. Різниця отриманих даних дасть відхилення від паралельності даної поверхні відносно бази К.

Контрольний прилад вибирають в залежності від точності вимірюваної величини. Ціна поділу приладу має бути на порядок точніше від вимірюваної величини.

Обираємо контрольний прилад «Багатообертова вимірювальна голівка» МИГ-1 – рисунок 5.11.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-18.05.КПВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

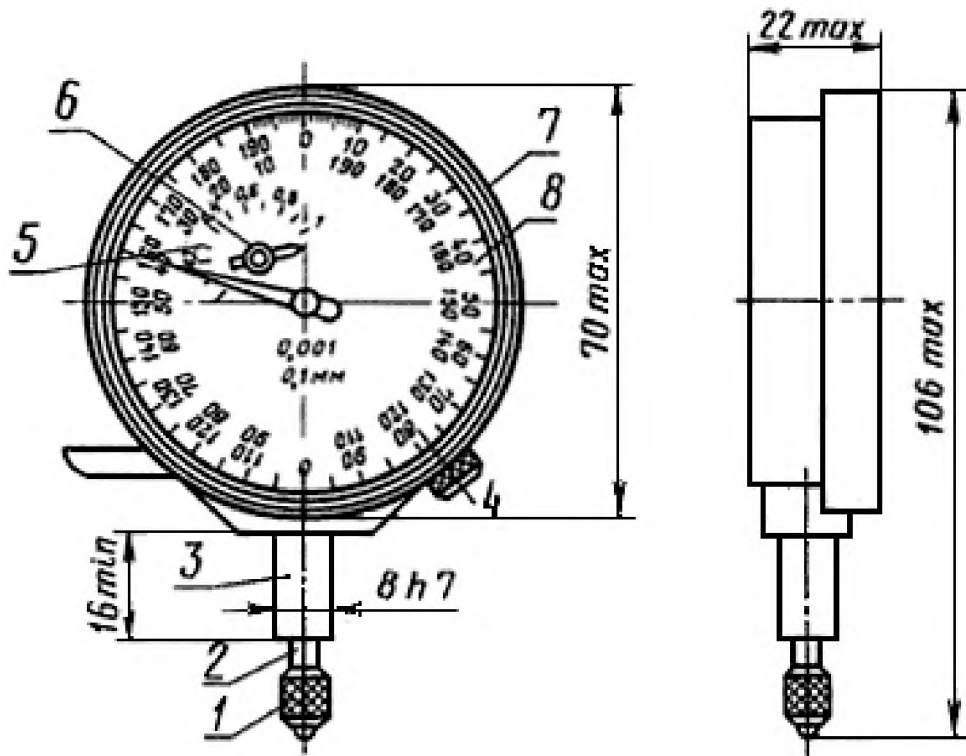


Рисунок 5.11 – Індикатор часового типу МИГ-1

Таблиця 5.1 – Характеристика приладу МИГ-1:

Параметри	Значення
Клас точності	0
Діапазон вимірювань, мм	1.00
Ціна поділу шкали, мм	0.001
Границі допустимої похибки, мкм	
на ділянці 200 делень	1.5
на усьому діапазоні вимірювань	2.0
Вимірювальне зусилля, Н, не більше	2.0
Коливання вимірювального зусилля, Н, не більше	0.5
Приєднувальний діаметр, мм	8h7
Габаритні розміри, мм, не більше	70x25x106
Маса, кг, не більше	0.13

5.2.1 Розрахунок точності контрольного пристрою

Розрахунок точності контрольного пристрою виконувати в такій послідовності:

- 1) визначити допустиму похибку контролю.
- 2) визначити сумарну похибку контролю.

Сумарна похибка контролю визначається за формулою:

$$\Delta_{\Sigma} = \Delta_{л.р.} + \Delta_{н.н} + \Delta_{у.е} + \sqrt{\Delta_{\sigma}^2 + \Delta_{\sigma\sigma\phi}^2 + \Delta_{\sigma\sigma\sigma}^2 + \Delta_{\sigma}^2 + \Delta_{\sigma.л.}^2} \quad (5.14)$$

де $\Delta_{л.р.}$ – похибка лінійних розмірів (допуск на висоту установочних пальців, тощо);

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КМР.131.24.1-18.05.КПВ

Арк.

$\Delta_{п.п.}$ – похибка передавальних пристосувань;

$\Delta_{у.в.}$ - похибка виготовлення установочних елементів;

$\Delta_{б.}$ - похибка базування;

$\Delta_{деф.}$ - похибка деформації;

$\Delta_{вип.}$ - випадкові похибки;

$\Delta_{з.}$ - похибка закріплення;

$\Delta_{в.п.}$ - похибка вимірювального пристрою ($\Delta_{ин.} = 0,001$ мм).

Необхідно виявити та розрахувати складові сумарної похибки контролю.

Допустима похибка контролю може досягати від 8% до 30% від допуску на розмір, що контролюється.

Допустима похибка вимірювання буде:

$$[\Delta] = 0,08 \div 0,3 \cdot T, \quad (5.15)$$

де $[\Delta]$ – допустима похибка вимірювання;

T – допуск на параметр, який контролюється.

$$[\Delta] = 0,3 \cdot 0,03 = 0,009 \text{ мм.}$$

В залежності від величини допуску на параметр, що контролюється, підбираємо вимірювальний прилад, який повинен бути на порядок точніше.

Зважаючи на схему вимірювання та те, що попередньо в вимірювальний пристрій буде встановлюватись еталон і датчики будуть обнулюватися, то похибка виготовлення установочних елементів $\Delta_{у.е.}$ буде дорівнювати допуску на розмір еталону.

Похибка базування відсутня, так як деталь встановлена на конструкторську базу. Похибка деформації також відсутня, так як деталь достатньо жорстка і закріплення не виконується.

Для даного пристосування сумарна похибка контролю визначається за формулою:

$$\Delta_{\Sigma} = \Delta_{у.е.} + \sqrt{\Delta_{вип.}^2 + \Delta_{в.п.}^2} \quad (5.16)$$

Випадкові похибки визначаються:

$$\Delta_{вип.} = 0,04 \cdot T \quad (5.17)$$

$$\Delta_{вип.} = 0,04 \cdot 0,03 = 0,0012 \text{ мм.}$$

$$\Delta_{\Sigma} = \Delta_{в.п.} + \sqrt{0,0012^2 + 0,001^2} = \Delta_{в.п.} + 0,0135.$$

Прирівнюємо та округлюємо $\Delta_{\Sigma} = [\Delta]$, отримуємо:

$$0,009 = \Delta_{у.е.} + 0,0135;$$

$$\Delta_{у.е.} = 0,0135 - 0,009 = 0,0045 \text{ мм.}$$

Тобто, якщо допуск на еталон буде менший за 0,0045 мм, то похибка вимірювання не перевищуватиме допустиму величину.

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

КНУ.КМР.131.24.1-18.05.КПВ

6 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА

6.1 Проектування ремонтно-механічного цеху

6.1.1 Визначення кількості обладнання

В дипломному проекті розглядається виготовлення деталі «Діафрагма». Данні для розрахунку представлені у таблиці 6.1 та 6.2.

Для розширення можливостей по виконанню операцій додаємо до основного обладнання шліфувальні верстати, які можуть замінити деякі операції, що виконуються на багатоцільовому верстаті.

Таблиця 6.1 – Вихідні данні для проектування

Найменування деталі та матеріал	Річна програма випуску, шт	$T_{шт.к.}$, хв	Вага/габарити деталі	Найменування виробу
Діафрагма	1000	58,38	19,2кг, Ø342мм, В=61мм	Редуктор

Таблиця 6.2 – Відомості про основне технологічне обладнання

Модель верстата	Габаритні розміри верстата $L \times B \times H$, мм	Вага верстата, кг	Енергоємність верстата, кВт
1	2	3	4
165	5700x2157x1850	12000	10,2
MAST ML 500x1000 SH8	5825x2000x1660	11700	17
Kitamura Mycenter HX500iG	4450x4655x3100	11370	14
3M151	4605x2450x2170	5600	10
3K227B	2815x1900x1750	4300	4
3E711B	2730x1801x1915	3200	4

6.1.2 Розрахунок трудомісткості виготовлення деталі

Розрахунок трудомісткості виготовлення деталі проводиться за формулою:

$$T_P = T_{шт.к.} \cdot N \quad (6.1)$$

де $T_{шт.к.}$ – штучно-калькуляційний час операції, (хв),

N – програма випуску, (шт).

Розрахунки по визначенню трудомісткостей виготовлення деталей зводяться в таблицю 6.3.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-18.06.0ЕПВ</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		<i>Чернав</i>			<i>Організаційно- економічна підготовка виробництва</i>	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		<i>Нечаєв</i>						
Реценз.								
Н. Контр.		<i>Нечаєв</i>				<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-23м</i>		
Зав. каф.		<i>Рязанцев</i>						

Таблиця 6.3 – Розрахунки трудомісткості виготовлення деталей

Модель верстата	Операція	$T_{ум.к.}$, хв.	T_P , хв.	T_P , год.
165	Токарна чорнова	7,05	364485	6074,75
MAST ML 500x1000 SH8	Токарна чистова	13,42	693814	11563,57
Kitamura Mycenter HX500iG	Розточна	7,81	403777	6729,62
3M151	Круглошліфувальна	10,1	522170	8702,8
3K227B	Внутрішшліфувальна	13,8	713460	11891
3E711B	Плоскошліфувальна	6,2	320540	5342,33

6.1.3 Визначення складу і кількості основного технологічного обладнання

6.1.3.1 Розрахунок кількості основного технологічного обладнання виконується за формулою:

$$S_P = \frac{T_P}{F_\delta \cdot m \cdot \eta_3} \quad (6.2)$$

де F_δ – річний дійсний фонд роботи обладнання, г (див. додаток 1);

m – кількість змін;

η_3 – нормований коефіцієнт навантаження, $\eta_3 = 0,8$.

Прийнята кількість обладнання найближче більше ціле число S_{II} .

6.1.3.2 Визначення коефіцієнту завантаження верстатів:

$$\eta = \frac{S_P}{S_{II}} \cdot 100\% \quad (6.3)$$

Результати розрахунків зводимо в таблицю 6.4.

Таблиця 6.4 – Кількість та коефіцієнт завантаження основного технологічного обладнання

Модель верстата	T_P , год.	S_P	S_{II}	η , %
165	6074,75	3,74	4	93,5
MAST ML 500x1000 SH8	11563,57	7,12	8	89
Kitamura Mycenter HX500iG	6729,62	4,14	5	82,8
3M151	8702,8	5,35	6	89,3
3K227B	11891	7,32	8	91,5
3E711B	5342,33	3,29	4	82,3
		Всього	35	$\eta_{cp}=88,1$

Будуємо графік завантаження обладнання та визначаємо середній коефіцієнт завантаження обладнання в проектуваному цеху.

Середній коефіцієнт завантаження визначається за формулою:

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-18.06.0ЕПВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\eta^{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n \eta}{n} \quad (6.4)$$

Графік завантаження технологічного устаткування по осі ординат відкладається коефіцієнт завантаження η у %, по осі абсцис моделі і кількість основного технологічного устаткування.

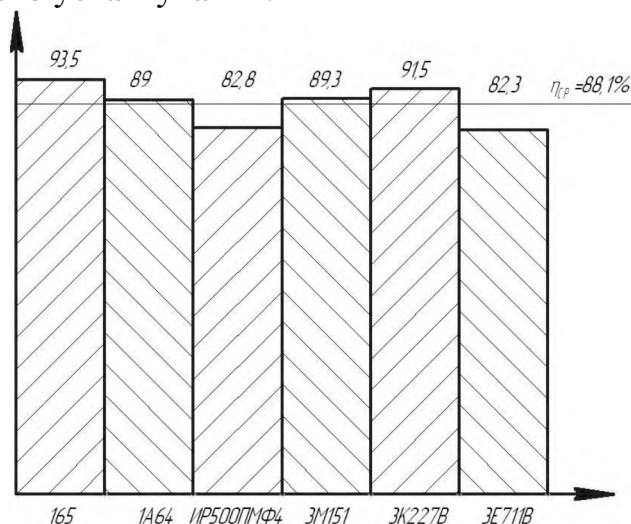


Рисунок 6.1 – Графік завантаження основного технологічного обладнання

6.1.4 Визначення складу і числа працюючих у цеху

6.1.4.1 Розрахунок кількості основних працівників

Розрахунок кількості верстатників даної професії виконується за формулою:

$$R_o = \frac{T_p}{F_r \cdot k_m} \quad (6.5)$$

де, T_p – річна трудомісткість робіт для даного типу устаткування; F_r – дійсний річний фонд часу робітника, приймаємо $F_r=1820$ год, K_M – коефіцієнт багатостатності.

Число основних працівників приймається найближчим більшим цілим числом. Результати розрахунку зводимо у таблицю 6.5.

Таблиця 6.5 – Необхідна кількість верстатників

Верстат	T_p , год.	k_m	Кількість працюючих			
			Розрах.	Прийнята	Професія	Розряд
165	6074,75	1	3,34	4	Токар	
1A64	11563,57	1	6,35	7	Токар	
Kitamura Mycenter HX500iG	6729,62	2	1,85	2	Оператор ЧПК	
ЗМ151	8702,8	1	4,78	5	Шліфувальник	
ЗК227В	11891	1	6,53	7	Шліфувальник	
ЗЕ711В	5342,33	1	2,94	3	Шліфувальник	
			Всього	28		

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КМР.131.24.1-18.06.0ЕПВ	Арк.

6.1.4.2 Розрахунок чисельності допоміжних працівників:

Кількість допоміжних робочих приймають у процентному відношенні від кількості основних робочих (верстатників). В нашому випадку приймаємо 30 – 50% (у поточному серійному виробництві)

$$R_{\text{доп}} = (0,3 \dots 0,5) R_0 = (0,3 \dots 0,5) 28 = 8,4 \dots 14 \text{ чоловік, приймаємо } R_{\text{доп}} = 11$$

Загальну кількість допоміжних робочих розбивають на дві групи:

- які обслуговують обладнання (60%);
- які не обслуговують обладнання (40%).

Розраховану кількість допоміжних робочих розбивають за професіями (див. додаток 4).

Кількість МОП складає 2 – 3% від загальної кількості основних та допоміжних робочих.

Службовці:

1. Кількість ІТР складає 10 – 15% загальної кількості основних та допоміжних робочих;

2. Кількість РКП складає 4 – 5% загальної кількості основних та допоміжних робочих.

Загальна кількість необхідних працівників – основних, допоміжних, МОП, ІТР, РКП заносять до зведеної відомості з у казанням відсотків цих категорій до числа основних виробничих робочих та до загального числа працюючих у цеху.

Розрахунки заносяться в таблицю 6.6.

Таблиця 6.6 – Зведена відомість загальної кількості працюючих у цеху

Категорія службовців	Всього	У % відношенні від кількості основних працюючих
Виробничі працівники	28	1
Допоміжні	Контролер	7,1
	Наладчик	17,9
	Електромонтер	3,6
	Мастильник	3,6
	Крановщик	7,2
	Транспортний робочий	3,6
МОП	1	3,6
ІТР	5	17,9
РКП	2	7,1
Всього	49	

6.1.4.3 Складання циклограми багатOVERстатного обслуговування

Складання циклограми проводимо для операції обробки деталі на верстаті Kitamura Mусcenter NX500iG з ЧПК. Таким чином два верстати обслуговуються одним робітником.

Випишуємо норми часу на операції:

- час встановлення деталі – $t_{\text{УСТАН}} = 1,1 \text{ хв}$,

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-18.06.0ЕПВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- час активного спостереження – $t_{\text{акт.спос.}}=0,5\text{хв}$,

- час переходу верстатника - $t_{\text{пер}}=0,16\text{хв}$.

Складаємо циклограму, що зображена на рисунку 4.2.

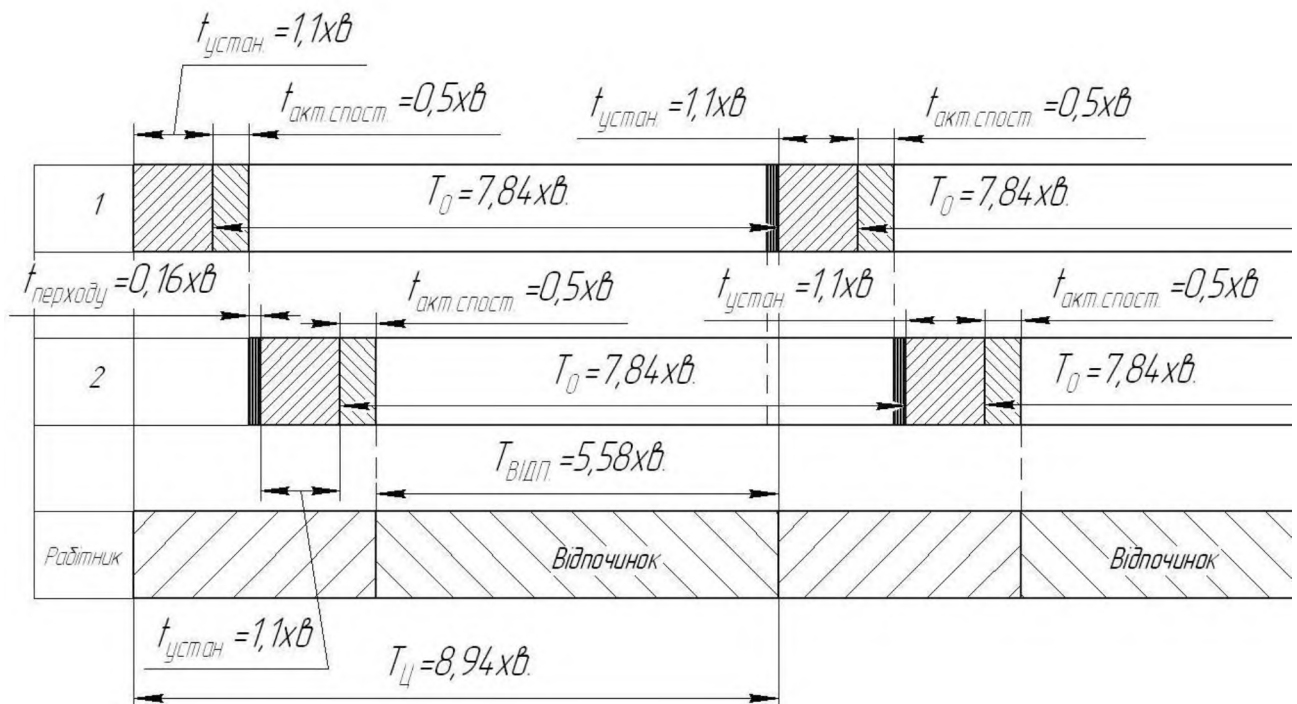


Рисунок 6.2 – Циклограма багатOVERстатного обслуговування
По ній визначаємо цикл $T_{\text{цикл}}=8,94\text{хв}$, час відпочинку $T_{\text{вiдп}}=5,58\text{хв}$.

6.1.5 Компонування і планування виробничих площ цеху

Попередні розміри площин визначаються розрахунком, а кінцеві – заміром промислової будівлі цеху.

Загальна площа цеху складається із основної виробничої площі (площа, яку займають у цеху верстати), допоміжної та підсобної. До загальної площі також ураховується площа складальної дільниці, якщо вона передбачається у механічному цеху.

Допоміжна площа необхідна для здійснення допоміжних та обслуговуючих процесів виробництва. До них відносяться інструментальне забезпечення виробництва, видалення і переробка стружки, приготування і регенерація ЗОР, складська система (матеріалів, заготовок і готових деталей, мастил), контроль продукції.

До підсобної площі відносяться магістральні проїзди та проходи.

6.1.5.1 Визначення основної виробничої площі

Площа, займана верстатами, укрупнено визначається виходячи з кількості основного устаткування і його габаритів у плані:

$$S = n \cdot S_c \quad (6.6)$$

де n – кількість верстатів, шт;

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КМР.131.24.1-18.06.0ЕПВ				

S_c – площа, зайнята верстатом, m^2 ; питома площа для верстата та для його обслуговування, що складає для мілких верстатів $10...15 m^2$, для середніх верстатів $15...25 m^2$; для крупних $30...45 m^2$ на один верстат).

До мілких відносяться верстати, які мають габаритні розміри до 1800×800 мм.

До середніх – верстати з габаритами до 4000×2000 мм.

До крупних – верстати з габаритами до 8000×4000 мм.

До особливо крупних – верстати з габаритами до 15000×6000 мм.

Верстати з габаритами більшими за 15000×6000 мм відносяться до унікальних, для них норми встановлюються для конкретних умов виробництва.

В нашому випадку маємо 2 середніх, 3 крупних та 1 особливо крупний верстат.

Визначаємо площу під верстати згідно вище наведеної формули:

$$S=40 \cdot 4+40 \cdot 8+60+40 \cdot 6+40 \cdot 8+20 \cdot 4=1180 m^2$$

6.1.5.2 Визначення допоміжних площ

Проектування інструментального забезпечення цеху

Інструментальне господарство цеху організується з метою керування і проведення робіт із забезпечення виробництва інструментом та технологічним оснащенням, його збереження, експлуатації і ремонту.

До складу інструментального господарства цеху входять: інструментально-роздавальна комора (ІРК), комора пристосувань і абразивів, заточувальне відділення.

Цехові комори розміщують на початку (при поточному виробництві) чи в середній частині цеху (при одиничному та серійному виробництві).

Площа інструментально-роздавальної комори: $35 \cdot 1=35 m^2$

Площа комори пристосувань складає $0,35-0,9$ від площі основних верстатів:

$$35 \cdot 0,9=31,5 m^2$$

Площа комори абразивів складає $0,4-0,8$ від площі шліфувальних верстатів:

$$18 \cdot 0,6=10,8 m^2$$

Кількість верстатів загального призначення в заточувальному відділенні визначається по відсотковому відношенню до числа верстатів, що обслуговуються: для цехів крупно серійного та масового виробництв з числом обслуговуючих верстатів до 200 – 4%, більше 200 – 3%, та для цехів серійного, дрібно серійного й одиничного виробництв – 3%.

В нашому випадку кількість верстатів загального призначення в заточувальному відділенні в умовах серійного виробництва становить $0,03 \cdot 35=1,05$, приймаємо один верстат загального призначення.

Загальна площа заточувального відділення визначається по питомій площі на один заточувальної верстат, що встановлюється для цехів, що випускають середні вироби – $10...12 m^2$.

Відділення збирання та переробки стружки складається із системи транспортування стружки від робочих місць до місця переробки і комплексу обладнання для дроблення, промивки, знежирення, сушки та брикетування або пакетування стружки.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-18.06.0ЕПВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вибір цехової системи транспортування стружки залежить від кількості, сорту матеріалу і виду стружки, а також компоновання і планування устаткування.

Для даної обробки деталі характерна IV група стружки (середній в'юн довжиною 100 – 200мм, площиною перетину 20 – 30 мм², обладнання представлене свердлильними, револьверними, токарними, карусельними, розточними та стругальними верстатами),

Розрізняють 3 способи транспортування стружки:

1. автоматизований;
2. комбінований;
3. механізований.

Для вибору способу транспортування стружки розраховується вихід стружки, як різниця між масою заготовок і масою готової деталі для річної програми випуску. Об'єм стружки залежить від заготовок.

Маса заготовки складає 26кг, маса деталі складає 19,2кг.

$$(26-19,2) \cdot 47000/2030=157,43\text{кг/год}$$

В залежності від середнього виходу стружки за годину з площини цеху або дільниці приймаємо механізовану систему транспортування стружки при виході стружки за годину 200...300 кг/год з площини 1000...2000 м²;

Укрупнено площину для переробки та видалення стружки можна визначити по нормам в залежності від кількості виробничого обладнання цеху, вона становить 65-75 м², приймаємо площу у розмірі 70м².

Проектування відділення для приготування і регенерації ЗОР

Відділенні ЗОР призначено для постачання верстатам змащувально-охолоджуючої рідини. Це емульсійна станція.

У відділенні повинно бути передбачене підведення води, пару для нагрівання та стерилізації, а також стиснене повітря для змішування розчинів.

Відділення для приготування і роздачі змащувально-охолоджуючої рідини (ЗОР) проектується при розробці енергетичної частини, на етапі технологічного проектування визначається лише система постачання ЗОР і передбачається місце для розміщення установки для її готування.

Постачання ЗОР може бути організовано трьома способами: централізованим циркуляційним, централізованим груповим і децентралізованим.

У першому випадку ЗОР надходить по трубопроводах від центральної установки. Застосовується в цехах, що мають велику кількість однотипних верстатів, що працюють з однаковими по складу ЗОР.

При централізованій груповій системі ЗОР від центральної установки подається до розбірних кранів по групах верстатів, які розташовуються біля колон у цеху. При децентралізованій системі ЗОР до верстатів доставляється в тарі.

Центральна, установка розташовується в спеціальному приміщенні у зовнішньої стіни будинку, що має вихід назовні з метою пожежної безпеки. Витрата ЗОР визначається по практичним даним аналогічних цехів з кількості устаткування і норм витрати на 1 одиницю устаткування.

Площа відділення для готування і роздачі ЗОР визначається укрупнено, в залежності від кількості виробничого обладнання і становить 35м².

											Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>КНУ.КМР.131.24.1-18.06.0ЕПВ</i>						

Склад мастил

Склад мастил призначений для зберігання мастила, необхідного для заливки та заміни мастила в ємностях верстатів, на доливання та ручне змащення елементів верстатів, що труться.

Склад мастила укрупнено приймають із розрахунку $0,1 - 0,12\text{м}^2$ на 1 одиницю верстата, який обслуговується у цеху. Таким чином площа складу мастил становить:

$$(0,1 \dots 0,12) \cdot 35 = 3,5 \dots 4,2 \text{ м}^2, \text{ приймаємо } 4\text{м}^2$$

Розташовується склад мастил у спеціальному приміщенні у зовнішньої стіни будинку, що має вихід назовні з метою пожежної безпеки.

В нашому випадку допускається об'єднання складу мастила з відділенням по приготуванню ЗОР.

Проектування цехових складів матеріалів, заготовок і готових деталей

Основною задачею цехових складів є забезпечення нормального ходу виробництва. У комплекс цехових складів входять склади металу, напівфабрикатів, заготовок, між операційний склад та склади готової продукції.

Розмір складів визначається розмірами та характером виробництва.

Склади металу розташовуються у цеху у цехах одиничного, серійного виробництва та з великим об'ємом виробництва, якщо він проектується з дільницею по виробництву заготовок. У цехах масового виробництва такі склади не влаштовуються, а проектується складські площини на початку кожної лінії.

При невеликому об'єму виробництва організується один загальнозаводський склад металу.

Склади металу, заготовок та напівфабрикатів можуть розташовуватися усередині виробничої будівлі (звичайно на початку прольоту в залежності від обробляючих деталей) або зовні на критих та відкритих естакадах. В останньому випадку у цеху передбачається площадка для збереження мінімального запасу заготовок (на 2 – 3 дні) з метою вирівнювання їх температури, особливо взимку, з температурою цеху.

Між операційні склади влаштовують тільки у не поточному виробництві.

Склади готових деталей розташовують у кінці дільниці на шляху руху на складання, а склади готової продукції у кінці складальної дільниці.

Укрупнений розрахунок площ складів заготовок та матеріалів, та складів готової продукції:

$$S_{ск} = (0,1 \div 0,15) \cdot S \quad (6.7)$$

де, S – виробнича площа цеху.

$$S = 0,08 \cdot 1180 = 94,4 \text{ м}^2, \text{ приймаємо } 94\text{м}^2$$

Контрольне відділення

Контрольне відділення та пункти являються частиною контрольного відділу заводу і розташовуються на площині цеху поруч з дільницями, які обслуговуються ним по ходу технологічного процесу.

В залежності від організації робіт, виду та характеру контрольних операцій, контроль може виконуватися на робочому місці на верстаті або біля верстата, на контрольних пунктах та в контрольному відділенні цеху. Найбільш точно площа

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-18.06.0ЕПВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

для контрольного відділення та пунктів можливо визначити шляхом планування усіх робочих місць контролерів, обладнання та інвентарю.

Укрупнено площа контрольного відділення визначається за нормами 5 – 6м² на одного робітника контролю, працюючого у відділенні з використанням коефіцієнту 1,5 – 1,75 на розташування обладнання та проходів.

Таким чином площа становить: $6 \cdot 2 \cdot 1,5 = 18 \text{ м}^2$.

Площадки для контрольних пунктів приймаємо $2 \times 2 \text{ м}$.

Контрольне відділення у цеху вигороджують перегородками для створенні постійної температури + 20°C та умов, які необхідні для роботи з вимірювальними приладами та інструментами.

Магістральні проїзди та проходи

Площа становить 10 – 15% від площини верстатного відділення і становить 141м².

Таким чином сума допоміжних площ складає 451,3м²

Загальна площа складає $451,3 + 1180 = 1631,3 \text{ м}^2$

6.1.6 Розробка транспортної системи цеху

Внутрішньо цеховий транспорт служить для передачі деталей з одного робочого місця на інше, контрольну площадку або склад. Розрізняють наступні види внутрішньо цехового транспорту:

1. безрейковий або підлого-візовий транспорт (електрокари, електроштабелери, електронавантажники, а також машини з двигуном внутрішнього згорання які використовуються для роботи на відкритих площадках);

2. кранове обладнання (мостові крани, кран-балки, консольні крани, системи монорейки);

3. підвісні конвеєри, які можуть бути що несуть вантаж, що штовхають вантаж та що тягнуть вантаж;

4. естакадні конвеєри та транспортери (стрічкові, цепні, крокуючі конвеєри та рольганги, скати, сковзали, т. і.).

На основі аналізу конструкції, габаритів, і ваги оброблюваних деталі і з урахуванням програми випуску застосовуємо кранове обладнання, а саме мостові крани.

6.1.7 Компонування та панування цехів

З метою економії й уніфікації будівельних елементів установлені наступні розміри прольотів: ширина прольоту для без кранових будівель 18 і 24м; для кранових – 18, 24, 30, 36м; крок колон t середніх 12м, крайніх – 6 і 12 в залежності від конструкції стінних огорожень. Для середнього машинобудування рекомендується приймати сітку колон 18×12 , або $24 \times 12 \text{ м}$. Якщо колони розташовані у несучій стіні, тоні незалежно від прийнятого кроку колон, крок береться рівним 6м.

Висота одноповерхової будівлі – основний параметр будівлі у перетині, що показує відстань від чистої підлоги до низу несучих конструкцій покриття. При виборі висоти кранової будівлі виходять з того, щоб відстань від верхньої точки

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-18.06.0ЕПВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

найбільш високого верстата до нижньої точки вантажу в момент транспортування було не менш 0,5 – 1 м.

В нашому найбільша висота обладнання становить 3,1м, висота до головки підкранового рельсу – 6м, висота до ферми перекриття – 8,25м.

Розміри (ширину і довжину) будівлі варто вибирати так, щоб площа будівлі повинна дорівнювати, або бути трохи більшою від суми виробничої і допоміжної площ.

Приймаємо ширину прольоту 18м, крок колон 12м.

Знаючи необхідну загальну площу, визначаємо кількість елементарних ділянок цеху розміром 18x12м.

$$N = \frac{S}{S_e} = \frac{1631,3}{18 \cdot 12} = 7,55, \text{ приймаємо } N=8$$

На рисунку 2.12 представлена прийнята сітка колон цеху.

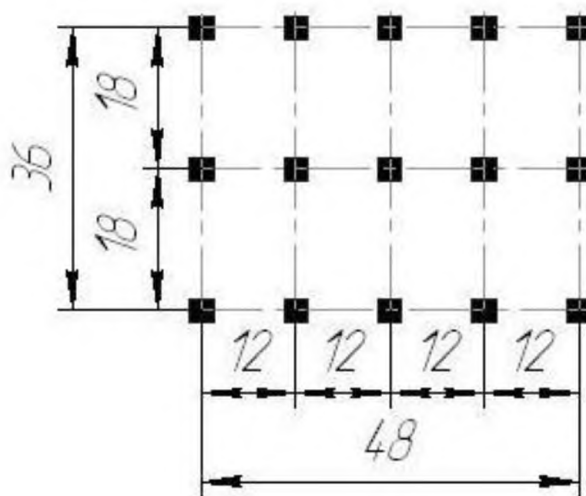


Рисунок 6.3 – Сітка колон цеху

Після вибору розмірів будівлі і нанесення сітки колон складається схема загального компонування цеху, тобто розташувати на плані будинку необхідні виробничі і допоміжні ділянки, відділення, склади і т.д. у масштабі 1 : 400, для мілких цехів 1 : 200, великих 1 : 800.

При розміщенні ділянок варто враховувати загальний напрямок технологічного потоку від завезення матеріалів до виходу готової продукції. На початку цеху варто залишати місця для завезення і збереження матеріалів і заготовок, далі розташовувати механічні відділення, за якими йде контрольне відділення, між операційний склад і, нарешті, складальне відділення, і склад готової продукції.

Допоміжні відділення можуть бути розташовані усередині цього потоку чи йти осторонь від нього.

Основна задача компонування забезпечити найменші вантажопотоки, для чого всі проїзди і проходи повинні бути прямолінійними і не мати тупиків.

Верстатні відділення можуть розташовуватися як уздовж прольотів, так і поперек їх. При значній довжині технологічної лінії робляться поперечні проїзди.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-18.06.0ЕПВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На початку та наприкінці верстатних відділень поперек усіх прольотів робиться поперечний проїзд шириною не менш 4м. Усі верстатні відділення повинні бути по довжині однакові.

Якщо в цеху передбачено складальне відділення, то воно, як правило розташовується перпендикулярно напрямкам потоків механічної обробки.

Допоміжні відділення частіше розташовуються в бічному прольоті уздовж стін, що не перериває технологічний потік, створює гарне бічне освітлення, дозволяє групувати взаємозалежні між собою відділення, забезпечує відділенню ЗОР спільно зі складом мастил окремий вихід назовні, а відділення збору і переробки стружки можливість видалення стружки і брикетів з неї не захарашуючи проїзди і проходи цеху.

Планування обладнання цеху

Основним принципом при складанні плану розташування обладнання в цеху є забезпечення прямоочності і найкоротшого шляху руху деталей у процесі їхньої обробки при збереженні мінімально припустимих відстаней між обладнанням і між обладнанням і елементами будівельних конструкцій.

Способи розташування обладнання можуть бути:

- по типах обладнанням;
- по технологічному процесі, тобто в порядку виконання операцій.

При розташуванні по типах обладнанням створюються дільниці однорідних верстатів: токарських, стругальних, фрезерних, свердлильних, верстатів багатопільового призначення. Послідовність розташування подібних дільниць на площі цеху визначається послідовністю обробки більшості типових деталей. Наприклад, для деталей, що представляють тіла обертання (шків, муфти, фланці, фаски, зубчасті колеса і т.д.), по ходу технологічного процесу розміщують дільниця токарських верстатів, за ним дільниця фрезерних, де можуть бути і зубофрезерні, поруч із фрезерними розміщують стругальні верстати, потім свердлильні і т.д. Дільниця шліфувальних верстатів звичайно знаходиться наприкінці цеху.

Розташування верстатів по типах обладнанням застосовується в основному для одиничного, дрібно серійного, а іноді і серійного виробництва.

По ходу технологічного процесу верстати розташовують для масового, крупносерійного і іноді серійного виробництва. Перевага цього способу в порівнянні з попереднім – скорочення транспортних витрат за рахунок переміщення вантажів, заготовок по найкоротшому шляху.

Після вибору способу розташування обладнанням розробляють планування його в наступному порядку:

- використовуючи каталоги, розробляють габаритні картки (темплети) на яких зображується верстати у плані в тім же масштабі, що і виконуване планування;
- вибирають відповідно до норм відстані між верстатами й елементами будівлі;
- вибирають відповідно до норм ширину проїздів і відстані між рядами верстатів.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-18.06.0ЕПВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розміщають верстати на плані, керуючись наступними принципами і правилами:

- ділянки, зайняті верстатами, повинні бути, по можливості, найбільш короткими – 40 – 80 м;

- технологічні лінії можуть розташовуватися як уздовж прольотів, так і поперек;

- верстати уздовж прольоту можуть розташовуватися в два, три і більш ряди. При розташуванні верстатів у два ряди між ними залишається проїзд для транспорту. При трьох рядному розташуванні проїздів може бути два чи один. В останньому випадку подовжній прохід утвориться між одинарним і здвоєним рядами верстатів. Для підходу до верстатів здвоєного ряду – верстати звернені друг до друга тильними сторонами – роблять поперечні проходи;

- верстати стосовно проїзду можуть розташовуватися уздовж, поперек і під кутом. Найбільш зручне розташування – уздовж проїзду при поверненні верстатів до проїзду фронтом. При поперечному розташуванні верстатів утрудняється подача заготовок, обмін інструментів, приймання деталей. Тому поперечне розташування застосовується тоді, коли дає істотну економію площі при дотриманні усіх установлених норм.

- під кутом до проїзду розташовуються верстати, що мають велику довжину (верстати для обробки деталей із прутків, протяжні, поздовжньо-фрезерні і т.д.). Верстати для пруткової роботи розташовуються завантажувальною стороною до проїзду, а інші так, щоб сторона з приводом була звернена до стіни чи колони щоб уникнути поломку приводу при транспортуванні деталей;

- великі верстати не повинні встановлюватися біля вікна, тому що це затемнює цех.

6.2 Охорона праці та екологія виробництва

Токарна обробка конструкційних сталей – це складний і відповідальний процес, який супроводжується використанням різних верстатів та інструментів. Операції, що виконуються при токарній обробці, вимагають не лише професійних навичок, а й суворого дотримання правил техніки безпеки. Порухення цих правил може призвести до травм, аварій або псування обладнання.

6.2.1 Загальні вимоги до організації роботи

Перед початком роботи у механічному цеху необхідно провести інструктаж з охорони праці. Кожен працівник повинен бути ознайомлений з правилами поведінки у цеху, особливостями роботи з обладнанням та засобами індивідуального захисту (ЗІЗ). Для забезпечення безпеки робочого процесу необхідно дотримуватись таких умов:

- Правильна організація робочого місця. Робоче місце має бути чистим та вільним від сторонніх предметів, які можуть заважати виконанню робіт.

- Освітлення. Верстати повинні бути добре освітлені для чіткої видимості оброблюваних деталей.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-18.06.0ЕПВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Вентиляція. У приміщенні повинна бути забезпечена належна вентиляція для видалення стружки, пилу та шкідливих речовин.

6.2.2 Засоби індивідуального захисту

Під час токарної обробки конструкційних сталей працівники мають використовувати спеціальні засоби індивідуального захисту:

- Захисні окуляри. Стружка, яка утворюється під час обробки, може вилітати з-під різачка і потрапити в очі.

- Рукавиці. Для захисту рук від порізів та механічних пошкоджень.

- Спеціальний одяг. Рекомендується носити одяг, який щільно прилягає до тіла, щоб уникнути захоплення одягу верстатом.

- Взуття з твердим носком. Захищає ноги від можливих падінь важких предметів або уламків.

6.2.3 Вимоги до обладнання та інструментів

- Перевірка обладнання перед роботою. Перед початком роботи необхідно переконатися в справності верстата, наявності необхідних захисних кожухів, а також правильності налаштувань.

- Налагодження інструменту. Інструмент повинен бути належним чином заточений і закріплений у державці.

- Правильне кріплення заготовки. Заготовка повинна бути надійно закріплена у патроні або центрах, щоб уникнути її зсуву або вилітання під час обробки.

6.2.4 Правила роботи на токарному верстаті

- Запуск верстата. Перед включенням верстата необхідно переконатися, що інструмент і заготовка правильно закріплені, а всі захисні кожухи на місці.

- Контроль за процесом обробки. Під час обробки заготовки не можна залишати робоче місце без нагляду. Забороняється відволікатись на сторонні справи або розмови.

- Управління подачею. Подача інструменту до заготовки повинна здійснюватися плавно, без різких рухів, щоб уникнути поломки інструменту або виникнення аварійної ситуації.

- Очищення верстата. Забороняється очищати верстат від стружки під час роботи – це слід робити тільки після повної зупинки обладнання за допомогою спеціальних щіток або гачків.

6.2.5 Надзвичайні ситуації

У випадку виникнення несправностей або аварійних ситуацій необхідно негайно зупинити роботу верстата і повідомити про це відповідальну особу. Забороняється самостійно виконувати ремонт або усунення несправностей без відповідної кваліфікації.

Дотримання правил техніки безпеки під час токарної обробки конструкційних сталей є запорукою безпечної та ефективної роботи у

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-18.06.0ЕПВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

механічному цеху. Регулярне навчання та інструктажі з охорони праці, а також використання засобів індивідуального захисту дозволяють мінімізувати ризики травматизму та аварійних ситуацій, забезпечуючи при цьому високу якість виконуваних робіт.

6.3 Розрахунки ключових техніко-економічних показників

Технологічний процес виготовлення деталі представлено в табл. 6.2.

6.3.1 Визначення чисельності устаткування та амортизації

Розрахункова кількість устаткування, необхідного для виконання виробничої програми на кожній операції:

$$K_{v.p.} = \frac{\sum_{i=1}^n N_j \cdot t_{ij}}{F_o \cdot K_{B1}} \quad (6.8)$$

де n – число найменування деталей, що виробляються на дільниці, од.

N_j – програма запуску деталей j -го найменування, од;

t_{ij} – штучно-калькуляційний час виконання i -ї операції j -тій деталі, год;

F_o – дійсний фонд часу роботи одиниці устаткування в плановому періоді, 2030 год (4015 год при двозмінній роботі дільниці);

K_{B1} – коефіцієнт виконання норми часу на першій операції, $K_{B1}=0,8$.

Відомості про верстатне устаткування, а також характеристика підйомно-транспортних засобів наводяться в табл. 6.2.

Загальна інформація про устаткування та його загальну вартість приведена у табл. 6.7.

Таблиця 6.7 – Інформація про верстатне устаткування

Устаткування						Норматив, м ²		Ціна, тис. грн.		Потужність електродвигуна, кВт	
Тип	Модель	Габаритні	Вага кг	Кількість, од	Коефіцієнт завантаження	на одиницю	на усє	одиниці	усього	одиниці	усього
Токарно-гвинторізний	165	5825x2100x1760	12500	1	7,25	55	55	160	160	22	22
Токарний з ЧПК	MAST ML	5825x2000x1660	11700	1	13,79	55	55	940	940	17	17
	500x1000 SH8										
Комплексна на оброблюючому центрі	Kitamura Mucenter HX500iG	4450x4665x3100	11560	1	8,02	40	40	1550	1550	14	14
Круглошліфувальний	3M151	4605x2450x2170	5600	1	10,37	45	25	10	10	95	95
Внутрішньошліфувальний	3K227B	2,8x1,9x1,75	4,3	1	14,16	25	25	55	55	4	4
Плоскошліфувальний	3E711B	2020x1801x1915	3200	1	6,36	20	20	50	50	4	4
Всього				6	9,99		220		1965		156

Характеристика вибраних підйомно-транспортних засобів наведена у таблиці 6.8.

					КНУ.КМР.131.24.1-18.06.0ЕПВ						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

Таблиця 6.8 – Інформація про підйомно-транспортні засоби

Найменування	Модель	Чисельність	Вага, кг		Потужність, кВт		Ціна, тис. грн.	
			на од	всього	на од	всього	на од	всього
Кран мостовий	ГП-5тс	1	21900	21900	17,5	17,5	115	115
Кран консольний поворотний	СКПЗ15921	1	700	700	2,5	2,5	80	80
Всього		1	-	22600	-	20	-	195

Розмір площі допоміжних і санітарно - побутових приміщень ділянки визначається розрахунковим шляхом. Отримані результати занесемо у табл. 6.9.

Таблиця 6.9 – Визначення розміру площі ділянки

№	Службове призначення площі	Норматив	Розмір, м ²
1	Основна виробнича		220
2	Допоміжна	35%	77
3	Санітарно-побутова і адміністративно-господарська	20%	44
	Всього		341

Таблиця 6.10 – Визначення вартості будівлі ділянки

№	Елементи розрахунку	Виробнича	Санітарно-побутова
1	Витрати на 1 м ³ , грн	500	1000
2	Площа, м ²	297	44
3	Висота, м	6	2,6
4	Об'єм, м ³	1782	114,4
5	Вартість, тис.грн	891	114,4

Вартість будівель складає 1005,4 тис.грн.

Вартість будівлі визначається збільшено в тій частці, яку становить проєктована ділянка або потокова лінія:

$$B_6 = S \cdot H \cdot B = 1005,4 \text{ тис. грн} \quad (6.9)$$

Вартість групи основних фондів (робочі машини) складе

$$B_B = 965 \cdot (1 + 0,04 + 0,05) = 1051,85 \text{ тис. грн} \quad (6.10)$$

Вартість транспортних засобів складе

$$B_{тр} = 195 \cdot (1 + 0,05 + 0,07) = 218,4 \text{ тис. грн}$$

Вартість споруд:

$$B_c = B_6 \cdot 0,35 = 1005,4 \cdot 0,35 = 351,89 \text{ тис.грн} \quad (6.11)$$

Вартість передатних пристроїв:

$$B_{н.п.} = (B_6 + B_c) \cdot 0,15 = (1005,4 + 351,89) \cdot 0,15 = 203,59 \text{ тис.грн} \quad (6.12)$$

$$B_{с.м.} = NI_N = (20 + 65) \cdot 2030 \cdot 1,6 / 1000 = 276,08 \text{ тис. грн.} \quad (6.13)$$

Визначення вартості інструментів, вимірювальних та регулюючих приладів при наближених розрахунках вартість зазначених приладів може становити 8% загальної вартості виробничого і силового устаткування.

$$B_{прил} = (B_6 + B_{тр} + B_{с.м.}) \cdot 0,08 = (1051,85 + 218,4 + 571,65) \cdot 0,08 = 147,35 \text{ тис.грн} \quad (6.14)$$

					КНУ.КМР.131.24.1-18.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Витрати на інструмент та пристрій, які належать до основних фондів, становлять приблизно 10-15% загальної вартості виробничого устаткування дільниці.

$$B_{inst} = (B_v + B_{mp} + B_{cm} + B_{прил}) \cdot [0,10...0,15] = \\ = (1051,85 + 218,4 + 571,65 + 147,35) \cdot 0,12 = 238,71 \text{ тис.грн} \quad (6.15)$$

Витрати на виробничий інвентар, який належить до основних фондів, дорівнюють приблизно 1.0-0.5% загальної вартості всього устаткування дільниці.

Витрати на виробничий інвентар:

$$B_{inv} = (B_v + B_{mp} + B_{cm} + B_{прил} + B_{inst}) \cdot [0,005...0,01] = \\ = (1051,85 + 218,4 + 571,65 + 147,35 + 238,71) \cdot 0,008 = 17,82 \text{ тис.грн} \quad (6.16)$$

Розрахунок амортизації відбувається прямолінійним методом.

Амортизаційні відрахування визначаються для кожної групи основних фондів поквартально (табл. 6.11).

Таблиця 6.11 – Визначення вартості основних фондів та величини амортизаційних відрахувань

Найменування групи основних фондів	Первісна вартість на початок року, тис. грн.	Річна норма амортизації, %	Величина амортизаційних відрахувань, тис. грн.	Первісна вартість на кінець року, тис. грн.
1. Будівлі, споруди та передатні пристрої	1560,88	2,5	39,02	1521,86
2. Верстатне устаткування	1051,85	6,67	70,16	981,69
3. Підйомно-транспортне устаткування	218,40	10	21,84	196,56
4. Силове електротехнічне обладнання	571,65	14,29	81,69	489,96
5. Вимірювальні і регулюючі прилади, інструмент і пристрої	386,06	20	77,21	308,85
6. Виробничий інвентар	17,82	20	3,56	14,26
Всього	3806,67		293,49	3513,18

Середньорічна вартість основних фондів ($B_{cp,p}$) розраховується за формулою:

$$B_{cp,p} = (B_{п.н.р.} + B_{п.к.р.}) / 2 = (3806,67 + 3513,18) / 2 = 3659,9 \text{ тис.грн} \quad (6.17)$$

6.3.2 Визначення матеріальних витрат

Вартість основних матеріалів:

$$MB_{oc} = \sum_{i=1}^n (H_M \cdot C_M - H_B \cdot C_B) \cdot N, \quad (6.18)$$

де H_M - норма витрат матеріалу на виготовлення виробу, кг;

C_M - ціна за 1 кг матеріалу, грн.;

H_B - маса реалізованих відходів, кг;

C_B - ціна за 1 кг реалізованих відходів, грн.

У розрахунках приймається оптова ціна (з урахуванням заданого коригувального коефіцієнту) основних матеріалів, урахуваючи транспортно-

					КНУ.КМР.131.24.1-18.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

заготівельні витрати з доставки даного матеріалу до складу підприємства-споживача:

$$Ц_M = Ц_{cp} \cdot (1 + k_{m-3}), \quad (6.19)$$

де $Ц_{cp}$ – оптова ціна матеріалу (основного), грн;

k_{m-3} – коефіцієнт транспортно-заготівельних витрат (транспортно-заготівельні витрати в середньому складають 5-8% гуртової ціни, тобто $k_{m-3} = 0.05-0.08$).

Визначимо ціну матеріалу сталь 3 для виготовлення деталей «Колесо зубчасте».

$$Ц_{M(\text{колесо})} = 12,5 \cdot 1,06 = 13,25 \text{ грн}$$

Ціна реалізованих відходів приймається за діючими цінами вторинних матеріалів на базових підприємствах

Результати розрахунків зводяться до табл. 6.12.

Таблиця 6.12 – Розрахунок вартості основних матеріалів

Матеріали	Річна програма випуску, од.	Норма витрат матеріалу				Величина відходів				Вартість основних матеріалів	
		На одиницю, кг	На річну програму (гр.2 ^x гр.3)	Ціна 1 кг, грн.	Загальна вартість, тис. грн. (гр.4 ^x гр.5)	На одиницю, кг	На річну програму (гр.2 ^x гр.7)	Ціна 1 кг, грн.	Загальна вартість, тис. грн. (гр.8 ^x гр.9)	На програму, тис. грн (гр.6 - гр.10)	На одиницю, грн (гр.11 : гр.2)
Сталь 3	1000	26,00	26000,00	13,25	344,50	6,80	6800,00	2,50	17,00	327,50	327,50

Допоміжні матеріали ($MB_{\text{доп}}$) на програму цеху розраховують за формулою:

$$MB_{\text{доп}} = MB_{\text{ос}} \cdot 0,15, \quad (6.20)$$

де $MB_{\text{ос}}$ – матеріальні витрати на основні матеріали, тис.грн

$$MB_{\text{доп (кришка)}} = 327,5 \cdot 0,15 = 49,13 \text{ тис. грн}$$

Допоміжні матеріали на одиницю продукції ($MB_{\text{доп/од}}$) визначимо за формулою:

$$MB_{\text{доп/од}} = MB_{\text{доп}} / N. \quad (6.21)$$

$$MB_{\text{доп/од(вал)}} = 327,5 \cdot 0,15 = 49,13 \text{ грн}$$

Для виробничих цілей:

Річні втрати електроенергії для двигунів цеху (дільниці, лінії), кВт/год.

$$W = \frac{N_y \cdot F_{\partial} \cdot k_3 \cdot k_o}{h_c \cdot h_m} = \frac{(156 + 20) \cdot 2030 \cdot 0,8 \cdot 0,07}{0,95 \cdot 0,88} = 23932,63 \text{ кВт / год}, \quad (6.22)$$

де N_y - встановлена потужність обладнання механоскладального цеху, кВт,
 F_{∂} - реальний річний фонд часу роботи обладнання (2030 год);

					КНУ.КМР.131.24.1-18.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

k_3 - коефіцієнт завантаження устаткування (0,75...0,85);

k_0 - коефіцієнт одночасної роботи обладнання, $k_0=0.06...0.07$;

h_c - коефіцієнт витрат електроенергії у мережі, $h_c=0.94...0.96$;

h_m - ККД моторів, $h_m=0.85...0.90$.

Вартість електроенергії для виробничих потреб:

$$S_e = W \cdot S_k = 23932,63 \cdot 1,6 / 1000 = 38,29 \text{ тис. грн} \quad (6.23)$$

де S_k - вартість 1 кВт/год енергії, $S_k=1,6$ грн/кВт-год.

Втрати води

$$Q = \frac{q \cdot c \cdot D \cdot \mu_o}{1000} = \frac{15 \cdot 360 \cdot 1 \cdot 6}{1000} = 32,4 \text{ л}, \quad (6.24)$$

де q – витрати води на верстаті змін, (15л);

c – кількість змін;

D – кількість робочих днів на рік (300 днів);

μ_o – кількість верстатів, що працюють з охолодженням.

Вартість річної витрати води, грн.

$$S_n = Q \cdot S_M = 32,4 \cdot 7 / 1000 = 0,23 \text{ тис. грн.}, \quad (6.25)$$

де S_M - вартість 1 м³ води, грн. (7 грн/м³).

Стисле повітря.

$$V_{c.n.} = q \cdot c \cdot D \cdot \mu_{c.n.} = 18 \cdot 1 \cdot 360 \cdot 6 = 38880 \text{ м}^3 \quad (6.26)$$

де q – витрати стиснутого повітря на один верстат у змін, (18м³);

$\mu_{c.n.}$ – кількість обладнання, що працює на стислому повітрі.

$$V_{c.n.} = V_S \cdot S_{c.n.} = 38880 \cdot 0,08 / 1000 = 3,11 \text{ тис. грн} \quad (6.27)$$

де V_S - вартість 1 м³ стиснутого повітря, $V_S = 0,08$ грн.

Для невиробничих цілей

Витрата електроенергії для освітлення може бути визначена на основі її витрати на 1 м² площі будівлі.

Як середню витрату енергії освітлення при збільшених розрахунках беруть 15 Вт/год на 1 м² площі дільниці. В останню включають службові та побутові приміщення.

$$W = \frac{0.015 \cdot S_{d.zag} \cdot B_w \cdot D}{1000} = \frac{0.015 \cdot 341 \cdot 1.6 \cdot 300}{1000} = 2.46 \text{ тис. грн.} \quad (6.28)$$

де $S_{d.zag}$ - загальна площа будівлі, м²;

B_w – вартість 1 кВт/год енергії, 1,6 грн/кВт-год;

D – середня кількість днів (300 днів).

Витрата води па побутові потреби визначена з розрахунку: для господарсько-побутових потреб – $q_1=25$ л на кожного робітника за змін, в гарячих цехах – 35 л; для душових – $q_2=40$ л на споживаючого за змін, а на підприємствах, де робота викликає сильне забруднення тіла - 60 л; для групових умивальників – $q_3=3$ л на процедуру, в забруднених виробництвах - 5л.

$$Q = \frac{(q_1 + q_2 + q_3) \cdot c \cdot D \cdot \mu_o}{1000} = \frac{(25 + 30 + 40) \cdot 1 \cdot 360 \cdot (6 + 1)}{1000} = 235,98 \text{ л}, \quad (6.29)$$

де $Ч$ – чисельність робітників, що працюють, чол.

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КМР.131.24.1-18.06.0ЕПВ					

Вартість річної витрати води, грн.

$$B_{p.втр.в} = \frac{Q \cdot B_Q}{1000} = \frac{235,98 \cdot 7}{1000} = 1,65 \text{ тис. грн.} \quad (6.30)$$

де B_Q – вартість 1 м³ води, грн. (7 грн/м³).

Потребу в парі для опалювання протягом року можна визначити за формулою, т:

$$K = \frac{q \cdot H \cdot V}{540 \cdot 1000} = \frac{30 \cdot 4320 \cdot 114,4}{540 \cdot 1000} = 27,46 \text{ кКал/кг} \quad (6.31)$$

де q – річна витрата пари на 1 м² будівлі, (25...35 кКал);

H – кількість опалювальних годин за рік (4320 год);

V – об'єм будівлі, куб. м; 540 - теплота випарювання, кКал/кг.

Вартість річної потреби пари, грн.:

$$B_{п} = K \cdot B_K = 27,46 \cdot 19 / 1000 = 0,52 \text{ тис. грн} \quad (6.32)$$

де B_K – вартість 1 т пари ($B_K = 19$ грн).

6.3.3 Визначення чисельності працівників та фонду оплати праці

Чисельності основних виробничих робітників визначається за формулою:

$$Ч_{е}^{осн} = \frac{T_m}{F_{\phi} \cdot K_{\phi}}, \quad (6.33)$$

де T_m – трудомісткість операцій, год;

$F_{\phi} = 1860$ - дійсний річний фонд часу роботи робітника, год;

K_{ϕ} – коефіцієнт багатостатності.

Таблиця 6.13 – Визначення чисельності основних виробничих робітників

№ з/п	Тип, модель устаткування	Тм, год/рік	Найменування професії	Кількість робітників, чол	
				Розрахункова	Прийнята
1	Токарна з ЧПК	117,73	оператор	0,06	1
2	Токарна	223,98	токар	0,12	1
3	Багатоопераційна	130,17	оператор	0,07	1
4	Круглошліфувальна	168,33	шліфувальник	0,09	1
5	Внутрішньошліфувальна	230	шліфувальник	0,12	1
6	Плоскошліфувальна	103,33	шліфувальник	0,06	1
	Всього	973,54			6

Таблиця 6.14 – Загальні відомості щодо персоналу дільниці

Категорія працюючих	Норматив	Кількість	У % від кількості виробничих робітників	В % від кількості працюючих
І Основні виробничі робітники		9	81,82	75,00
2. Допоміжні робітники по ремонту та обслуговуванню устаткування	15% від п. 1	1	12,27	11,25
2. Допоміжні робітники не зайняті у виробництві	10% від п. 1	1	8,18	7,50
3. КСС (керівники, спеціалісти та службовці)	12% від п.(1+2)	1	-	10,35
Всього		12	-	100,00

					КНУ.КМР.131.24.1-18.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тарифний фонд оплати праці основних робітників визначається за формулою:

$$\text{ФОП}_{\text{осн.в}} = \sum_{i=1}^n N_i \cdot T_{mi} \cdot C_j, \text{ грн} \quad (6.34)$$

де n – кількість найменувань деталей, виготовлених на лінії, од;

N_i – річна програма з m деталі, шт.;

T_{mi} – трудомісткість виготовлення i -ї деталі, год;

C_j – погодинна тарифна ставка робітника-відрядника j -розряду.

Таблиця 6.15 – Розрахунок ФОП робітників

№	Професія	Трудомісткість	Розряд	Тарифна ставка, грн	Тарифний ФОП, тис.грн
1	оператор	117,73	4	11,768	1,39
2	токарь	223,98	4	11,768	2,64
3	оператор	130,17	5	12,354	1,61
4	шліфувальник	168,33	4	11,768	1,98
5	шліфувальник	230	5	12,354	2,84
6	шліфувальник	103,33	4	11,768	1,22
Всього		973,54			11,67

Тарифний фонд оплати праці допоміжних робітників визначається:

$$\text{ФОП}_{\text{доп.р.}} = \mathcal{C}_{\text{об}} \cdot F_{\text{еф}} \cdot C'_j, \text{ грн} \quad (6.35)$$

де $\mathcal{C}_{\text{об}}$ - обліковий склад робітників допоміжної діяльності, чол.;

$F_{\text{еф}}$ - ефективний річний фонд часу роботи робітника, год ($F_{\text{еф}} = 1860$ год);

C'_j - погодинна тарифна ставка допоміжних робітників j -го розряду (додаток 4 (табл. 2)).

Визначимо ФОП робітників по ремонту та обслуговуванню обладнання

$$\text{ФОПд} = \frac{1860 \cdot 1 \cdot 11,33}{1000} = 21,07 \text{ тис. грн}$$

Визначимо ФОП робітників по обслуговуванню виробництва:

$$\text{ФОПд} = \frac{1860 \cdot 1 \cdot 10,951}{1000} = 20,37 \text{ тис. грн}$$

Результати розрахунків заробітної плати керівників, спеціалістів та службовців зводяться до табл. 6.16.

Таблиця 6.16 – Знання про керівників, спеціалістів та службовців

Посада КСС	Нормативна кількість	Місячний оклад, грн.	Річна сума, тис.грн
Майстер	1	14500	174

До додаткової заробітної плати належать доплати, що передбачені діючим законодавством, премії та кошти на оплату відпусток.

Залежно від змісту доплат застосовується така класифікація (табл. 6.17).

					КНУ.КМР.131.24.1-18.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 6.17 – Розрахунок додаткової оплати праці

Категорія працюючих	Основні виробничі робітники	Допоміжні робітники по ремонту та обслуговуванню устаткування	Допоміжні робітники не зайняті у виробництві	КСС
За керівництво бригадою	-	-	-	Отримують керівники у відповідності до чисельності робітників
За роботу у вечірній час	20% від ФОП	-	-	Отримують керівники
За навчання учнів	У відповідності до чисельності учнів	У відповідності до чисельності учнів	-	-
Оплата відпусток	Місячна оплата праці	Місячна оплата праці	Місячна оплата праці	Місячний оклад
Премії	35%	30%	15%	25%
Усього додаткова заробітна плата				

Отримані результати за проведеними розрахунками зведено у табл. 6.18.

Таблиця 6.18 – Формування фонду оплати праці дільниці (цеху)

Категорія працюючих		Основні виробничі робітники	Допоміжні робітники по ремонту та обслуговуванню устаткування	Допоміжні робітники не зайняті у виробництві	КСС
Основна заробітна плата, тис.грн.		11,67	21,07	20,37	48,00
Додаткова заробітна плата, тис.грн.	За керівництво бригадою				7,20
	За роботу у вечірній час	2,33			
	За навчання учнів	2,40			
	Оплата відпусток	0,97	1,76	1,70	4,00
	Премії	4,08	6,32	3,06	12,00
	Усього додаткова заробітна плата	9,79	8,08	4,75	23,20
Загальний фонд заробітної плати, тис. грн.		21,46	29,15	25,12	71,20

6.3.4 Визначення величини витрат та собівартості продукції

Основним завданням при визначенні ефективності роботи дільниці, необхідно визначити витрати на виробництво та скласти калькуляцію собівартості одиниці продукції та на плановий обсяг.

Склад і визначення Загальноновиробничих витрат з кожної статті наведені у табл. 6.19.

Собівартість продукції визначається в табл. 6.20.

					КНУ.КМР.131.24.1-18.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 6.19 – Склад загальновиробничих витрат

Номер і найменування статті витрат	Визначення витрат, тис.грн
1	2
I. Витрати на утриманням та експлуатацією устаткування	
1. Витрати на виробництво:	41,63
а) на силову електроенергію	38,29
б) вода	0,23
в) стиснене повітря	3,11
2. Допоміжні матеріали	49,13
3. Основна заробітна плата допоміжних робітників з обслуговування устаткування	21,07
4. Додаткова заробітна плата допоміжних робітників	8,08
5. Вирахування на соцстрах (37,5%)	10,93
6. Амортизаційні відрахування (при роботі в дві зміни)	250,90
а) на обладнання (металорізальні верстати, підйомно-транспортне обладнання та ін.)	173,69
б) на інструмент та пристрої	77,21
7. Утримання устаткування	0,64
8. Утримання, ремонт, оновлення малоцінного інструменту та пристроїв	0,48
9. Поточний ремонт	57,16
Всього	440,01
II. Витрати на управління	
1. Заробітна плата основних робітників не зайнятих у виробництві	20,37
2. Додаткова заробітна плата допоміжного персоналу	4,75
3. Відрахування на соціальне страхування (37,5%)	9,42
4. Основна заробітна плата КСС	48,00
5. Додаткова заробітна плата КСС	23,20
6. Відрахування на соціальні заходи (37,5%)	26,70
7. Утримання будівель та споруд	51,46
а) електроенергія та освітлення;	2,46
б) вода на побутові потреби;	1,65
в) пара на опалення;	0,52
г) матеріали та інші видатки.	46,83
8. Амортизаційні відрахування	42,59
а) на будівлі та споруди;	39,02
б) на інвентар	3,56
9. Поточний ремонт будівель та споруд	31,22
10. Утримання, ремонт і оновлення інвентарю	1,07
Всього	258,77

Розподіл за деталями відбувається за трудомісткістю продукції.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-18.06.0ЕПВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 6.20 – Калькуляція собівартості продукції цеху

Показники	На одиницю, грн	На загальний обсяг, тис.грн
1. Основні та допоміжні матеріали	327,50	327,50
2. Основна заробітна плата основних робітників	11,67	11,67
3. Додаткова заробітна плата основних робітників	9,79	9,79
4. Відрахування на соц. страхування (37,5%)	3,67	3,67
5. Витрати на утримання і експлуатацію устаткування	440,01	440,01
6. Витрати на управління	258,77	258,77
7. Виробнича собівартість	1051,41	1051,41
8. Адміністративні витрати	42,06	42,06
9. Витрати на збут	63,08	63,08
10. Повна собівартість	1156,55	1156,55

Кошторис витрат приведено у таблиці 6.21.

Таблиця 6.21 – Кошторис витрат на виробництво

Стаття витрат	Сума, тис.грн	ПВ,%
Матеріальні витрати	406,05	35,11
Витрати на оплату праці	146,93	12,70
Відрахування на соціальні заходи	55,10	4,76
Амортизаційні відрахування	293,49	25,38
Інші витрати	254,99	22,05
Всього витрат	1156,55	100,00

За результатами аналізу, ми визначили, що матеріальні витрати складають 35,11% або 406,05 тис.грн, витрати на оплату праці складають 12,7% або 146,93 тис.грн, а відрахування на соціальні заходи – 55,1 тис.грн або 4,76%. Амортизаційні відрахування у структурі витрат складають 25,38% або 293,49 тис.грн, а інші витрати – 254,99 тис.грн або 22,05%.

6.3.5 Планування оборотних коштів цеху

У даному розділі необхідно зробити розрахунок необхідних оборотних коштів для забезпечення нормальної роботи дільниці з таких елементів:

Норматив оборотних коштів в основних матеріалах на складі визначається виходячи із їх річних витрат і норми запасів складу:

$$OK_{в.м.} = \frac{C_{о.м.}}{360} \cdot N_{о.м.} \quad (6.36)$$

де $C_{о.м.}$ – вартість основних матеріалів на річний обсяг випуску продукції, тис.грн;

$N_{о.м.}$ – норма запасів матеріалу на складі, діб ($N_{о.м.} = 22,5$ діб).

					КНУ.КМР.131.24.1-18.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Норматив оборотних коштів у готовій продукції на складі визначається:

$$OK_{н.п.} = \frac{C_v}{360} \cdot H_{з.п.} \quad (6.37)$$

де C_v – виробнича собівартість продукції, тис.грн;

$H_{з.п.}$ – норма запасів готової продукції на складі, діб ($H_{з.п.} = 10$ діб).

Норматив оборотних коштів у незавершеному виробництві визначається:

$$OK_{н.в.} = \frac{C_v}{360} \cdot H_{н.в.} \quad (6.38)$$

де C_v – випуск продукції за виробничою собівартістю, грн.;

$H_{н.в.}$ – норма незавершеного виробництва, діб ($H_{н.в.} = 3$ доби).

Результати розрахунків щодо потреби в оборотних коштах заносяться до табл. 5.21.

Таблиця 6.22 – Потреби в оборотних коштах

Елементи оборотних коштів	Розрахункова формула	Значення, тис. грн.
Норматив оборотних коштів в основних матеріалах	$OK_{в.м.} = \frac{C_{о.м.}}{360} \cdot H_{о.м.}$	40,54
Норматив оборотних коштів у готовій продукції	$OK_{н.п.} = \frac{C_v}{360} \cdot H_{з.п.}$	38,72
Норматив оборотних коштів у незавершеному виробництві	$OK_{н.в.} = \frac{C_v}{360} \cdot H_{н.в.}$	11,62
Всього		90,88

6.3.6 Розрахунок ефективності капіталовкладень

При плануванні доходів і витрат важливо визначити той момент, коли підприємство зможе отримати прибуток. Ця інформація також необхідна для розрахунку ефективності планування проекту.

Для цього необхідно визначити ціну виробу, що випускає цех. Формула ціни записується таким чином:

$$Ц = \frac{\Pi + B_n}{N} \quad (6.39)$$

де Π – прибуток при заданому обсязі виробництва для конкретної деталі за певний період, тис.грн;

N – виробнича програма для деталі за певний період, од;

B_n – повна собівартість виробу, тис.грн.

Прийнявши за вихідний момент розрахунку те положення, що сума прибутку за певний період діяльності не повинна бути менше загального розміру капітальних вкладень, він визначається за формулою:

$$\Pi = e_{кв} \cdot K, \quad (6.40)$$

де Π_1 – сума прибутку за здійснення проекту;

K – капіталовкладення у проект;

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КМР.131.24.1-18.06.0ЕПВ				

$e_{ке}$ – коефіцієнт мінімальної прибутковості коштів, що здійснюються за проектом, приймається в розмірі 15 – 35 % за рік без урахування податкових виплат (0,15-0,35).

$$K = B_{cp} + OK, \quad (6.41)$$

де B_{cp} – вартість основних виробничих засобів, тис.грн;

OK – потреба в оборотних коштах (за розрахованим нормативом), тис.грн.

Таким чином капітальні вкладення складуть:

$$K = 3659,9 + 58,44 = 3718,36 \text{ тис.грн}$$

Очікуваний прибуток від реалізацій продукту складе:

$$\Pi = 3718,36 \cdot 0,25 = 929,6 \text{ тис.грн}$$

Таким чином ціна на 1 деталь складе:

$$Ц = \frac{1156,55 + 929,6}{1000} = 2086,14 \text{ грн}$$

План доходів та витрат приведено у табл. 6.23.

Таблиця 6.23 – План доходів і витрат

Показники, тис. грн.	Всього, тис. грн
1. Виручка від реалізації	2086,14
2. Витрати на виробництво реалізованої продукції, у тому числі:	1156,55
3. Прибуток від реалізації (ряд 1 - ряд 2)	929,59
4. Податок на прибуток (18%)	167,33
5 Чистий прибуток (ряд 3 - ряд 4)	762,26
6 Частка прибутку у виручці від реалізації (ряд 5 : ряд 1)	0,37

Загальна (абсолютна) ефективність капіталовкладень показує відношення ефекту до всій суми капітальних вкладень, що включає середньорічну вартість основних фондів та оборотних коштів та розраховується за формулою:

$$E = \frac{ЧП}{K}, \quad (6.42)$$

де K - капітальні вкладення для здійснення проекту, тис.грн;

$ЧП$ – чистий прибуток дільниці (цеху), тис.грн.

Загальний рівень рентабельності виробництва ($R_{вир}$) - розраховують як відношення прибутку від реалізації до суми середньорічної вартості основних виробничих фондів і нормованих оборотних коштів, тобто:

$$R_{вир} = \frac{\Pi_p}{B_{cp} + OK} \cdot 100\% \quad (6.43)$$

де Π_p – прибуток від реалізації продукції, тис.грн;

B_{cp} – середньорічна вартість основних виробничих засобів, тис.грн;

OK – середньорічна вартість нормованих оборотних коштів, тис.грн.

Рентабельність продукції $R_{пр}$ розраховується як відношення прибутку від реалізації продукції, який отримали від реалізації даного виду продукції (Π_p) до повної собівартості $C_{п}$, тобто:

					КНУ.КМР.131.24.1-18.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P_{np} = \frac{\Pi_p}{C_n} \cdot 100\% \quad (6.44)$$

Строк окупності капітальних вкладень за проектом розраховується за такою формулою

$$T_{ок} = \frac{K}{ЧП}, \quad (6.45)$$

де K – сума коштів, спрямованих на реалізацію проекту, та включає суму вартості основних виробничих засобів за проектом і нормованих оборотних коштів;

ЧП – середня сума чистого прибутку, що залишається у розпорядженні підприємства за рік, тис. грн.

При цьому обов'язкове виконання умови:

$$T_{ок.р} \leq T_{ок.н} \quad (6.46)$$

Рекомендоване значення $T_{ок.н}$ - не більше п'яти років.

Основні показники ефективності планових показників приведено у таблиці 6.24.

Таблиця 6.24 – Основні показники ефективності

Найменування показників	Одиниця вимірювання	Значення
1. Загальна ефективність капітальних вкладень за проектом (E)		0,21
2. Рентабельність виробництва (P_v)	%	20,50
3. Рентабельність продукції (P_{np})	%	80,38
4. Строк окупності капіталовкладень ($T_{ок}$)	років	4,88

Таким чином, можна зробити висновки, що проект ефективний.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-18.06.0ЕПВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7 КОМПЛЕКСНА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ З ВИКОРИСТАННЯМ ІННОВАЦІЙНО-НАУКОВИХ РЕСУРСІВ

БАГАТОФАКТОРНИЙ ВПЛИВ НА ШОРСТКІСТЬ ОБРОБЛЕНОЇ ПОВЕРХНІ

У сучасному автоматизованому виробництві, де кількість безлюдних технологій незмінно зростає роль контролю над будь-яким процесом чи результатом підвищується у рази. У зв'язку з цим питання забезпечення якості обробленої поверхні в умовах автоматизованого виробництва, яким займаються провідні наукові школи країни та світу, залишається актуальним і сьогодні.

Якість обробки поверхні є складовим параметром точності обробки, так і самостійним параметром. Наприклад, забезпечивши високу точність лінійного розміру, висока якість обробленої поверхні забезпечується автоматично (за умовчанням). Але в той же час це правило не діє в «зворотному напрямку», тобто, забезпечивши високу якість обробленої поверхні, не можна однозначно говорити про те, що ми забезпечили високу точність.

Актуальність питань, пов'язаних із підвищенням надійності процесів механообробки, призводить до вирішення цілого ряду завдань, таких як:

- управління стійкістю процесу обробки;
- підвищення ефективності стружкодроблення;
- підвищення працездатності ріжучого інструменту;
- підвищення точності та якості виготовлених деталей.

Тому ефективність механічної обробки в окремих випадках залежить не тільки від постійної модернізації вдосконалення динаміки верстатного обладнання, але і від глибини опрацювання явищ, що відбуваються при різанні. У цьому зв'язку керувати вихідними параметрами механообробки стає неможливо без поглибленого вивчення фізичних процесів при різанні і, перш за все, механізму деформації шару, що зрізається, стійкості пружної системи верстатного обладнання, закономірностей формоутворення, а також зношування і руйнування різального інструменту.

Система різання є відкритою термодинамічно нестійкою системою, через яку проходить потік механічної та теплової енергії, що викликає фазові та структурні перетворення у приконттактних шарах та формування вторинних (дисипативних) структур. Стійкість та оптимальне функціонування системи різання будуть визначатися інтенсивністю протікання цих процесів, взаємодією з пружною системою верстата та зовнішнім середовищем.

Усі перелічені вище чинники, безумовно, впливають якість обробленої поверхні. Велика кількість наукових праць у галузі різання матеріалів присвячена управлінню тим чи іншим параметром процесу механообробки з метою підвищення якості або продуктивності обробки. Також широкий спектр робіт присвячений управлінню відразу кількома параметрами процесу різання.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-18.07.КОЕПР</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>	<i>Чернов</i>				<i>Комплексна оцінка ефективності проектних рішень з використанням інноваційно-наукових ресурсів</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Нечасів</i>							
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>	<i>Нечасів</i>							
<i>Затверд.</i>	<i>Рязанцев</i>							
						<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-23м</i>		

7.1 Підхід до забезпечення шорсткості поверхні

Якщо забезпечення точності обробки досягається за рахунок жорсткості системи ВПД, точних вузлів верстата та пристосувань, систем точного позиціонування і відноситься до галузі верстатобудування та технології машинобудування, то якість обробки хоч і залежить від точності, але відноситься до області процесу відокремлення від оброблюваного матеріалу стружки за допомогою ріжучого клина та отримання обробленої поверхні із заданими параметрами шорсткості.

Приміром, М.Р. Гімадеев вперше отримав залежність якості обробки, а саме: параметрів шорсткості (R_a , R_z , R_q , R_p , R_c , R_t , R_v , R_{sm} , R_{ku} , ... R_{sk}) не тільки від режимів обробки, а й від способів фрезерування. Завдяки ретельному підбору способу обробки, траєкторії руху ріжучого інструменту, форми ріжучого інструменту та стратегії обробки є можливість отримувати заданий параметр шорсткості.

З рис. 7.1 виявили кореляційну залежність параметрів шорсткості при фрезеруванні сферичною кінцевою фрезою:

$$R_z = 0,391 + 4,022 \cdot R_a;$$

$$R_t = 0,284 + 4,531 \cdot R_a;$$

$$R_v = -0,531 + 0,403 \cdot R_t;$$

$$R_g = 0,039 + 1,145 \cdot R_a;$$

$$R_p = 0,499 + 2,274 \cdot R_a;$$

$$R_c = 0,165 + 3,630 \cdot R_a.$$

	R_a	R_z	R_q	R_p	R_c	R_t	R_v	R_{ku}	R_{sk}	R_{sm}
R_a	1,00	0,91	0,99	0,94	0,91	0,86	0,74	-0,28	-0,13	0,18
R_z	0,91	1,00	0,92	0,93	0,84	0,98	0,92	-0,14	-0,30	-0,03
R_q	0,99	0,92	1,00	0,95	0,91	0,88	0,76	-0,24	-0,15	0,15
R_p	0,94	0,93	0,95	1,00	0,86	0,89	0,72	0,01	-0,03	0,06
R_c	0,91	0,84	0,91	0,86	1,00	0,78	0,69	-0,20	-0,04	0,34
R_t	0,86	0,98	0,88	0,89	0,78	1,00	0,93	-0,11	-0,29	-0,10
R_v	0,74	0,92	0,76	0,72	0,69	0,93	1,00	-0,28	-0,53	-0,13
R_{ku}	-0,28	-0,14	-0,24	0,01	-0,20	-0,11	-0,28	1,00	0,58	-0,24
R_{sk}	-0,13	-0,30	-0,15	-0,03	-0,04	-0,29	-0,53	0,58	1,00	0,22
R_{sm}	0,18	-0,03	0,15	0,06	0,34	-0,10	-0,13	-0,24	0,22	1,00

Рисунок 7.1 – Кореляційна залежність параметрів шорсткості при фрезеруванні кінцевою сферичною фрезою

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-18.07.КОЕПР</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Але якість обробленої поверхні (тобто висота мікронерівностей) при цьому так і залишається величиною, яка залежить від режимів обробки, геометрії ріжучого інструменту, температурної картини в зоні різання та багато іншого.

7.2 Стружкоутворення і температура в зоні різання

При збільшенні швидкості різання при обробці різних матеріалів відбувається послідовна зміна характеру стружкоутворення від елементної до зливної, а далі до суглобової (сегментної). Як відомо, сегментна стружка утворюється або при незначному перевищенні рекомендованих режимів різання, а саме - швидкості, або при обробці матеріалів, що важко обробляються, таких як жароміцні сталі і титанові сплави. У роботі М.І. Клушин вперше зв'язав механізм сегментного стружкоутворення з температурними зміцненнями, тобто. з адіабатичними процесами у зоні різання.



Рисунок 7.2 – Процес високошвидкісної обробки титанового сплаву ВТ3 (а) та тепловий знімок (б): $V = 370$ м/хв, $S = 0,05$ мм/зуб, $t = 1,1$ мм



Рисунок 7.3 – Процес високошвидкісної обробки загартованої сталі 45 твердістю 52HRC (а) та тепловий знімок (б): $V = 448$ м/хв, $S = 0,05$ мм/зуб, $t = 1,2$ мм

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-18.07.КОЕПР</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Також на характер стружкообразования мають великий вплив області локалізованого зсуву, як у самій зоні різання, так і в точці контакту стружки з передньою поверхнею інструменту і в точці контакту задньої поверхні інструменту з заготівлею.

Пластична деформація, яка локалізована в зоні зсуву, супроводжується виділенням великої кількості тепла, а також структурними та фазовими перетвореннями. У зв'язку з цим температура стружки в момент відокремлення її від оброблюваного матеріалу може досягати температури плавлення металу, особливо виражено це відбувається при високошвидкісній обробці.

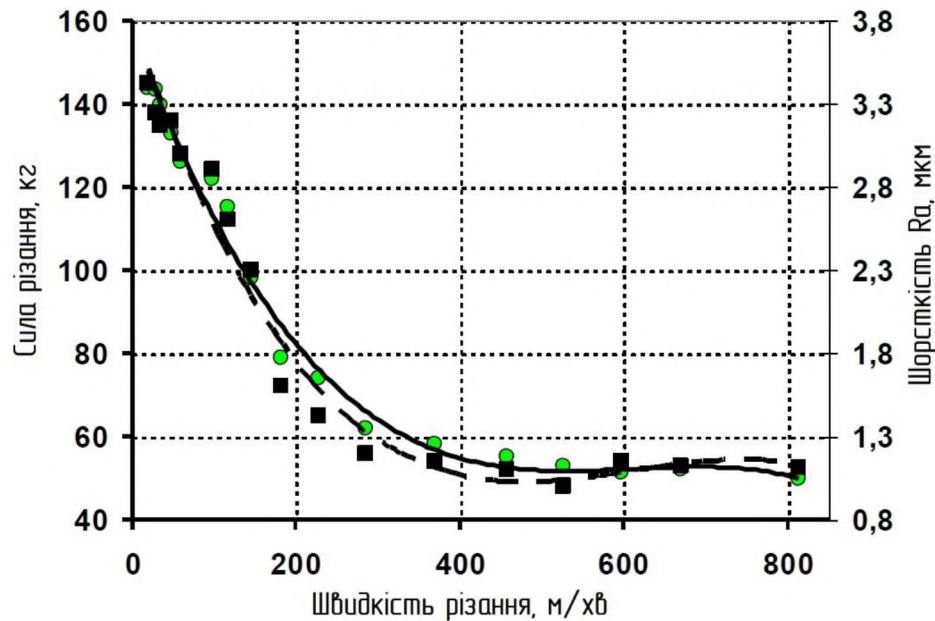


Рисунок 7.4 – Кореляційна залежність сили різання (суцільна лінія) та шорсткості поверхні (пунктирна лінія) від швидкості різання при обробці загартованої сталі 45 ($s = 0,05$ мм/зуб; $t = 1,2$ мм)

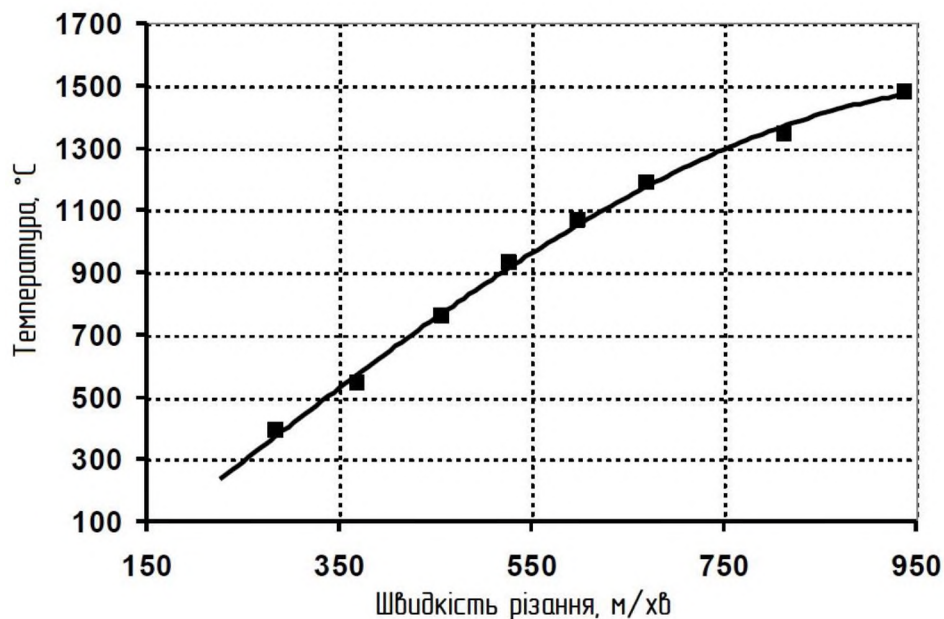


Рисунок 7.5 – Залежність середньої температури поверхні стружки від швидкості різання при обробці загартованої сталі 45 ($s = 0,05$ мм/зуб; $t = 1,2$ мм)

					КНУ.КМР.131.24.1-18.07.КОЕПР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Аналіз температурних картин, що представлені на рис. 7.2 б і 7.3 б показує, що при високошвидкісному фрезеруванні загартованої сталі 45 температура стружки досягає 813°C , а середня температура на поверхні стружки може досягати 678°C ; при обробці титанового сплаву ВТ3 максимальна температура стружки становить 1041°C , а середня - 917°C .

Для підвищення ефективності механічної обробки дослідження теплових процесів у зоні різання повинні встановити взаємозв'язок температури стружки з шорсткістю поверхні.

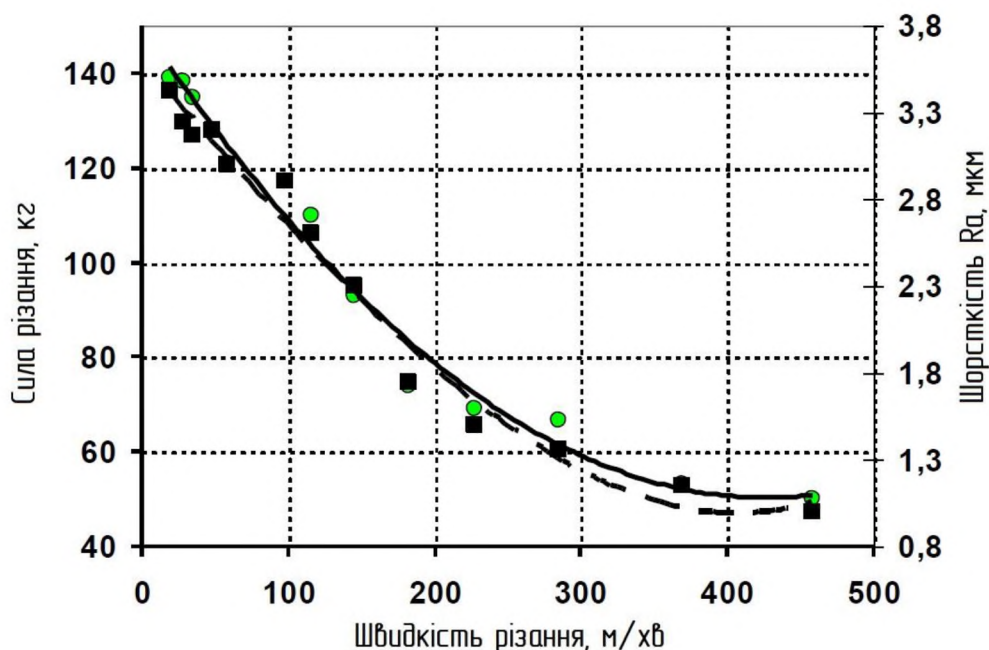


Рисунок 7.6 – Кореляційна залежність сили різання (суцільна лінія) та шорсткості поверхні (пунктирна лінія) від швидкості різання при обробці титанового сплаву ВТ3 ($s = 0,05$ мм/зуб; $t = 1$ мм)

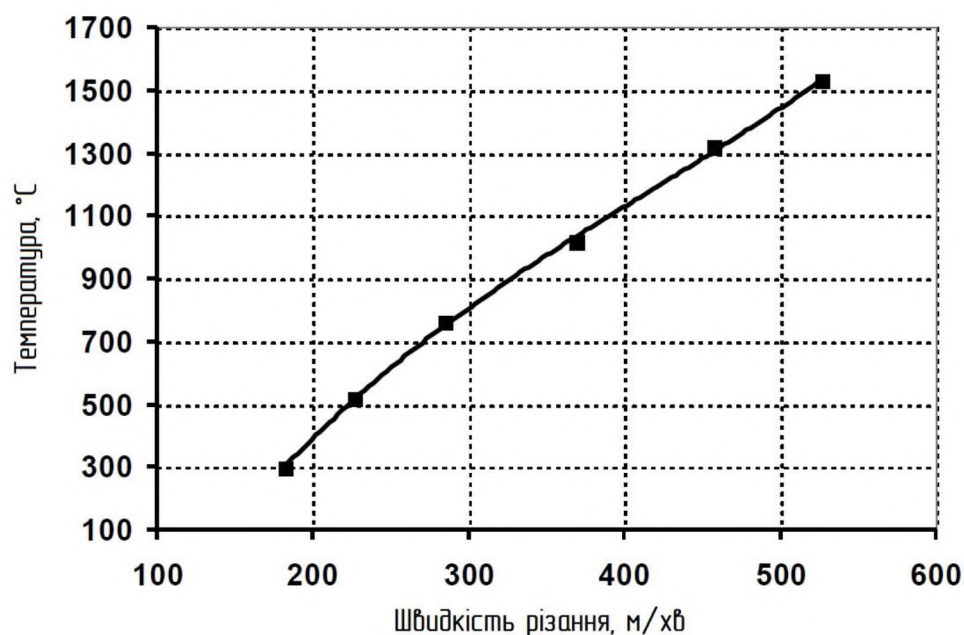


Рисунок 7.7 – Залежність середньої температури поверхні стружки від швидкості різання під час обробки титанового сплаву ВТ3 ($s = 0,05$ мм/зуб; $t = 1$ мм)

					КНУ.КМР.131.24.1-18.07.КОЕПР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На рис. 7.4-7.7 показані графіки залежності сили різання, шорсткості поверхні та температури стружки для сталі 45 та титанового сплаву ВТ3. У зв'язку з цим слід зробити проміжний висновок, що з детальним дослідженні процесу високошвидкісної обробки необхідно використовувати відразу кілька методів діагностики [9].

7.3 Механічна обробка з попереднім впливом на матеріал

Були проведені дослідження шорсткості деталей із полімерних матеріалів, попередньо оброблених поверхнево-активними речовинами (ПАР). У табл. 7.1 показано значне зниження шорсткості поверхні деталі, яку піддавали попередньої обробки поверхнево-активними речовинами.

Таблиця 7.1 – Результати зниження шорсткості поверхні деталі під час попередньої обробки поверхнево-активними речовинами

Матеріал		Параметри шорсткості, мкм						
		Ra	Rz	Rmax	Rp	Rm	Sm	Sk
Капролон	Точіння після обробки ПАР	4,39	11,6	15,2	7,6	5,89	0,88	-0,17
	Точіння	7,6	22,72	35,97	14,02	21,95	0,33	0,27
Текстоліт	Точіння після обробки ПАР	4,88	21,16	28,80	12,36	8,22	0,15	-0,18
	Точіння	10,0	40,53	48,43	26,27	22,16	0,21	0,56

Таблиця 7.2 – Результати зниження шорсткості поверхні під час обробки склопластику

Варіанти точіння	Параметри шорсткості, мкм						
	Ra	Rz	Rmax	Rp	Rm	Sm	Sk
	Точіння						
Звичайне точіння	12,61	32,72	30,97	14,02	21,95	0,337	0,976
З попередньою віброобробкою сполучного (100 Гц, 60 мкм)	7,505	15,24	20,75	9,232	11,52	0,186	0,600

У табл. 7.2 відображено результати зниження шорсткості поверхні при обробці склопластику. Існують також роботи, спрямовані на підвищення якості обробленої поверхні за різного фізичного впливу на металеву заготовку (лазерний вплив, ультразвуковий вплив і т.д.).

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>КНУ.КМР.131.24.1-18.07.КОЕПР</i>				

7.4 Геометрія різального інструменту та динаміка процесу

Дуже багато досліджень присвячено управлінню динамічною стійкістю технологічної системи на основі різних підходів. Зокрема, широкий спектр робіт присвячений дослідженням вібрацій [25] та якості обробленої поверхні за зміни геометрії ріжучого інструменту.

Великий внесок у дослідження вібрацій при різанні зробив А.П. Соколовський, встановивши у своїй залежність амплітуди філограми від геометрії ріжучого інструмента. Так, наприклад, головний кут у плані значно впливає на інтенсивність коливань (рис. 7.8). При зменшенні цього кута інтенсивність вібрацій різко зростає. Такий характер залежності зрозумілий, враховуючи, що при зменшенні кута росте ширина стружки і зменшується її товщина, що сприяє посиленню вібрацій. Передній кут при різанні також дуже впливає на інтенсивність вібрацій, при збільшенні якого інтенсивність вібрацій знижується (рис. 7.9).

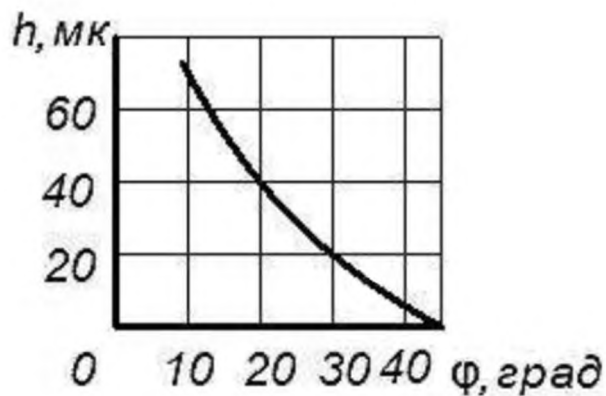


Рисунок 7.8 – Залежність шорсткості поверхні від головного кута в плані

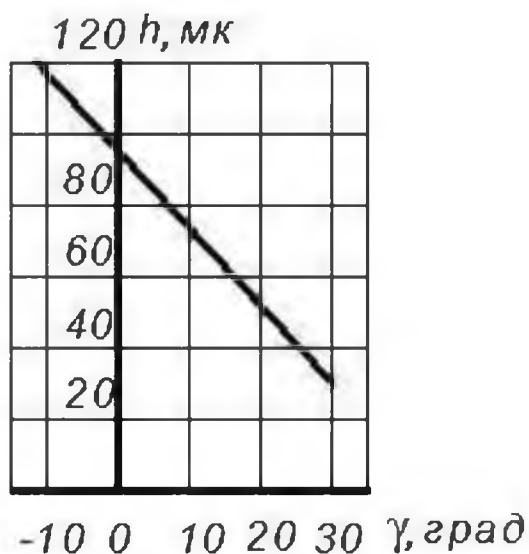


Рисунок 7.9 – Залежність шорсткості поверхні від переднього кута

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-18.07.КОЕПР</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Також велика увага приділяється питанню впливу ріжучого інструменту на якість обробленої поверхні, а саме вплив різних покриттів на ріжучий інструмент та ефективність механічної обробки [26].

Також не можна забувати про стійкість усієї технологічної системи. Питання підвищення стійкості процесів механічної обробки було і залишається актуальним до нашого часу. Збільшенню стійкості динаміки верстатів велику увагу приділяв В.А. Кудінов. У його роботах сказано, що стійкість динаміки верстатів залежить насамперед від жорсткості пружної системи верстата. Чим більша жорсткість, тим вища стійкість самого процесу, але не завжди.

7.5 Багатофакторна модель

Узагальнюючи вищевикладене можна сказати, що якість обробки (шорсткість) досягається за допомогою:

- застосування раціональних режимів різання;
- зміни геометрії ріжучого інструменту;
- застосування методів, що впливають на фізико-механічні властивості оброблюваних матеріалів;
- зниження відносних просторових динамічних коливань інструменту щодо оброблюваної поверхні заготовлі.

З проведеного вище огляду випливає, що якість обробки досягається за допомогою багатьох факторів. Тому з урахуванням взаємовпливу факторів один на одного забезпечення якості є комплексною багатофакторною задачею, для вирішення якої потрібна розробка методики, яка враховуватиме весь комплекс цих взаємовпливів.

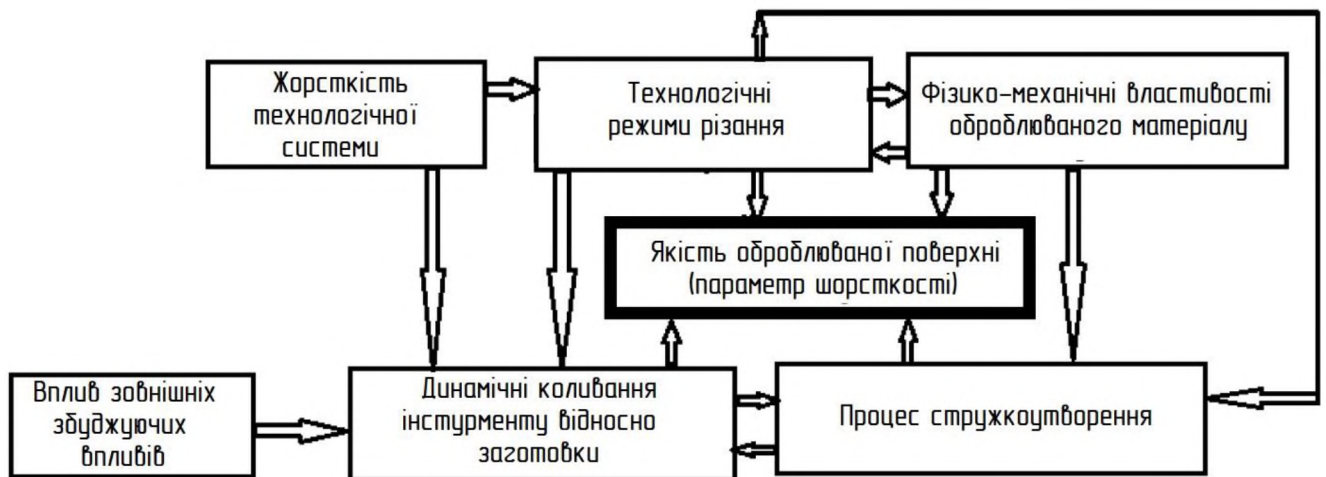


Рисунок 7.10 – Схема взаємовпливу факторів на якість обробки

Для наочності уявлення впливу основних чинників на шорсткість, і навіть їх взаємовпливи між собою, доцільно у вигляді схеми (рис. 7.10). З наведеної схеми, де показані основні взаємовпливи факторів на якість обробки, очевидно, що немає однозначного рішення про пріоритет тих чи інших факторів при отриманні шорсткості поверхні. Це зумовлює використання системного підходу до

					КНУ.КМР.131.24.1-18.07.КОЕПР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

постановки завдань, вирішення яких дозволить підвищити ефективність обробки задля досягнення необхідної шорсткості.

Основні завдання – це визначення встановлення кількісних взаємовпливів один на одного факторів, а також їх пріоритетів залежно від різних умов, що дозволяють розробляти методики забезпечення необхідної шорсткості при обробці різанням.

7.6 Висновок

В результаті проведених досліджень можна зробити такі висновки:

1. Розроблено схему впливу багатфакторних параметрів механічної обробки на якість обробленої поверхні.
2. Виявлено, що досліджень щодо впливу множини факторів технологічної системи на якість обробленої поверхні в повному обсязі не проводилося.
3. Запропонована багатфакторна схема застосовна для будь-якого виду механічної обробки.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-18.07.КОЕПР</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У магістерській випускній роботі на тему «Розробка технологічного забезпечення виготовлення деталі «Діафрагма» турбодетандера з використанням САПР технологій» було виконано комплексне дослідження та практична реалізація заходів, спрямованих на підвищення ефективності виробничого процесу.

1. Проведено детальний аналіз розмірних ланцюгів при складанні вузла, що дозволило забезпечити необхідну точність виготовлення та збірки деталі. Це стало основою для досягнення стабільної роботи вузла турбодетандера.

2. Створено сучасний технологічний процес виготовлення деталі «Діафрагма» з використанням високопродуктивного обладнання. Це дозволило оптимізувати витрати часу на виготовлення деталі, а також підвищити якість кінцевого виробу.

3. Розроблено верстатно-інструментальне налагодження для горизонтально-фрезерного верстата з ЧПК Kitamura Mycenter NX500iG. Обрано сучасний металорізальний інструмент, а також створено керуючу програму у програмному середовищі FeatureCAM, що дозволило підвищити точність і повторюваність обробки отворів.

4. Спроектовано технологічне пристосування для свердління отворів і контрольне пристосування для перевірки перпендикулярності та радіального биття. Це забезпечило додатковий контроль за точністю виготовлення деталі.

5. Розроблено проєкт ремонтно-механічного цеху із врахуванням сучасних вимог охорони праці та екології. Запропоновані заходи дозволили мінімізувати негативний вплив виробництва на довкілля та забезпечити безпечні умови роботи.

6. Розрахунок ключових техніко-економічних показників підтвердив доцільність впровадження розробленого технологічного процесу, який забезпечує зниження собівартості виготовлення деталі та підвищення рентабельності виробництва.

7. У науковій частині роботи було досліджено багатофакторний вплив параметрів механічної обробки на шорсткість обробленої поверхні. Запропонована багатофакторна схема дозволяє враховувати взаємний вплив параметрів технологічної системи, що робить її універсальною для різних видів механічної обробки. Виявлено недоліки існуючих підходів, що підтвердило новизну проведеного дослідження.

Виконані дослідження та розробки дозволили створити вискоефективний технологічний процес виготовлення деталі «Діафрагма» турбодетандера із застосуванням сучасного обладнання, інструментів та програмних засобів. Практичні результати роботи сприяють удосконаленню технології механічної обробки, забезпеченню стабільності виробничих процесів та підвищенню конкурентоспроможності підприємства.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-18.В</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		<i>Чернов</i>			<i>Висновки</i>	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		<i>Нечаєв</i>						
Реценз.								
Н. Контр.		<i>Нечаєв</i>				<i>Каф. ТМ, зд. ПМ-23М</i>		
Зав. каф.		<i>Рязанцев</i>						

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Методичні вказівки до виконання магістерської випускної роботи для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» Освітньо-професійної програми Технології машинобудування усіх форм навчання. Укладачі: Кіяновський М.В., Нечаєв В.П., Цивінда Н.І., Рязанцев А.О., Бондар О.В., 2022.
2. Токарна обробка: каталог ріжучого інструменту. SECO, 2020. – 808с.
3. Атаманюк, В.В. Технологія конструкційних матеріалів: [Текст] Навчальний. посібник / В.В. Атаманюк. – К.: Кондор, 2006. – 528 с.
4. Біленький П.Є. Підвищення якості організації промислового виробництва / П.Є. Біленький. – Львів: Світ, 1990. – 168 с.
5. Боженко, Л.І. Технологія виробництва заготовок у машинобудуванні [Текст] / Л.І. Боженко. – К.: НМК ВО, 1990. – 264 с.
6. Захаркін, О.У. Технологічні основи машинобудування (основні способи обробки поверхонь та технологічні обробляючі системи для їх реалізації): [Текст]: Навчальний посібник / О.У. Захаркін. – Суми: Сумський державний університет, 2011. –137 с.
7. Мельничук П.П., Боровик А.І., Лінчевський П.А., Петраков Ю.В. Технологія машинобудування [Текст] : Навчальний посібник / ЖДТУ, – Житомир: 2005. – 835 с.
8. Сучасні методи аналізу технологічних процесів у машинобудуванні: [Текст] : Навчальний посібник / В.В. Душинський. – К.: ІСДО, 1994. – 216 с.
9. Технологія конструкційних матеріалів [Текст]; за ред. М.А. Сологуба. – К.: Вища школа, 1983. – 286 с. 20.
10. Дикань С.А. Безпека людини [Текст]: підручник для студ.вищ.закл. / С. А. Дикань, І. О. Іваницька. – Полтава: ТОВ «АСМІ», 2019. – 279 с.
11. Технологія машинобудування. Проектування технологічного спорядження: Посібник / Боженко Л.І.-Львів. Світ, 2001.-296 с.
12. Технологічна оснастка механоскладального виробництва:Підручник / Боровик А.І,- К.: Кондор, 2008. 726 с.
13. Технологічні задачі механоскладального виробництва/ Бондаренко С.Г.- Ніжин.:Спект Поліграф, 2008.-220 с.
14. Технології механоскладального виробництва/ Бондаренко С.Г.- Ніжин.:Спект- Поліграф, 2008. 358 с.
15. Технологія машинобудування Горбатюк Е.О. Мазур М.П.,Зенкін А.С., Каразей В.Д. Навчальний посібник. Львів., Новий світ-2008,-360 с.
16. ДСТУ 3.1001:2014 Єдина система технологічної документації. Загальні положення.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-18.СВД</i>		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		<i>Чернав</i>			<i>Список використаних джерел</i>		
Перевір.		<i>Нечаєв</i>					
Реценз.							
Н. Контр.		<i>Нечаєв</i>					
Зав. каф.		<i>Рязанцев</i>					
					Літ.	Арк.	Аркушів
					<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-23м</i>		

17. ДСТУ 2391-94 Система технологічної документації. Терміни та визначення

18. ДСТУ 3.1127:2014. Єдина система технологічної документації. Загальні правила виконання текстових технологічних документів.

19. ДСТУ 3.1128:2014. Єдина система технологічної документації. Загальні правила виконання графічних технологічних документів.

20. ДСТУ ISO 2768-1-2001. Основні допуски. Частина 1. Допуски на лінійні та кутові розміри без спеціального позначення допусків (ISO 2768-1:1989, IDT). [Чинний від 2003-01-01] – К. :Держстандарт України, 2002. – 10 с.

21. ДСТУ ISO 2768-2-2001. Основні допуски. Частина 2. Допуски геометричні для елементів без спеціального позначення допусків (ISO 2768-2:1989, IDT). [Чинний від 2003-01-01] – К. :Держстандарт України, 2001. – 15 с.

22. ДСТУ ISO 286-1-2002. Допуски і посадки за системою ISO. Частина 1. Основи допусків, відхилень та посадок (ISO 286-1:1988, IDT). [Чинний від 2003-10-01] – К. :Держспоживстандарт України, 2003. – 37 с.

23. ДСТУ 3321-96 Система конструкторської документації. Терміни та визначення основних понять.

24. ДСТУ 2.604:2005 ЄСКД. Єдина система конструкторської документації. Кресленики ремонтні. Загальні вимоги.

25. Faassen RPH, Van de Wouw N, Oosterling JAJ, Nijmeijer H. Prediction of regenerative chatter by modelling and analysis of high-speed milling. International Journal of Machine Tools and Manufacture. 2003;43(14):1437–1446. [https://doi.org/10.1016/S0890-6955\(03\)00171-8](https://doi.org/10.1016/S0890-6955(03)00171-8)

26. Vereschaka A, Oganyan M, Bublikov Yu, Sitnikov N, Deev K, Pupchin V, et al. In-crease in efficiency of end milling of titanium alloys due to tools with multilayered compo-site nano-structured Zr-ZrN-(Zr,Al)N and Zr-ZrN-(Zr,Cr,Al)N coatings. Coatings. 2018;8(11):8110395. <https://doi.org/10.3390/coatings8110395>

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-18.СВД</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-18.Д</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Додатки</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Чернав</i>						
<i>Перевір.</i>		<i>Нечаєв</i>						
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>		<i>Нечаєв</i>				<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-23м</i>		
<i>Зав. каф.</i>		<i>Рязанцев</i>						

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ТРАНСПОРТУ
КАФЕДРА ТЕХНОЛОГІЇ МАШИНОБУДУВАННЯ

**АЛЬБОМ КРЕСЛЕНЬ ТА ІНФОРМАЦІЙНО-ЗАСВІДЧУЮЧИХ
АРКУШІВ**

до кваліфікаційної магістерської роботи
зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

на тему: Розробка технологічного забезпечення виготовлення деталі
«Діафрагма» турбодетандера з використанням САПР технологій

Виконав магістрант гр. ПМ-23м

(підпис)

Чернов М.Р.

Керівник КМР

(підпис)

Нечасв В.П.

Нормоконтроль

(підпис)

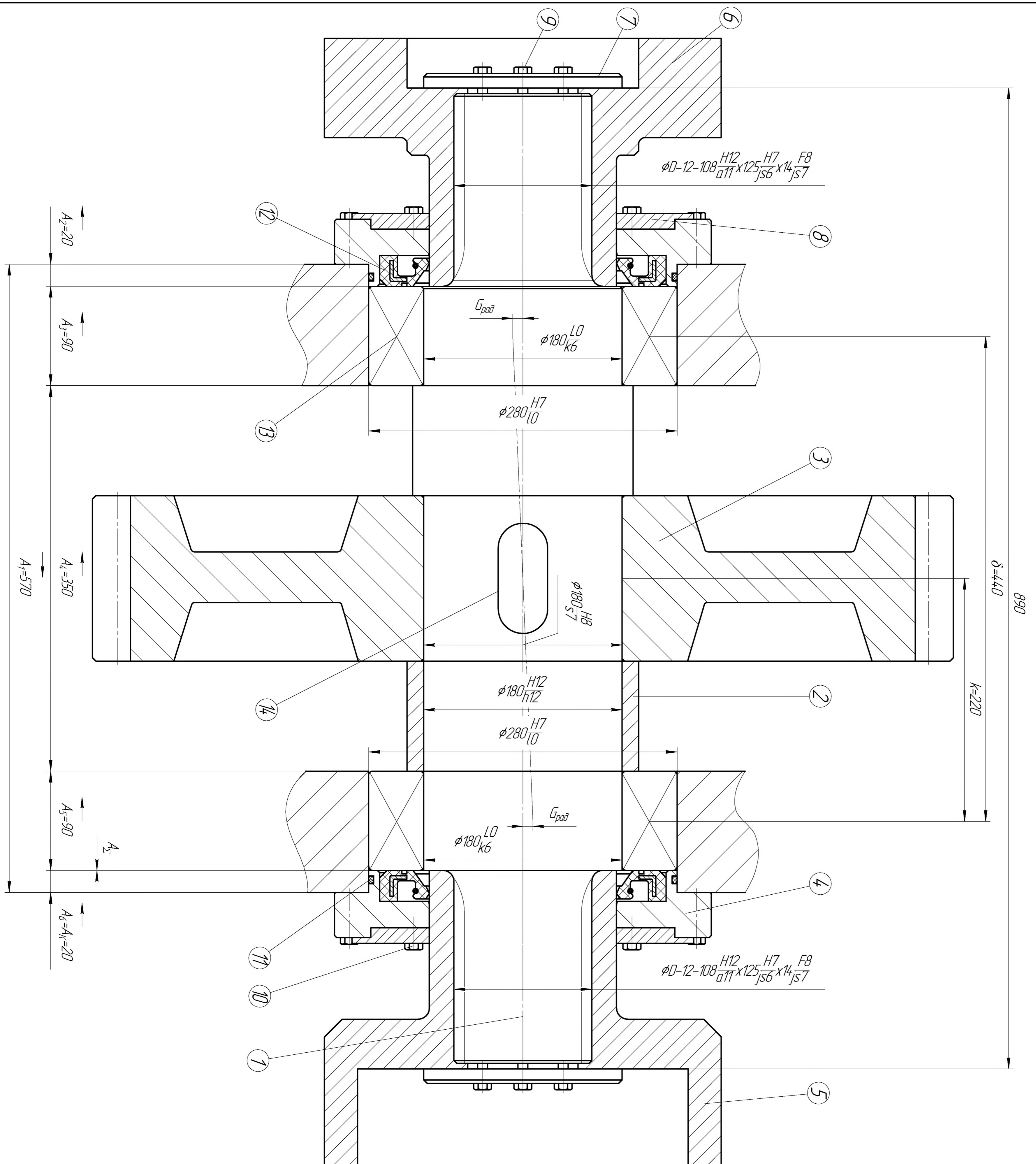
Нечасв В.П.

Завідувач кафедри

(підпис)

Рязанцев А.О.

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
				Креслення			
A1		1	КНУ.КМР.131.24.1-18.ВТСК	Вал тихохідний (складальне креслення)	1		
A2		2	КНУ.КМР.131.24.1-18.ВТ	Вставка турбодетандера	1		
A1		3	КНУ.КМР.131.24.1-18.Д	Діафрагма	1		
A3		4	КНУ.КМР.131.24.1-18.КПШ	Діафрагма (поковка штампована)	1		
A1		5	КНУ.КМР.131.24.1-18.ЕОТП	Ескізи операцій технологічного процесу	1		
A1		6	КНУ.КМР.131.24.1-18.ВІН	Верстатно-інструментальне налагодження	1		
A1		7	КНУ.КМР.131.24.1-18.ОТ	Оснащення технологічне	1		
A3		8	КНУ.КМР.131.24.1-18.СККП	Схема конструкції контрольного пристрою	1		
A1		9	КНУ.КМР.131.24.1-18.ПЦ	План цеху	1		
A1		10	КНУ.КМР.131.24.1-18.НДЧ	Науково-дослідна частина	1		
КНУ.КМР.131.24.1-18.ВЕД							
Изм. Лист		№ докум.		Подп.	Дата		
Разрад.		Чернов					
Пров.		Нечаєв					
Н.контр.		Нечаєв					
Утв.		Рязанцев					
Відомість електронних документів КМР					Лит.	Лист	Листов
					Н		1
					Кафедра ТМ гр. ПМ-23м		
					Формат А4		



Вал пилкохідний	
1	1

Шпонка	
14	1
Колесо зубчасте	
3	1
Втулка розпірна	
2	1
Підшипник	
13	2
Болт М12	
10	6
Стакан	
5	1
Стакан	
6	1
Планка стопорна	
7	2
Болт М10	
9	8

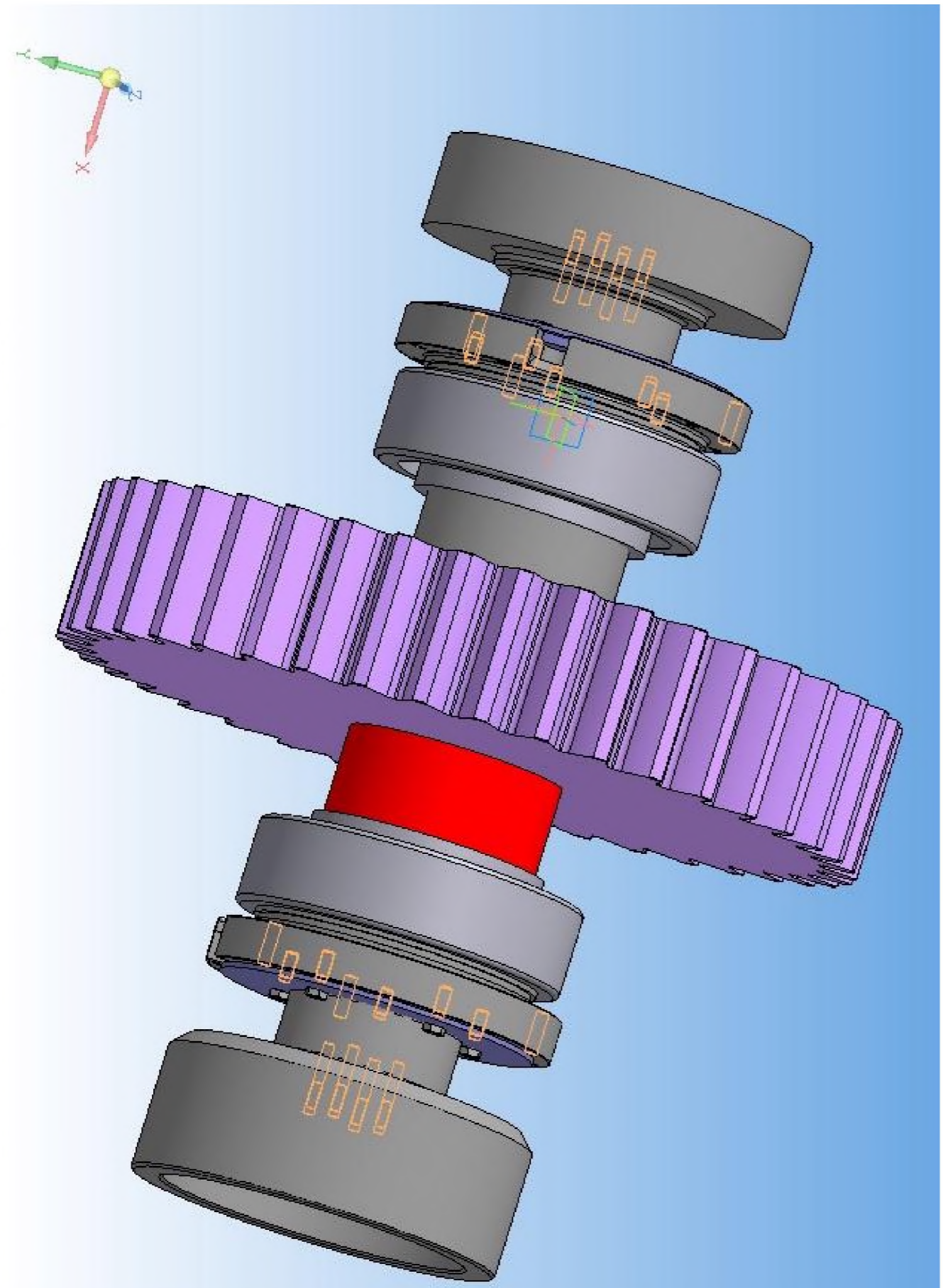
Вал пилкохідний	
1 зб 1	1

Криша наскрізна	
4	2

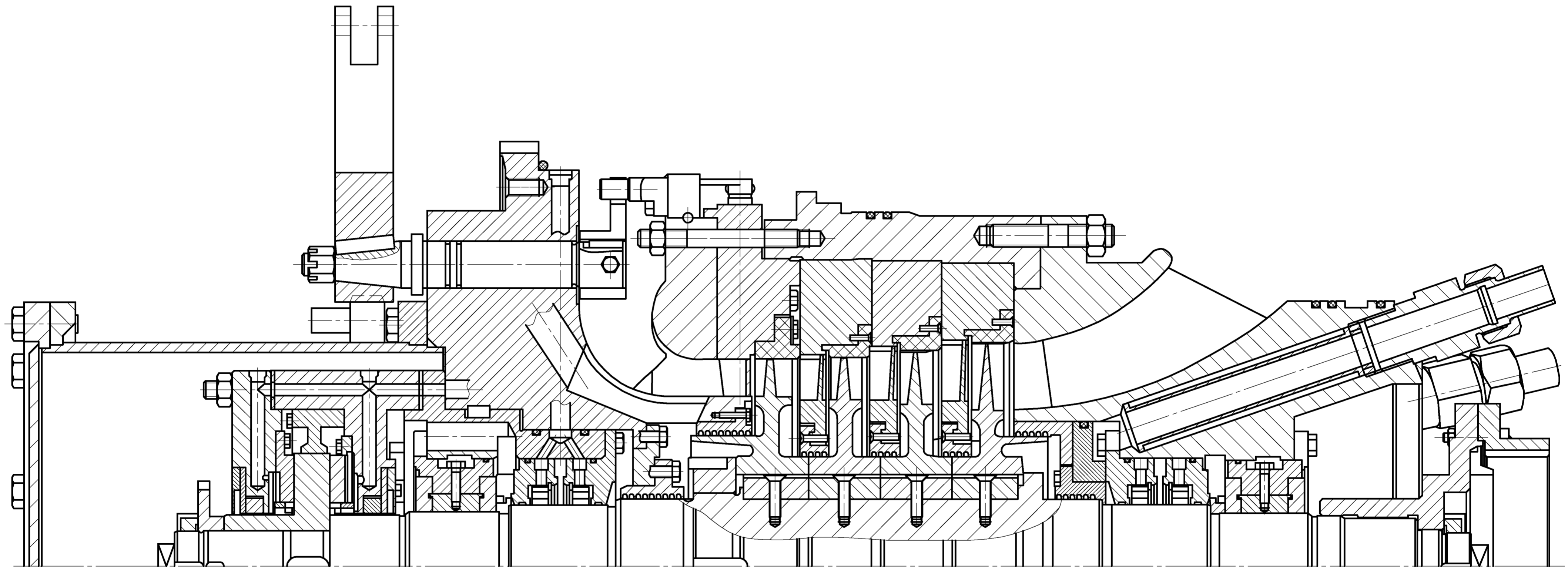
Криша наскрізна	
4 зб 2	2

Болт М12	10	10
Ущільнення	8	2
Кільце	11	2
Матриця	12	2

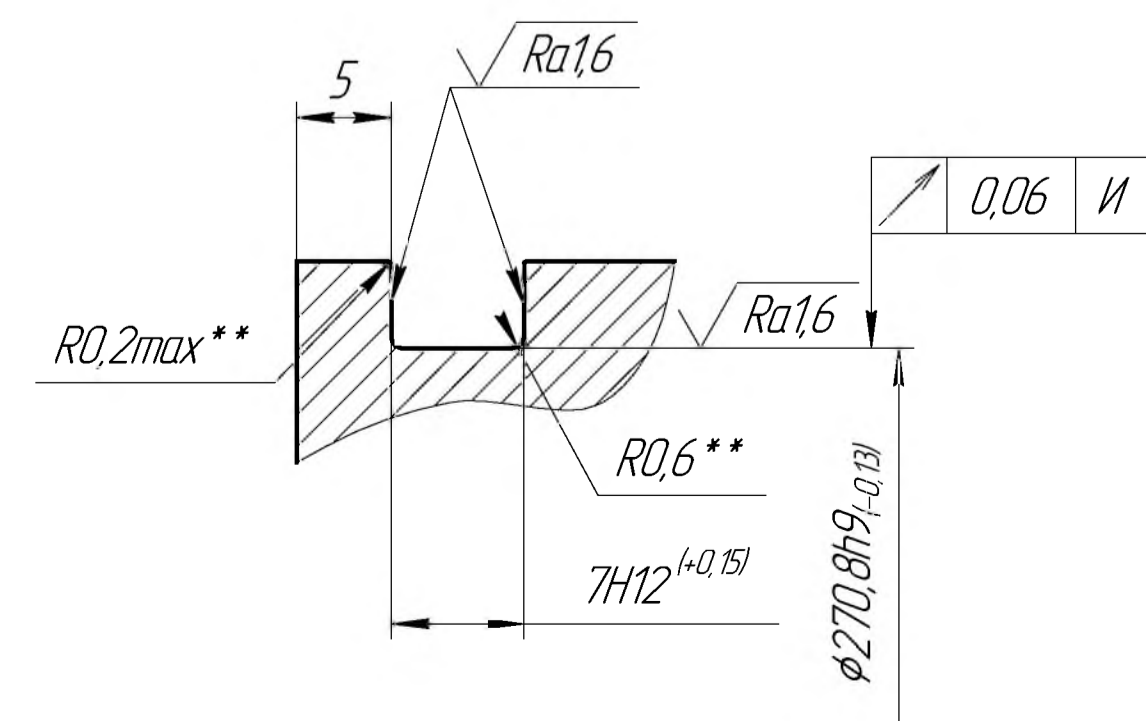
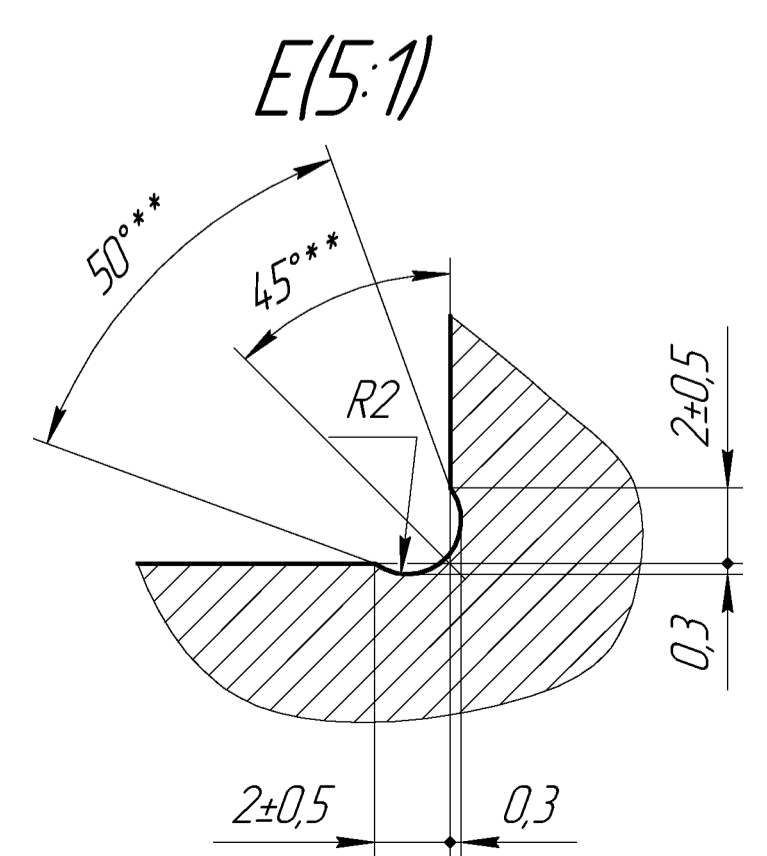
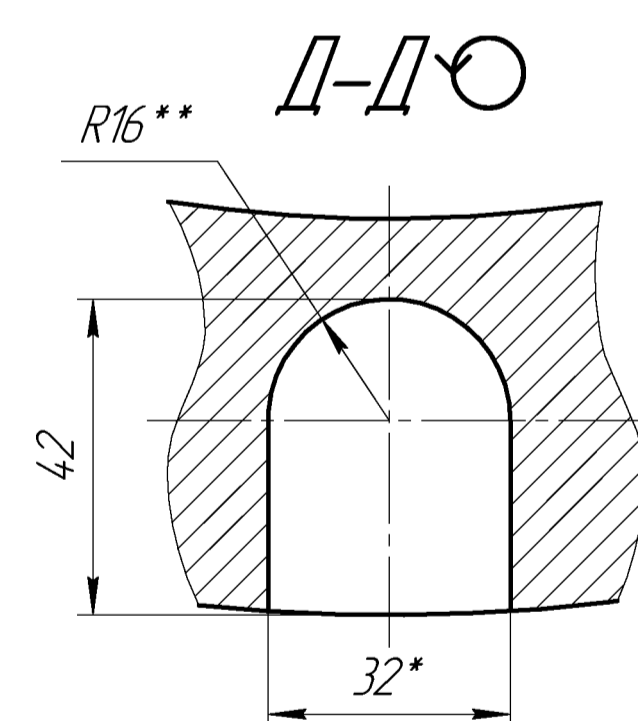
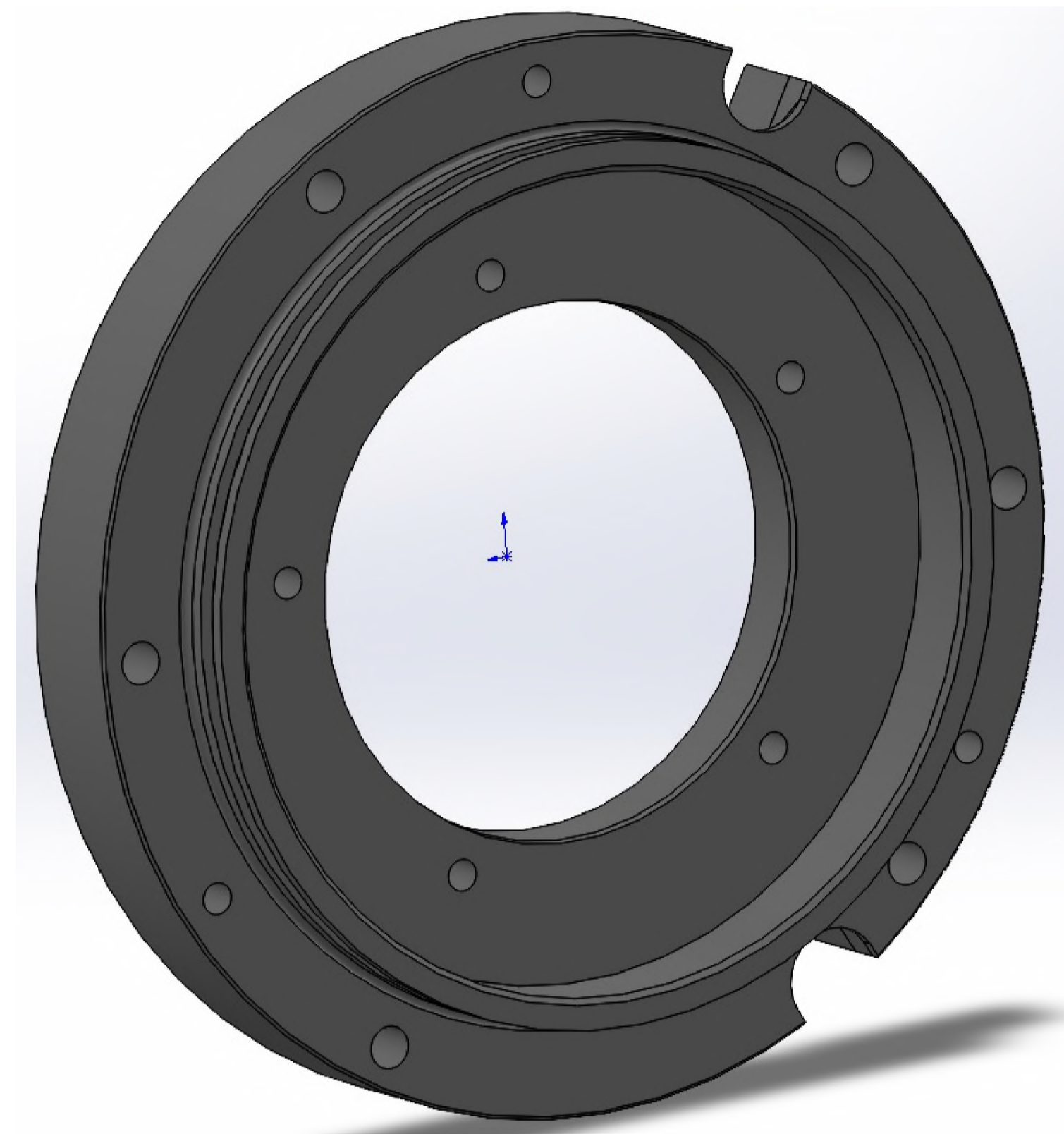
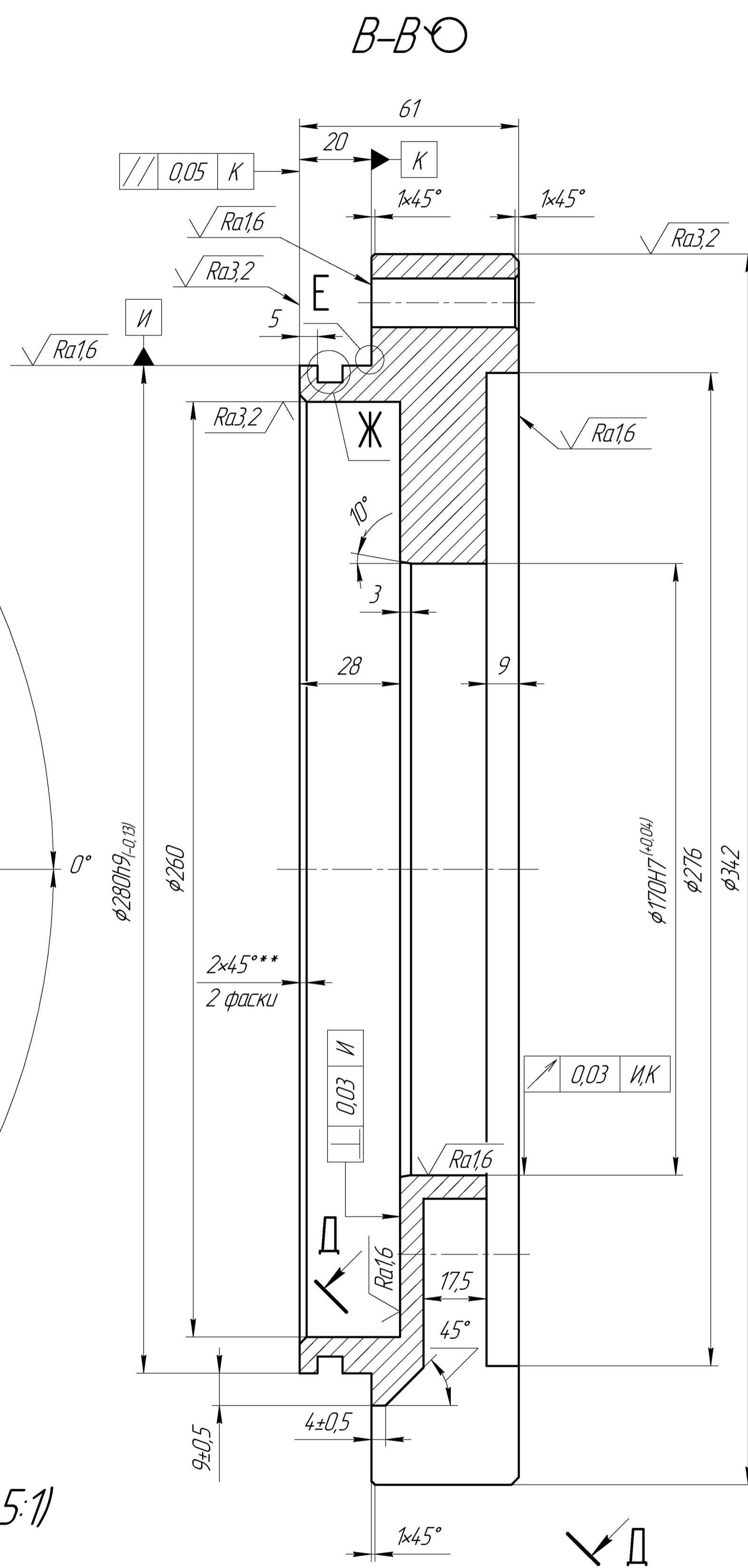
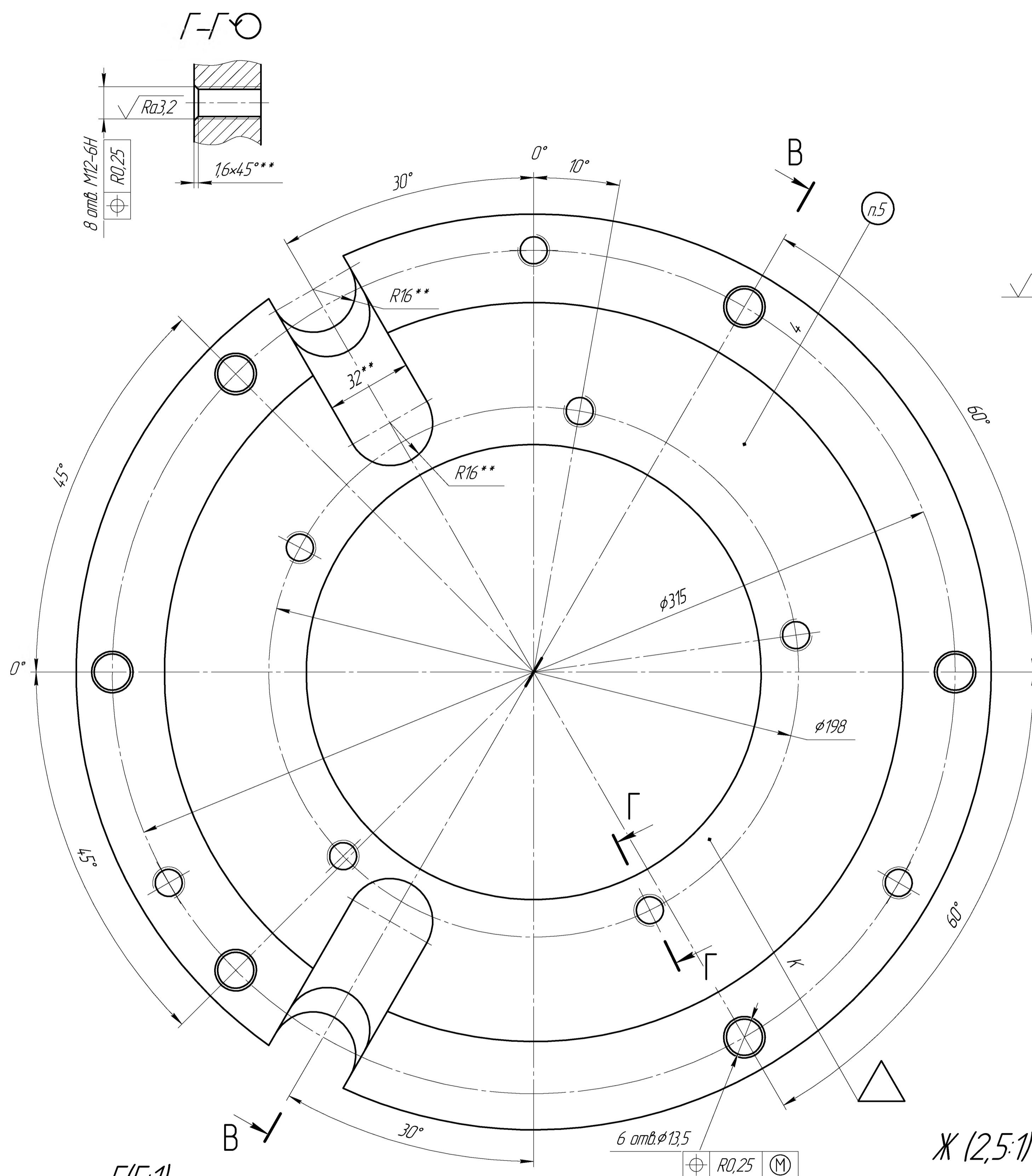
Схема складання вузла Вал пилкохідний



КНУКМР.13124.1-18ВТСК	
Вал пилкохідний (складальне креслення)	
Лист	№ листа
Н	11
Лист	Листів
20	1
Кодифікація ТУ	
20. ПМ-23м	

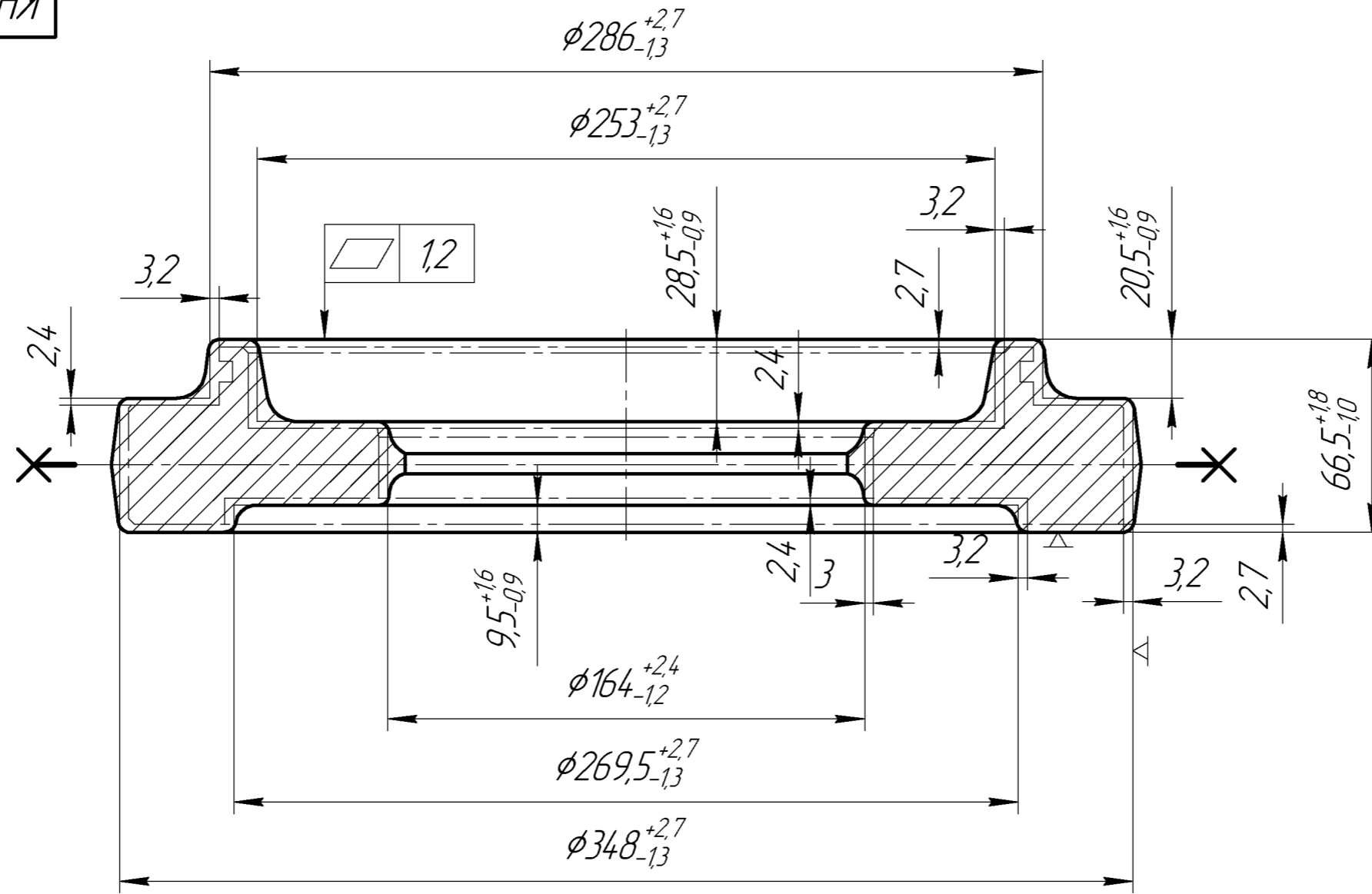


				<i>КНУКМР.13124.1-18.ВТ</i>		
<i>Эк.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Вставка турбодетандера</i>	
<i>Разработ</i>	<i>Чернов</i>	<i>Нечасов</i>				
<i>Керівник</i>	<i>Нечасов</i>				<i>Лит</i>	<i>Маса</i>
					<i>Н</i>	<i>1:20</i>
					<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
<i>Н.контр.</i>	<i>Нечасов</i>					<i>1</i>
<i>Затв.</i>	<i>Рязанцев</i>				<i>Кафедра ТМ гр. ПМ-23М</i>	



1. * Розміри для довідок.
2. ** Розміри забезпечити інструментом.
3. Невказані граничні відхилення: H14, h14, ±2^{IT14}.
4. Покрытие: Хим. Окс. прм.
5. Маркировка шрифтом 5-Прз.

				КНУ.КМР.13124.1-18.Д		
Знак	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Лист	Маса
Розробив	Чеченов				Н	19,2
Керівник	Чеченов				Листів	11
					Лист	Листів
					1	1
Начальник	Чеченов	Кафедра ТМ				
Заліз	Рязанцев	СтЗ ДСТУ 2651-94				гр. ПМ-23м

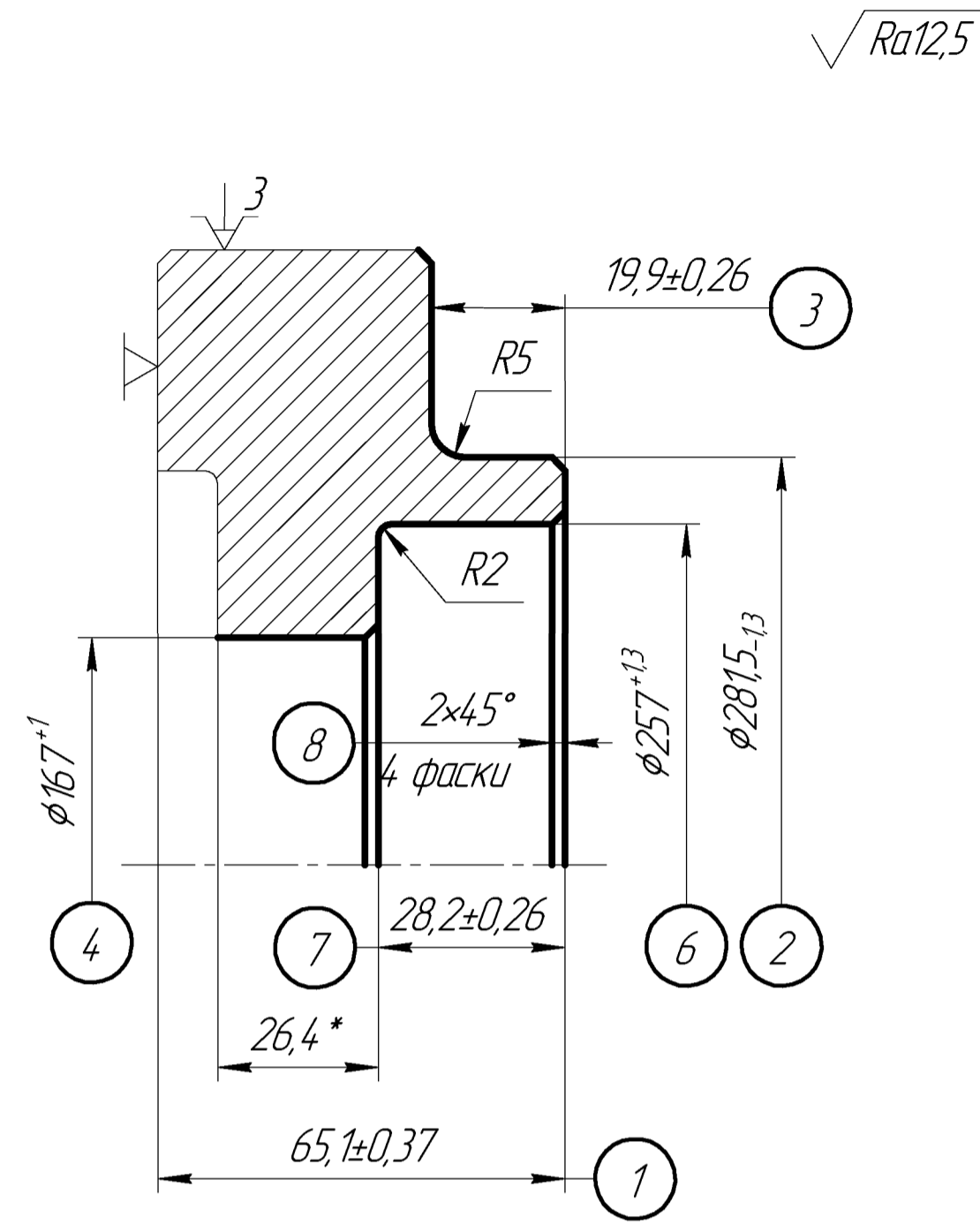


1. Поковка II групи складності
2. Можлива заміна матеріалу на Ст2 ДСТУ 2651-94
3. Відпалити до HB220
4. Поверхню заготовки дробеструїти
5. Клас точності-T4, група сталі-M1, ступінь складності-C1, вихідний індекс-14
6. Невказані ковочні уклони: зовнішні 7°, внутрішні 10°
7. Невказані ковочні радіуси: зовнішні 4мм, внутрішні 10мм

8. Зміщення по поверхні роз'єму штапу не більше 1,2мм
9. Величина залишкового облою не більше 1,4мм
10. Висота заусенцю не більше 5мм
11. Контролювати 20% заготовок

				КНУ.КМР.131.24.1-18.КПШ			
Зм. Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Діафрагма (поковка штампована)	Лит.	Маса	Масштаб
Розробив	Чернав				Н	26	1:2
Керівник	Нечаєв				Лист	Листів	1
Н.контр.	Нечаєв			Ст3 ДСТУ 2651-94		Кафедра ТМ гр. ПМ-23М	
Затв.	Рязанцев						

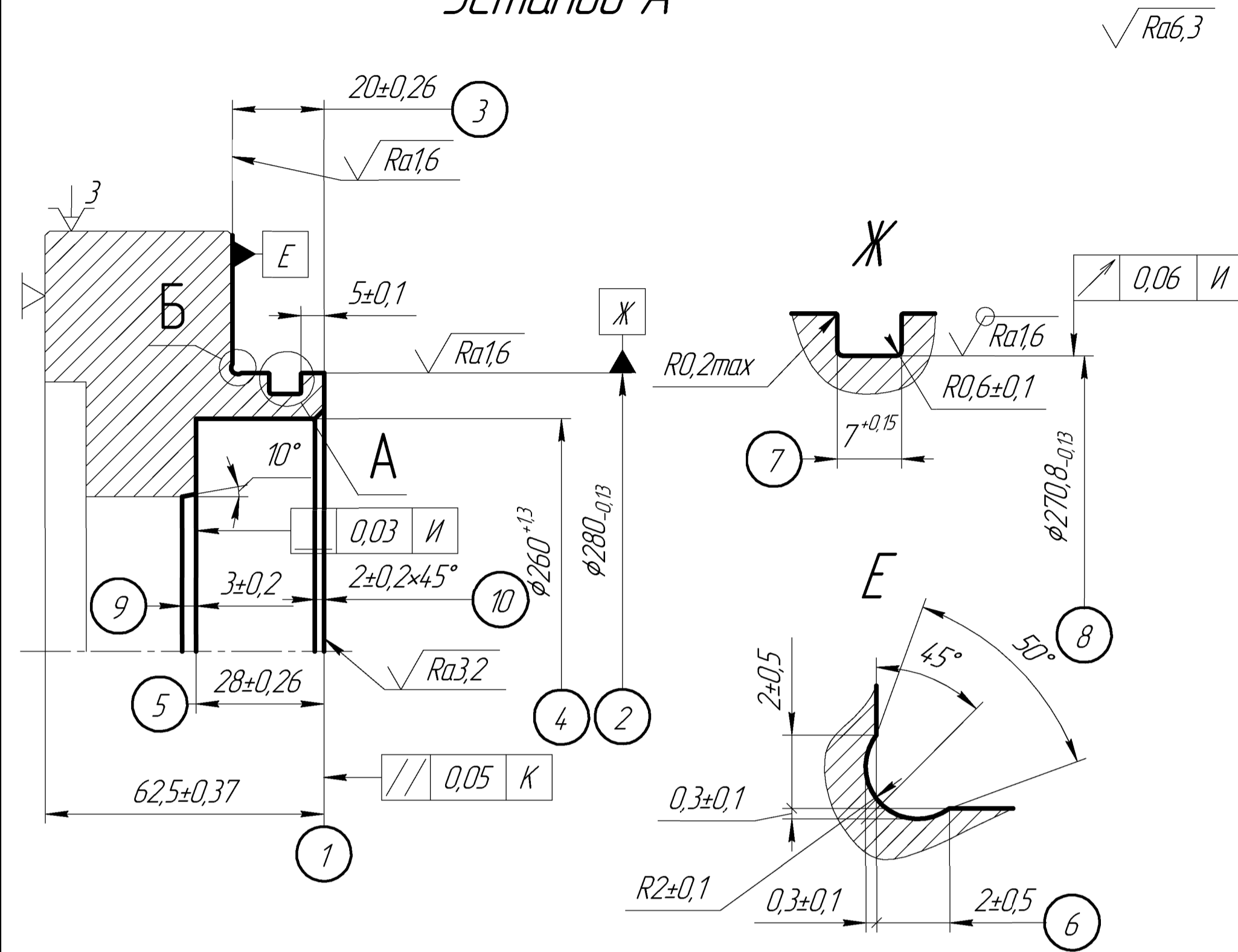
Операція 005 Токарна чорнова
токарний 165
Установ А



√ Ra12,5

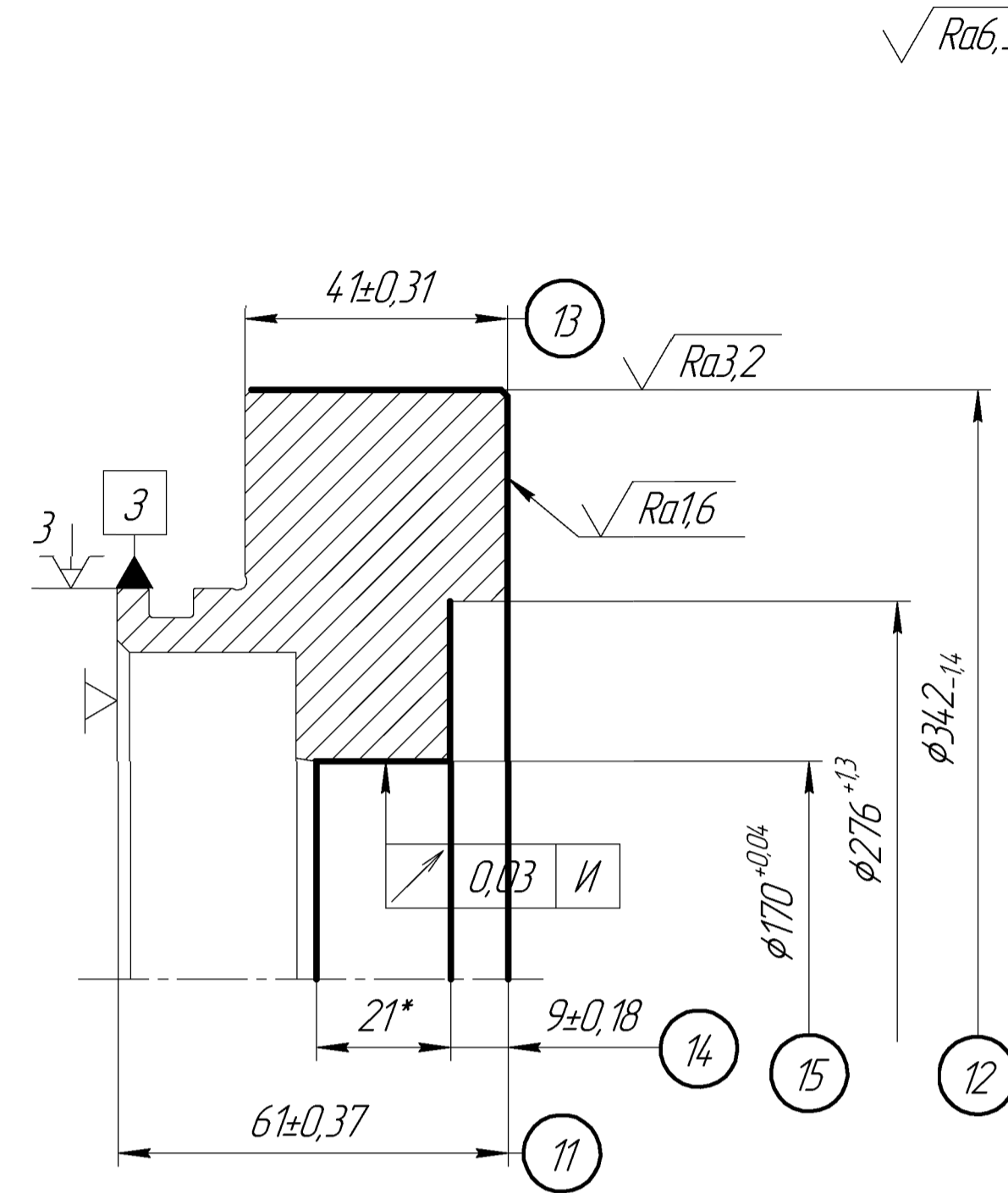
Операція 010 Токарна чистова
токарний з ЧПК MAST ML 500x1000 SH8

Установ А



√ Ra6,3

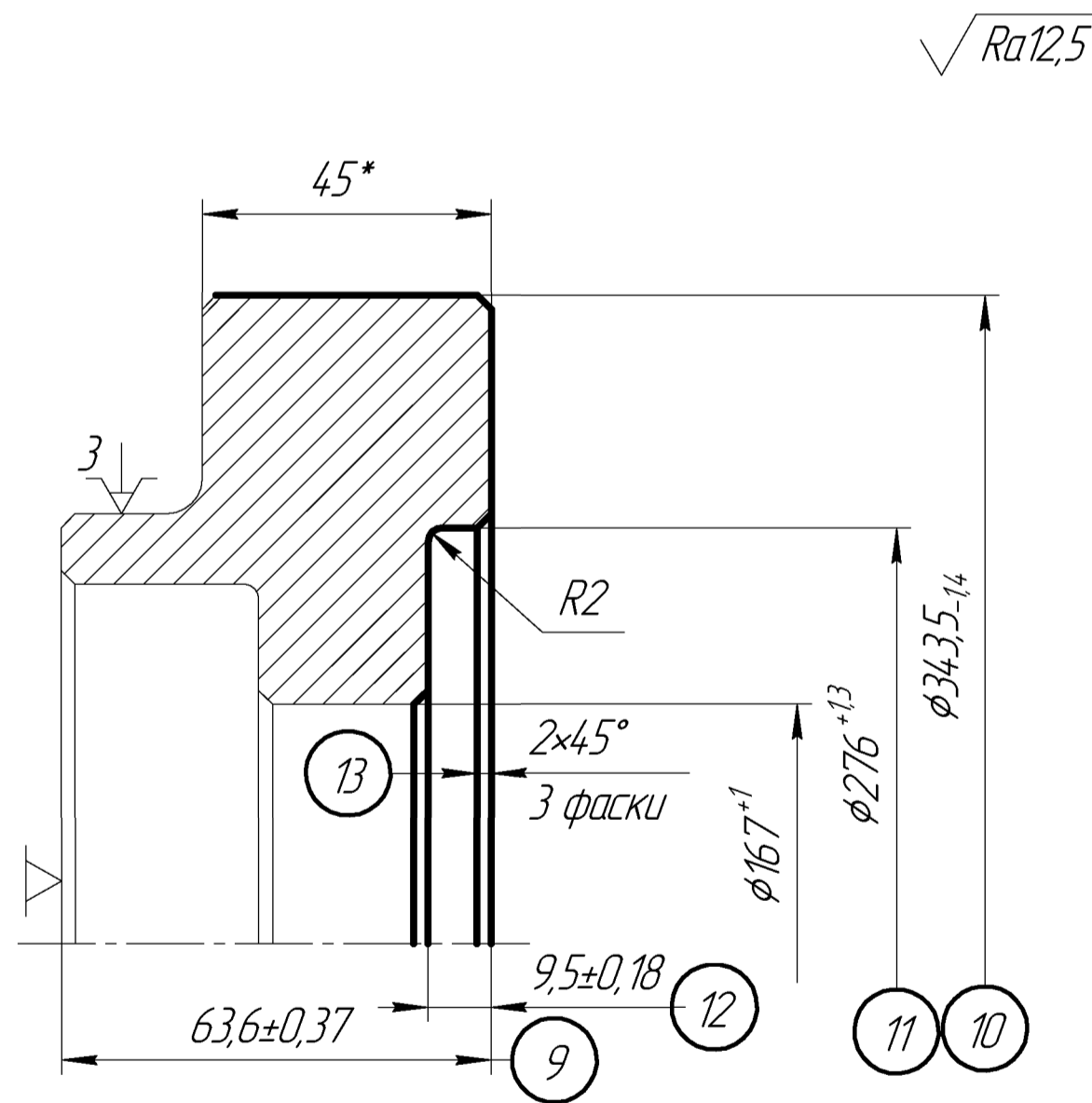
Установ Б



√ Ra6,3

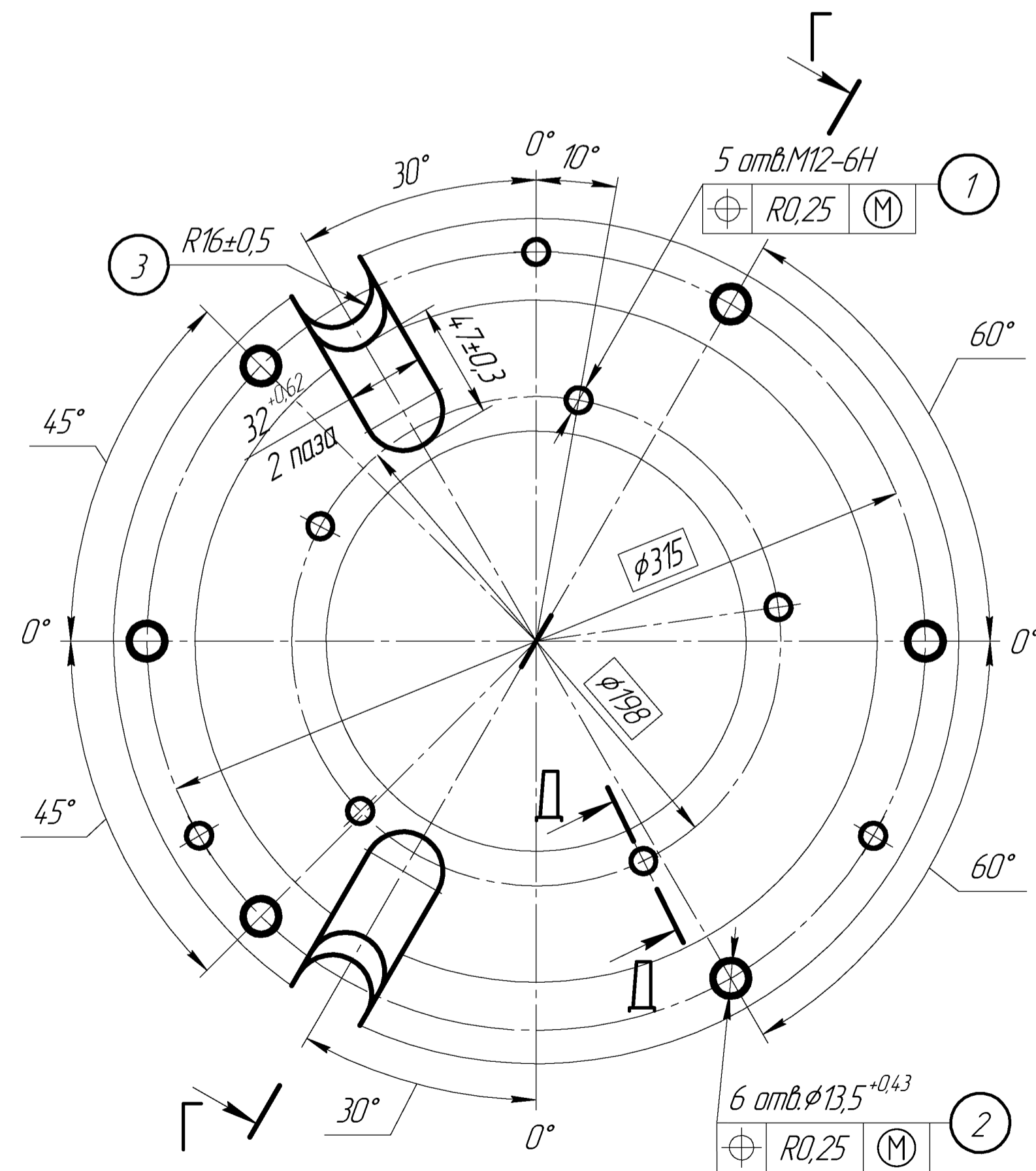
Зміст переходу	t	S	n	V	T ₀	T _{шт}	
Установ А							
Точити торець в розмір 1	0,8	0,4	160	140,6	0,219	13,425	
Точити уступ 2 на довжину 3	2	0,4	160	140,6	0,313		
начисто	1	0,4	160	140,6	0,313		
натанко	0,5	0,4	160	140,6	0,626		
Розточувати пов. 4 на глибину 5	2	0,4	160	130,6	0,734		
начисто	1	0,4	200	163,3	0,588		
Точити канавку 6	0,3	0,15	200	176	0,01		
Точити канавку шириною 7 діаметром 8	9,2	0,4	160	136	0,144		
Точити фаски 9, 10	-	0,4	160	130,6	0,064		
Установ Б							
Точити торець в розмір 11	0,9	0,4	160	172	0,578		
начисто	0,6	0,2	160	172	1,156		
Точити пов. 12 на довжину 13	1,5	0,4	250	133,5	0,82		
Підрізати торець в розмір 14	1,5	0,4	250	133,5	0,21		
начисто	1	0,2	315	168	0,333		
натанко	0,5	0,2	315	168	0,333		
Розточувати пов. 15	1	0,4	200	163,3	0,712		

Установ Б

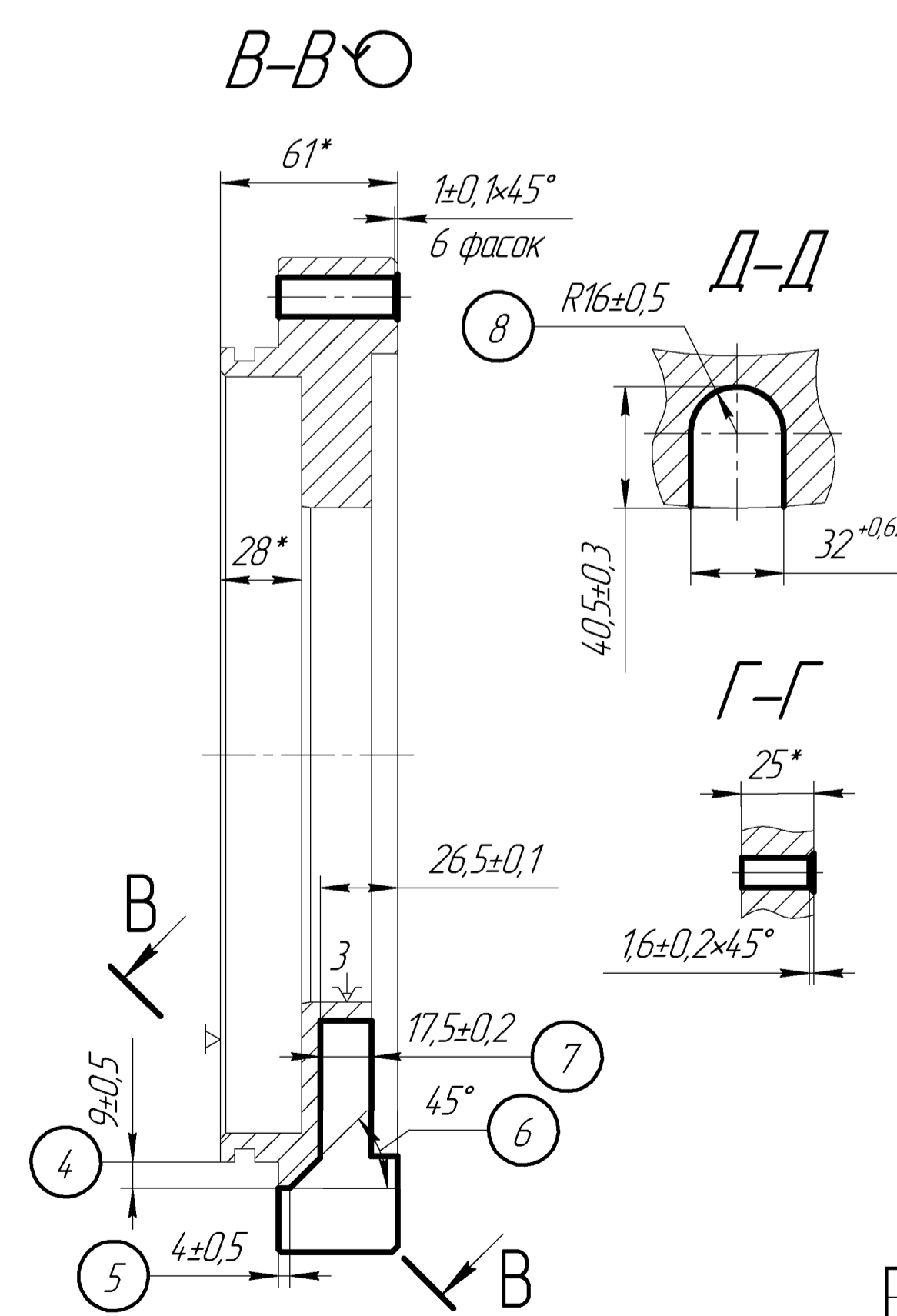


√ Ra12,5

Операція 015 Багатоопераційна
горизонтально-фрезерний з ЧПК Kitamura Mycenter HX500iG



√ Ra6,3



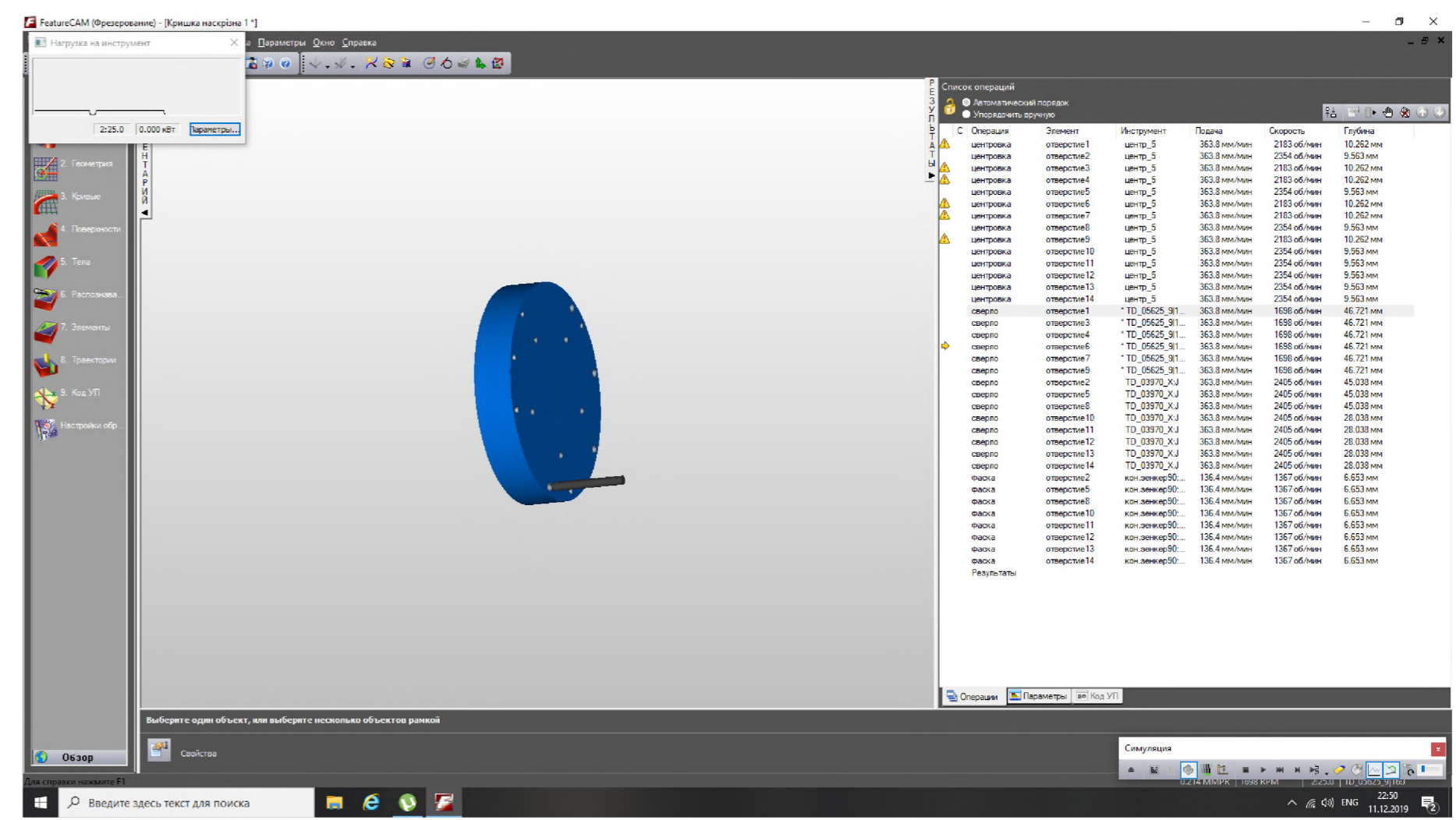
Зміст переходу	t	S	n	V	T ₀	T _{шт}
Свердлити отвори 1	6,75	0,51	400	20	1,326	7,84
Свердлити отвори 2	5,25	0,51	400	20	0,49	
Фрезерувати пази в розміри 3,4,5,6,7,8	16	0,12	160	16,1	2,4	
Нарізати різьду 1	-	1,75	315	11,86	0,265	

* Розміри для довідок

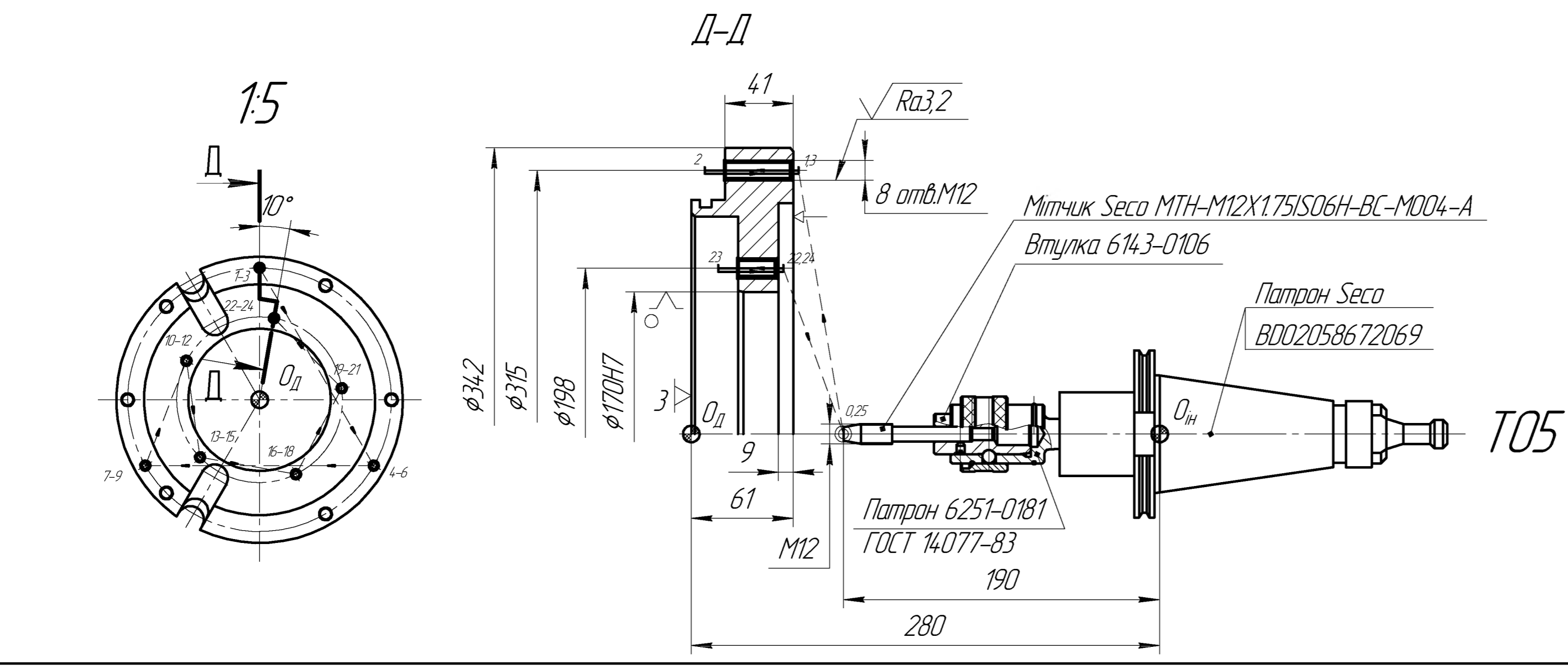
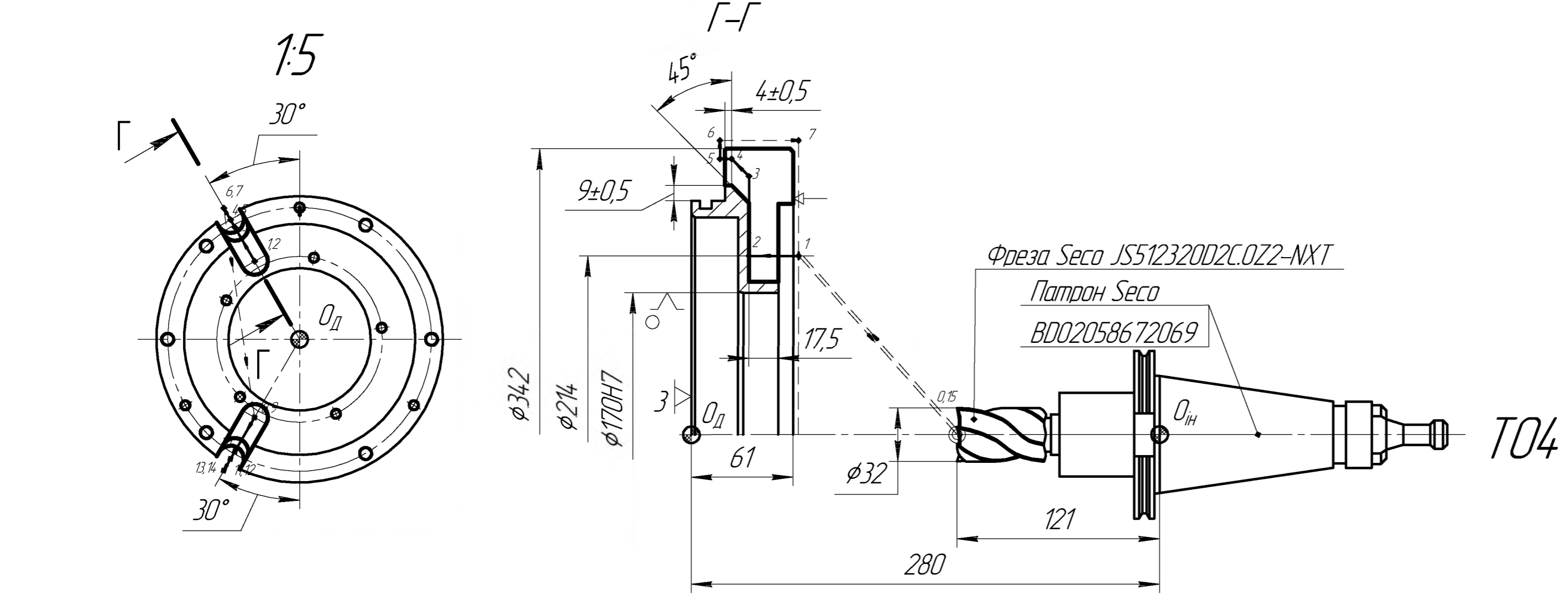
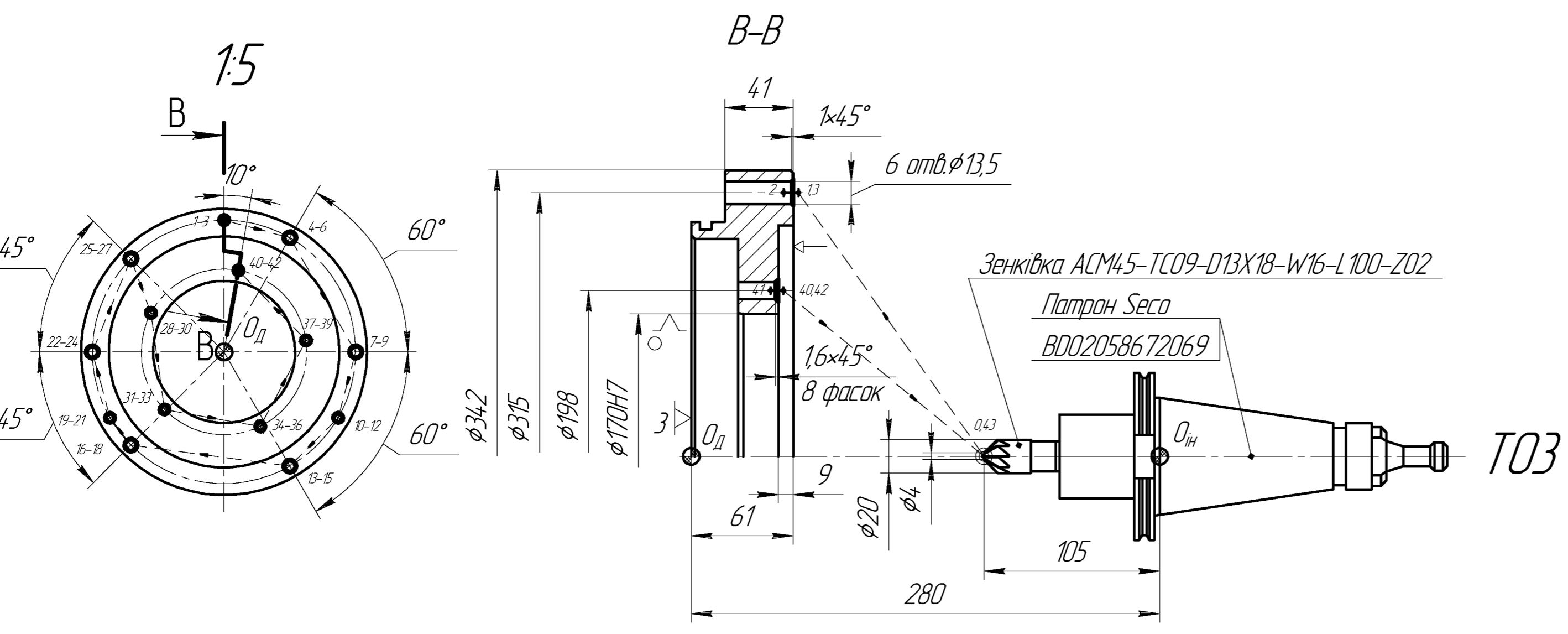
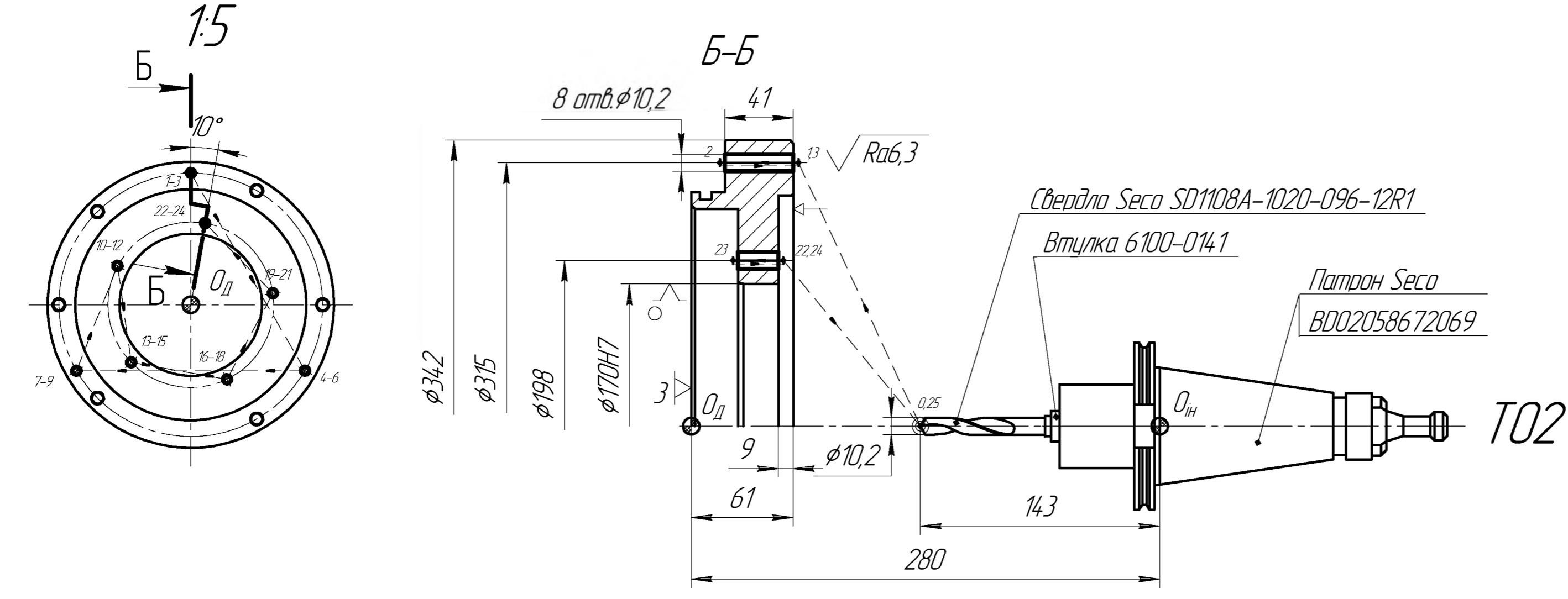
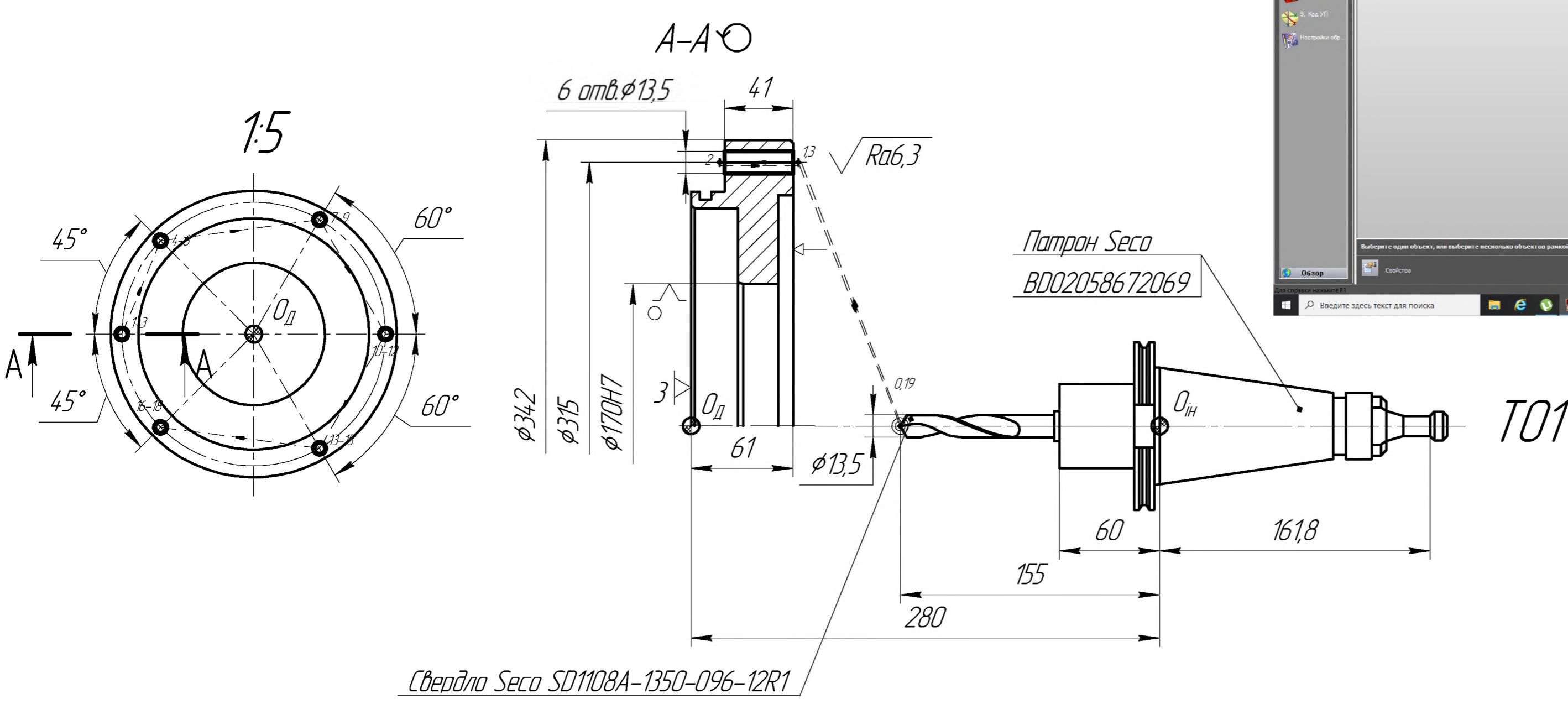
Зміст переходу	t	S	n	V	T ₀	T _{шт}
Установ А						
Точити торець у розмір 1	1,2	0,6	160	14,14	0,169	7,05
Точити уступ 2 на довжину 3	2,5	0,6	125	110,5	0,26	
Розточувати поверхню 4 на глибину 5	3	0,6	250	131,1	0,176	
Розточувати поверхню 6 на глибину 7	4	0,6	125	101	0,373	
Точити фаски 8	-	0,6	125	101	0,064	
Установ Б						
Точити торець 9	1,4	0,6	125	135	0,503	7,05
Точити пов. 10	4,5	0,6	100	108	0,75	
Розточувати пов. 11 на глибину 12	6,5	0,4	125	108,3	1,13	
Точити фаски 13	-	0,6	100	108	0,064	

КНУ.КМР.13124.1-18.ЕОТТ				Лист	Маса	Масштаб
Зм. Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Н		
Розробив	Чеканов					
Керівник	Нечасов					
Начальник	Нечасов					
Заліп	Рязанцев					
Ескізи операцій технологічного процесу				Лист	Листів	1
				Кафедра ТМ гр. ПМ-23М		

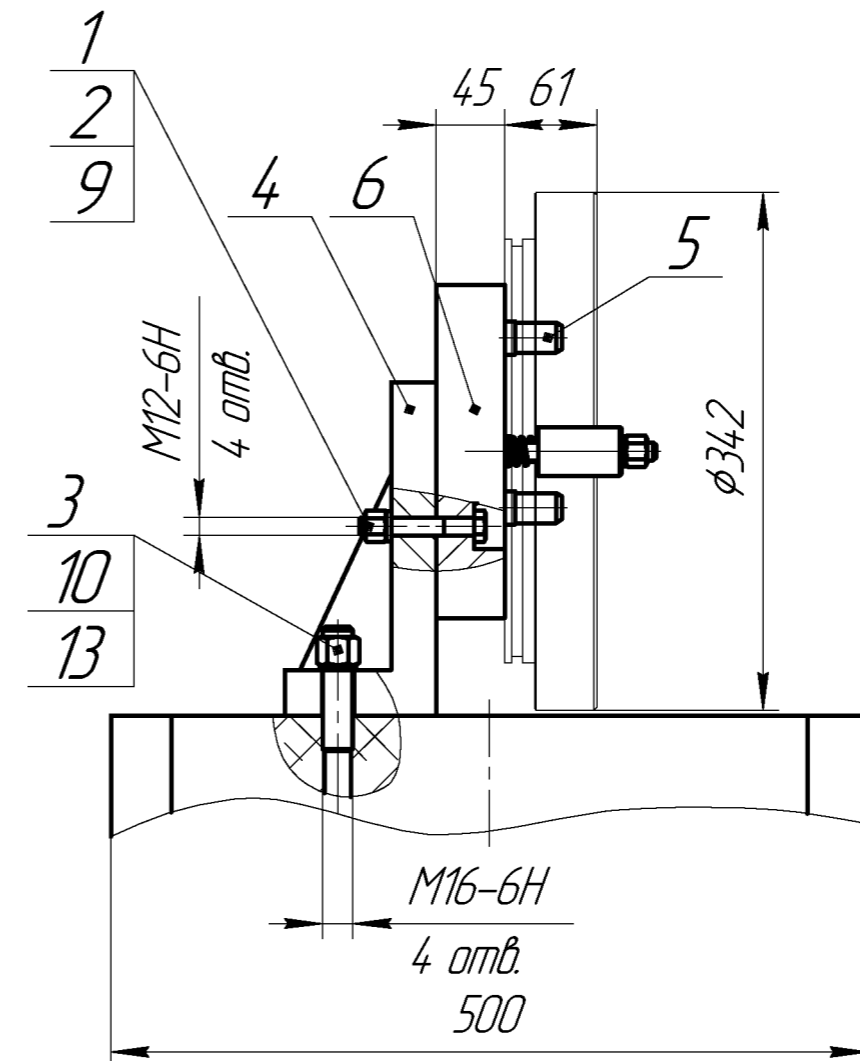
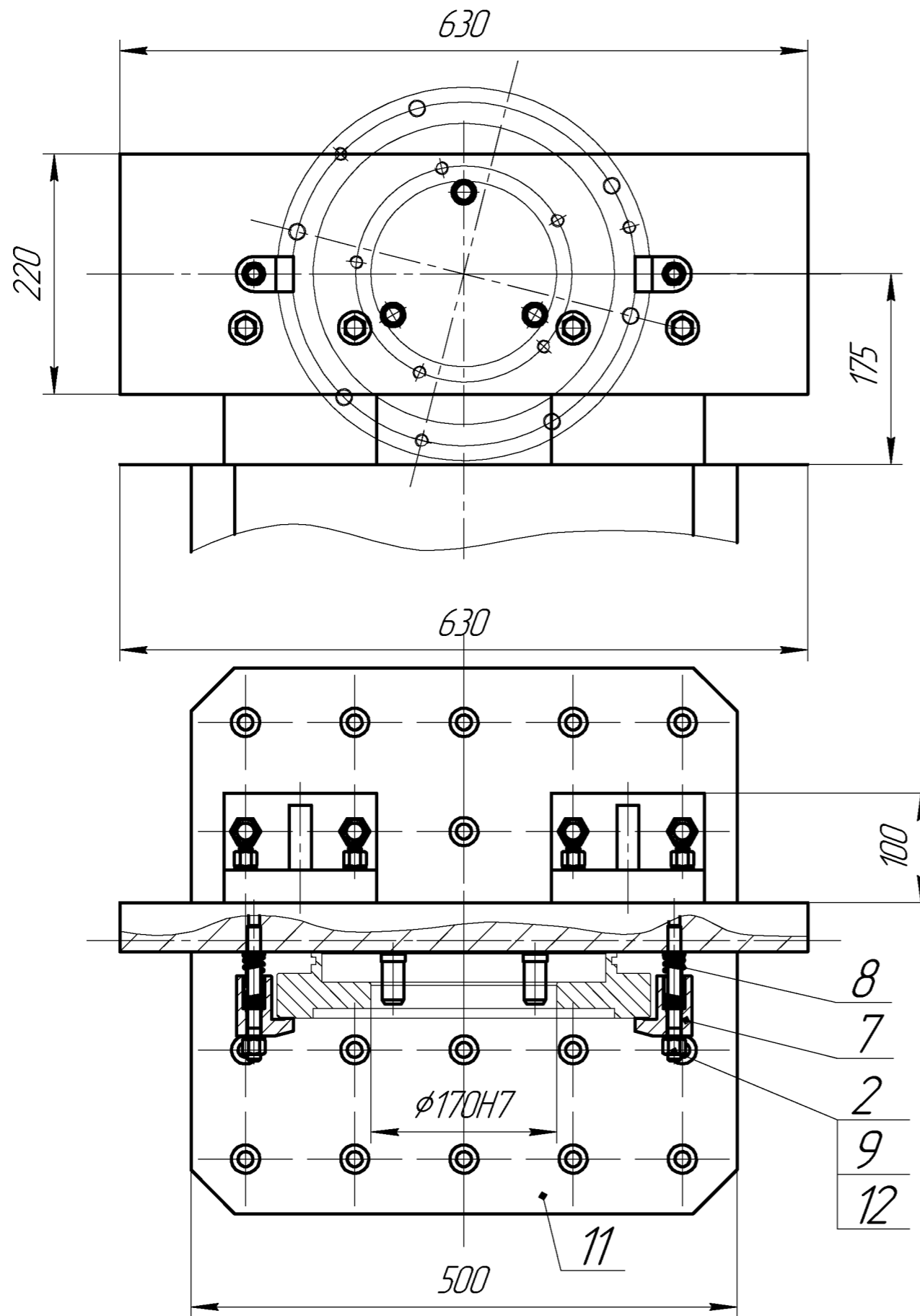
Операція 015 Багатоопераційна горизонтально-фрезерний з ЧПК Kitamura Mycenter HX500iG



КНУКМР.131.24.1-18.ВІН



Інструмент	Точка	Координати			Інструмент	Точка	Координати		
		X	Y	Z			X	Y	Z
T01	0,19	0	0	125	T04	0,14	0	0	159
	1	157,5	0	64		1	53,75	93,097	64
	2	157,5	0	17		2	53,75	93,097	34,5
	3	157,5	0	64		3	77,25	133,8	34,5
	4	111,369	111,369	64		4	82,5	142,894	24
	5	111,369	111,369	17		5	82,5	142,894	17
	6	111,369	111,369	64		6	90,5	156,75	17
	7	-78,75	136,399	64		7	90,5	156,75	64
	8	-78,75	136,399	17		8	53,75	-93,097	64
	9	-78,75	136,399	64		9	53,75	-93,097	34,5
	10	-157,5	0	64		10	77,25	-133,8	34,5
	11	-157,5	0	17		11	82,5	-142,894	24
	12	-157,5	0	64		12	82,5	-142,894	17
	13	-78,75	-136,399	64		13	90,5	-156,75	17
	14	-78,75	-136,399	17		14	90,5	-156,75	64
	15	-78,75	-136,366	64		15	0	0	91
	16	111,369	-111,369	64		1	0	157,5	64
	17	111,369	-111,369	17		2	0	157,5	8
18	111,369	-111,369	64	3	0	157,5	64		
T02	0,25	0	0	137	T05	4	-136,399	-78,75	64
	1	0	157,5	67		5	-136,399	-78,75	8
	2	0	157,5	17		6	-136,399	-78,75	64
	3	0	157,5	64		7	136,399	-78,75	64
	4	-136,399	-78,75	64		8	136,399	-78,75	8
	5	-136,399	-78,75	17		9	136,399	-78,75	64
	6	-136,399	-78,75	64		10	87,412	46,477	55
	7	136,399	-78,75	64		11	87,412	46,477	16
	8	136,399	-78,75	17		12	87,412	46,477	55
	9	136,399	-78,75	64		13	71,215	-68,771	55
	10	87,412	46,477	55		14	71,215	-68,771	55
	11	87,412	46,477	25		15	71,215	-68,771	55
T03	12	87,412	46,477	55	16	-43,398	-88,981	55	
	13	71,215	-68,771	55	17	-43,398	-88,981	16	
	14	71,215	-68,771	25	18	-43,398	-88,981	55	
	15	71,215	-68,771	55	19	-98,037	13,778	55	
	16	-43,398	-88,981	55	20	-98,037	13,778	25	
	17	-43,398	-88,981	55	21	-98,037	13,778	55	
	18	-43,398	-88,981	25	22	-17,191	97,496	55	
	19	-98,037	13,778	55	23	-17,191	97,496	25	
	20	-98,037	13,778	25	24	-17,191	97,496	55	
	21	-98,037	13,778	55	0,43	0	0	175	
	22	-17,191	97,496	55	1	0	157,5	64	
	T04	2	0	157,5	56,3	2	0	157,5	56,3
3		0	157,5	64	3	0	157,5	64	
4		-78,75	136,399	64	4	-78,75	136,399	64	
5		-78,75	136,399	55,25	5	-78,75	136,399	55,25	
6		-78,75	136,399	64	6	-78,75	136,399	64	
7		-157,5	0	64	7	-157,5	0	64	
8		-157,5	0	55,25	8	-157,5	0	55,25	
9		-157,5	0	64	9	-157,5	0	64	
10		-136,399	-78,75	64	10	-136,399	-78,75	64	
11		-136,399	-78,75	56,3	11	-136,399	-78,75	56,3	
12		-136,399	-78,75	64	12	-136,399	-78,75	64	
13		-78,75	-136,399	64	13	-78,75	-136,399	64	
14		-78,75	-136,399	55,25	14	-78,75	-136,399	55,25	
15		-78,75	-136,399	64	15	-78,75	-136,399	64	
16		111,369	-111,369	64	16	111,369	-111,369	64	
17		111,369	-111,369	55,25	17	111,369	-111,369	55,25	
18		111,369	-111,369	64	18	111,369	-111,369	64	
19		136,399	-78,75	64	19	136,399	-78,75	64	
20		136,399	-78,75	56,3	20	136,399	-78,75	56,3	
21		136,399	-78,75	64	21	136,399	-78,75	64	
22		157,5	0	64	22	157,5	0	64	
23		157,5	0	55,25	23	157,5	0	55,25	
24		157,5	0	64	24	157,5	0	64	
25		111,369	111,369	64	25	111,369	111,369	64	
26	111,369	111,369	55,25	26	111,369	111,369	55,25		
27	111,369	111,369	64	27	111,369	111,369	64		
28	87,412	46,477	55	28	87,412	46,477	55		
29	87,412	46,477	47,345	29	87,412	46,477	47,345		
30	87,412	46,477	55	30	87,412	46,477	55		
31	71,215	-68,771	55	31	71,215	-68,771	55		
32	71,215	-68,771	47,345	32	71,215	-68,771	47,345		
33	71,215	-68,771	55	33	71,215	-68,771	55		
34	-43,398	-88,981	55	34	-43,398	-88,981	55		
35	-43,398	-88,981	47,345	35	-43,398	-88,981	47,345		
36	-43,398	-88,981	55	36	-43,398	-88,981	55		
37	-98,037	13,778	55	37	-98,037	13,778	55		
38	-98,037	13,778	47,345	38	-98,037	13,778	47,345		
39	-98,037	13,778	55	39	-98,037	13,778	55		
40	-17,191	97,496	55	40	-17,191	97,496	55		
41	-17,191	97,496	47,345	41	-17,191	97,496	47,345		
42	-17,191	97,496	55	42	-17,191	97,496	55		



1. Технологічне оснащення розроблене для свердильної операції з ЧПК.
2. Похибка базування деталі $\epsilon_i = 0,125$ мм.
3. Момент затяжки гвинта прихвату не менше $7,5 \text{ Н}\cdot\text{м}$
4. Похибка пристосування $\delta_z = 138$ мкм.
5. Невказані граничні відхилення: H14, h14, $\pm \frac{IT14}{2}$.

				КНУ.КМР.131.24.1-18.01			
Зм. Лист	№ док.м.	Підпис	Дата	Оснащення технологічне	Лит.	Маса	Масштаб
					Н		1:5
Розробив	Чернав			Лист	Листів	1	
Керівник	Нечаєв			Кафедра ТМ гр. ПМ-23М			
Н.контр.	Нечаєв						
Затв.	Рязанцев						

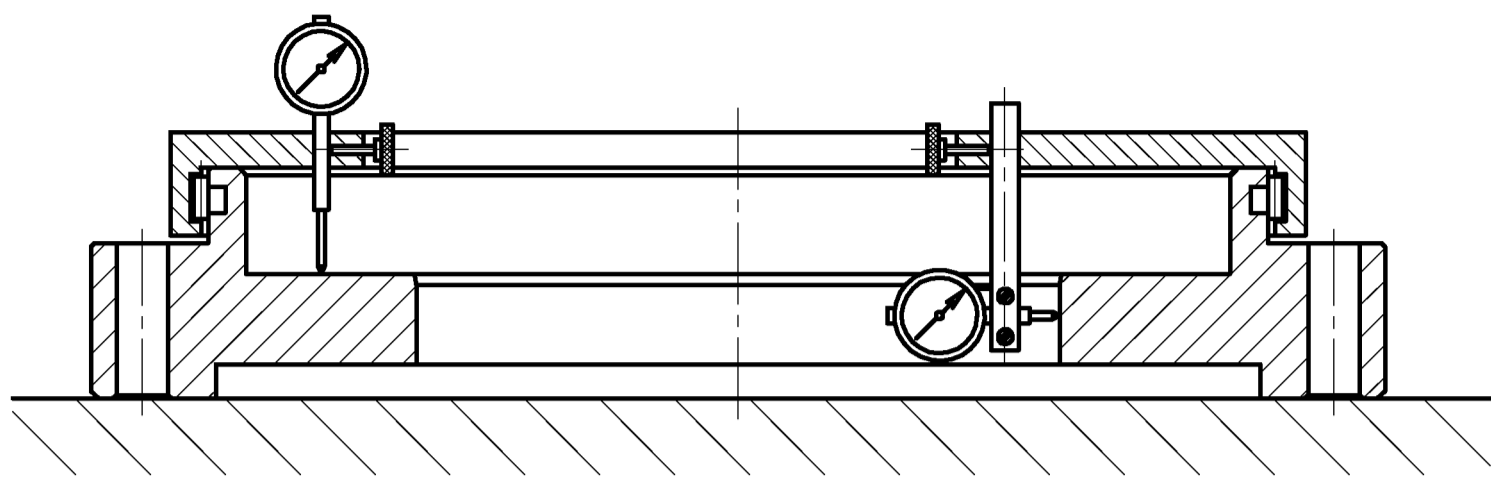


Схема 1 – Контроль відхилення від перпендикулярності торцевої поверхні та радіального диття циліндричної поверхні відносно бази И

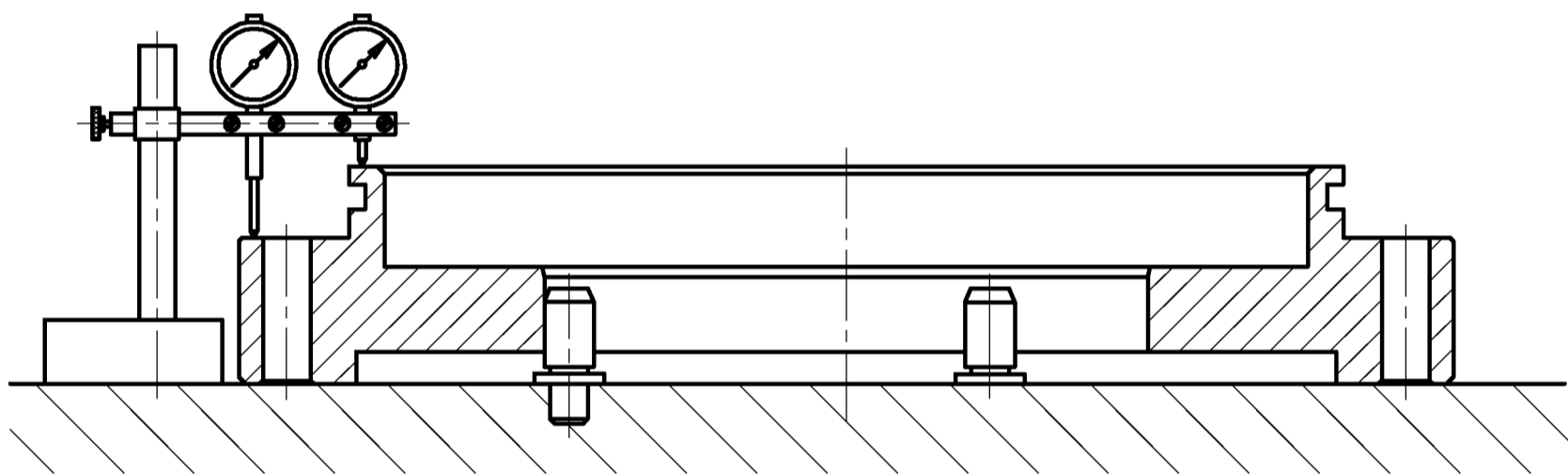


Схема 2 – Контроль відхилення від паралельності торцевих поверхонь відносно бази К

1. При складанні забезпечити вільне обертання планшайби
2. Пари тертя вкрити змазкою ЦИАТИМ-201
3. Сумарна похибка пристрою $\delta_z = 0,0145$ мм
4. Похибка індикатору 0,001 мм

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-18.СККП</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Схема конструкції контрольного пристрою</i>	<i>Лит.</i>	<i>Маса</i>	<i>Масштаб</i>
<i>Розробив</i>		<i>Чернов</i>				<i>Н</i>		<i>1:1</i>
<i>Керівник</i>		<i>Нечаєв</i>				<i>Лист</i>	<i>Листів</i>	<i>1</i>
<i>Н.контр.</i>		<i>Нечаєв</i>			<i>Кафедра ТМ гр. ПМ-23М</i>			
<i>Затв.</i>		<i>Рязанцев</i>						

БАГАТОФАКТОРНИЙ ВПЛИВ НА ШОРСТКІСТЬ ОБРОБЛЕНОЇ ПОВЕРХНІ



а

б

Процес високошвидкісної обробки титанового сплаву BT3 (а) та тепловий знімок (б): $V = 370$ м/хв, $S = 0,05$ мм/зуб, $t = 1,1$ мм



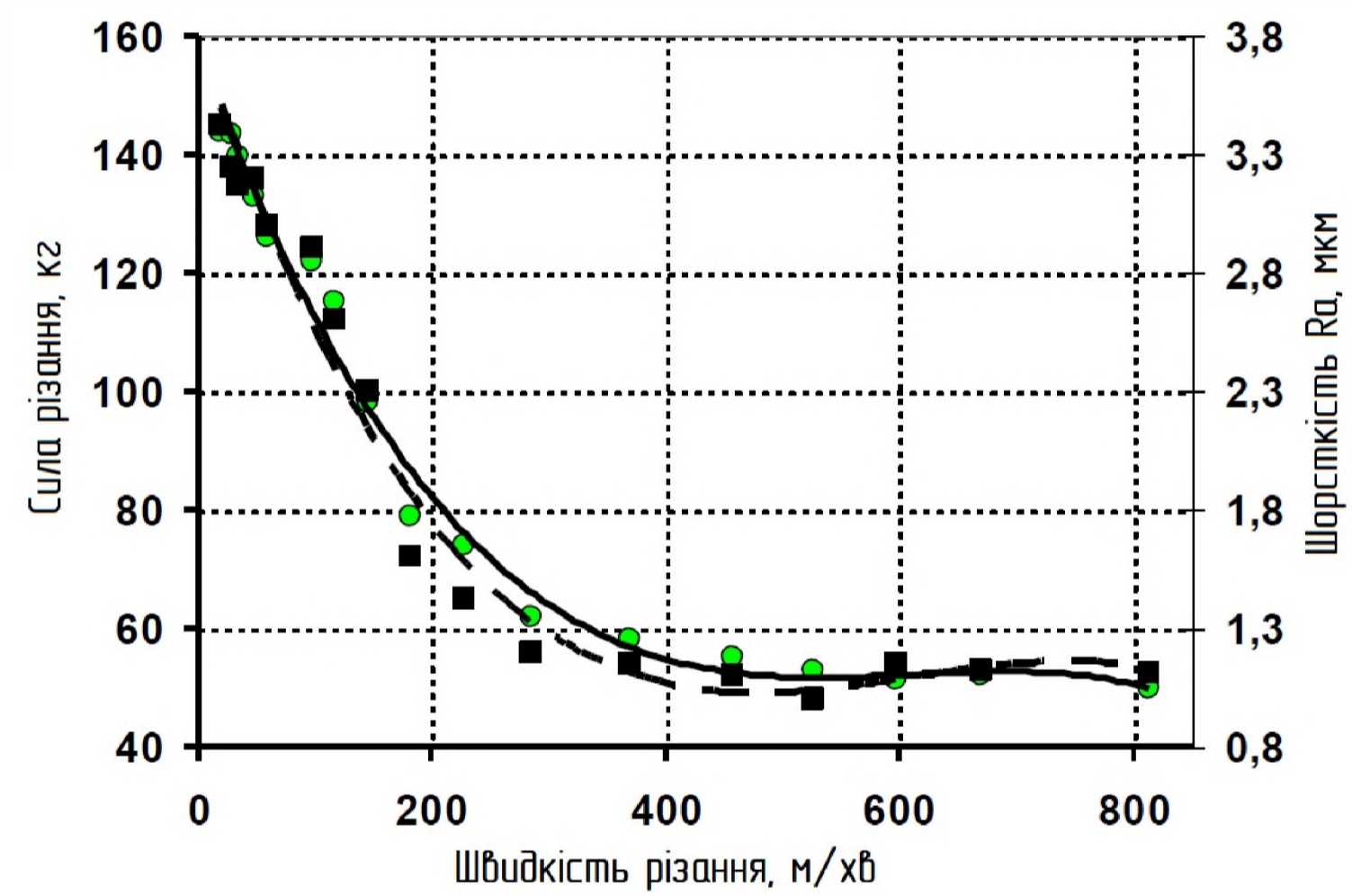
а

б

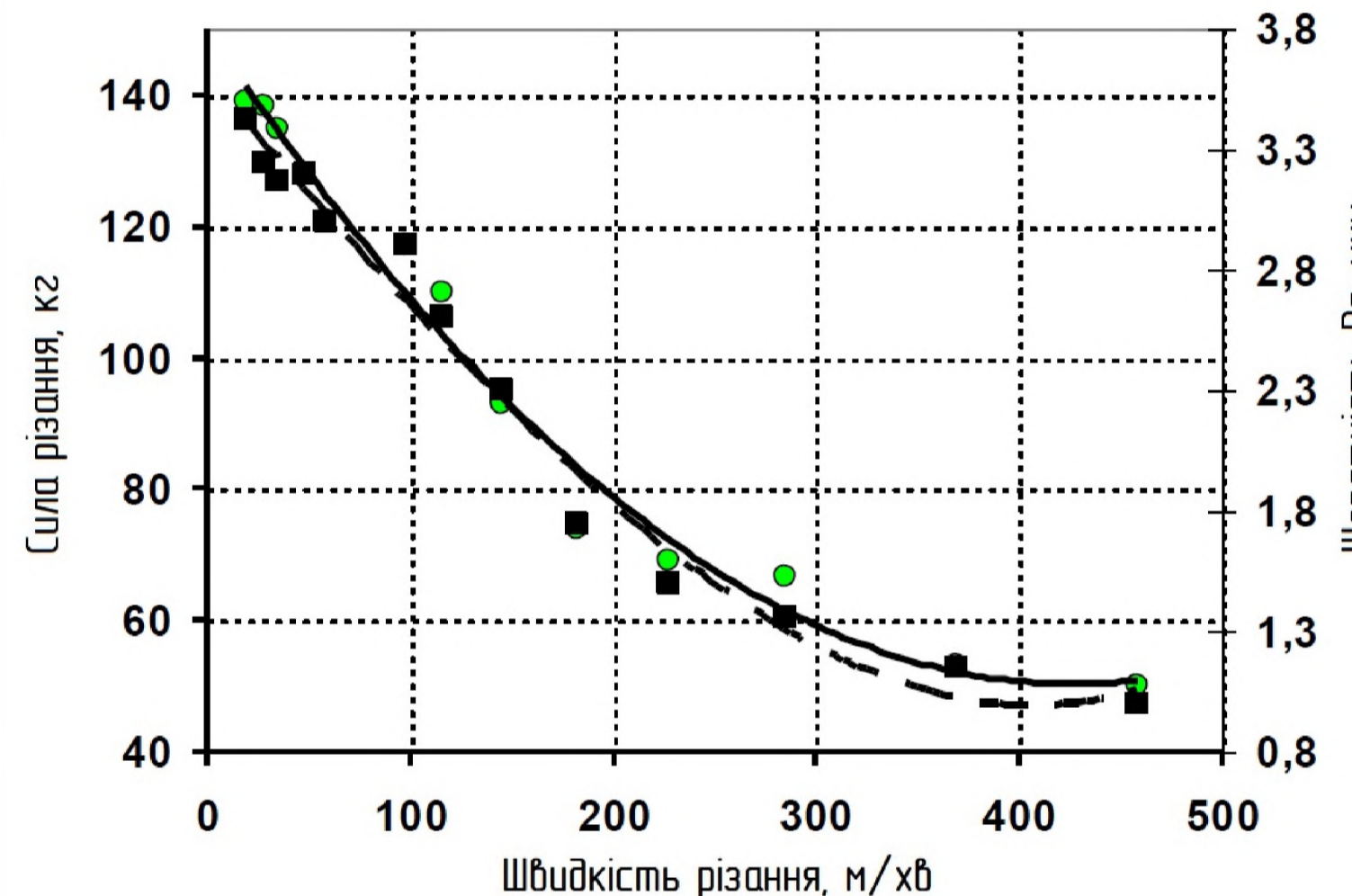
Процес високошвидкісної обробки загартованої сталі 45 твердістю 52HRC (а) та тепловий знімок (б): $V = 448$ м/хв, $S = 0,05$ мм/зуб, $t = 1,2$ мм

	Ra	Rz	Rq	Rp	Rc	Rt	Rv	Rku	Rsk	Rsm
Ra	1,00	0,91	0,99	0,94	0,91	0,86	0,74	-0,28	-0,13	0,18
Rz	0,91	1,00	0,92	0,93	0,84	0,98	0,92	-0,14	-0,30	-0,03
Rq	0,99	0,92	1,00	0,95	0,91	0,88	0,76	-0,24	-0,15	0,15
Rp	0,94	0,93	0,95	1,00	0,86	0,89	0,72	0,01	-0,03	0,06
Rc	0,91	0,84	0,91	0,86	1,00	0,78	0,69	-0,20	-0,04	0,34
Rt	0,86	0,98	0,88	0,89	0,78	1,00	0,93	-0,11	-0,29	-0,10
Rv	0,74	0,92	0,76	0,72	0,69	0,93	1,00	-0,28	-0,53	-0,13
Rku	-0,28	-0,14	-0,24	0,01	-0,20	-0,11	-0,28	1,00	0,58	-0,24
Rsk	-0,13	-0,30	-0,15	-0,03	-0,04	-0,29	-0,53	0,58	1,00	0,22
Rsm	0,18	-0,03	0,15	0,06	0,34	-0,10	-0,13	-0,24	0,22	1,00

Кореляційна залежність параметрів шорсткості при фрезеруванні кінцевою сферичною фрезою



Кореляційна залежність сили різання (суцільна лінія) та шорсткості поверхні (пунктирна лінія) від швидкості різання при обробці загартованої сталі 45 ($s = 0,05$ мм/зуб; $t = 1,2$ мм)



Кореляційна залежність сили різання (суцільна лінія) та шорсткості поверхні (пунктирна лінія) від швидкості різання при обробці титанового сплаву BT3 ($s = 0,05$ мм/зуб; $t = 1$ мм)

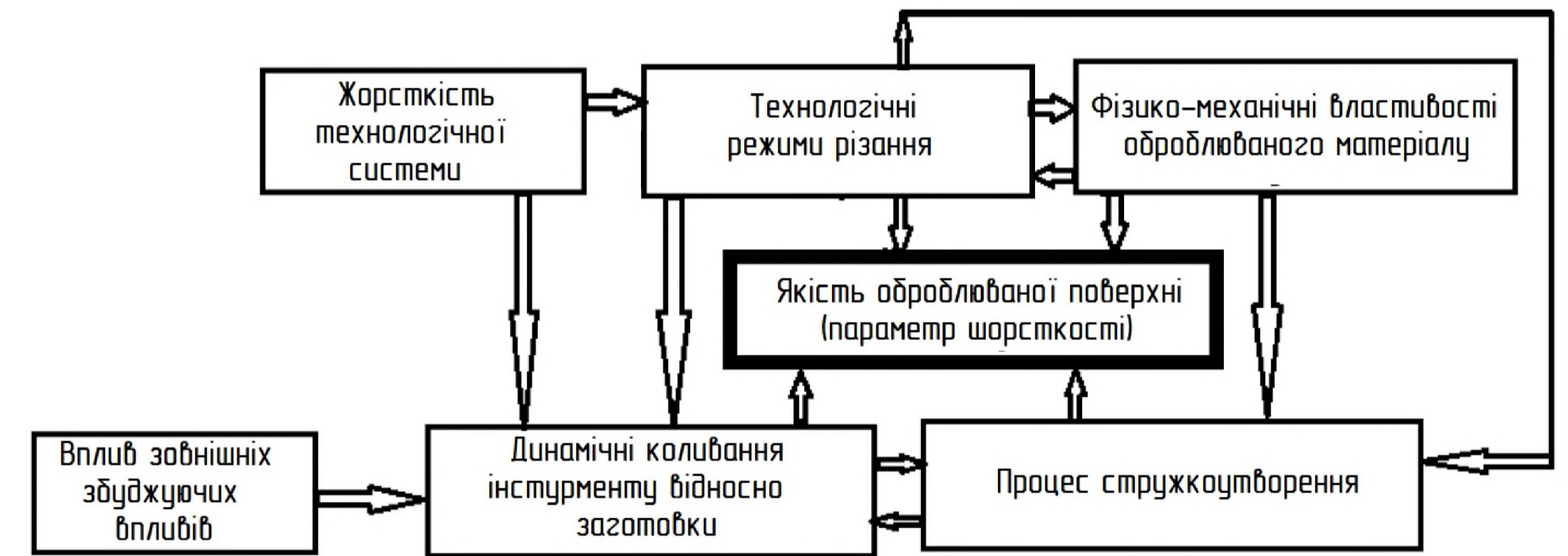
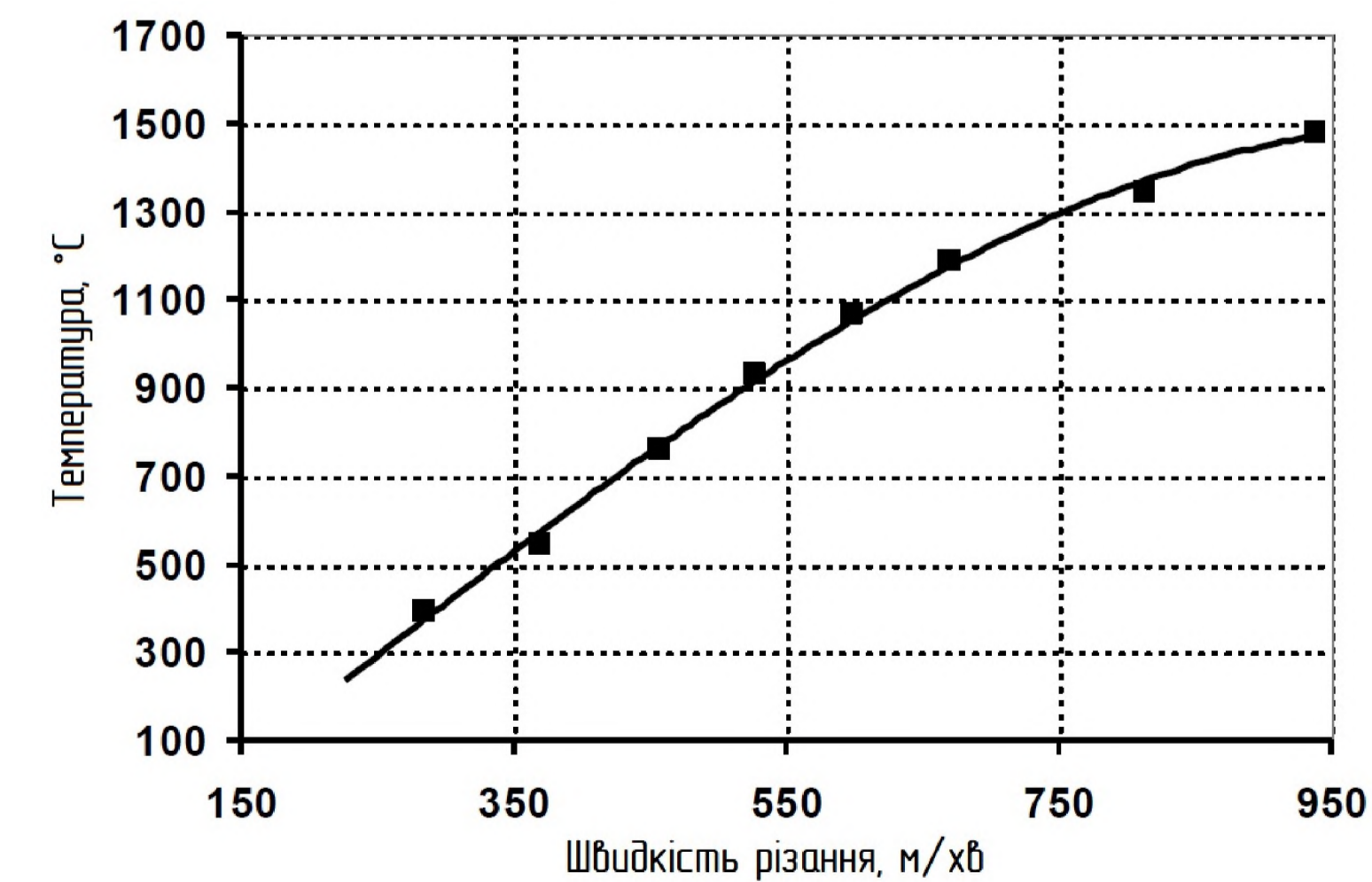
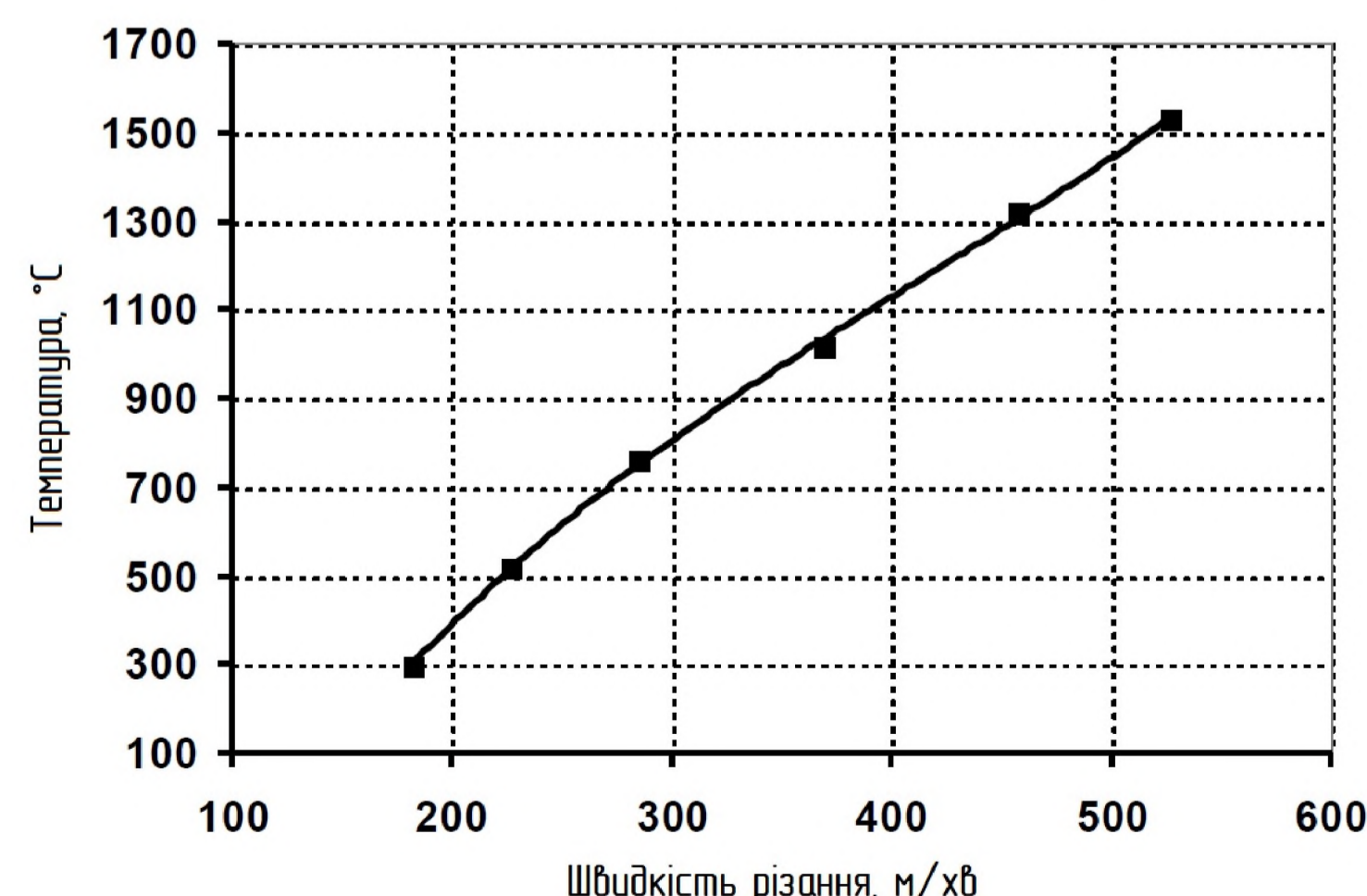


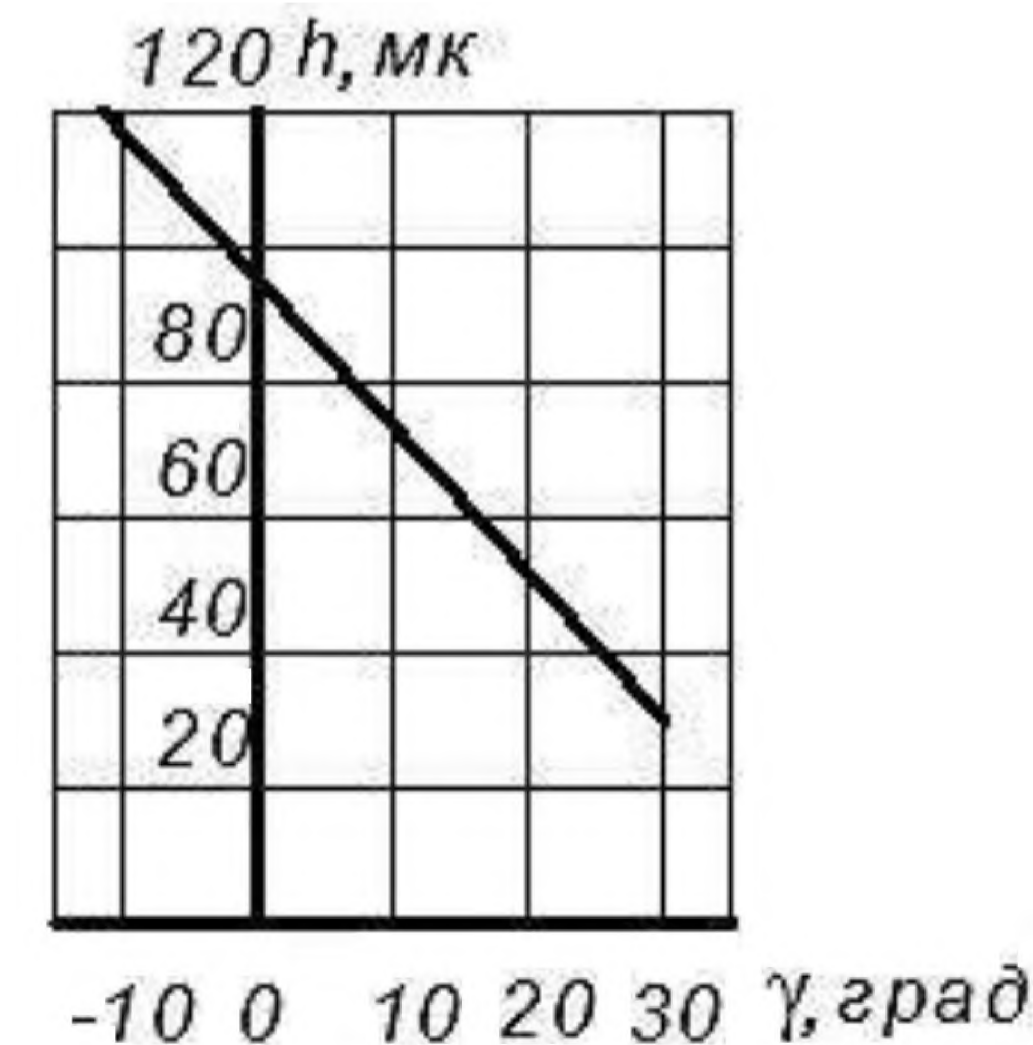
Схема взаємовпливу факторів на якість обробки



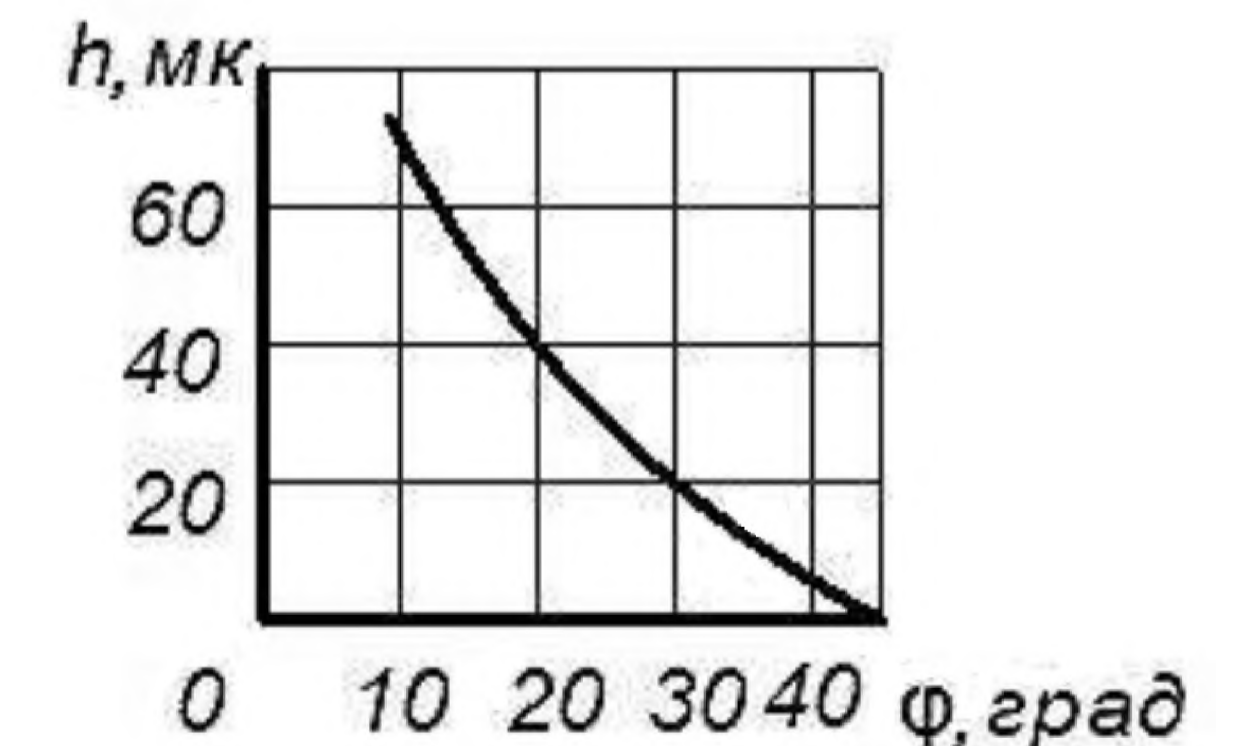
Залежність середньої температури поверхні стружки від швидкості різання при обробці загартованої сталі 45 ($s = 0,05$ мм/зуб; $t = 1,2$ мм)



Залежність середньої температури поверхні стружки від швидкості різання під час обробки титанового сплаву BT3 ($s = 0,05$ мм/зуб; $t = 1$ мм)



Залежність шорсткості поверхні від переднього кута



Залежність шорсткості поверхні від головного кута в плані