

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
«Вал-шестерня» дроселя з використанням CAD-CAM систем

Виконав: магістрант
групи ПМ-23м
Степаненко І.Ю.

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
«Вал-шестерня» дроселя з використанням САD-САМ систем

Виконав магістрант гр. ПМ-23м

(підпис)

Степаненко І.Ю.

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 Степаненко Ігора Юрійовича

1. Тема: Розробка технологічного забезпечення виготовлення деталі «Вал-шестерня» дроселя з використанням CAD-CAM систем.

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 «Вал-шестерня». 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. Дросель 400 (складальне креслення). 2. Вал-шестерня. 3. Вал-шестерня (поковка). 4. Ескізи операцій. 5. Верстатно-інструментальне налагодження. 6. Візуалізація токарної обробки у FeatureCAM. 7. Верстатне пристосування. 8. Контрольний пристрій. 9. План механоскладального цеху. 10. Наукова 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 _____ / Степаненко І.Ю./

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<i>Документація</i>						
A4		1	КНУ.КМР.131.24.1-13.ПЗ	Пояснювальна записка	124	
A4		2	КНУ.КМР.131.24.1-13.ТД	Альбом тех.карт на ТП виготовлення деталі	29	
<i>Креслення</i>						
A1		3	ККНУ.КМР.131.24.1-13.ДСК	Дросель $\phi 400$ (складальне креслення)	1	
A1		4	КНУ.КМР.131.24.1-13.ВШ	Вал-шестрєня	1	
A3		5	КНУ.КМР.131.24.1-13.ВШП	Вал-шестрєня (поковка)	1	
A1		6	КНУ.КМР.131.24.1-13.ЕО	Ескізи операцій	2	
A1		7	КНУ.КМР.131.24.1-13.ВІН	Верстатно-інструментальне налагодження	1	
A2		8	КНУ.КМР.131.24.1-13.ВТО	Візуалізація токарної обробки у FeatureCAM	1	
A1		9	КНУ.КМР.131.24.1-13.ВП	Верстатне пристосування	1	
A3		10	КНУ.КМР.131.24.1-13.КП	Контрольний пристрій	1	
A1		11	КНУ.КМР.131.24.1-13.НЧ	Наукова частина	1	
A1		12	КНУ.КМР.131.24.1-13.ПМЦ	План механоскладального цеху	1	
КНУ.КМР.131.24.1-13.ВМКМР						
Изм. Лист		№ докум.		Подп.		Дата
Разрад. Степаненко						
Проб. Нечаєв						
Н.контр. Нечаєв						
Утв. Рязанцев						
Відомість матеріалів КМР				Лит.	Лист	Листов
				Н		1
Каф. ТМ гр. ПМ-23м						
<i>Копіював</i>				<i>Формат А4</i>		

РЕФЕРАТ

Тема роботи: «Розробка технологічного забезпечення виготовлення деталі «Вал-шестерня» дроселя з використанням САD-САМ систем»

Пояснювальна записка до КМР: 124 стор., 34 рисунки, 28 таблиць, 10 листів графічної частини.

Тема дослідження магістерської роботи спрямована на створення ефективного процесу виготовлення складних механічних деталей, зокрема вал-шестерні, що використовуються у дроселях різноманітних автомобільних систем. У рамках цього дослідження буде вивчено сучасні методи проектування та виробництва, які сприяють підвищенню точності, зниженню витрат та поліпшенню якості кінцевого продукту.

Актуальність теми обумовлена постійним зростанням вимог до якості та точності механічних компонентів в машинобудівній промисловості. Сучасні технології САD-САМ дозволяють автоматизувати процеси проектування та виготовлення, що сприяє підвищенню конкурентоспроможності підприємств. Використання САD-САМ систем у виготовленні деталей, таких як вал-шестерня, є критично важливим для забезпечення надійності та ефективності роботи автомобільних систем, що підвищує інтерес до дослідження даної теми.

Метою даної роботи є розробка технологічного забезпечення виготовлення деталі «Вал-шестерня» з урахуванням сучасних САD-САМ технологій. Для досягнення цієї мети поставлено такі завдання:

- аналіз існуючих технологій виготовлення валів і шестерень;
- розробка конструкторської документації на деталь «Вал-шестерня»;
- моделювання процесу виготовлення у САD-САМ системах.

Дослідження присвячене розробці технологічного забезпечення виготовлення вал-шестерні дроселя за допомогою сучасних САD-САМ систем. У роботі аналізуються існуючі технології виробництва, розробляється конструкторська документація та моделюється процес виготовлення деталі. Отримані результати сприятимуть підвищенню точності та якості механічних компонентів, що є важливим для сучасної автомобільної промисловості. Робота також містить експериментальні дослідження, що підтверджують ефективність запропонованих технологічних рішень.

САD-САМ СИСТЕМИ, ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ, ВАЛ-ШЕСТЕРНЯ,
ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ, АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ,
ПРОЕКТУВАННЯ.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-13.P</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		<i>Степаненко</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	29
3.1 Техніко-економічний аналіз вихідних даних для обробки деталі	29
3.2 Проектування технологічного процесу обробки деталі	37
4 Моделювання та програмування операцій механічної обробки	79
4.1 Розробка верстатно–інструментального налагодження та розрахунково-технологічної карти для операції на верстатах з ЧПК	79
4.2 Візуалізація та перевірка керуючих програм	82
5 Конструкторська підготовка виробництва	85
5.1 Проектування технологічного оснащення	85
5.2 Проектування контрольного оснащення	93
6 Організаційно-економічна підготовка виробництва	97
6.1 Проектування механоскладального цеху	97
6.2 Охорона праці та екологія виробництва	107
6.3 Розрахунки ключових техніко-економічних показників	111
7 Комплексна оцінка ефективності проектних рішень з використанням інноваційно-наукових ресурсів	114
7.1 Методика проведення досліджень	116
7.2 Результати досліджень	117
7.3 Висновок	121
Висновки	122
Список використаних джерел	123
Додатки	125

					<i>КНУ.КМР.131.24.1–13.3</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		<i>Степаненко</i>			<i>Зміст</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>						

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.131.24.1-13.В</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Степаненко</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 роботи зосереджена на розробці технологічного процесу виготовлення деталі «Вал-шестерня» дроселя з використанням CAD-CAM систем. Основними вихідними даними є креслення деталі «Вал-шестерня», складальне креслення дроселя (рис. 1.1), а також річний обсяг виробництва цієї деталі, що становить 1500 одиниць.

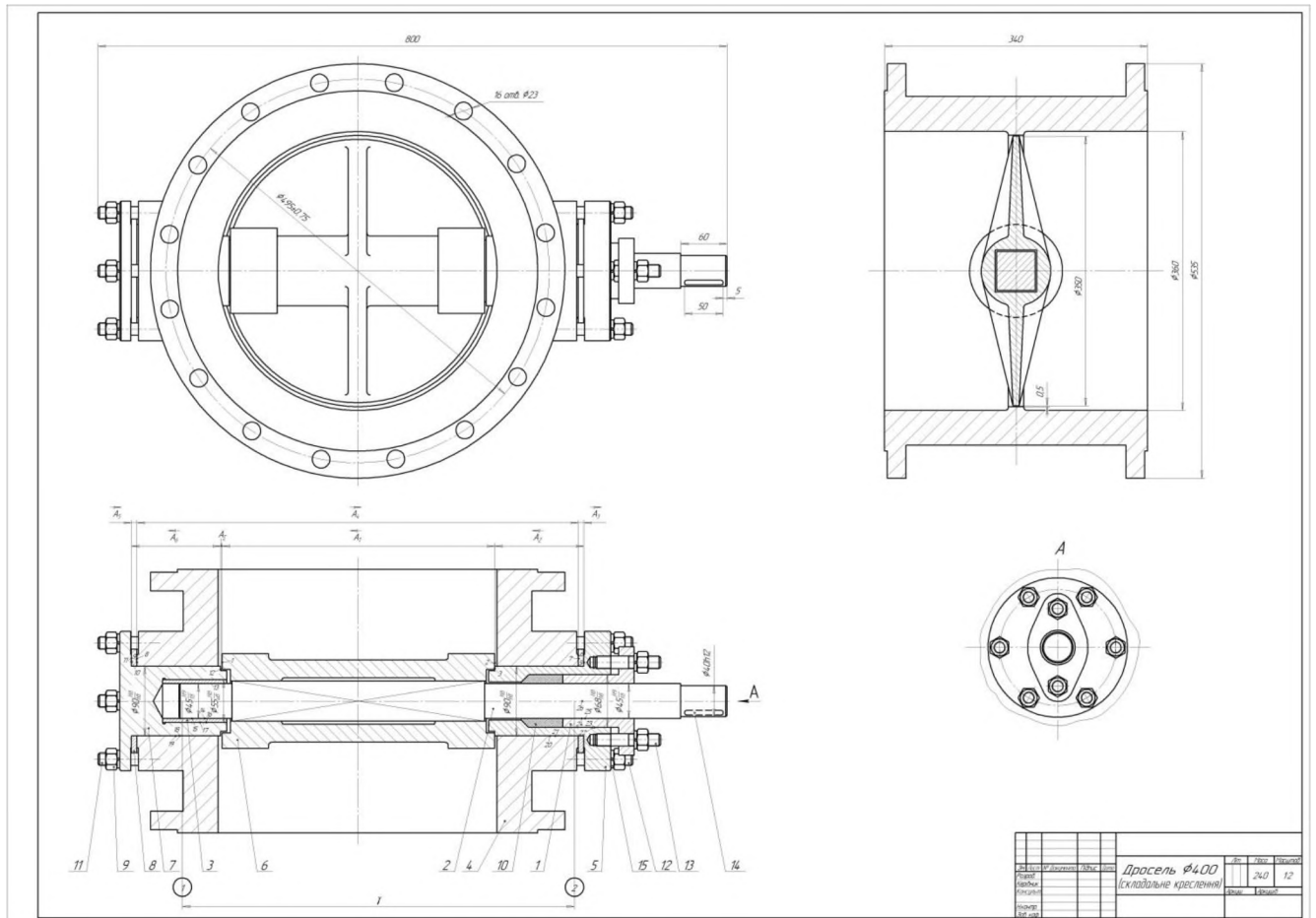


Рисунок 1.1 – Складальне креслення дроселя

Метою даної роботи є розробка технологічного забезпечення виготовлення деталі «Вал-шестерня» з урахуванням сучасних CAD-CAM технологій.

Об'єктом дослідження є процес виготовлення деталей у виробничих умовах.

Предметом дослідження виступає технологічне забезпечення виготовлення вал-шестерні дроселя з використанням CAD-CAM систем, а також вплив цих систем на підвищення ефективності виробничих процесів.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-13.01.РЧТЗ</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>Розробка та узгодження технічного завдання</i>	Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.		<i>Степаненко</i>						
Перевір.		<i>Нечаєв</i>						
Реценз.								
Н. Контр.		<i>Нечаєв</i>						
Зав. каф.		<i>Рязанцев</i>			<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-23м</i>			

1.2 Службове призначення об'єкту проєктної задачі

Задана деталь входить до складу дроселя, який у свою чергу є частиною дросельної групи (рис. 1.2) – це комплекс дросельних клапанів (розташованих паралельно), застосовується для очищення газу: встановлюється в газоочисних комплексах доменних печей.

Доменний газ, що утворюється в печі, забруднений колошниковим пилом (частки руди, коксу, агломерату, вапняку тощо). При цьому коксові печі та пальники доменних повітрянагрівачів вимагають очищення газу до концентрації пилу не вище 10 мг/м³. З цією метою на металургійних підприємствах застосовують очищення доменного газу на кілька етапів. Найякісніша – «тонка очистка» (концентрація пилу до 10 мг/м³) доменного газу здійснюється у дросельній групі.



Рисунок 1.2 – Загальний вигляд дросельної групи

Принцип роботи дросельної групи:

Системи газоочищення у металургійному виробництві працюють із підвищеним тиском газу на колошнику - дросельні групи регулюють тиск газу та очищають його від пилу.

1. Дросельні групи штучно створюють опір проходу робочого середовища в газоході (шляхом зменшення прохідного перерізу – закриття частини дроселів) – за рахунок чого підвищується тиск газу під колошником доменної печі.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-13.01.РУТЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Принцип роботи дросельного комплексу аналогічний принципу роботи труб-розпилувачів (Вентурі), але у дросельній групі енергія не відновлюється – вона витрачається для турбулентного перемішування води та газу.

3. Чим швидше подача газу і чим більша кількість води, що подається для зрошення (до дросельних клапанів підводять воду, що розбризкується за допомогою форсунок) – тим вищий рівень його очищення в дросельному пристрої.

4. Напрямок руху газу також сприяє виділенню з газового потоку пилу та коагуляції його частинок. Такий пил добре вловлюють і наступні агрегати.

Дросельні групи забезпечують високу якість очищення газу в умовах підвищеного тиску газу на колошнику (при перепаді тиску більше 20-30 кПа вміст пилу в газі знижується до 5-10 мг/м³), що робить незамінним їх застосування для чорної металургії – в доменній печі – це спростить та здешевить систему газоочищення.

1.3 Вимоги до методів проектування, обладнання та технологій

З огляду на те, що тематика магістерської роботи передбачає використання систем автоматизації, зокрема CAD-систем, на основі отриманого 2D креслення була створена тривимірна модель вала-шестерні дроселя (рис. 1.3). Спроектвана модель буде використовуватися для подальшого моделювання процесу обробки в САМ-системі.

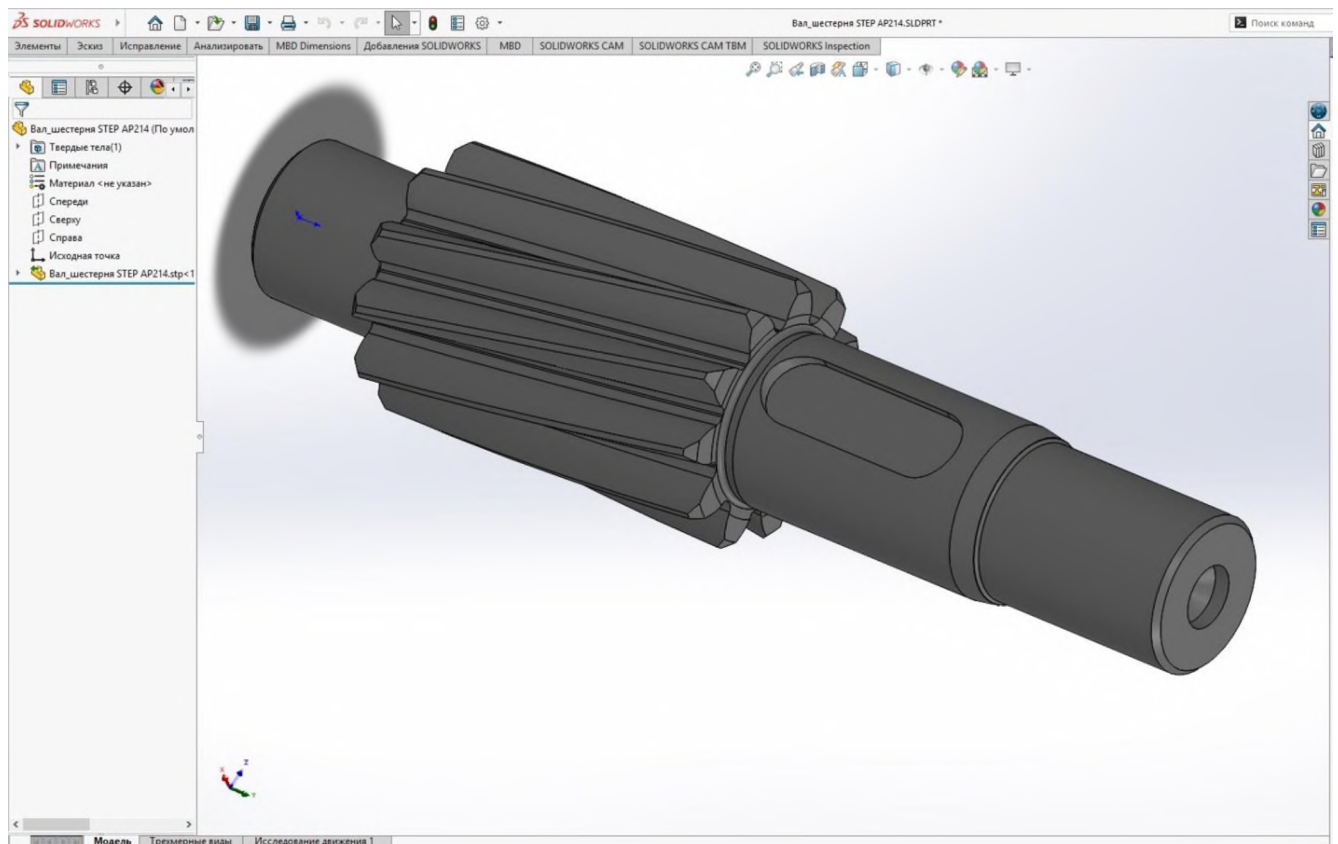


Рисунок 1.3 – 3D модель деталі «Вал-шестерня»

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-13.01.РУТЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ СКЛАДАННЯ

2.1 Службове призначення виробу

Дросель використовується в доменному виробництві. Він призначений для регулювання швидкості подачі підготовленої газової суміші в доменну піч з центральної лінії трубопроводу.

Дросель працює в умовах невеликого (внутрішнього) тиску (не більш 0,2 МПа), нормальної температури навколишнього середовища, у хімічно активному середовищі доменного газу, а також при підвищеному змісті абразиву в ньому. Вузол не сприймає ударних навантажень, випробує лише не значні вібрації.

2.2 Проектування технологічного процесу складання

Дросель, представлений на першому листі графічної частини, містить кілька розмірних ланцюгів. Лінійний розмірний ланцюг A містить у собі наступні елементи: корпус дроселя 4, підшипник 7, лопата 6 і корпус сальника 5. Ціль розрахунку даного розмірного ланцюга – з'ясувати, виконується чи зазор $A_{\Sigma} = 0_{+0,2}^{+2,2}$, необхідний для нормальної зборки і функціонування вузла. Розрахунок кутового розмірного ланцюга γ призначений для перевірки й уточнення діаметральних характеристик сполучень виходячи зі значень відносного зсуву і перекосів осей деталей у вузлі, визначених з умов нормального функціонування вузла.

2.2.1 Виявлення та розрахунок лінійних розмірних ланцюгів

2.2.1.1 Розрахунок лінійного розмірного ланцюга методом повної взаємозамінності

Для зручності розрахунку використана табл. 2.1, що містить усі дані і лінійного розмірного ланцюга A , розрахованої методом повною взаємозамінністю.

Кількість одиниць допуску a , визначено формулою:

$$a = \frac{0,8T_{\Sigma}}{\sum_{i=1}^n i} \quad (2.1)$$

де T_{Σ} – допуск замикаючої ланки, мкм;

i_k – одиниця допуску k -го розміру ланки;

n – кількість що збільшують і зменшують ланок.

$$a = \frac{0,8 \cdot 2000}{3,54 + 2 \cdot 2,52 + 2 \cdot 0,73 + 4,345} = 111,23$$

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-13.02.ПТПС</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		<i>Степаненко</i>			<i>Проектування технологічного процесу складання</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>						

Розрахована кількість одиниць допуску відповідає 11...12...12 квалитету. Розміри, із призначеними на них допусками, приведені в табл. 2.1.

Перевірка:

$$T_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n (T_i + \beta_i) \quad (2.2)$$

де T_i – допуск відповідної ланки, мкм;

β_i – торцеве биття відповідної ланки, мкм;

n – кількість що збільшують і зменшують ланок.

$$T'_{\Sigma} = 0,23 + 2 \cdot 0,1 + 2 \cdot 0,048 + 0,7 + 2 \cdot 0,04 + 2 \cdot 0,06 + 0,4 + 0,1 = 1,926 \text{ мм.}$$

Погрішність розрахункового допуску замикаючої ланки щодо заданого.

$$\delta = \frac{T_{\Sigma} - T'_{\Sigma}}{T_{\Sigma}} \cdot 100\% \quad (2.3)$$

$$\delta = \frac{2,0 - 1,926}{2,0} \cdot 100\% = 3,7\%$$

Погрішність не перевищує 10%, значить допуск на складові ланки призначений вірно.

Призначаємо граничні відхилення на усіх ланки, крім однієї залежної $\overline{A_6}$ (у таблиці ланка узята в квадратні дужки).

Знаходимо координату середини поля допуску залежної ланки, мм:

$$\Delta C_{A_6} = \sum_{j=1}^m (\overline{\Delta C_j} + \overline{\Delta \beta_j}) - \sum_{i=1}^n (\overline{\Delta C_i} + \overline{\Delta \beta_i}) + \Delta C_{\Sigma} \quad (2.4)$$

де $\overline{\Delta C_j}$ – координата середини поля допуску ланок, що збільшують, мм;

$\overline{\Delta \beta_j}$ – торцеве биття ланок, що збільшують, мм;

$\overline{\Delta C_i}$ – координата середини поля допуску ланок, що зменшують, мм;

$\overline{\Delta \beta_i}$ – торцеве биття ланок, що зменшують, мм;

ΔC_{Σ} – координата середини поля допуску замикаючої ланки, мм;

$$\Delta C_{A_6} = [-0,024 - 0,024 + 0 + 2 \cdot 0,03 = 0,2] - [0 - 0,05 + 0,05 + 2 \cdot 0,2] - 1,2 = -1,028 \text{ мм.}$$

Граничні відхилення знаходимо по формулах:

$$es_{A_6} = \Delta C_{A_6} + \frac{T_{A_6}}{2}, \text{ мм} \quad (2.5)$$

T_{A_6} – допуск ланки A_6 , мм;

ΔC_{A_6} – координата середини поля допуску залежної ланки, мм;

$$es_{A_6} = -1,028 + \frac{0,1}{2} = -0,978 \text{ мм}$$

$$ei_{A_6} = \Delta C_{A_6} - \frac{T_{A_6}}{2}, \text{ мм} \quad (2.6)$$

					КНУ.КМР.131.24.1-13.02.ПТПС	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$ei_{A_6} = -1,028 - \frac{0,1}{2} = -1,078 \text{ мм}$$

Перевірку правильності рішення здійснюємо по формулі:

$$\Delta C_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n (\overline{\Delta C_i} + \overline{\Delta \beta_i}) - \sum_{j=1}^m (\overline{\Delta C_j} + \overline{\Delta \beta_j}), \quad (1.7)$$

$$\Delta C_{\Sigma} = (-2 \cdot 0,024 + 0 + 2 \cdot 0,03 + 0,2) - (0 - 0,05 - 1,028 + 2 \cdot 0,02 + 0,05) = 1,2 \text{ мм.}$$

Перевірка підтверджує правильність виконаних розрахунків: отримане значення збіглося з вихідним.

2.2.1.2 Розрахунок лінійного розмірного ланцюга теоретико-вірогіднісним методом

Для зручності всі зведення про розрахунок зведені в табл. 2.2.

Кількість одиниць допуску a , визначено формулою:

$$a = \frac{0,775 \cdot T_{\Sigma}}{1,22 \cdot \sqrt{\sum_{i,j=1}^n i_{i,j}^2}}, \quad (2.8)$$

де T_{Σ} – допуск замикаючої ланки;

$\sum_{i,j=1}^n i_{i,j}^2$ – сума одиниць допуску.

$$a = \frac{0,775 \cdot 2000}{1,22 \cdot \sqrt{3,54^2 + 2 \cdot 2,52^2 + 2 \cdot 0,73^2 + 4,345^2}} = 189,02$$

Розрахована кількість одиниць допуску відповідає 12...13 квалітетам. Розміри, із призначеними на них допусками, зведені в табл. 2.2.

Перевірка:

$$T_{\Sigma} = \sqrt{1,44 \cdot \sum_{i=1}^n T_i^2 + 0,56 \cdot \sum_{j=1}^m \beta_j^2}, \quad (2.9)$$

де T_i – допуск відповідного ланки, мкм;

β_j – торцеве биття відповідного ланки, мкм.

$$T_{\Sigma} = \sqrt{1,44 \cdot (0,89^2 + 0,4^2 + 0,4^2 + 2 \cdot 0,12^2 + 1,1^2) + 0,56 \cdot (2 \cdot 0,16^2 + 2 \cdot 0,16^2 + 0,6^2 + 0,4^2)} = 1,932, \text{ мм}$$

Погрішність розрахункового допуску замикаючої ланки щодо заданого розраховуємо за формулою (2.3).

$$\delta = \frac{2,0 - 1,926}{2,0} \cdot 100\% = 3,4\%$$

Погрішність складає 3,4%, не перевищує 10%, значить допуски на складові ланки призначені вірно.

Призначаємо граничні відхилення на усіх ланки, крім одного – залежного $\overline{A_6}$.

					КНУ.КМР.131.24.1-13.02.ПТПС	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначаємо координату середини поля допуску залежної ланки ΔC_{A_6} , мм по формулі:

$$\Delta C_{A_6} = \sum_{j=1}^m \left(\overline{\Delta C_j} + \overline{\Delta \beta_j} + \alpha \cdot \left(\frac{\overline{T_j} + \overline{\beta_j}}{2} \right) \right) - \sum_{i=1}^n \left(\overline{\Delta C_i} + \overline{\Delta \beta_i} + \alpha \cdot \left(\frac{\overline{T_i} + \overline{\beta_i}}{2} \right) \right) + \left(\Delta C_{\Sigma} + \alpha \frac{T_{\Sigma}}{2} \right) - 0,1 \frac{T_{A_6}}{2}, \quad (2.10)$$

де $\overline{\Delta C_i}$ – координата середини поля допуску ланок, що збільшують, мм;

$\overline{\Delta \beta_i}$ – торцеве биття ланок, що збільшують, мм;

$\overline{\Delta C_j}$ – координата середини поля допуску ланок, що зменшують, мм;

$\overline{\Delta \beta_j}$ – торцеве биття ланок, що зменшують, мм;

α – точність настроювання технологічного процесу;

$\overline{T_i}$ – допуск ланки, що збільшує, мм;

$\overline{T_j}$ – допуск ланки, що зменшує, мм.

$$\Delta C_{A_6} = \left(-0,06 - 0,06 + 0 + 2 \cdot 0,08 + 0,3 + 0,1 \cdot \frac{2 \cdot 0,12 + 1,1}{2} + 0,1 \cdot \frac{2 \cdot 0,16 + 0,6}{2} \right) - \left(0 - 0,2 + 2 \cdot 0,08 + 0,1 \cdot \frac{0,89 + 0,4}{2} + 0,1 \cdot \frac{2 \cdot 0,16 + 0,4}{2} \right) - \left(1,2 + 0,1 \cdot \frac{2}{2} \right) - 0,1 \cdot \frac{0,4}{2} = 1,128$$

Граничні відхилення залежної ланки знаходимо по формулах (2.5) і (2.6).

$$es_{A_6} = \Delta C_{A_6} + \frac{T_{A_6}}{2} = -1,128 + \frac{0,4}{2} = -0,928 \text{ мм}$$

$$ei_{A_6} = \Delta C_{A_6} - \frac{T_{A_6}}{2} = -1,128 - \frac{0,4}{2} = -1,328 \text{ мм.}$$

Перевірку правильності рішення здійснюємо по формулі:

$$\Delta C_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n \left(\overline{\Delta C_i} + 0,5 \cdot \overline{\beta_i} + 0,05 \cdot (\overline{T_i} + \overline{\beta_i}) \right) - \sum_{j=1}^m \left(\overline{\Delta C_j} + 0,5 \cdot \overline{\beta_j} + 0,05 \cdot (\overline{T_j} + \overline{\beta_j}) \right) - 0,05 \cdot T'_{\Sigma} \quad (2.11)$$

де ΔC_{Σ} – координати середини поля допуску замикаючої ланки, мм;

$\overline{\Delta C_i}$ – координата середини поля допуску ланок, що збільшують, мм;

$\overline{\Delta \beta_i}$ – торцеве биття ланок, що збільшують, мм;

$\overline{T_i}$ – допуск ланки, що збільшує, мм;

$\overline{\Delta C_j}$ – координата середини поля допуску ланок, що зменшують, мм;

$\overline{\Delta \beta_j}$ – торцеве биття ланок, що зменшують, мм;

$\overline{T_j}$ – допуск ланки, що зменшує, мм.

T_{Σ} – допуск замикаючої ланки, мм;

$$\Delta C_{\Sigma} = (-0,06 - 0,06 + 0 + 2 \cdot 0,08 + 0,3 + 0,05 \cdot (0,12 + 0,12 + 1,1)) - (0 - 0,2 + 1,128 + 2 \cdot 0,08 + 0,2 + 0,05(0,89 + 0,4 + 0,4)) - 0,05 \cdot 2,0 = 1,2$$

					КНУ.КМР.131.24.1-13.02.ПТПС	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Delta C_{\Sigma} = 1,2 \text{ мм.}$$

Перевірка зійшлася, підтвердивши правильність виконаних розрахунків.

2.2.1.3 Розрахунок лінійного розмірного ланцюга методом компенсації з використанням прокладок, як компенсуючої ланки

Приймаємо товщину прокладок $S = 2 \pm 0,02$ мм (з умови $S \leq T_{\Sigma}$).

Визначаємо необхідна кількість прокладок. Для цього встановлюємо на усіх ланки ланцюга технологічно досяжні допуски. Для зручності всі зведення про розміри зведені в табл. 2.3.

Визначаємо технологічний допуск замикаючої ланки по формулі (2.2).

$$T_{\Sigma} = 2,3 + 2 \cdot 0,63 + 0,18 + 2,8 + 2 \cdot 0,2 + 2 \cdot 0,25 + 1,2 + 1 = 9,64 \text{ мм.}$$

Величину компенсації T_k , визначаємо по формулі:

$$T_k = T_{\Sigma} - [T_{\Sigma}], \quad (2.12)$$

де T_{Σ} – допуск замикаючої ланки, мм;

$[T_{\Sigma}]$ – необхідний допуск замикаючої ланки, мм.

$$T_k = 9,64 - 2,0 = 7,64 \text{ мм.}$$

Визначаємо число ступіней ланки компенсації N по формулі:

$$Z = \frac{T_k}{[T_k]} + 1, \quad (2.13)$$

де T_k – допуск на компенсацію, мм;

$[T_{\Sigma}]$ – необхідний допуск замикаючої ланки, мм.

$$Z = \frac{7,64}{2,0} + 1 = 4,82 \approx 5$$

Приймаємо $Z = 5$ шт.

Визначаємо розмір ланки-компенсатора:

$$A_k = Z \cdot S \quad (2.14)$$

$$A_k = 5 \cdot (2 \pm 0,02) = 10 \pm 0,1 \text{ мм.}$$

Складаємо новий розмірний ланцюг, що включає ланку-компенсатор, і розраховуємо його параметри.

Допуск замикаючої ланки розраховуємо по формулі (2.2):

$$T_{\Sigma} = 2,3 + 2 \cdot 0,63 + 0,18 + 2,8 + 2 \cdot 0,2 + 2 \cdot 0,25 + 1,2 + 1 + 0,2 = 9,84 \text{ мм.}$$

Визначаємо координати середини поля допуску замикаючої ланки по формулі 2.7.

$$\Delta C_{\Sigma} = (0,09 + 0 + 0 + 2 \cdot 0,125 + 0,6) - (0 - 0,315 - 0 + (2 \cdot 0,1 + 0,5)) = 0,375 \text{ мм.}$$

Величина компенсації розраховується по формулі (2.12):

$$T_k = T_{\Sigma} - [T_{\Sigma}] = 9,84 - 2,0 = 7,84 \text{ мм.}$$

Уточнюємо число прокладок у наборі по формулі (2.13):

$$Z = \frac{7,84}{2} + 1 = 4,92$$

Приймаємо $Z = 5$ шт.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-13.02.ПТПС</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Погрішність, отриману за рахунок збільшення кількості ланок, враховуємо шляхом зміни розміру одного з залежних ланок. Залежною ланкою вибираємо ланка \bar{A}_6 .

Величина виправлення, мм:

$$\bar{\Delta}' = [\Delta C_{\Sigma}] - \Delta C_{\Sigma} + \frac{T_{\Sigma}}{2} + \Delta C_k - A_k, \quad (2.15)$$

де $[\Delta C_{\Sigma}]$ – координати середини поля допуску необхідного замикаючої ланки, мм.

ΔC_k – координати середини поля допуску ланки-компенсатора, мм.

$$\bar{\Delta}' = 1,2 - 0,375 + \frac{9,84}{2} + 0 - 10 = -4,255 \text{ мм.}$$

Зміна величини середнього відхилення ланки \bar{A}_6 , мм:

$$\Delta C_{A_6}' = \Delta C_{A_6} + \bar{\Delta}', \quad (2.16)$$

де ΔC_{A_6} – вихідна координата середини поля допуску ланки A_6 , мм.

$$\Delta C_{A_6}' = 0 + (-4,255) = -4,255 \text{ мм}$$

Уточнення величини ланки A_6 , мм:

$$A_6' = A_6 - \Delta C_{A_6}' \quad (2.17)$$

$$A_6' = 122 - (-4,255) = 126,255 \text{ мм.}$$

Тобто $A_6' = 126,255 \pm 0,315$ мм чи після коректування $A_6' = 126_{-0,06}^{+0,57}$ мм.

Уточнюємо крок ступіні (розміру прокладки), мм:

$$T_{cm} = \frac{T_k}{Z-1} \quad (2.18)$$

$$T_{cm} = \frac{7,84}{5-1} = 1,96 \text{ мм.}$$

Визначаємо розмір набору, що складаються з n прокладок:

n = 1	1,96 ± 0,02 мм
n = 2	3,92 ± 0,04 мм
n = 3	5,88 ± 0,06 мм
n = 4	7,84 ± 0,08 мм
n = 5	9,8 ± 0,7 мм

2.2.1.2 Розрахунок лінійного розмірного ланцюга методом компенсації з використанням деталі що компенсує ланку

Установлюємо на розміри ланок ланцюга технологічно досяжні допуски. Для зручності всі розміри зведені в табл. 2.4. Як ланку-компенсатор приймаємо довжину ступіні підшипника (ланка \bar{A}_6).

Визначаємо номінальний розмір замикаючої ланки A_{Σ} , мм по формулі:

					КНУ.КМР.131.24.1-13.02.ПТПС	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$A_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n (\overline{A}_i + \overline{\beta}_i) - \sum_{j=1}^m (\overline{A}_j + \overline{\beta}_j), \quad (2.19)$$

де \overline{A}_i – номінальний розмір ланок, що збільшують, мм;

$\overline{\beta}_i$ – торцеве биття ланок, що збільшують, мм;

\overline{A}_j – номінальний розмір ланок, що зменшують, мм;

$\overline{\beta}_j$ – торцеве биття ланок, що зменшують, мм;

$$A_{\Sigma} = [(6 + 570 + 6) + (2 \cdot 0,5 + 1,2)] - [(388 + 122 + 122) + (2 \cdot 0,2 + 1)] = 0,3 \text{ мм.}$$

Визначаємо допуск замикаючої ланки по формулі (2.2):

$$T_{\Sigma} = 2,3 + 2 \cdot 0,63 + 2 \cdot 0,18 + 2,8 + 2 \cdot 0,2 + 2 \cdot 0,25 + 1,2 + 1 = 9,82 \text{ мм.}$$

Визначаємо координати середини поля допуску замикаючої ланки по формулі (2.7):

$$\Delta C_{\Sigma} = (-0,09 + 0 + 0 + 2 \cdot 0,125 + 0,6) - (0 - 0,315 + 0 + 2 \cdot 0,1 + 0,5) = 0,375 \text{ мм.}$$

Визначаємо величину компенсації по формулі (2.12):

$$T_k = 9,82 - 2,0 = 7,82 \text{ мм.}$$

Визначаємо максимальний розмір ланки компенсатора $\overline{A}_{6\max}$, мм по формулі:

$$\overline{A}_{6\max} = \overline{A}_6 + \Delta C_{A_6} + \Delta C_{\Sigma} - [\Delta C_{\Sigma}] + \frac{1}{2} T_k, \quad (2.20)$$

де \overline{A}_6 – номінальний розмір ланки компенсатора, мм;

ΔC_{A_6} – координата середини поля допуску ланки компенсатора, мм;

ΔC_{Σ} – середина поля допуску замикаючої ланки при технологічно досяжній точності, мм;

$[\Delta C_{\Sigma}]$ – необхідна координата середини поля допуску замикаючої ланки, мм

T_k – допуск на компенсацію, мм.

$$\overline{A}_{6\max} = 122 + 0 + 0,375 - 1,2 + \frac{1}{2} 7,85 = 125,085 \text{ мм.}$$

Визначаємо мінімальний розмір ланки компенсатора $\overline{A}_{6\min}$, мм по формулі:

$$\overline{A}_{6\min} = \overline{A}_6 + \Delta C_{A_6} + \Delta C_{\Sigma} - [\Delta C_{\Sigma}] - \frac{1}{2} T_k, \quad (2.21)$$

де \overline{A}_6 – номінальний розмір ланки компенсатора, мм;

ΔC_{A_6} – координата середини поля допуску ланки компенсатора, мм;

ΔC_{Σ} – середина поля допуску замикаючої ланки при технологічно досяжній точності, мм;

$[\Delta C_{\Sigma}]$ – необхідна координата середини поля допуску замикаючої ланки, мм;

T_k – допуск на компенсацію, мм.

$$\overline{A}_{6\min} = 122 + 0 + 0,375 - 1,2 - \frac{1}{2} \cdot 7,82 = 117,265 \text{ мм.}$$

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-13.02.ПТПС</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Число ступіней ланки-компенсатора:

$$N = \frac{T_k}{[T_\Sigma]} + 1 \quad (2.22)$$

$$N = \frac{7,82}{2,0} + 1 = 4,91$$

Приймаємо $N = 5$ шт.

Визначаємо новий крок ступіней ланки компенсації T_{CT} по формулі:

$$T_{CT} = \frac{T_k}{N - 1}, \quad (2.23)$$

де T_k – допуск на компенсацію, мм;

N – число ступіней ланки компенсації.

$$T_{CT} = \frac{7,82}{5-1} = 1,955$$

Розміри довжин ступіней підшипника (по ступінях компенсації):

I ступінь $\overline{A_{6\max}} \pm \frac{T_{\text{комп}}}{2},$

II ступінь $(\overline{A_{6\max}} - T_{CT}) \pm \frac{T_{\text{комп}}}{2},$

n ступінь $(\overline{A_{6\max}} - (n-1) \cdot T_{CT}) \pm \frac{T_{\text{комп}}}{2},$

де $\overline{A_{6\max}}$ – максимальний розмір ланки компенсатора, мм;

T_{CT} – новий крок ступіней ланки компенсації;

$T_{\text{комп}}$ – допуск ланки компенсатора.

Розрахунок розмірів ніжки кришки здійснюємо по перерахованим вище формулах і заносимо в таблицю 2.3.

I ступінь $\overline{A_{6\max}} \pm \frac{T_{\text{комп}}}{2} = 125,085 \pm 0,315$ мм

$$\overline{A_6} = 125^{+0,4}_{-0,23}$$
 мм

II ступінь $(\overline{A_{6\max}} - T_{CT}) \pm \frac{T_{\text{комп}}}{2} = (125,085 - 1,955) \pm 0,315 = 123,13 \pm 0,315$ мм

$$\overline{A_6} = 123^{+0,445}_{-0,185}$$
 мм

III ступінь $(\overline{A_{6\max}} - 2 \cdot T_{CT}) \pm \frac{T_{\text{комп}}}{2} = (125,085 - 2 \cdot 1,955) \pm 0,315 = 121,175 \pm 0,315$ мм

$$\overline{A_6} = 121^{+0,49}_{-0,14}$$
 мм

IV ступінь $(\overline{A_{6\max}} - 3 \cdot T_{CT}) \pm \frac{T_{\text{комп}}}{2} = (125,085 - 3 \cdot 1,955) \pm 0,315 = 119,22 \pm 0,315$ мм

$$\overline{A_6} = 119^{+0,535}_{-0,095}$$
 мм

					КНУ.КМР.131.24.1-13.02.ПТПС	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Граничні відхилення знаходимо по формулах:

$$es_{e_{\Sigma}} = em_{e_{\Sigma}} + \frac{e_{\Sigma}}{2}, \quad (2.27)$$

$$ei_{e_{\Sigma}} = em_{e_{\Sigma}} - \frac{e_{\Sigma}}{2}, \quad (2.28)$$

де $em_{e_{\Sigma}}$ – координата середини поля допуску замикаючої ланки;

e_{Σ} – допуск замикаючої ланки.

$$es_{e_{\Sigma}} = 0,0095 + \frac{0,158}{2} = 0,0885 \text{ мм.}$$

$$ei_{e_{\Sigma}} = 0,0095 - \frac{0,158}{2} = -0,0695 \text{ мм.}$$

$$\text{Тоді } e_{\Sigma} = 0_{-0,0695}^{+0,0885}.$$

Перекіс осі лопати щодо осі вала в перетині 1, мм:

$$P_{\Sigma} = \frac{e_{\Sigma} \cdot l}{L}, \quad (2.29)$$

де e_{Σ} – допуск замикаючої ланки;

l – відстань між опорами;

L – відстань від кінця вала до опори.

$$P_{\Sigma} = 0,158 \cdot \frac{400}{540} = 0,117 \text{ мм.}$$

Висновки: у результаті розрахунку лінійного розмірного ланцюга А приймаємо до використання розміри і допуски деталей, отриманих у результаті методом компенсації набором прокладок, що дозволяє витримати точність замикаючої ланки $A_{\Sigma} = 0_{+0,20}^{+2,20}$ мм, при досить низкою, але легко досяжної в умовах серійного виробництва, точності складових ланок.

У результаті розрахунку кутового розмірного ланцюга γ визначено, що припустима величина відносного зсуву осі вала в перетині 1 щодо перетину 2 $e_{\Sigma} = 0,4$ мм буде витримано, але в результаті зборки можливе одержання 3% шлюбу дроселів, що збираються.

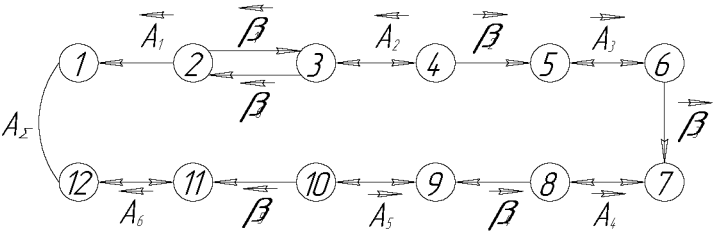
					КНУ.КМР.131.24.1-13.02.ПТПС	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.1 – Метод повної взаємозамінності

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Призначення розмірного ланцюга Ланцюг А забезпечує зазор між кришкою і підшипником			Значення вихідної ланки		Повної взаємозамінності		$A_{\Sigma} = 0_{+0,2}^{+2,2}$; $T_{\Sigma} = 2$ мм; $\Delta C_{\Sigma} = 1,2$	
Схема розмірного ланцюга					Вихідні дані								
					Позначення ланки	Номінальний розмір	i	Квалитет	Допуск	Розмір з відхиленнями	ΔC_i		
Розрахунок розмірного ланцюга					$\overline{A_1}$	338	3,54	10	0,23	$338 \pm 0,115$	0		
					$\overline{A_2}$	122	2,52	9	0,1	$122_{-0,10}$	-0,05		
$\overline{A_1}$ – відстань між торцями лопати $\overline{A_2}, \overline{A_6}$ – довжини ступіней корпусу, сальника і підшипника $\overline{A_3}, \overline{A_5}$ – висота ніжки кришки $\overline{A_4}$ – відстань між торцями корпусу $\overline{\beta_1}$ – торцеве биття корпусу сальника $\overline{\beta_2}, \overline{\beta_4}$ – торцеве биття прокладки $\overline{\beta_3}$ – відхилення від паралельності торців корпусу $\overline{\beta_5}$ – торцеве биття підшипника $\overline{\beta_6}$ – відхилення від паралельності торців лопати					$\overline{A_3}$	6	0,73	10	0,048	$6_{-0,048}$	-0,024		
					$\overline{A_4}$	570	4,345	12	0,7	$570 \pm 0,35$	0		
$a = \frac{0,8 \cdot T_{\Sigma}}{\sum i}$					$\overline{\beta_1}$			8	0,04		+0,02		
					$\overline{\beta_2}$			9	0,06		+0,03		
					$\overline{\beta_3}$			11	0,4		+0,2		
					$\overline{\beta_4}$			9	0,06		+0,03		
					$\overline{\beta_5}$			8	0,04		+0,02		
					$\overline{\beta_6}$			9	0,1		+0,05		
					$\overline{A_6}$	122	2,52	9	0,1	$122_{-1,078}^{-0,978}$	-1,028		
					$\overline{A_5}$	6	0,73	10	0,048	$6_{-0,048}$	-0,024		
									$\Sigma = 1,926$				

КНУ.КМР.131.24.1-13.02.ПТЛС

Таблиця 2.2 – Метод теоретико-вірогідний

Змн.		Призначення розмірного ланцюга	Ланцюг А забезпечує зазор між кришкою і підшипником	Значення вихідної ланки	Метод теоретико-вірогідний		$A_{\Sigma} = 0_{+0,2}^{+2,2}$; $T_{\Sigma} = 2$ мм; $\Delta C_{\Sigma} = 1,2$			
Арк.		Схема розмірного ланцюга		Вихідні дані						
№ докум.				Позначення ланки	Номінальний розмір	i	Квалитет	Допуск	Розмір з відхиленнями	ΔC_i
Підпис				$\overleftarrow{A_1}$	338	3,54	13	0,89	$338 \pm 0,455$	0
Дата			$\overleftarrow{A_2}$	122	2,52	12	0,4	$122_{-0,4}$	-0,2	
			$\overrightarrow{A_3} = \overrightarrow{A_5}$	6	0,73	12	0,12	$6_{-0,12}$	-0,06	
			$\overrightarrow{A_4}$	570	4,345	13	1,1	$338 \pm 0,55$	0	
			$\overleftarrow{A_6}$	122	2,52	12	0,4	$122_{-1,328}^{-0,928}$	-1,128	
			$\overleftarrow{B_1} = \overleftarrow{B_5}$	180		11	0,16		+0,08	
			$\overrightarrow{B_2} = \overrightarrow{B_4}$	1224		11	0,16		+0,08	
			$\overrightarrow{B_3}$	115		12	0,6		+0,3	
			$\overleftarrow{B_6}$			12	0,4		+0,2	
		Розрахунок розмірного ланцюга								
		$\overleftarrow{A_1}$ – відстань між торцями лопати $\overleftarrow{A_2}$, $\overleftarrow{A_6}$ – довжини ступіней корпуса сальника і підшипника $\overleftarrow{A_3}$, $\overleftarrow{A_5}$ – висота ніжки кришки $\overleftarrow{A_4}$ – відстань між торцями корпуса $\overleftarrow{B_1}$ – торцеве биття корпуса сальника $\overleftarrow{B_2}$, $\overleftarrow{B_4}$ – торцеве биття прокладки $\overleftarrow{B_3}$ – відхилення від паралельності торців корпуса $\overleftarrow{B_5}$ – торцеве биття підшипника $\overleftarrow{B_6}$ – відхилення від паралельності торців лопати								
		$a = 0,775 \cdot T_{\Sigma} / \left(1,22 \cdot \sqrt{\sum_{i,j=1}^{n,m} i_{i,j}^2} \right)$								

КНУ.КМР.131.24.1-13.02.ПТЛС

Арк

Таблиця 2.3 – Метод компенсації з використанням прокладок

Призначення розмірного ланцюга	Ланцюг А забезпечує зазор між кришкою і підшипником	Значення вихідної ланки	Метод компенсації з використанням прокладок	$A_{\Sigma} = 0^{+2,2}_{+0,2}$; $T_{\Sigma} = 2$ мм; $\Delta C_{\Sigma} = 1,2$				
Схема розмірного ланцюга		Вихідні дані						
		Позначення ланки	Номинальний розмір	i	Квал-т	Допуск	Розмір з відхиленнями	ΔC_i
<p>Розрахунок розмірного ланцюга</p> <p>$\overline{A_1}$ – відстань між торцями лопати</p> <p>$\overline{A_2}$, $\overline{A_6}$ – довжини ступіней корпусу сальника і підшипника</p> <p>$\overline{A_3}$, $\overline{A_5}$ – висота ніжки кришки</p> <p>$\overline{A_4}$ – відстань між торцями корпусу</p> <p>$\overline{\beta_1}$ – торцеве биття корпусу сальника</p> <p>$\overline{\beta_2}$, $\overline{\beta_4}$ – торцеве биття прокладки</p> <p>$\overline{\beta_3}$ – відхилення від паралельності торців корпусу</p> <p>$\overline{\beta_5}$ – торцеве биття підшипника</p> <p>$\overline{\beta_6}$ – відхилення від паралельності торців лопати</p> <p>$\overline{A_k}$ – товщина прокладки компенсатора</p>		$\overleftarrow{A_1}$	338		15	2,3	$338 \pm 1,15$	0
		$\overleftarrow{A_2}$	122		13	0,63	$122_{-0,63}$	-0,315
		$\overrightarrow{A_3} = \overrightarrow{A_5}$	6		13	0,18	$6_{-0,18}$	-0,09
		$\overrightarrow{A_4}$	570		15	2,8	$570 \pm 1,4$	0
		$\overleftarrow{A_6}$	122		13	0,63	$126^{+0,57}_{-0,06}$	+0,255
		$\overrightarrow{A_k}$	10			0,2	$10 \pm 0,1$	0
		$\overrightarrow{\beta_1} = \overrightarrow{\beta_3}$			12	0,2		+0,1
		$\overrightarrow{\beta_2} = \overrightarrow{\beta_4}$			12	0,25		+0,125
		$\overrightarrow{\beta_3}$			14	1,2		+0,6
		$\overrightarrow{\beta_6}$			14	1		+0,5
		Розмір набору, що складається з n прокладок						
				$n = 1 - 1,96 \pm 0,02$		$n = 2 - 3,92 \pm 0,04$		
				$n = 3 - 5,88 \pm 0,06$		$n = 4 - 7,84 \pm 0,08$		
				$n = 5 - 9,8 \pm 0,1$				

КНУ.КМР.131.24.1-13.02.ПТЛС

Таблиця 2.4 – Метод компенсації з використанням розміру деталі

Призначення розмірного ланцюга	Ланцюг А забезпечує зазор між кришкою і підшипником	Значення вихідної ланки	Метод компенсації з використанням деталі	$A_{\Sigma} = 0_{+0,2}^{+2,2}$; $T_{\Sigma} = 2$ мм; $\Delta C_{\Sigma} = 1,2$				
Схема розмірного ланцюга		Вихідні дані						
		Позначення ланки	Номинальний розмір	<i>i</i>	Квалітет	Допуск	Розмір з відхиленням	ΔC_i
		$\overleftarrow{A_1}$	338		15	2,3	$338 \pm 1,15$	0
Розрахунок розмірного ланцюга		$\overleftarrow{A_2}$	122		13	0,63	$122_{-0,63}$	-0,315
		$\overrightarrow{A_3}$	6		13	0,18	$6_{-0,18}$	-0,09
$\overleftarrow{A_1}$ – відстань між торцями лопати $\overleftarrow{A_2}$, $\overleftarrow{A_6}$ – довжини ступіней корпусу сальника і підшипника $\overleftarrow{A_3}$, $\overleftarrow{A_5}$ – висота ніжки кришки $\overleftarrow{A_4}$ – відстань між торцями корпусу $\overleftarrow{\beta_1}$ – торцеве биття корпусу сальника $\overleftarrow{\beta_2}$, $\overleftarrow{\beta_4}$ – торцеве биття прокладки $\overleftarrow{\beta_3}$ – відхилення від паралельності торців корпусу $\overleftarrow{\beta_5}$ – торцеве биття підшипника $\overleftarrow{\beta_6}$ – відхилення від паралельності торців лопати $\overrightarrow{A_{6к}}$ – довжина ступіні підшипника (компенсатора)		$\overrightarrow{A_4}$	570		15	2,8	$570 \pm 1,4$	0
		$\overleftarrow{A_5}$	6		13	0,18	$6 \pm 0,09$	0
		$\overrightarrow{A_{6к}}$	122		13	0,63	$122 \pm 0,315$	0
		$\overleftarrow{\beta_1} = \overleftarrow{\beta_5}$			12	0,2		+0,1
		$\overleftarrow{\beta_2} = \overleftarrow{\beta_4}$			12	0,25		+0,125
		$\overleftarrow{\beta_3}$			14	1,2		+0,6
		$\overleftarrow{\beta_6}$			14	1		+0,5
		Розміри ступіней ніжки-підшипника						
		<i>I ст.</i> – $A_6 = 125_{-0,23}^{+0,4}$		<i>II ст.</i> – $A_6 = 123_{-0,185}^{+0,445}$				
		<i>III ст.</i> – $A_6 = 121_{-0,14}^{+0,49}$		<i>IV ст.</i> – $A_6 = 119_{-0,095}^{+0,535}$				
		<i>VI ст.</i> – $A_6 = 117_{-0,05}^{+0,58}$						

КНУ.КМР.13124.1-13.02.ПТЛС

Таблиця 2.5 – Метод компенсації з використанням прокладок

Позначення розмірного ланцюга	γ	Призначення розмірного ланцюга	Визначення відносного зсуву осі вала в перетині 1 щодо осі вала в перетині 2		
Схема розмірного ланцюга		Шукана величина	Повної взаємозамінності	Теоретико-вірогідний	
		P_{Σ}	0,319	0,117	
		$[e_{\Sigma}]$	0,4		
		e_{Σ}	0,43	0,158	

Ланка	Найменування розміру	Величина	T_{S_i}	emD_d	α	K
1	2	3	4	5	6	7
\vec{S}_1	зазор посадки вала у втулці	$\varnothing 45 \frac{H9}{f8} \begin{pmatrix} +0,062 \\ -0,025 \\ -0,064 \end{pmatrix}$	0,126	$\begin{matrix} +0,031 \\ -0,0445 \end{matrix}$		
\vec{S}_2	зазор посадки втулки в підшипник	$\varnothing 55 \frac{H8}{u8} \begin{pmatrix} +0,046 \\ +0,133 \\ +0,087 \end{pmatrix}$	0			
\vec{S}_3	зазор посадки підшипника в корпус	$\varnothing 90 \frac{H8}{h8} \begin{pmatrix} +0,054 \\ -0,054 \end{pmatrix}$	0,108	$\begin{matrix} +0,027 \\ -0,027 \end{matrix}$		
\vec{S}_4	зазор посадки корпусу сальника в корпус	$\varnothing 90 \frac{H8}{h8} \begin{pmatrix} +0,054 \\ -0,054 \end{pmatrix}$	0,108	$\begin{matrix} +0,027 \\ -0,027 \end{matrix}$		
\vec{S}_5	зазор посадки букси в корпус сальника	$\varnothing 68 \frac{H8}{h8} \begin{pmatrix} +0,046 \\ -0,046 \end{pmatrix}$	0,092	$\begin{matrix} +0,023 \\ -0,023 \end{matrix}$		
\vec{S}_6	зазор посадки вала в буксу	$\varnothing 45 \frac{H9}{f8} \begin{pmatrix} +0,062 \\ -0,025 \\ -0,064 \end{pmatrix}$	0,126	$\begin{matrix} +0,031 \\ -0,0445 \end{matrix}$	0,1	1,22

КНУ.КМР.131.24.1-13.02.ПТЛС

Продовження таблиці 2.5

1	2	3	4	5	6	7
\rightarrow e_{14}	половина радіального биття шейки валу		0,015			
\rightarrow e_{16}	половина радіального биття втулки		0,02			
\rightarrow e_{18}	половина радіального биття підшипника		0,02			
\rightarrow e_{20}	співвісність отворів у корпусі		0,04			
\rightarrow e_{22}	половина радіального биття корпусу сальника		0,02			
\rightarrow e_{24}	половина радіального биття букси		0,02			
\rightarrow e_{26}	половина радіального биття шейки вала		0,015			

КНУ.КМР.131.24.1-13.02.ПТЛС

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

Вал є складовою частиною дроселю. Передача моменту, що крутить, на деталь здійснюється за допомогою шпонки. Вал спирається на шарикопідшипники, посаджених по внутрішніх поверхнях відповідно на $\varnothing 60js6$. Фіксація підшипника в заданому положенні здійснюється за допомогою кришок.

Вал призначений для передачі моменту, що крутить, отже він підданий дії згинаючих і моментів, що крутять. Через наявність шпонкових з'єднань ці поверхні випробують напруги зминання. Для забезпечення надійності матеріал деталі повинний бути міцним і зносостійким.

Вал виготовлений зі сталі 18X2H4MA. Призначення сталі наступне: у цементованому і поліпшеному стані застосовується для відповідальних деталей, до яких пред'являються вимоги високої міцності, в'язкості і зносостійкості, а також для деталей що підлягають високому вібраційному і динамічному навантаженню. Сталь може застосовуватись при температурі від 70°C до 450°C.

Можлива заміна матеріалу: сталь 20X2H4A.

Таблиця 3.1 – Хімічний склад сталі

Марка сталі	C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo	P	S	Cu
							не більш		
18X2H4MA	0,14-0,2	0,25-0,55	0,17-0,37	1,35-1,65	4,0-4,4	0,3-0,4	0,025	0,025	0,3
20X2H4A	0,16-0,22	0,3-0,6	0,17-0,37	1,25-1,65	3,2-3,6	–	0,025	0,025	0,3

Таблиця 2.2 – Механічні властивості сталі

Марка сталі	σ_T , МПа	σ_B , МПа	δ %	ψ %	КСИ, Дж/см ²	HRC
18X2H4MA	1130	1250	12	54	170	42
20X2H4A	820	940	12	50	70	HB 269

При виготовленні деталі вал використовується 18X2H4MA тому що вона в порівнянні зі сталлю 20X2H4A має найбільш сприятливі механічні властивості.

Для підвищення міцнісних властивостей деталей після чорнової токарської операції піддають поліпшенню: загартуванню ($t=860^\circ \pm 10^\circ$) і високій відпустці ($t=530^\circ \pm 20^\circ$). Структура при цьому сорбіт відпустки. Він дає найкращі співвідношення міцності і в'язкості сталі. Поліпшеним сталям висувають високі вимоги границі текучості, витривалості, ударній в'язкості.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-13.03.ТПВВ</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		<i>Степаненко</i>			<i>Технологічна підготовка виробництва виробу</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>						

3.1.2 Аналіз якості поверхонь деталей

Таблиця 3.3 – Аналіз якості поверхні деталі

№ пов.	Номинальний розмір	Квалітет IT	Допуск T, мм	Шорсткість, R _a	Відхилення форми і розташування поверхні
1	торець Ø60	h14	0,74	12,5	
2	Ø60	js6	±0,0095	0,8	
3	торець Ø75	h14	0,62	6,3	
4	Ø75	10	-0,12	1,6	
5	торець Ø83,5	h14	0,74	6,3	
6	Ø83,5	h12	0,35	3,2	
7	Ø66,67	h10	0,23	1,6	
8	торець Ø83,5	h14	0,74	6,3	
9	Ø75	k6	$\begin{matrix} -0,021 \\ -0,002 \end{matrix}$	0,8	
10	Ø73	h10	±0,02	6,3	
11	конус під 10° (l=8 мм)	h14	0,74	6,3	
12	Ø60	js6	±0,0095	0,8	
13	торець Ø60	h14	0,74	12,5	
14	2x45°	h14	0,74	6,3	
15	67	h11	0,19	6,3	
16	28	h9	0,052	3,2	
17	2x45°	h14	0,74	6,3	
18	2x45°	h14	0,74	6,3	
19	Ø8	h14	0,25	6,3	
20	Ø20	h12	0,74	6,3	
21	канавка (елемент Н)	h14		1,6	
22	канавка (елемент К)	h14		1,6	

Основними поверхнями є поверхня 2, 12 (Ø60js6). До допоміжних поверхонь відносяться поверхні: 1, 3, 9, 13. До вільних поверхонь відносяться поверхні: 4, 10.

До основних поверхонь пред'являються найвищі вимоги по точності і шорсткості. Найбільш точні є поверхні 2 і 12, тому що вони є шийками під підшипники. При цьому поверхню 9 варто виконати з посадкою k6, щоб здійснити наступну напресовку підшипника на вал.

Зміни в конструкції деталі служать для забезпечення співмірності посадкових шийок вала й одержання якісної збірки вузла.

До допоміжних поверхонь пред'явлені менш високі вимоги по точності і шорсткості тому що дані поверхні сполучаються при збірці масляного насоса і забезпечують точність збірки машини.

					КНУ.КМР.131.24.1-13.03.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

також проставлені шорсткості дозволяють однозначно визначити форму, точність, розміри, якість і шорсткість оброблюваних поверхонь.

Аналізуючи технічні умови робочого креслення, методи обробки й ін. можна зробити висновок, що деталь в цілому технологічна.

3.1.4 Аналіз технологічності деталі

3.1.4.1 Якісний аналіз технологічності

Деталь належить до класу вал.

На валу є зубці передачі моментів, що крутять. Також потрібно виготовити шпонковий паз, призначений також для передачі моментів, що крутять.

Приблизно для середньо-серійного виробництва можливість використання продуктивних і економічних методів одержання заготовки передбачає використання сортового прокату і кування на молотах.

Деталь має добре розвинуті базові поверхні для установки і закріплення. Це поверхні центрових отворів з обох сторін торців заготовки, що дозволяє обробляти всі зовнішні поверхні заготовки вала на єдиних базах з установкою його в центрах. Однак для обробки зубів та паза базовими будуть зовнішні поверхні, що мають також достатню площу.

$$\text{Твердість деталі: } \frac{l}{d} = \frac{372}{60} = 6,2 < 10$$

Зі співвідношення довжини до діаметра видно, що твердість вала середня, а це обмежує можливість застосування одночасної обробки декількома різальними інструментами і вимагає зниження подачі і глибини різання при обробці на металорізальних верстатах. При обробці деталі і її виміру можливе вільне підведення що різє і вимірювального інструмента, тому що деталь не має замкнутих і закритих поверхонь. Необхідна точність 6 квалітет і шорсткість $R_a = 0,8$ мкм на деталі досягається при використанні верстатів і оснащення нормальної точності.

Нетехнологічними елементами є 2 канавки різної конструкції, що вимагають виготовлення 2 спеціальних різців.

3.1.4.2 Кількісний аналіз технологічності

Коефіцієнт використання металу $K_{в.м.}$, визначаємо по формулі:

$$K_{в.м.} = \frac{Q_d}{Q_z} = \frac{6,7}{10,2} = 65,7 \quad (3.1)$$

де Q_d – маса деталі, кг;

Q_z – маса заготовки, кг.

Середню точність визначимо по формулі:

$$IT_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n IT_i}{N}, \quad (3.2)$$

де N – кількість поверхонь;

IT – точність 1-ої поверхні.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-13.03.ТГВВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.4 – Базовий (заводський) технологічний процес

№ операції	1. Назва операції. 2. Верстат. 3. Зміст переходу.	Верстатне пристосування	Інструмент
005	Токарно-гвинторізна Верстат 16К20 Закріпити деталь у 3 ^х - кулачковому патроні Проточити два шейки під люнет Установити люнет Підрізати торець Переустановити деталь Підрізати торець	Патрон 7102-0006 ДСТУ ГОСТ 2675:2018 Центра 7032-4114 ДСТУ ГОСТ 8742:2018	Різець 2103-0007 ДСТУ ГОСТ 18879:2016
010	Гартування		
015	Токарно-гвинторізна Верстат 16К20 Закріпити деталь у 3 ^х - кулачковому патроні Зацентрувати деталь з пере установкою. Переустановити деталь і закріпити її в центрах верстата за допомогою хомутика Обточити поверхню Ø Х Обточити поверхню Ø Г и підрізати торець И Обточити поверхню Ø Е и підрізати торець Обточити поверхню Ø Д і підрізати торець Переустановити деталь Обточити поверхню Ø А і підрізати торець Зняти фаску Гострі краї притупити	Патрон 7100-0009 ДСТУ ГОСТ 2675:2018 Центра 7032-4114 ДСТУ ГОСТ 8742:2018 Хомутик 7107-0041 ДСТУ ГОСТ 2578:2018	Свердел 2317-0106 ДСТУ ГОСТ 14952:2016 Різець 2102-0071 ДСТУ ГОСТ 18877:2016 Різець 2103-0007 ДСТУ ГОСТ 18879:2016
020	Токарна Верстат 16К20 Закріпити деталь у центрах верстата за допомогою хомутика Обточити поверхню Ø Б і підрізати торець Обточити поверхню Ø Д і підрізати торець Точити канавку під вихід довбача Обточити поверхню Ø Е і підрізати торець Точити канавку Переустановити деталь Обточити поверхню Ø Х Обточити поверхню Ø А ₁ Обточити поверхню Ø Б і підрізати торець Обточити поверхню Ø Л і підрізати торець Обточити поверхню Ø А і підрізати торець Точити конус по <math><30^\circ</math> Точити елемент III для 2 ^х місць Точити канавку під вихід довбач	Центра 7032-4114 ДСТУ ГОСТ 8742:2018 Хомутик 7107-0041 ДСТУ ГОСТ 2578:2018	Різець 2103-0007 ДСТУ ГОСТ 18879:2016 Різець 2177-0509 ДСТУ ГОСТ 18890:20163 Різець спеціальний Різець 2177-0503 ДСТУ ГОСТ 18890:2016

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-13.03.ТПВВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

№ операції	1. Назва операції. 2. Верстат. 3. Зміст переходу.	Верстатне пристосування	Інструмент
070	Кругло-шліфувальна Верстат 3М151В Закріпити деталь у центрах верстата за допомогою хомутика Шліфувати деталь	Центра 7032-4114 ДСТУ ГОСТ 8742:2018 Хомутик 7107-0041 ДСТУ ГОСТ 2578:2018	Коло ПП250х40х76 Е9А25 СМ18ДО ДСТУ ГОСТ 2424:2018
075	Низький відпуск		
080	Токарна Верстат 16К20 Закріпити деталь у 3 ^х - кулачковому патроні. Установити на люнет поверхню Ø ДО Свердлити отвір Розточити отвір під різьблення Розточити канавку під вихід різьблення Нарізати різьблення М30х15 Розточити центрову фаску Гострі крайки притупити	Патрон 7100-0009 ДСТУ ГОСТ 2675:2018	Свердло 2301-1437 ДСТУ ГОСТ 22736:2018 Різець 2141-0056 ДСТУ ГОСТ 18883:2016 Мітчик 1419-0521 ДСТУ ГОСТ 9150:2016 Різець 2140-0081 ДСТУ ГОСТ 18882:2016
085	Слюсарна Видалити задирки після механічної операції		
090	Токарна Верстат 16К20 Закріпити деталь у 3 ^х - кулачковому патроні. Полірувати поверхню	Центра 7032-4114 ДСТУ ГОСТ 8742:2018	Алмазна паста АП20
095	Магнітний контроль		

3.1.5.2 Задачі проектування

Даний заводський технологічний процес виконаний для одиничного виробництва. Можна взяти за основу послідовність обробки поверхонь. З обліком того, що в нас приблизно середньосерійне виробництво, то задачі проектування будуть наступні:

- 1) проектування заготовки;
- 2) коректування технологічного процесу з урахуванням обраного устаткування для серійного виробництва;
- 3) диференціювання операції;
- 4) розробка докладної технології з заповненням маршрутних, операційних карт і операційних ескізів;
- 5) розрахунок і обґрунтування припусків по переходах;
- 6) розробка верстатного пристосування.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-13.03.ТПВВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.2 Проектування технологічного процесу обробки деталі

3.2.1 Вибір, техніко-економічне обґрунтування та проектування заготовок

Таблиця 3.5 – Матриця впливу факторів

Спосіб виготовлення заготовки	Фактори					Сума
	Форма і розміри заготовки	Необхідна точність і якість поверхневого шару	Технологічні властивості матеріалу	Річна програма випуску	Виробничі можливості підприємства	
Сортовий прокат	+	+	+	+	+	5
Кування на молотах	+	+	+	+	+	5
Кування штампуванням	-	-	+	+	-	2
Кування на пресах	-	+	+	+	-	3

Так як в нас приблизно середньо-серійне виробництво, то найбільш придатні способи одержання заготівель: кування на молотах, сортовий прокат. При цьому форма і розміри заготовки, а також необхідна точність і якість поверхневого шару досяжні, тобто мікроструктура для даних способів одержання заготовки найбільш прийнятна для деталі вал.

3.2.2 Проектування заготовок

Розрахунок і техніко-економічне обґрунтування одержання заготовки ведемо по операціях механічної обробки, що відрізняються. Відмінними рисами зіставлення варіантів технологічного процесу є обсяги виконаних робіт при чорновій токарській обробці зовнішніх поверхонь.

I варіант – сортовий прокат

Відповідно до точності і шорсткості поверхонь оброблюваної деталі визначимо проміжні припуски по таблицях. За основу розрахунку проміжних припусків приймаємо зовнішній діаметр деталі $\varnothing 68$ мм.

При чорновому гострінні припуск на обробку складає 4,0 мм, при напівчистовому гострінні 1,5 мм по табл. 3.13 [7].

Визначаємо розмір заготовки O_s^p , мм, по формулі:

$$O_s^p = O_n + 2 \cdot Z_1 + 2 \cdot Z_2, \quad (3.5)$$

де O_n – номінальний діаметр вала, мм;

$2Z_1$ – припуск при чорновому гострінні, мм

$2Z_2$ – припуск при напівчистовому гострінні, мм.

$$O_s^p = 68 + 4,0 + 1,5 = 73,5 \text{ мм}$$

По розрахунковим даним заготовки вибираємо необхідний розмір гарячекатаного прокату звичайної точності. $O_s^n = 75_{-1,1}^{+0,5}$ мм.

Припуск на підрізування торцевих поверхонь заготовки:
чорнове підрізування – 1,5 мм

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-13.03.ТПВВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

чистове підрізання – 1,2 мм

загальну довжину заготовки L_3 мм, визначаємо по формулі:

$$L_3 = L_d + 2 \cdot Z_{\text{підр}}, \quad (3.6)$$

де L_d – довжина деталі, мм

$Z_{\text{підр}}$ – припуск на підрізання торців, мм

$$L_3 = 405 + 2(1,5 + 1,2) = 410,4 \text{ мм.}$$

Граничні відхилення на довжину заготовки встановлюємо по таблиці 4.4 [1], з огляду на спосіб різання дисковими фрезами на відрізних верстатах.

Виходячи з граничних відхилень, загальну довжину заготовки округляємо до цілих одиниць.

Приймаємо довжину заготовки:

$$L_3 = 411 \pm 0,4 \text{ мм}$$

При техніко-економічному порівнянні двох варіантів користуємося наближеними формулами для визначення норм часу по оброблюваній поверхні.

Чорнова обробка за один прохід T_e хв, визначається по формулі:

$$T_o^i = 0,17 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3}, \quad (3.7)$$

де d – діаметр оброблюваної поверхні, мм;

l – довжина оброблюваної поверхні, мм.

Чорнове підрізання торця T_e , хв., визначається по формулі:

$$T_o^i = 0,037 \cdot (D^2 - d^2), \quad (3.8)$$

де $(D - d)$ – різниця найбільшого і найменшого діаметрів оброблюваного торця.

Розрахуємо норми часу при чорновій токарній обробці.

1. $T_o^1 = 0,17 \cdot 75 \cdot 300 \cdot 10^{-3} = 3,825$ хв. – обточити поверхня $\varnothing 75$ мм;
2. $T_o^2 = 0,17 \cdot 70 \cdot 290 \cdot 10^{-3} = 3,6975$ хв – обточити поверхня $\varnothing 70$ мм;
3. $T_o^3 = 0,037 \cdot (70^2 - 64^2) \cdot 10^{-3} = 0,0297$ хв. - підрізати торець $\varnothing 70$ мм;
4. $T_o^4 = 0,17 \cdot 64 \cdot 116 \cdot 10^{-3} = 1,262$ хв – обточити поверхня $\varnothing 64$ мм;
5. $T_o^5 = 0,037 \cdot (64^2 - 56^2) \cdot 10^{-3} = 0,0355$ хв – підрізати торець $\varnothing 64$ мм;
6. $T_o^6 = 0,17 \cdot 56 \cdot 92 \cdot 10^{-3} = 0,8758$ хв – обточити поверхня $\varnothing 56$ мм;
7. $T_o^7 = 0,037 \cdot (56^2 - 45^2) \cdot 10^{-3} = 0,0411$ хв – підрізати торець $\varnothing 56$ мм;
8. $T_o^8 = 0,17 \cdot 70 \cdot 105 \cdot 10^{-3} = 1,2495$ хв – обточити поверхня $\varnothing 70$ мм;
9. $T_o^9 = 0,17 \cdot 63 \cdot 105 \cdot 10^{-3} = 1,1246$ хв – обточити поверхня $\varnothing 63$ мм;
10. $T_o^{10} = 0,03 \cdot (70^2 - 57^2) = 0,061$ хв – підрізати торець $\varnothing 70$ мм;

Основний технологічний час на операцію T_e , хв, визначимо по формулі:

$$T_o = \sum_{i=1}^n T_o^i, \quad (3.9)$$

де T_o^i – складові норми часу, хв;

					КНУ.КМР.131.24.1-13.03.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T_o = 3,825 + 3,6975 + 0,0297 + 1,262 + 0,0355 + 0,8758 + 0,0411 + 1,2495 + 1,1246 + 0,061 = 12,2$$

Штучно-калькуляционное час $T_{ш-к}$, хв, визначимо по формулі:

$$T_{ш-к} = \phi_k \cdot T_o, \quad (3.10)$$

де ϕ_k – коефіцієнт, що враховує вид верстатів.

$\phi_k = 2,14$ (токарний)

$$T_{ш-к} = 2,14 \cdot 12,2 = 26,108 \text{ хв.}$$

Приведені витрати по деталі 3, грн, визначимо по формулі:

$$3 = A + 3_o + E_H \cdot 3_k + O_3, \quad (3.11)$$

де A – вартість заготовки, грн;

3_o – витрати по операціях механічної обробки, що відрізняються;

E_H – нормативні коефіцієнти ефективності, $E_H = 0,15$;

3_k – поточні капітальні витрати на операцію, грн;

O_3 – поточні витрати по експлуатації верстата;

Так як заготовки мають однакову конфігурацію, то внаслідок цього операції механічної обробки, що розрізняються, будуть відсутні. Тому економічну оцінку зробимо по вартості заготовівель.

Вартість заготовок визначимо по формулі 2 [6]:

$$A = M \cdot C \cdot K_n \cdot K_c \cdot K_{on} + (M - q) \cdot Ц, \quad (3.12)$$

де M – маса заготовки;

$C = 54,2$ – вихідна оптова ціна 1 кг заготовки, грн;

$K_n = 1$ – коефіцієнт, що враховує масу кувань по табл. 15 [6];

$K_c = 1$ – коефіцієнт, що враховує групу складності кувань табл. 16 [6];

$K_{on} = 1$ – коефіцієнт, що враховує групу серійності кувань по табл. 17 [6];

q – чиста маса деталі;

$Ц = 5$ грн – ціна 1 кг відходів.

Знайдемо масу заготовки M , кг, по формулі:

$$M = \rho \cdot V_3, \quad (3.13)$$

де V_3 – обсяг заготовки, м^3 ;

ρ – щільність сталі, $\rho = 7,85 \text{ г/см}^3$.

Обсяг заготовки V_3 , визначимо по формулі:

$$V_3 = \sum_{i=1}^n \frac{\pi \cdot D_i^2 \cdot L_i}{4}, \quad (3.14)$$

де D – діаметр заготовки, мм;

L – довжина заготовки, мм.

Підставивши значення одержимо:

$$V_3 = \frac{3,14 \cdot 75^2 \cdot 411}{4} = 1814821,875 \text{ мм}^2$$

Отже маса заготовки:

$$M = 7,85 \cdot 10^3 \cdot 1,81 \cdot 10^{-3} = 14,2 \text{ кг}$$

Знайдене значення M , кг, підставимо у формулу (3.8).

					КНУ.КМР.131.24.1-13.03.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$A = 14,2 \cdot 54,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 + (14,2 - 6,7) \cdot 5 = 732,54 \text{ грн}$$

Розрахуємо зарплату по операціях механічної обробки Z_o , грн, по формулі:

$$Z_o = \frac{T_{ш-к} \cdot C_p \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4}{60}, \quad (3.15)$$

де $T_{ш-к} = 26,108$ хв – норма штучно-калькуляційного часу на операцію, що відрізняється;

Порівн = 77 грн – годинна тарифна ставка робітника 4-го розряду;

$K_1 = 1,4$ – коефіцієнт, що враховує преміальну доплату верстатників;

$K_2 = 1,08$ – коефіцієнт, що враховує додаткову зарплату;

$K_3 = 1,14$ – коефіцієнт, що враховує відрахування на соціальне страхування;

$K_4 = 1,4$ – коефіцієнт, що враховує зарплату наладчиків верстатів.

$$Z_o = \frac{26,108 \cdot 77 \cdot 1,4 \cdot 1,08 \cdot 1,14 \cdot 1,4}{60} = 80,85 \text{ грн.}$$

Витрати на експлуатацію верстата O_z , грн, знаходимо по формулі:

$$O_z = \frac{C_1 \cdot T_{ш-к}}{60 \cdot K_5}, \quad (3.16)$$

де $C_1 = 35$ грн – поточні витрати по експлуатації верстата 16К20;

$K_5 = 1,17$ – коефіцієнт виконання норм;

$$O_z = \frac{35 \cdot 26,108}{60 \cdot 1,17} = 13,01 \text{ грн}$$

Питомі капітальні витрати на операцію Z_k , грн, визначасмо по формулі:

$$Z_k = \frac{(B + K_{ц}) \cdot T_{ш-к}}{60 \cdot \Phi \cdot \eta_e}, \quad (3.17)$$

де B – балансова вартість верстата, грн, $B = 370000$ грн;

$K_{ц}$ – вартість цеху (площа), грн;

$$K_{ц} = \Pi \cdot \varphi \cdot \gamma, \quad (3.18)$$

де $\Pi = 154,3$ грн – вартість 1 м^2 ;

φ – габарити верстата 16К20, $\varphi = 2,505 \times 1,19$;

$\gamma = 3,5$ – коефіцієнт, що враховує додаткову площу.

Підставивши значення у формулу (3.14) одержимо:

$$K_{ц} = 154,3 \cdot 2,98 \cdot 3,5 = 1610 \text{ грн}$$

Φ – річний фонд роботи верстата, ч ($\Phi = 2070$ ч)

η_e – коефіцієнт використання верстата.

$$\eta_e = \frac{T_{ш-к} \cdot B}{70 \cdot \Phi \cdot m}, \quad (3.19)$$

де m – кількість верстатів, задіяних на одній операції, шт;

B – річна програма випуску деталей, шт.

$$\eta_e = \frac{26,108 \cdot 1500}{70 \cdot 2070 \cdot 1} = 0,27.$$

Підставивши знайдені значення у формулу (3.17) визначимо питомі капітальні витрати на операцію.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-13.03.ТПВВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Z_k = \frac{(370000 + 1610) \cdot 26,1}{60 \cdot 2070 \cdot 0,27} = 78,09 \text{ грн}$$

Розрахувавши всі складові, визначимо приведені витрати по деталі 3, грн, по формулі (3.11).

$$Z = 732,54 + 80,85 + 0,5 \cdot 78,09 + 13,01 = 865,45 \text{ грн.}$$

II варіант – кування на молотах

Відповідно до точності і шорсткості поверхонь оброблюваної деталі визначимо проміжні припуски. Потім визначимо наближені норми часу по оброблюваній поверхні. Користуємось формулами 3.7-3.19.

Розрахуємо норми часу при чорновій токарній обробці.

1. $T_o^1 = 0,17 \cdot 51 \cdot 92 \cdot 10^{-3} = 0,7976$ хв – обточити поверхню $\varnothing 51$ мм;
2. $T_o^2 = 0,037 \cdot (51^2 - 45^2) \cdot 10^{-3} = 0,0213$ хв. – підрізати торець $\varnothing 51$ мм;
3. $T_o^3 = 0,17 \cdot 62 \cdot 171 \cdot 10^{-3} = 1,8$ хв – обточити поверхню $\varnothing 62$ мм;
4. $T_o^4 = 0,037 \cdot (62^2 - 55^2) \cdot 10^{-3} = 0,0262$ хв. – підрізати торець $\varnothing 62$ мм;
5. $T_o^5 = 0,17 \cdot 78 \cdot 47 \cdot 10^{-3} = 0,623$ хв – обточити поверхню $\varnothing 68$ мм;
6. $T_o^6 = 0,17 \cdot 65 \cdot 106 \cdot 10^{-3} = 1,1713$ хв – обточити поверхню $\varnothing 65$ мм;
7. $T_o^7 = 0,037 \cdot (65^2 - 57^2) = 0,0361$ хв – підрізати торець $\varnothing 65$ мм;

Основний технологічний час на операцію T_o :

$$T_o = 0,7976 + 0,0213 + 1,8 + 0,0262 + 0,623 + 1,1713 + 0,0361 = 4,48 \text{ хв.}$$

Штучно-калькуляційний час $T_{ш-к}$:

$$T_{ш-к} = 2,14 \cdot 4,48 = 9,59 \text{ хв.}$$

Так як заготовки мають однакову конфігурацію, то внаслідок цього операції механічної обробки, що розрізняються, будуть відсутні. Тому економічну оцінку зробимо по вартості заготовок.

Вартість заготовок визначимо по формулі (3.12):

$$A = M \cdot C \cdot K_n \cdot K_c \cdot K_{on} + (M - q) \cdot Ц,$$

де M – маса заготовки;

$C = 54,2$ – вихідна оптова ціна 1 кг заготовки, грн;

$K_n = 0,7$ – коефіцієнт, що враховує масу кувань по табл. 15 [6];

$K_c = 1$ – коефіцієнт, що враховує групу складності кувань табл. 16 [6];

$K_{on} = 1,2$ – коефіцієнт, що враховує групу серійності кувань по табл. 17 [6];

q – чиста маса деталі;

$Ц = 5$ грн – ціна 1 кг відходів.

Обсяг заготовки:

$$V_s = \frac{3,14 \cdot 65^2 \cdot (153 - 47)}{4} + \frac{3,14 \cdot 78^2 \cdot 47}{4} + \frac{3,14 \cdot 62^2 \cdot 171}{4} + \frac{3,14 \cdot 51^2 \cdot (270 - 171)}{4} = 1294823,9 \text{ мм}^3$$

Отже маса заготовки:

$$M = 7,85 \cdot 10^3 \cdot 1,29 \cdot 10^{-3} = 10,2 \text{ кг}$$

Знайдене значення M , кг, підставимо у формулу (3.12):

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-13.03.ТПВВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$A = 10,2 \cdot 54,2 \cdot 0,7 \cdot 1 \cdot 1,2 + (10,2 - 6,7) \cdot 5 = 446,89 \text{ грн}$$

Розрахуємо зарплату по операціях механічної обробки Z_o :

$$Z_o = \frac{9,59 \cdot 77 \cdot 1,4 \cdot 1,08 \cdot 1,14 \cdot 1,4}{60} = 29,7$$

Витрати на експлуатацію верстата O_3 :

$$O_3 = \frac{35 \cdot 9,59}{60 \cdot 1,17} = 4,78 \text{ грн}$$

$$K_{ц} = 154,3 \cdot 2,98 \cdot 3,5 = 1610 \text{ грн}$$

$$\eta_e = \frac{9,59 \cdot 1500}{70 \cdot 2070 \cdot 1} = 0,099.$$

Питомі капітальні витрати на операцію:

$$Z_k = \frac{(370000 + 1610) \cdot 9,59}{60 \cdot 2070 \cdot 0,099} = 289,83 \text{ грн}$$

Розрахувавши всі складові, визначимо приведені витрати по деталі Z :

$$Z = 446,89 + 29,7 + 0,5 \cdot 289,83 + 4,78 = 626,29 \text{ грн.}$$

У такий спосіб по мінімуму приведених витрат перевагу варто віддати заготовки отриманим куванням на молоті. Кування також краще і з погляду економії металу.

Проектування кування. Деталь вал.

Призначення припуску на механічну обробку поверхонь.

Матеріал – сталь 18Х2Н4МА ДСТУ 7806:2015.

Заготовка – прокат круглого перетину (пруток).

Таблиця 3.6 – Припуски на механічну обробку поверхонь

№ з/п	Номинальний розмір деталі	Припуск	Допуск	Додатковий припуск	Розмір заготовки
1.	Ø83,5 мм	7 мм	±2 мм	3 мм	Ø98±2 мм
2.	Ø75 мм	7 мм	±2 мм	–	Ø86±2 мм
3.	Ø60 мм	7 мм	±2 мм	3 мм	Ø74±2 мм
4.	L 372 мм	18 мм	±5 мм	–	390±5 мм
5.	L 49,5 мм	11 мм	±3 мм	–	53±3 мм
6.	L 93 мм	2 мм	±3 мм	–	95±4 мм
7.	L 160 мм	5 мм	±3 мм	–	165±4 мм
8.	L 162,5 мм	9 мм	±4 мм	–	172±4 мм

Припуски на всі діаметри і розміри перетинів призначаємо по таблиці 2 [10] у залежності від загальної довжини деталі і розглянутого номінального розміру перетину. Після призначення основних припусків на розміри перетинів призначаються додаткові припуски по таблиці 3 [10]. Припуск на загальну

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-13.03.ТПВВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

довжину заготовки приймають $2,5\left(\delta + \frac{\Delta}{2}\right)$. Припуск на довжину виступів приймають $1,5\left(\delta + \frac{\Delta}{2}\right)$.

При проектуванні кування валу, необхідно передбачити можливості перевірки уступів по висоті і по довжині.

Прийемо, що кування буде виготовлятися на молоті, що має жваві шириною 150 мм, тоді мінімальна довжина уступу повинна дорівнювати:

$$l_{\min} = 0,3 \cdot B_{\delta}, \quad (3.19)$$

де l_{\min} – мінімальна довжина уступу, мм;

B_{δ} – ширина жвава, мм.

$$l_{\min} = 0,3 \cdot 150 = 45 \text{ мм}$$

Також потрібно врахувати, що мінімальна висота здійсненого уступу дорівнює 4 мм, таблиця 4 [10].

Визначаємо основні перетини, для чого розрахуємо площі поздовжніх перетинів F_i , мм², по формулі.

$$F_i = D_i \cdot L_i \quad (3.20)$$

де D_i – діаметр шийки вала, мм;

L_i – довжина шийки вала, мм.

І порівнюємо їх із площею поздовжнього перетину виступу з найбільшим діаметром $D_{\max} \cdot L$.

$$\begin{aligned} F_{\max} &= 75 \cdot 47 = 3525 \text{ мм}^2 \\ F_1 &= 62 \cdot (153 - 47) = 6572 \text{ мм}^2 \\ F_2 &= 62 \cdot 171 = 10602 \text{ мм}^2 \\ F_3 &= 48 \cdot (270 - 171) = 4752 \text{ мм}^2 \end{aligned}$$

Так як площа поздовжнього перетину ступіні найбільшого діаметра F_{\max} , менше площі поздовжніх перетинів ступіней інших діаметрів F_1, F_2, F_3 , то розраховуємо величину A_i , мм по формулі.

$$A_i = S_i \cdot (D_i \cdot l_i - D_{\max} \cdot l) \quad (3.21)$$

де S_i – додатковий припуск для відповідного перетину;

D_i – діаметр відповідного перетину;

l_i – довжина відповідного перетину.

$$1) \text{ для діаметра } 62 \text{ мм } A_1 = 3 \cdot (62 \cdot (153 - 47) - 75 \cdot 47) = 9141 \text{ мм}^2;$$

$$2) \text{ для діаметра } 62 \text{ мм } A_2 = 3 \cdot (62 \cdot 171 - 75 \cdot 47) = 21231 \text{ мм}^2;$$

$$3) \text{ для діаметра } 48 \text{ мм } A_3 = 3 \cdot (48 \cdot (270 - 171) - 75 \cdot 47) = 3681 \text{ мм}^2;$$

За основний перетин приймаємо уступ діаметром 62 мм, для якого добуток A_2 є найбільшим.

Виконаємо проміжний ескіз з основними і додатковими припусками рис. 3.2.

Визначаємо здійсненність уступів по діаметру і довжині $B_{\delta}=150$ мм, $l_{\min}=45$ мм. По довжині всі уступи здійсненні, тому що всі довжини більш l_{\min} , регламентованою таблицею 5 [10].

Мінімально здійсненна висота уступу по таблиці 4 [10].

$$h_{\min} = 4 \text{ мм} \quad h_i \geq h_{\min}$$

					КНУ.КМР.131.24.1-13.03.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$h_1 = 0,5 \cdot (78 - 65) = 6,5$ мм – уступ виконаємо.

$h_2 = 0,5 \cdot (78 - 62) = 8$ мм – уступ виконаємо.

$h_3 = 0,5 \cdot (62 - 51) = 5,5$ мм – уступ виконаємо.

Всі уступи здійсненні.

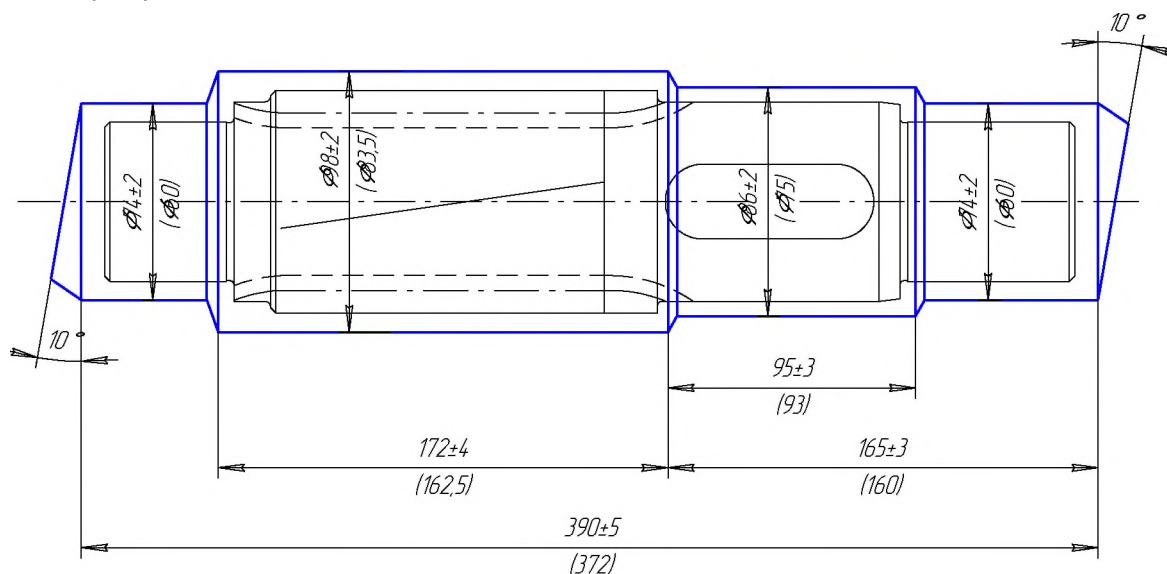


Рисунок 3.2 – Ескіз заготовки

Вибір вихідної заготовки

Вихідний документ – креслення кування. Вихідна заготовка (прокат круглий). Розрахунок робимо по методичних указівках [11].

Визначаємо обсяг вихідної заготовки по формулі.

$$V_{из} = V_{пок} + V_{обр} + V_v + V_{уг} \quad (3.22)$$

де $V_{пок}$ – обсяг кування, мм³;

$V_{обр}$ – обсяг обрубання, мм³;

V_v – обсяг матеріалу, що видаляється з заготовки при прошиванні отвору, мм³;

$V_{уг}$ – обсяг чаду металу, мм³.

Обсяг кування $V_{пок}$, см³:

$$V_{пок} = \sum_{i=1}^n V_i \quad (3.23)$$

де V_i – обсяг кожної з чотирьох геометричних фігур правильної форми;

1-й циліндр $D=65\pm 2$; $H=153-47=106$;

$$V_i = \frac{3,14 \cdot 65^2}{4} \cdot 106 = 3,52 \cdot 10^5, \text{ мм}^3;$$

2-й циліндр $D=78\pm 2$; $H=47$

$$V_i = \frac{3,14 \cdot 78^2}{4} \cdot 47 = 2,25 \cdot 10^5, \text{ мм}^3;$$

3-й циліндр $D=62\pm 2$; $H=171$

$$V_i = \frac{3,14 \cdot 62^2}{4} \cdot 171 = 5,16 \cdot 10^5, \text{ мм}^3;$$

4-й циліндр $D=51\pm 2$; $H=270-171=99$

$$V_i = \frac{3,14 \cdot 51^2}{4} \cdot 99 = 2,02 \cdot 10^5, \text{ мм}^3;$$

$$V_{пок} = (3,52 + 2,25 + 5,16 + 2,02) \cdot 10^5 = 12,95 \cdot 10^5 = 1295 \text{ см}^3$$

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

КНУ.КМР.131.24.1-13.03.ТПВВ

Арк.

Визначаємо обсяг обрубання $V_{обр}$, см^3 , з огляду на те, що в заготовки дві частини, що обрубуються, по формулі.

$$V_{обр} = 0,23 \cdot d_k^3, \quad (3.24)$$

де d_k^3 – діаметр кінцевої частини.

$$1\text{-а частина } \varnothing 65 \pm 2 \quad V_{обр1} = 0,23 \cdot 65^3 = 0,63 \cdot 10^5 \text{ мм}^3;$$

$$2\text{-а частина } \varnothing 51 \pm 2 \quad V_{обр2} = 0,23 \cdot 51^3 = 0,31 \cdot 10^5 \text{ мм}^3;$$

$$V_{обр} = V_{обр1} + V_{обр2} = (0,63 + 0,31) \cdot 10^5 = 0,94 \cdot 10^5 = 94 \text{ см}^3$$

Так як в заготовки отвору нема, приймаємо $V_B = 0$.

Визначаємо обсяг чаду $V_{уг}$, см^3 , по формулі.

$$V_{уг} = 0,03(V_{пок} + V_{обр}), \quad (3.24)$$

$$V_{уг} = 0,03(1295 + 94) = 41,67 \text{ см}^3$$

Підставивши отримані значення у формулу (3.19), одержимо.

$$V_{уз} = 1295 + 94 + 0 + 41,67 = 1430,67 \text{ см}^3$$

Визначимо площу поперечного перерізу заготовки $F_{у.з.}$, см^2 , по формулі:

$$F_{у.з.} = F_{пок}^{\min} \cdot Y_k, \quad (3.25)$$

де $F_{пок}^{\min}$ – мінімальна площа поперечного перерізу заготовки;

Y_k – 1,25...1...1,6–величина.

Мінімальна площа поперечного перерізу заготовки.

$$F_{пок}^{\min} = \frac{\pi \cdot D_{\min}^2}{4}, \quad (3.26)$$

де D_{\min} – мінімальний діаметр шийки вала, мм;

$$F_{пок}^{\min} = \frac{3,14 \cdot 51^2}{4} = 20,42 \text{ см}^2 = 2042 \text{ мм}^2$$

Приймаємо $Y_k = 1,6$.

Підставивши отримані значення у формулу (3.23) одержимо.

$$F_{у.з.} = 20,42 \cdot 1,6 = 32,67 \text{ см}^2$$

Отриманий значення порівнюємо з $F_{заг}^{\max} = 47,78 \text{ см}^2$ ($D = 108 \pm 2$). Так як умова $F_{у.з.} \geq F_{заг}^{\max}$ не дотримується, приймаємо $F_{у.з.} = 47,78 \text{ см}^2$.

Визначаємо діаметр вихідної заготовки $D_{уз}$, мм.

$$D_{уз} = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{у.з.}^c}{\pi}}, \quad (3.27)$$

де $F_{у.з.}^c$ – площа поперечного перерізу (прийнята), см^2 .

$$D_{уз} = \sqrt{\frac{4 \cdot 47,78}{3,14}} = 10,8 \text{ см} = 108 \text{ мм}$$

Так як сортамент передбачає розраховане значення діаметра, то як вихідну заготовку приймаємо пруток діаметром $D_{н.з.} = 108 \text{ мм}$.

Визначаємо довжину вихідної заготовки по формулі:

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КМР.131.24.1-13.03.ТПВВ				

$$L_{из} = V_{и.з.} \cdot F_{пр}^{-1} \quad (3.28)$$

де $F_{пр}^{-1}$ – прийнята площа поперечного перерізу, $мм^2$.

$$L_{из} = \frac{1430,67 \cdot 10^3}{47,78 \cdot 10^2} = 300 \text{ мм}$$

Висновок: вихідна заготівля пруток.

Діаметр прутка $D_n = 108_{-1,1}^{+0,5}$ мм.

Довжина прутка $L_n = 300$ мм.

3.2.3 Вибір і обґрунтування баз

Деталь належить до класу вал.

Конструкторська, технологічна база вісь деталі.

Подвійна направляюча база – вісь деталі.

Опорна база – торцева поверхня.

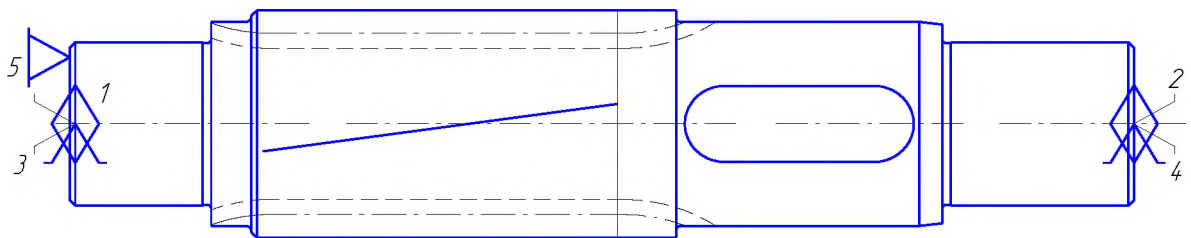


Рисунок 3.3 – Теоретична схема базування

Як базу на першій операції використовуємо зовнішні поверхні двох шийок. Ці поверхні прості, правильної геометричної форми з найменшою шорсткістю, неприпустимо на них різного роду нерівностей, раковин т.д. Вони мають достатні розміри, що забезпечує стійке положення на верстаті.

При обробці, для одержання точних розмірів потрібно забезпечити принцип єдності і сполучення баз. Однак у нашому випадку будуть погрішності, тому що в першому випадку за базові поверхні приймаємо вісь деталі, в іншому зовнішні поверхні двох шийок.

Схеми базування, що розрізняються

Фрезерно-центрувальна.

Фрезерна.

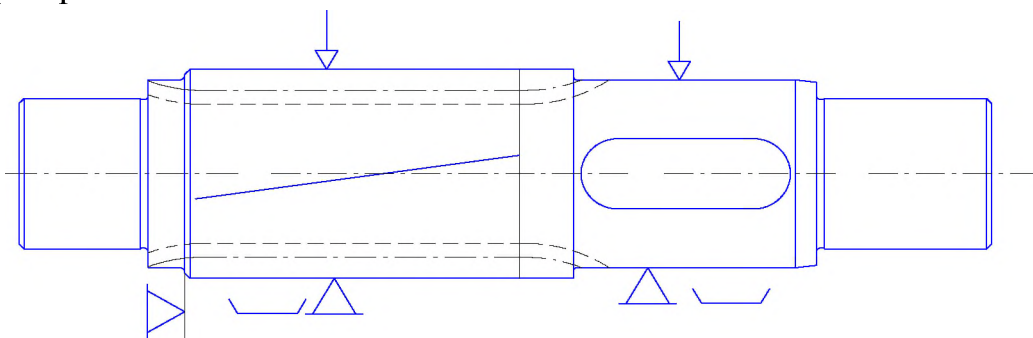


Рисунок 3.4 – Установка вала на призмі з упором у торцеві

					КНУ.КМР.131.24.1-13.03.ТПВВ		Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Токарна

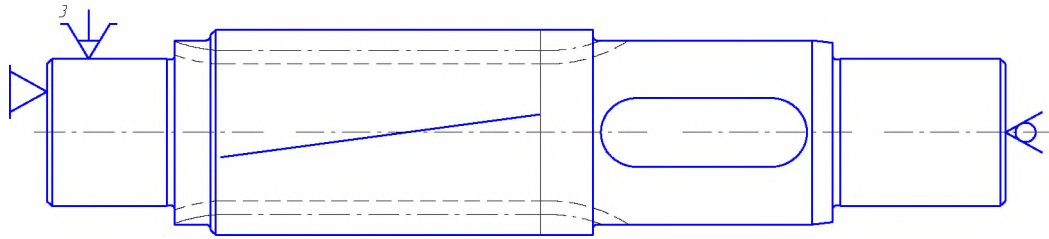


Рисунок 3.5 – Установка деталі в трикулачковий патрон з підгорнутим заднім торцем

Токарна

Шліфувальна

Зубофрезерна

Зубошліфувальна

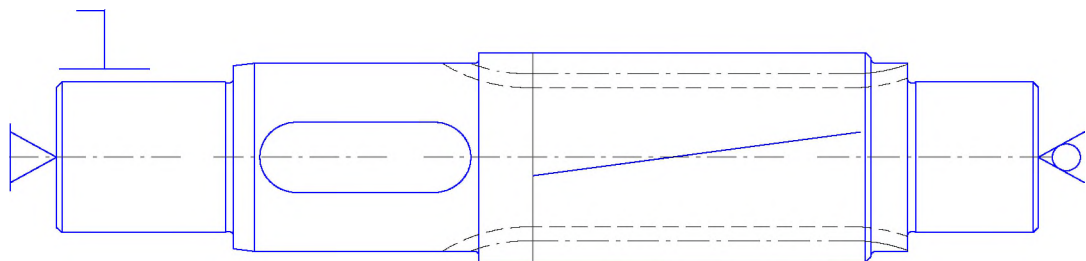


Рисунок 3.6 – Установка вала в нерухомому передньому центрі з повідковим патроном і обертовому задньому центрі

Токарна

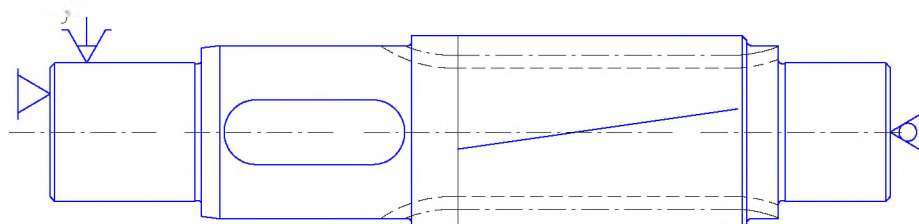


Рисунок 3.7 – Установка вала в трикулачковий патрон із застосуванням люнета

3.2.4 Вибір і обґрунтування послідовності обробки поверхонь

Вибір послідовності обробки поверхонь можна здійснити в такий спосіб.

Визначити число ступіней і методів обробки поверхонь, що рекомендуються довідником і технічною літературою [12].

Дані представимо у виді таблиці 3.7.

					КНУ.КМР.131.24.1-13.03.ТГВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.7 – Послідовність обробки поверхонь

№ поверхні розмір, мм	Найменування переходів	Шорсткість R _a , мкм	Точність IT	Допуск T, мкм
1	2	3	4	5
пов. 1 (торець Ø45) пов. 32 (торець М39х1,5)	заготовка		15	1200
	Фрезерно-центрувальна операція Фрезерування	6,3	14	740
пов. 2 (Ø45js6) пов. 25 (Ø42js6) пов. 27 (Ø40js6) пов. 29 (Ø40js6)	заготовка		14	620
	Токарна операція			
	Чорнове обточування	12,5	12	250
	Напівчистове обточування	6,3	10	100
	Чистове обточування	1,6	8	39
Шліфувальна операція				
Чистове шліфування	0,8	6	16	
пов. 3 (торець Ø49,5) пов. 5 (торець Ø49,5) пов. 26 (торець Ø42)	заготовка		15	1000
	Токарна операція			
	Чорнове підрізання торця	6,3	14	620
пов. 4 (Ø49,5) пов. 6 (Ø44) пов. 20 (Ø43) пов. 24 (Ø41) пов. 28 (Ø39) пов. 30 (Ø36,8) пов. 34 (Ø30,7)	заготовка		14	620
	Токарна операція			
	Чорнове обточування	12,5	13	390
	Напівчистове обточування	6,3	12	250
	Чистове обточування			
	Шліфувальна операція			
Чистове шліфування	0,8	6	19	
пов. 18 (Ø55js6) пов. 16 (Ø55js6) пов. 14 (Ø60js6) пов. 8 (Ø54,5js6)	заготовка		14	740
	Токарна операція			
	Чорнове обточування	12,5	12	300
	Напівчистове обточування	6,3	10	120
	Чистове обточування	1,6	8	46
	Шліфувальна операція			
Чистове шліфування	0,8	6	19	
пов. 17 (Ø54) пов. 22 (Ø52,5)	заготовка		14	740
	Токарна операція			
	Чорнове обточування	12,5	13	460
Напівчистове обточування	6,3	12	300	
пов. 9 (торець Ø55) пов. 13 (торець Ø68) пов. 7 (торець Ø54,5) пов. 23 (торець Ø52,5)	заготовка		15	1200
	Токарна операція			
	Чорнове підрізання торця	6,3	14	740
	Чистове підрізання торця	1,6	13	460
пов. 10 (Ø55h8)	заготовка		14	740
	Токарна операція			
	Чорнове обточування	12,5	12	300
	Напівчистове обточування	6,3	10	120
	Чистове обточування	1,6	9	74
	Шліфувальна операція			
	Чистове шліфування	0,8	8	46
Полірування	0,2	8	46	
пов. 11 (конус Ø68) пов. 15 (торець Ø65) пов. 19 (торець Ø55) пов. 21 (торець Ø52,5)	заготовка		15	1200
	Токарська операція			
	Чорнове підрізання торця	6,3	14	740

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-13.03.ТПВВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 3.7

1	2	3	4	5
пов. 33 (М30х1,5)	заготовка		14	620
	Токарна операція			
	Свердління	12,5	12	210
	Розточування	6,3	11	130
	Нарізування різьблення	6,3	7	21
пов. 31 (М39х1,5)	заготовка		14	620
	Токарна операція			
	Свердління	12,5	12	250
	Розточування	6,3	10	100
	Нарізування різьблення	6,3	7	25
пов. 35 (2 пази 6Н9) пов. 36 (2 пази 6Н9)	заготовка	12,5	10	48
	Фрезерна операція Фрезування паза	6,3	9	30
пов. 42 (лыски по Ø68) пов. 43 (лыски по Ø68)	заготовка	12,5	12	300
	Фрезерна операція			
	Фрезування	6,3	11	190
пов. 12 (Ø68)	заготовка		14	740
	Токарна операція Чорнове обточування	12,5	12	300

3.2.6 Розробка маршруту обробки деталі

Для досягнення необхідної точності і шорсткості, при обробці деталей на верстатах, нормальну точність можна забезпечити застосовуючи наступний технологічний процес.

Технологічну послідовність обробки деталі вал представимо у виді табл. 3.8.

Таблиця 3.8 – Маршрут обробки деталі

№ опер.	Найменування операції	№ з/п оброблюваної поверхні	№ з/п базуючої поверхні	Тип, модель верстата
1	2	3	4	5
005	Фрезерно-центрувальна	1, 32	10, 18, торець 11	MP76M
010	Токарно-гвинторізна	Установ А 31, 29, 28, 27, 26, 25, 24, 23, 22, 20, 19, 18, 17, 16, 15, 12, 14, 13 Установ Б 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11	2, торець 1, центр. отв. 32 торець, 31 центр. отв.	16K20
015	Термічна обробка			
020	Токарна з ЧПК	Установ А 31, 30, 29, 28, 27, 25, 24, 23, 22, 20, 18, 17, 16, 14, 13 Установ Б 2, 4, 8, 10, 6, 11, 37	2, торець 1, центр. отв. 32 торець, 31 центр. отв.	Roturn 402 C
025	Фрезерна з ЧПК	35, 36	10, 18, торець 19	VECTOR 650 M SI
030	Фрезерна з ЧПК	42, 43	10, 18, торець 19	VECTOR 650 M SI

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-13.03.ТПВВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 3.8

1	2	3	4	5
035	Токарна з ЧПК	Установ А 29, 28, 27, 25, 18, 17, 16, 14, 39, 40, 31 Установ Б 2, 8, 10	торець 1, центр. отв. торець 32, центр. отв.	Roturn 402 C
040	Зубофрезерна	22	торець 32, центр. отв.	5350А
045	Свердлильна		торець 32, центр. отв.	2М55Ф2
050	Лудіння			
055	Азотування			
060	Круглошліфувальна	Установ А 29, 27, 25, 18, 14, 16 Установ Б 2, 8, 10	торець 1, центр. отв.	3М153
065	Зубошліфувальна	4	торець 32, центр. отв.	3451
070	Шліцешліфувальна	22	торець 32, центр. отв.	3451
075	Токарна з ЧПК	33, 34	29, торець 32, люнет	Roturn 402 C
075	Токарна з ЧПК	10	торець 32, центр. отв.	Roturn 402 C
080	Магнітний контроль			

3.2.7 Розробка технологічної операції

При обробці деталі вал на фрезерній операції використовуємо універсальне переналагоджуване пристосування. Застосування спеціального інструмента, що різє, обумовлено наявністю шести канавок різної конструкції, що вимагають виготовлення 3 різців.

Остаточо сформований зміст операцій представимо у виді таблиці 5.3 при цьому уточнимо модель верстатного устаткування й у залежності від характеру обробки вибираємо різальний інструмент [13], [14].

Таблиця 3.9 – Розробка технологічної операції

№ опер	1. Назва операції. 2. Верстат. 3. Зміст переходу.	Верстатне пристосування	Інструмент (ріжучий, допоміжний, вимірювальний)
005	Фрезерно-центрувальна Верстат МР76М 1. Фрезерувати торці вала 1, 32 2. Свердлити центрувальні отвори з двох сторін	Пристосування верстата	Оправка 6220-0255 ДСТУ ГОСТ 13042:2015 Фреза 2214-0153 ВК8 ДСТУ ГОСТ 9473:2018 Свердло 2317-0106 ДСТУ ГОСТ 14952:2016
010	Токарно-гвинторізна Верстат 16К20 Установ А Закріпити деталь 1. Точити поверхню 31, 29, 28, 27 2. Підрізати торець 26 3. Точити поверхню 25, 24 4. Підрізати торець 23 5. Точити поверхню 22, 20 6. Підрізати торець 19	Патрон 7102-0006 ДСТУ ГОСТ 2675:2018	Різець 2102-0071 15К10 ДСТУ ГОСТ 18877:2016 Різець 2103-0007 15К10 ДСТУ ГОСТ 18879:2016

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-13.03.ТПВВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

№ опер	1. Назва операції. 2. Верстат. 3. Зміст переходу.	Верстатне пристосування	Інструмент (ріжучий, допоміжний, вимірювальний)
	7. Точити поверхню 18, 17, 16 8. Підрізати торець 15 9. Точити поверхню 12 10. Точити поверхню 14 11. Підрізати торець 13 Установ Б Переустановити деталь 12. Точити поверхня 2 13. Підрізати торець 3 14. Точити поверхня 4, 6 15. Підрізати торець 7 16. Точити поверхня 8 17. Підрізати торець 9 18. Точити поверхня 10 19. Підрізати торець 11		
015	Термічна обробка Поліпшення HRC 30÷39		
020	Токарна з ЧПК Верстат Roturn 402 C Установ А Закріпити деталь 1. Точити поверхню 31 2. Точити поверхню 29, 28, 27 3. Точити поверхню 25, 24 4. Підрізати торець 23 5. Точити поверхню 22, 20 6. Точити поверхню 18, 17, 16 7. Точити поверхню 14 8. Підрізати торець 13 9. Точити канавку 24 10. Точити канавку 20 11. Точити фаски 12. Точити поверхню 30 (эл. I) Установ Б Переустановити деталь 13. Точити поверхню 2 14. Точити поверхню 4 15. Точити поверхню 8 16. Точити поверхню 10 17. Точити канавку 6 18. Точити фаски	3-кулачковий затискний патрон Roturn	Різець Seco державка – SCLCR1212M09, пластина – CCMT-F1, матеріал – TP2500 Різець Seco державка – C4-DCLCR-27050-12JETI, пластина – CCMT-M5, матеріал – TP1501
025	Фрезерна з ЧПК Верстат VECTOR 650 M SI Установити, закріпити Фрезерувати поверхню 35, 36	УСП	Фреза Seco R217.69-2828.0-10-2A, пластини - XOMX10T304TR
030	Токарна з ЧПК Верстат Roturn 402 C Установ А Закріпити деталь у центрах	Центра Roturn Хомутик	Різець Seco державка – SCLCR1212M09, пластина – CCMT-F1, матеріал – TP2500

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-13.03.ТПВВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

№ опер	1. Назва операції. 2. Верстат. 3. Зміст переходу.	Верстатне пристосування	Інструмент (ріжучий, допоміжний, вимірювальний)
	1. Точити поверхню 29, 28, 27 2. Точити поверхню 28 3. Точити поверхню 25 4. Точити поверхню 18, 16 5. Точити поверхню 17 6. Точити поверхню 14 7. Точити поверхню 39 (эл. II) 8. Точити поверхню 40 (эл. III) 9. Нарізати різьблення (пов. 31) Установ Б Переустановити деталь 10. Точити поверхню 2 11. Точити поверхню 8 12. Точити поверхню 10		Різець Seco державка – C4-DCLCR-27050-12JETI, пластина – CCMT-M5, матеріал – TP1501 Різець спеціальний
035	Зубофрезерна Верстат 5350A Закріпити деталь у центрах 1. Фрезерувати шліци 22 начорно 2. Фрезерувати шліци 22 начисто	Центра Хомутик	Фреза Fette DIN3968 №1223345
040	Свердлильна з ЧПК Верстат VECTOR 650 M SI Закріпити деталь 1. Свердлити отвір 2. Зенкерувати отвір 3. Нарізати різьблення		Свердло Seco SD203-10.5-37-14R. Зенкер 2323-2731 ДСТУ ГОСТ 12489:2018 Мітчик Seco MTP-M12X1.25ISO6HX-TB-P003
045	Лудіння		
050	Азотування		
055	Круглошліфувальна Верстат 3M153 Установ А Закріпити деталь у центрах 1. Шліфувати поверхні 29, 27, 25, Установ Б Переустановити деталь у центрах 1. Шліфувати поверхні 28, 10	Центра Хомутик	Круг Tyrolit ПП 400x25x127 454A 802 J10 V3 50
060	Зубошліфувальна Верстат 3451 Закріпити деталь у центрах 1. Шліфувати поверхню 4	Центра Хомутик	Круг 2П250x76x16 α30°К ДСТУ ГОСТ 2424:2015
065	Токарна з ЧПК Верстат Roturn 402 C Установ А Встановити деталь у 3 ^х - кулачковий патрон і люнет 1. Свердлити отвір 33 2. Розточити отвір 33 3. Розточити канавку 34 4. Нарізати різьблення M30x1,5 (пов. 33) 5. Розточити фаску	3-кулачковий затискний патрон Roturn	Свердло Seco SD203-28.5-37-14R Різець розточний Seco державка – S40U-MSKNL12, пластина – SNMG-MR7, матеріал – TP1500 Мітчик Seco MTP-M30X1.25ISO6HX-TB-P003

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КМР.131.24.1-13.03.ТПВВ

Арк.

№ опер	1. Назва операції. 2. Верстат. 3. Зміст переходу.	Верстатне пристосування	Інструмент (ріжучий, допоміжний, вимірювальний)
070	Токарна з ЧПК Верстат Roturn 402 C Установ А Закріпити деталь у центрах 1. Полірувати поверхню 10	Центра Roturn Хомутик	Алмазна паста АП20
075	Магнітний контроль		

3.2.8 Розрахунок міжопераційних розмірів і припусків на обробку

3.2.8.1 Аналітичний розрахунок припусків на зовнішню циліндричну поверхню

Елементарна поверхня для розрахунку припуску – шийки вала $\varnothing 50_{(-0,046)}$.

Таблиця 3.10 – Карта розрахунку припусків на обробку і граничні розміри по технологічним переходам

Технологічні переходи обробки поверхні $d50_{(-0,046)}$	Квалітет	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий припуск $Z_{\text{пін}}$	Розрахунковий номінальний розмір, мм	Допуск, мкм	Граничний розмір, мм		Граничні значення припусків, мкм	
		R_z	h	Δ	ε				d_{min}	d_{max}	$2Z_{\text{пін}}^{\text{np}}$	$2Z_{\text{пін}}^{\text{np}}$
Кування	14	250	250	1288	–		59,35	740	60,09	59,35		
Обточування												
чорнове	12	50	50	77,28	80	3580	55,77	300	56,07	55,77	4020	3580
полу чистове	10	25,2	30	64,4	4	376,76	55,39	120	55,51	55,39	560	380
чистове	9	6,4	20	51,52	–	239,2	55,15	74	55,224	55,15	286	240
Шліфування чистове	8	1,6	10	25,76	–	155,84	54,99	46	55,036	54,99	188	160
Полірування	8	0,8	5	–	–	74,72	54,92	46	54,966	54,92	70	70

Обробка деталі ведеться в центрах.

Визначаємо сумарне відхилення розташування поверхні Δ по формулі:

$$\Delta = \sqrt{\Delta_{\text{см}}^2 + \Delta_{\text{кор}}^2 + \Delta_{\text{ч}}^2}, \quad (3.29)$$

де $\Delta_{\text{см}} = 0,8$ мм – погрішність зсуву заготівлі; $\Delta_{\text{кор}} = 1,0$ мм – погрішність заготівлі по коробленню; $\Delta_{\text{ч}} = 0,14$ мм – погрішність глибини центрального гнізда.

$$\Delta = \sqrt{0,8^2 + 1^2 + 0,14^2} = 1,288 \text{ мм} = 1288 \text{ мкм}$$

Залишкове просторове відхилення визначаємо по таблицях [9]:

після чорнового обточування $\Delta = 0,06 \cdot 1288 = 77,28$ мкм;

після напівчистового обточування $\Delta = 0,05 \cdot 1288 = 64,4$ мкм;

після чистового обточування $\Delta = 0,04 \cdot 1288 = 51,52$ мкм;

після шліфування $\Delta = 0,02 \cdot 1288 = 25,76$ мкм.

Графу «Розрахунковий розмір» заповнюємо починаючи з кінцевого шляхом послідовного (дodatка) вирахування розрахункового міні припуску кожного технологічного переходу.

													Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КМР.131.24.1-13.03.ТПВВ								

Мінімальний припуск $2Z_{min}$, мм визначимо по формулі:

$$2Z_{min} = 2 \cdot \left(R_{z_{i-1}} + h_{i-1} + \sqrt{\Delta_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right), \quad (3.30)$$

де $R_{z_{i-1}}$ – висота нерівностей профілю на попередньому переході; h_{i-1} – глибина дефектного поверхневого шару на попередньому переході, мкм; Δ_{i-1} – сумарне відхилення розташування поверхні на попередньому переході, мкм; ε_i – погрішність установки заготівлі на виконаному переході, мкм;

$$2Z_{min1} = 2 \cdot \left(250 + 250 + \sqrt{1288^2 + 80^2} \right) = 3580 \text{ мкм}$$

$$2Z_{min2} = 2 \cdot \left(50 + 60 + \sqrt{77,28^2 + 4^2} \right) = 374,76 \text{ мкм}$$

$$2Z_{min3} = 2 \cdot (25,2 + 30 + 64,4) = 239,2$$

$$2Z_{min4} = 2 \cdot (6,4 + 20 + 51,52) = 155,84$$

$$2Z_{min5} = 2 \cdot (1,6 + 10 + 25,76) = 74,72$$

Визначимо розрахунковий розмір d_{pi} , мм для кожного переходу по формулі:

$$d_{pi} = d_i - 2Z_{mini}, \quad (3.31)$$

де d_i – діаметр шийки вала на відповідному переході, мм;

$2Z_{mini}$ – розрахунковий мінімальний припуск кожного технологічного переходу.

$$d_{p4} = 54,92 + 0,07472 = 54,99 \text{ мм}$$

$$d_{p3} = 54,990,15584 = 55,15 \text{ мм}$$

$$d_{p2} = 55,15 + 0,2392 = 55,39 \text{ мм}$$

$$d_{p1} = 55,39 - 0,37677 = 55,77 \text{ мм}$$

$$d_{p\text{зає}} = 55,77 - 3,58 = 59,35 \text{ мм.}$$

Знаходимо граничні розміри d_{max} , мм, по формулі.

$$d_{maxi} = d_{pi} + Td, \quad (3.32)$$

де d_{pi} – округлений найменший граничний розмір, мм;

Td – допуск на виготовлення, мм.

$$d_{max5} = 54,92 + 0,046 = 54,966 \text{ мм};$$

$$d_{max4} = 54,99 + 0,046 = 55,036 \text{ мм}$$

$$d_{max3} = 55,15 + 0,074 = 55,224 \text{ мм};$$

$$d_{max2} = 55,39 + 0,12 = 55,51 \text{ мм};$$

$$d_{max1} = 55,77 + 0,3 = 56,070 \text{ мм};$$

$$d_{\text{зає}} = 59,35 + 0,74 = 60,09 \text{ мм};$$

Граничні значення припусків Z_{max}^{np} , Z_{min}^{np} , мм, визначимо по формулах.

$$2Z_{min}^{np} = d_{maxi} - d_{maxi-1}, \quad (3.33)$$

$$2Z_{max}^{np} = d_{mini} - d_{mini-1} \quad (3.34)$$

де d_{maxi} , d_{mini} – відповідно максимальний і мінімальний діаметр на i -ом переході, мм; d_{maxi-1} , d_{mini-1} – відповідно максимальний і мінімальний на попередньому переході, мм.

$$2Z_{max5}^{np} = 55,036 - 54,966 = 0,07 \text{ мм} = 70 \text{ мкм}$$

$$2Z_{max4}^{np} = 55,224 - 55,036 = 0,188 \text{ мм} = 188 \text{ мкм}$$

$$2Z_{max3}^{np} = 55,51 - 55,224 = 0,286 \text{ мм} = 286 \text{ мкм}$$

$$2Z_{max2}^{np} = 56,07 - 55,51 = 0,56 \text{ мм} = 560 \text{ мкм}$$

$$2Z_{max1}^{np} = 60,09 - 56,07 = 4,02 \text{ мм} = 4020 \text{ мкм}$$

$$2Z_{min5}^{np} = 54,99 - 54,92 = 0,07 \text{ мм} = 70 \text{ мкм}$$

$$2Z_{min4}^{np} = 55,15 - 54,99 = 0,16 \text{ мм} = 160 \text{ мкм}$$

$$2Z_{min3}^{np} = 55,39 - 55,15 = 0,24 \text{ мм} = 240 \text{ мкм}$$

$$2Z_{min2}^{np} = 55,77 - 55,39 = 0,38 \text{ мм} = 380 \text{ мкм}$$

$$2Z_{min1}^{np} = 59,35 - 55,77 = 3,58 \text{ мм} = 3580 \text{ мкм}$$

Перевірка правильності розрахунків:

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>КНУ.КМР.131.24.1-13.03.ТПВВ</i>				

$$\begin{aligned}
 2Z_{\max 5}^{np} - 2Z_{\min 5}^{np} &= 70 - 70 = 0 \text{ мкм} & T_4 - T_5 &= 46 - 46 = 0 \text{ мкм} \\
 2Z_{\max 4}^{np} - 2Z_{\min 4}^{np} &= 188 - 160 = 28 \text{ мкм} & T_3 - T_4 &= 74 - 46 = 28 \text{ мкм} \\
 2Z_{\max 3}^{np} - 2Z_{\min 3}^{np} &= 286 - 240 = 46 \text{ мкм} & T_2 - T_3 &= 120 - 74 = 46 \text{ мкм} \\
 2Z_{\max 2}^{np} - 2Z_{\min 2}^{np} &= 560 - 380 = 180 \text{ мкм} & T_1 - T_2 &= 300 - 120 = 180 \text{ мкм} \\
 2Z_{\max 1}^{np} - 2Z_{\min 1}^{np} &= 4020 - 3580 = 440 \text{ мкм} & T_{заг} - T_1 &= 740 - 300 = 440 \text{ мкм}
 \end{aligned}$$

Розрахунок припусків виконаний вірно.

3.2.8.2 Розрахунок між операційних лінійних розмірів

З таблиці 3.7 випикуємо послідовність обробки торцевих поверхонь, включених у лінійні розмірні ланцюги і зобразимо схему деталі з припусками на торцеві поверхні.

При підрізанні торців 7 і 9, задану чистоту $Ra=1,6$ мкм можна одержати на чорновій операції за рахунок зменшення глибини різання.

Розмірна схема технологічного процесу зображується в такий спосіб. Викреслюється половина деталі в одній проекції, якщо деталь – симетричне тіло обертання. На ескізі проставляються конструкторські лінійні розміри A_i .

До кожної обробленої торцевої поверхні умовно додається необхідне число припусків. Припуски позначаються через Z з індексом, що відповідає порядковому номеру.

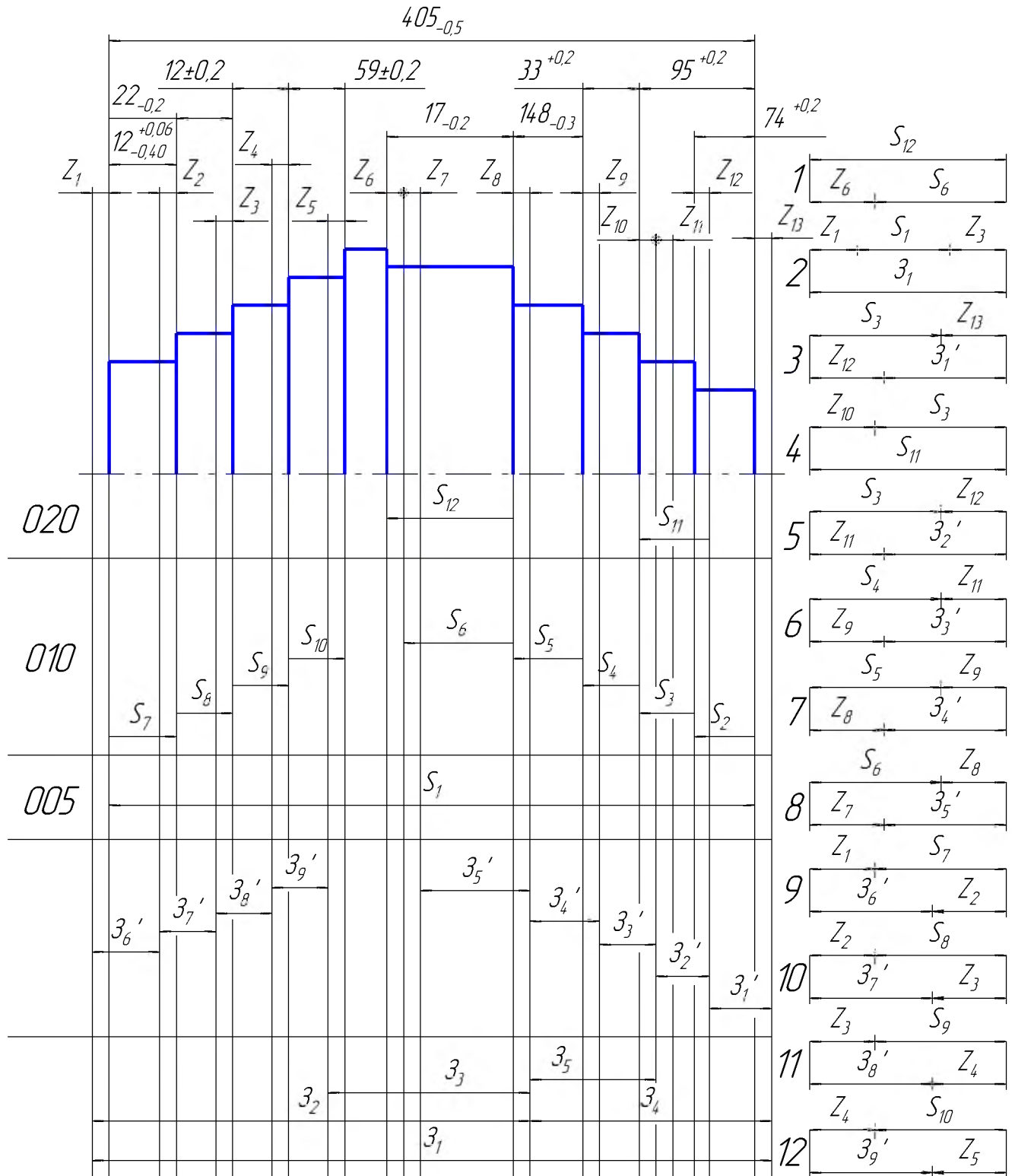
Таблиця 3.11 – Послідовність обробки торцевих поверхонь

Обоз. пов.	Послідовність переходів	Шорсткість R_a , мкм	Точність ІТ	Допуск T , мм	Припуск t , мм	Позначення припуску
1, 32	заготовка Фрезкування	6,3	15 14	1,2 0,74	9x2	Z_1 Z_{13}
3	заготовка Чорнове підрізання торця	6,3	15 14	1,0 0,62	2	Z_2
7	заготовка Чорнове підрізання торця (2 проходи)	1,6	15 14	1,2 0,74	2,5	Z_3
9	заготовка Чорнове підрізання торця (2 проходи)	1,6	15 14	1,2 0,74	3,2	Z_4
11	заготовка Чорнове підрізання торця	6,3	15 14	1,2 0,74	4	Z_5
13	заготовка Чорнове підрізання торця Чистове підрізання торця	6,3 1,6	15 14 13	1,2 0,74 0,46	4,2 1,0	Z_7 Z_6
15	заготовка Чорнове підрізання торця	6,3	15 14	1,2 0,74	3,5	Z_8
19	заготовка Чорнове підрізання торця	6,3	15 14	1,2 0,74	2,6	Z_9
23	заготовка Чорнове підрізання торця Чистове підрізання торця	6,3 1,6	15 14 13	1,2 0,74 0,46	3,0 2,0	Z_{11} Z_{10}
26	заготовка Чорнове підрізання торця	6,3	15 14	1,2 0,62	1,0	Z_{12}

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>КНУ.КМР.131.24.1-13.03.ТПВВ</i>					

Таблиця 3.12 – Побудова розмірного ланцюга схеми технологічного процесу обробки вала

№ опер.	Розмірна схема технологічного процесу	Схеми розмірних ланцюгів
---------	---------------------------------------	--------------------------



Таблиця 3.13 – Розрахунок технологічних розмірних ланцюгів

№ розмір. ланцюга	Вихідні дані, мм	Рівняння розмірного ланцюга, номінальний технологічний розмір	Допуск, мкм	Між-операційний розмір з допуском, мм	Граничне значення припусків, мм
1	$S_{12} = 17_{-0,2}$ $Z_6 = 1,0$	$S_6 = S_{12} + Z_6 = 17 - 1 = 16$	0,74	$S_6 = 16 \pm 0,37$	$Z_6 = S_{12} - S_6 = 17_{-0,2} - 16 \pm 0,37 = 1,0_{-0,57}^{+0,37}$
2	$S_1 = 405_{-0,5}$ $Z_1 = Z_1 = 9$	$3_1 = S_1 + Z_1 + Z_{13} = 405 + 9 + 9 = 423$	1,2 0,15	$3_1 = 423 \pm 0,6$ $Z_{13} = 9 \pm 0,075$	$Z_1 = 3_1 - S_1 - Z_{13} = 423 \pm 0,6 - 405_{-0,5} = 9 \pm 0,075 = 9_{-0,675}^{+1,175}$
3	$S_2 = 74^{+0,2}$ $Z_{13} = 9 \pm 0,075$ $Z_{12} = 1$	$3'_1 = S_2 + Z_{13} + Z_{12} = 74 + 9 - 1 = 82$	1,0	$3'_1 = 82 \pm 0,5$	$Z_{12} = S'_2 + Z_{13} - 3'_1 = 74^{+0,2} + 9 \pm 0,075 - 82 \pm 0,5 = 1_{-0,775}^{+0,575}$
4	$S_{11} = 21 \pm 0,2$ $Z_{10} = 2$	$S_3 = S_{11} - Z_{10} = 21 - 2 = 19$	0,74	$S_3 = 19 \pm 0,37$	$Z_{10} = S_{11} - S_3 = 21 \pm 0,2 - 19 \pm 0,37 = 2 \pm 0,57$
5	$S_3 = 19 \pm 0,37$ $Z_{12} = 1_{-0,775}^{+0,575}$ $Z_{11} = 3$	$3'_2 = S_3 + Z_{12} + Z_{11} = 19 + 1 - 3 = 17$	1,2	$3'_2 = 17 \pm 0,6$	$Z_{11} = S_3 + Z_{12} - 3'_2 = 19 \pm 0,37 + 1_{-0,775}^{+0,575} - 17 \pm 0,6 = 3_{-1,745}^{+1,545}$
6	$S_4 = 35^{+0,2}$ $Z_{11} = 3_{-1,745}^{+1,545}$ $Z_9 = 26$	$3'_3 = S_4 + Z_4 - Z_9 = 35 + 3 - 2,6 = 35,4$	1,2	$3'_3 = 35,4 \pm 0,6$	$Z_9 = S_4 + Z_{12} - 3'_3 = 35^{+0,2} + 3_{-1,745}^{+1,545} - 35,4 \pm 0,6 = 26_{-2,545}^{+2,145}$
7	$S_5 = 148_{-0,3}$ $Z_9 = 2,6_{-2,545}^{+2,145}$ $Z_8 = 3,5$	$3'_4 = S_5 + Z_9 - Z_8 = 148 + 2,6 - 3,5 = 147,1$	1,2	$3'_4 = 147,1 \pm 0,6$	$Z_8 = S_5 + Z_9 - 3'_4 = 148_{-0,3} + 2,6_{-2,545}^{+2,145} - 147,1 \pm 0,6 = 3,5_{-3,145}^{+3,045}$
8	$S_6 = 16 \pm 0,37$ $Z_8 = 3,5_{-3,145}^{+3,045}$ $Z_7 = 4,2$	$3'_5 = S_6 + Z_8 - Z_7 = 16 + 3,5 - 4,2 = 15,3$	1,2	$3'_5 = 15,3 \pm 0,6$	$Z_7 = S_6 + Z_8 - 3'_5 = 16 \pm 0,37 + 3,5_{-3,145}^{+3,045} - 15,3 \pm 0,6 = 4,2_{-4,115}^{+4,015}$
9	$S_7 = 4,2_{-4,115}^{+4,015}$ $Z_1 = 9_{-0,675}^{+1,175}$ $Z_2 = 2$	$3'_6 = S_7 + Z_1 - Z_2 = 12 + 9 - 2 = 19,0$	1,0	$3'_6 = 19,0 \pm 0,5$	$Z_2 = S_7 + Z_1 - 3'_6 = 12_{-0,4}^{+0,6} + 9_{-0,675}^{+1,175} - 19 \pm 0,5 = 2_{-1,775}^{+2,075}$
10	$S_8 = 22_{-0,2}$ $Z_2 = 2_{-1,775}^{+2,075}$ $Z_3 = 2,5$	$3'_7 = S_8 + Z_2 - Z_3 = 22 + 2 - 2,5 = 21,5$	1,2	$3'_7 = 21,5 \pm 0,6$	$Z_3 = S_8 + Z_2 - 3'_7 = 22_{-0,2} + 2_{-1,775}^{+2,075} - 21,5 \pm 0,6 = 2,5_{-2,375}^{+2,875}$
11	$S_9 = 12 \pm 0,2$ $Z_3 = 2,5_{-2,375}^{+2,875}$ $Z_4 = 3,2$	$3'_8 = S_9 + Z_3 - Z_4 = 12 + 2,5 - 3,2 = 11,3$	1,2	$3'_8 = 11,3 \pm 0,6$	$Z_4 = S_9 + Z_3 - 3'_8 = 12 \pm 0,2 + 2,5_{-2,375}^{+2,875} - 11,3 \pm 0,6 = 3,2_{-3,175}^{+3,675}$
12	$S_{10} = 59 \pm 0,2$ $Z_4 = 3,2_{-3,175}^{+3,675}$ $Z_5 = 4$	$3'_9 = S_{10} + Z_4 - Z_5 = 59 + 3,2 - 4 = 58,2$	1,2	$3'_9 = 58,2 \pm 0,6$	$Z_5 = S_{10} + Z_4 - 3'_9 = 59 \pm 0,2 + 3,2_{-3,175}^{+3,675} - 58,2 \pm 0,6 = 4_{-3,975}^{+4,475}$

КНУ.КМР.131.24.1-13.03.ТПВВ

Арк.

Змн. Арк. № докум. Підпис Дата

3.2.8.3 Вибір між операційних розмірів і припусків на обробку

На основі таблиці 3.7 і зроблених розрахунків, заповнимо таблицю 3.14 на всі поверхні.

Таблиця 3.14 – Між операційні розміри з допусками

№ поверхні	Найменування переходів	Шорсткість R_a , мкм	Точність IT	Допуск T , мм	Припуск, t , мм	Між операційний розмір з допусками, мм
1	2	3	4	5	6	7
пов. 1 (торець $\varnothing 45$)	заготовка фрезкування	6,3	16 14	1,9 0,74	9	$9^{+1,175}_{-0,675}$
пов. 2 ($\varnothing 45js6$)	заготовка Токарна операція: чорнове обточування Напівчистове обточування чистове обточування Шліфувальна операція: чистове шліфування	12,5 6,3 1,6 0,8	12 10 8 6	0,25 0,1 0,039 0,016	5 3,6 1,2 0,2	$\varnothing 50 \pm 0,125$ $\varnothing 46,4 \pm 0,05$ $\varnothing 45,2 \pm 0,0195$ $\varnothing 45 \pm 0,008$
пов. 3 (торець $\varnothing 49,5$)	заготовка Токарна операція: чорнове підрізання торця	6,3	15 14	1,0 0,62	2	$2,0^{+2,075}_{-1,775}$
пов. 7 (торець $\varnothing 54,5$)	заготовка Токарна операція: чорнове підрізання торця	1,6	15 14	1,2 0,74	2,5	$2,5^{+2,875}_{-2,375}$
пов. 8 ($\varnothing 54,5js6$)	заготовка Токарна операція: чорнове обточування Напівчистове обточування чистове обточування Шліфувальна операція: чистове шліфування	12,5 6,3 1,6 0,8	12 10 8 6	0,25 0,1 0,046 0,019	8,8 1 0,5 0,2	$\varnothing 56,2 \pm 0,15$ $\varnothing 55,2 \pm 0,06$ $\varnothing 54,6 \pm 0,023$ $\varnothing 54,5 \pm 0,0095$
пов. 9 (торець $\varnothing 55$)	заготовка Токарна операція: чорнове підрізання торця	1,6	15 14	1,2 0,74	3,2	$3,2^{+3,675}_{-3,175}$
пов. 10 ($\varnothing 55h8$)	заготовка Токарна операція: чорнове обточування Напівчистове обточування чистове обточування Шліфувальна операція: чистове шліфування полірування	12,5 6,3 1,6 0,4 0,2	12 10 8 8 8	0,3 0,12 0,074 0,046 0,046	6 1 0,5 0,2 0,02	$\varnothing 59 \pm 0,15$ $\varnothing 56,2 \pm 0,06$ $\varnothing 55,2 \pm 0,037$ $\varnothing 55^{+0,046}$ $\varnothing 55_{-0,046}$

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

КНУ.КМР.131.24.1-13.03.ТПВВ

Арк.

Продовження таблиці 3.14

1	2	3	4	5	6	7
пов. 12 ($\varnothing 68$)	заготовка Токарна операція: чорнове обточування	6,3	14 12	0,74 0,3	1,0	$\varnothing 68_{-0,3}$
пов. 13 (торець $\varnothing 68$)	заготовка Токарна операція: чорнове підрізання торця чистове підрізання торця	6,3 1,6	15 14 13	1,2 0,74 0,46	4,2 1,0	$4,2^{+4,015}_{-4,115}$ $1^{+0,37}_{-0,57}$
пов. 14 ($\varnothing 60js6$)	заготовка Токарна операція: чорнове обточування Напівчистове обточування чистове обточування Шліфувальна операція: чистове шліфування	12,5 6,3 1,6 0,8	12 10 8 6	0,3 0,12 0,046 0,019	1,6 1,3 0,5 0,2	$\varnothing 62 \pm 0,15$ $\varnothing 60,7 \pm 0,06$ $\varnothing 60,2 \pm 0,023$ $\varnothing 60 \pm 0,009$
пов. 15 (торець $\varnothing 60$)	заготовка Токарна операція: чорнове підрізання торця	6,3	15 14	1,2 0,74	3,5	$3,5^{+3,045}_{-3,145}$
пов. 16 ($\varnothing 55js6$)	заготовка Токарна операція: чорнове обточування Напівчистове обточування чистове обточування Шліфувальна операція: чистове шліфування	12,5 6,3 1,6 0,8	12 10 8 6	0,3 0,12 0,046 0,019	4,5 1,3 1,0 0,2	$\varnothing 57,5 \pm 0,15$ $\varnothing 56,2 \pm 0,06$ $\varnothing 55,2 \pm 0,023$ $\varnothing 55 \pm 0,0095$
пов. 17 ($\varnothing 54$)	заготовка Токарна операція: чистове обточування	6,3	12	0,3	3,5	$\varnothing 54_{-0,3}$
пов. 18 ($\varnothing 55js6$)	заготовка Токарна операція: чорнове обточування Напівчистове обточування чистове обточування Шліфувальна операція: чистове шліфування	12,5 6,3 1,6 0,8	12 10 8 6	0,3 0,12 0,046 0,019	4,5 1,3 1,0 0,2	$\varnothing 57,5 \pm 0,15$ $\varnothing 56,2 \pm 0,06$ $\varnothing 55,2 \pm 0,023$ $\varnothing 55 \pm 0,0095$
пов. 19 (торець $\varnothing 55$)	заготовка Токарна операція: чорнове підрізання торця	6,3	15 14	1,2 0,74	2,6	$2,6^{+2,145}_{-2,545}$
пов. 23 (торець $\varnothing 52,5$)	заготовка Токарна операція: чорнове підрізання торця чистове підрізання торця	12,5 6,3	15 14 13	1,2 0,74 0,46	3,0 2,0	$4^{+1,545}_{-1,745}$ $2 \pm 0,57$
пов. 24 ($\varnothing 41$)	заготовка Токарна операція: чистове обточування	6,3	12	0,25	1,2	$\varnothing 41_{-0,25}$

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КМР.131.24.1-13.03.ТПВВ

Арк.

Продовження таблиці 3.14

1	2	3	4	5	6	7
пов. 25 (Ø42js6)	заготовка Токарна операція: чорнове обточування Напівчистове обточування чистове обточування Шліфувальна операція: чистове шліфування	12,5 6,3 1,6 0,8	12 10 8 6	0,25 0,1 0,039 0,016	6,5 1,5 0,8 0,2	Ø 44,5 ± 0,125 Ø 43 ± 0,05 Ø 42,2 ± 0,0195 Ø 42 ± 0,008
пов. 26 (торець Ø42)	заготовка Токарна операція: чорнове підрізання торця	6,3	15 14	1,0 0,62	1,0	$1_{-0,775}^{+0,575}$
пов. 27 (Ø40m6) пов. 29 (Ø40m6)	заготовка Токарна операція: чорнове обточування Напівчистове обточування чистове обточування Шліфувальна операція: чистове шліфування	12,5 6,3 1,6 0,8	12 10 8 6	0,25 0,1 0,039 0,016	9,0 1,0 0,8 0,2	Ø 42 ± 0,125 Ø 41 ± 0,05 Ø 40,2 ± 0,0195 Ø 40 $_{-0,09}^{+0,025}$
пов. 28 (Ø39)	заготовка Токарна операція: чистове обточування	6,3	12	0,25	3,0	Ø 39 $_{-0,25}$
пов. 31 (M39x1,5)	заготовка Токарна операція: чорнове обточування Напівчистове обточування нарізування різьблення	12,5 6,3 6,3	12 10 7 кл	0,25 0,1 0,025	11 1 1,5	Ø 42 ± 0,125 Ø 39 $_{-0,1}$ M39x1,5
пов. 32 (торець M39)	заготовка Фрезерна операція: фрезування	6,3	16 14(12)	1,9 0,74	9	9 ± 0,75
пов. 31 (M30x1,5)	заготовка Токарна операція: свердління розсвердлення нарізування різьблення	12,5 6,3 6,3	12 11 7 кл	0,21 0,13 0,021	2,5 3,5 1,5/2	Ø 25 $^{+0,21}$ Ø 28,5 $^{+0,13}$ M30x1,5
пов. 42, 43 (лиски)	заготовка Фрезерна операція: Фрезування	6,3	16 14(12)	0,3 0,19	3,5	61 $_{-0,19}$

3.2.9 Розрахунок і вибір режимів різання, нормування технологічних операцій

Режими різання розрахунково-аналітичним методом визначимо на токарну операцію з ЧПК (рис. 3.8).

Модель верстата – Roturn 402 С.

Потужність електродвигуна головного привода верстата – 11 кВт.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-13.03.ТПВВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

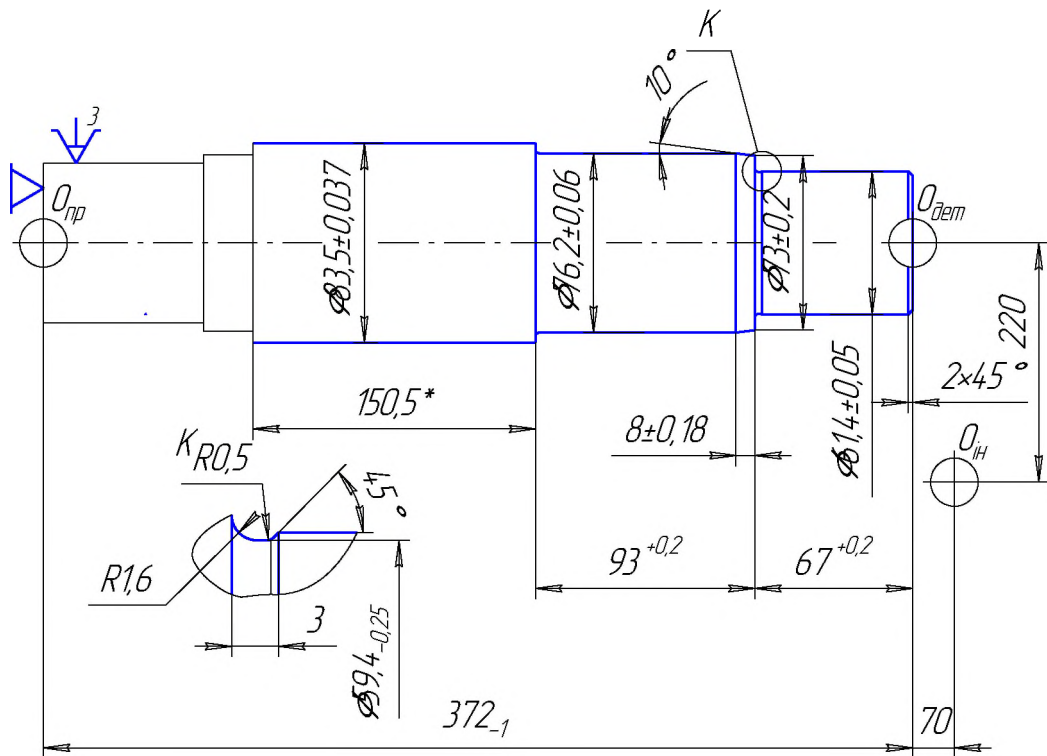


Рисунок 3.8 – Ескіз операції з ЧПК

Розрахунок і вибір режимів різання проводимо для поверхонь 1,8.

Вибір глибини різання.

По карті 2 визначаємо мінімально необхідну глибину різання для напівчистої операції.

Для поверхні 1, діаметр якої відповідає інтервалу розмірів від 30 мм до 50 мм, рекомендується глибина різання 0,7 мм.

Для поверхні 8, діаметр якої відповідає інтервалу розмірів від 50 до 80 мм, рекомендується глибина різання 0,8 мм.

Вибір інструмента.

Використовуємо різці з перетином державки 16x16 мм, товщина пластини виходячи з умов обробки приймаємо тригранну форму пластини з кутом при вершині 60° .

Кути в плані: $\varphi=93^\circ$, $\varphi_1=32^\circ$.

Визначаємо інші геометричні параметри частини, що ріже:

задній кут – $\alpha=8^\circ$;

передній кут – $\gamma=5^\circ$;

форма передньої поверхні – плоска без фаски;

радіус округлення крайки, що ріже, $\rho=0,02$ мм;

радіус вершини різця – $r_b=0,6$ мм;

нормальний період стійкості – $T=30$ хв.

Вибір подачі.

Для поверхні 1, при гострінні деталі з діаметром до 50 мм і глибиною різання до 1,5 мм рекомендується подача $S=0,27$ мм/об. Для поверхні 8 відповідно рекомендується подача 0,49 мм/об. Поправочні коефіцієнти на подачу в

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КМР.131.24.1-13.03.ТПВВ	Арк.

залежності від інструментального матеріалу $K_{S_u} = 1,0$, способу кріплення пластини $K_{S_p} = 1,1$.

По карті 5 визначимо поправочні коефіцієнти на подачу напівчистої стадії обробки для змінених умов у залежності від:

перетин державки різця – $K_{S_o} = 0,8$;

міцності частини, що ріже, $K_{S_h} = 1,0$;

механічних властивостей оброблюваного матеріалу $K_{S_m} = 0,6$;

стану поверхні заготовлі – $K_{S_n} = 1,0$;

геометричні параметри різця – $K_{S_u} = 1,3$;

твердість верстата – $K_{S_j} = 1,0$.

Остаточну подачу напівчистої стадії обробки визначають по формулі:

$$S_o = S \cdot K_{S_u} \cdot K_{S_p} \cdot K_{S_o} \cdot K_{S_n} \cdot K_{S_h} \cdot K_{S_j} \cdot K_{S_m}$$

де K – коефіцієнти враховуючі умови обробки.

Для поверхні 1:

$$S_o = 0,27 \cdot 1,0 \cdot 1,1 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot 0,6 \cdot 1,0 \cdot 1,3 \cdot 1,0 = 0,2 \text{ мм/об}$$

Для поверхні 8:

$$S_o = 0,49 \cdot 1,0 \cdot 1,1 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot 0,6 \cdot 1,0 \cdot 1,3 \cdot 1,0 = 0,35 \text{ мм/об}$$

Розраховані подачі для напівчистої стадії обробки перевіряємо по осьовий P_x і радіальній P_y складовим сили різання, припустимими міцністю механізму подач верстата. По карті 32 визначаємо табличні значення складових сил різання.

Для поверхні 8 (найбільш навантаженої) з подачею $S_o = 0,35$ мм/об і глибину різання $t=1$ мм, $P_x^r = 630$ Н, $P_y^r = 230$ Н.

По карті 33 визначаємо поправочні коефіцієнти на сили різання для змінених умов у залежності від механічних властивостей оброблюваного матеріалу.

$$K_{P_{Mx}} = K_{P_{My}} = 1,3$$

головного кута в плані

$$K_{P_{\varphi x}} = K_{P_{\varphi y}} = 1,0$$

головного переднього кута

$$K_{P_{\gamma x}} = 1,07, \quad K_{P_{\gamma y}} = 1,0$$

кута нахилу крайки

$$K_{P_{\lambda x}} = K_{P_{\lambda y}} = 1,0$$

Остаточну визначаємо складові сили різання по формулі.

$$P_x = P_x^r \cdot K_{P_{\varphi x}} \cdot K_{P_{\gamma x}} \cdot K_{P_{\lambda x}} \cdot K_{P_{Mx}}, \quad (3.35)$$

$$P_y = P_y^r \cdot K_{P_{\varphi y}} \cdot K_{P_{\gamma y}} \cdot K_{P_{\lambda y}} \cdot K_{P_{My}}, \quad (3.36)$$

де K – поправочні коефіцієнти на сили різання;

P_x^r, P_y^r – відповідно сили різання, Н.

$$P_x = 630 \cdot 1,0 \cdot 1,07 \cdot 1,0 \cdot 1,3 = 873,3 \text{ Н};$$

$$P_y = 230 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,3 = 299,0 \text{ Н}.$$

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-13.03.ТПВВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розраховані значення відповідних сил різання менше, ніж допускаються механізмом подачі верстата.

Вибір швидкості різання

Значення швидкості, що рекомендуються, різання для напівчистої обробки вибираємо з карти 21, при напівчистої обробці стадії обробки сталі легованої без кірки:

с глибиною різання t до 3 мм і подачею $S_o = 0,2$ мм/об, швидкість різання для поверхні 1 $V_T = 241$ м/хв;

із глибиною різання t до 3 мм і подачею $S_o = 0,35$ мм/об, швидкість різання для поверхні 8 $V_T = 203$ м/хв.

Поправочний коефіцієнт для напівчистої стадії обробки в залежності від інструментального матеріалу $K_{VH} = 1,0$.

По карті 23 вибираємо інші поправочні коефіцієнти на швидкість різання для змінених умов в залежності від:

групи оброблюваності матеріалу	$K_{Vc} = 0,9$
виду обробки	$K_{Vo} = 1,0$
твердості верстата	$K_{Vg} = 1,0$
механічних властивостей матеріалу	$K_{Vm} = 0,5$
геометричних параметрів різця	$K_{V\phi} = 0,95$
періоду стійкості частини, що ріже	$K_{Vt} = 1,0$
наявність охолодження	$K_{Vж} = 1,0$

Загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання обчислюємо по формулі.

$$K_V = K_{VH} \cdot K_{Vc} \cdot K_{Vo} \cdot K_{Vg} \cdot K_{Vm} \cdot K_{V\phi} \cdot K_{Vt} \cdot K_{Vж} , \quad (3.37)$$

де K – поправочні коефіцієнти на швидкість різання.

$$K_V = 1,0 \cdot 0,9 \cdot 1,0 \cdot 0 \cdot 0,5 \cdot 0,95 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,4275$$

Остаточно швидкість різання обробки визначаємо по формулі.

$$V = V_T \cdot K_V , \quad (3.38)$$

де V_T – швидкість, що рекомендується, різанням, //хв;

K_V – поправочний коефіцієнт на швидкість різання.

Для поверхні 1.

$$V = 241 \cdot 0,4275 = 103 \text{ м/хв}$$

Для поверхні 8.

$$V = 203 \cdot 0,4275 = 86 \text{ м/хв}$$

Визначаємо частоту обертання шпинделя n , об/хв по формулі.

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} , \quad (3.39)$$

де V – швидкість різання, м/хв;

D – діаметр оброблюваної деталі, мм.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-13.03.ТПВВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для поверхні 1.

$$n = \frac{1000 \cdot 103}{3,14 \cdot 42} = 780 \text{ об/хв, приймаємо } n_{\phi} = 800 \text{ об/хв.}$$

Для поверхні 8.

$$n = \frac{1000 \cdot 86}{3,14 \cdot 68} = 402,6 \text{ об/хв, приймаємо } n_{\phi} = 500 \text{ об/хв.}$$

Тоді фактична швидкість різання V_{ϕ} , м/хв, визначається по формулі.

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}, \quad (3.40)$$

де D – діаметр оброблюваної деталі, мм.

n – частота обертання, об/хв.

Для поверхні 1.

$$V_{\phi} = \frac{3,14 \cdot 42 \cdot 800}{1000} = 105,6 \text{ м/хв.}$$

Для поверхні 8.

$$V_{\phi} = \frac{3,14 \cdot 68 \cdot 500}{1000} = 106,8 \text{ м/хв.}$$

Перевірка обраних режимів по потужності привода головного руху.

Для напівчистої обробки табличну потужність різання визначаємо по карті 21 аналогічно табличній швидкості різання, тобто значення N_T визначаємо з тієї ж клітки в карті 21, що і значення V_T .

Для поверхні 1 $N_T = 5,1$ кВт.

Для поверхні 8 $N_T = 7,5$ кВт.

По карті 24 визначаємо поправочний коефіцієнт на потужність у залежності від твердості оброблюваного матеріалу $K_N = 1,3$.

Табличну потужність різання коректуємо по формулі.

$$N = N_T \cdot K_N \cdot \frac{V_{\phi}}{V_T}, \quad (3.41)$$

де N_T – таблична потужність, кВт;

V_{ϕ} – фактична швидкість різання, м/хв;

V_T – теоретична швидкість різання, м/хв;

K_N – коефіцієнт враховуючий потужність.

Для поверхні 1.

$$N = 5,1 \cdot 1,3 \cdot \frac{105,6}{241} = 2,9 \text{ кВт}$$

Для поверхні 8.

$$N = 7,5 \cdot 1,3 \cdot \frac{106,8}{203} = 5,12 \text{ кВт}$$

Жодне з розрахованих значень не перевищує потужність привода головного руху верстата $N = 10$ кВт. Отже, установлений режим різання по потужності здійсним.

Розрахунки для інших поверхонь проводяться аналогічно.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-13.03.ТПВВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначення норми штучного часу.

Норму штучного часу визначаємо по формулі.

$$T_{ш} = (T_{ца} + T_{е}) \cdot \left(1 + \frac{\alpha_{тех} + \alpha_{орг} + \alpha_{отл}}{100} \right), \quad (3.42)$$

де $T_{в}$ – допоміжний час на операцію, хв;

$\alpha_{тех}$, $\alpha_{орг}$, $\alpha_{отл}$ – час на організацію і технічне обслуговування робочого місця, відпочинок і особисті потреби у відсотках від оперативного;

$T_{ца}$ – час циклу автоматичної роботи верстата, хв.

Допоміжний час, $T_{в}$, хв визначається по формулі.

$$T_{в} = T_{в.уст} + T_{в.он} + T_{в.из}, \quad (3.43)$$

де $T_{в.уст} = 0,7$ хв – час на установку і зняття деталі, хв;

$T_{в.он} = 0,5$ мін – час зв'язане з операцією, хв;

$T_{в.из} = 0,77$ мін – час на вимір, хв.

$$T_{в} = 0,7 + 0,5 + 0,77 = 1,97 \text{ хв.}$$

Час на організацію і технічне обслуговування робочого місця, відпочинок і особисті потреби приведені у відсотках від оперативного.

$$\alpha_{тех} + \alpha_{орг} + \alpha_{отл} = 8\%$$

визначаємо час циклу автоматичної роботи верстата, по програмі $T_{ца}$, хв.

$$T_{ца} = T_{о} + T_{ме}, \quad (3.44)$$

де $T_{о}$ – основний час на обробку, хв;

$T_{ме}$ – машинно-допоміжний час, хв.

Основний час на обробку $T_{о}$, хв визначаємо по формулі.

$$T_{о} = \sum_{i=1}^n \frac{L_i \cdot i}{n \cdot S}, \quad (3.45)$$

де L_i – довжина шляху прохідного чи інструментів деталлю в напрямку подачі при обробці 1 ділянки, мм;

n – частота обертання, об/хв;

S – подача, мм/об;

Для поверхні 1.

$$T_{о} = \frac{15 \cdot 3}{0,2 \cdot 800} = 0,282 \text{ хв.}$$

Для поверхні 8.

$$T_{о} = \frac{3,5 \cdot 5}{0,35 \cdot 500} = 0,02 \text{ хв.}$$

Розрахунок для інших поверхонь проводимо аналогічно.

Машинно-допоміжний час визначимо по додатку:

- час повороту інструмента на I позицію (1 с);

					КНУ.КМР.131.24.1-13.03.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		

- час фіксації.

Для обробки нашої деталі використовуємо 6 інструментів.

$$T_{me} = 24 \text{ с} = 0,4 \text{ хв.}$$

Зробивши розрахунки основного час на операцію одержимо.

$$T_o = 4,51 \text{ хв.}$$

Підставивши отримані значення у формулу (5.17) одержимо:

$$T_{ca} = 4,51 + 0,4 = 4,91 \text{ хв.}$$

Визначивши всі складові визначимо норму штучного часу.

$$T_{ш} = (1,97 + 4,91) \cdot \left(1 + \frac{8}{100}\right) = 7,43 \text{ хв.}$$

Визначаємо норму часу на виконання операції на верстатах із ЧПК $H_{вр}$, хв по формулі:

$$H_{вр} = T_{шт-к} = T_{ш} + \frac{T_{nz}}{n}, \quad (3.46)$$

де $T_{ш}$ – штучний час на операцію, хв;

$T_{nz} = 54,3$ – підготовчо заключний час, хв;

n – кількість деталей у партії, шт.

$$H_{вр} = T_{шт-к} = 7,43 + \frac{54,3}{1500} = 7,47 \text{ хв.}$$

На інші операції і переходи, режими різання призначаються табличним способом.

Дані заносимо в таблицю 3.15.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-13.03.ТПВВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.15 – Режими різання і норми часу на технологічні операції

№ операції	1. Найменування операції 2. Модель верстата 3. Зміст переходів	Ескіз операції	Інструмент	Режими різання							Норми часу					
				D	l	t	S	V	n	i	T _о	T _д	T _{отд} T _{обс}	T _{шт}	T _{шт.к}	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
005	Фрезерно-центрувальна Верстат МР76М 1. Фрезерувати торець вала 1 Фрезерувати торець вала 2 2. Свердлити центр. отв. 3	<p>Technical drawing of a shaft with three diameters: $\phi 74^*$, $\phi 98^*$, and $\phi 86^*$. The total length is 372.1. Chamfered ends are shown with a $\sqrt{Ra 6,3}$ surface finish symbol. A central hole is indicated with a circled '3'.</p>	Фреза 2214-0153 ВК8 ДСТУ ГОСТ 9473:2018 Свердло 2317-0106 ДСТУ ГОСТ 14952:2016	65	65	9	0,24	72,3	354	1	0,39	3,0	0,23	4,03	4,04	
				51	51	9	0,24	56,7	354	1		0,2				
				3,15	10	1,575	0,07	5,7	580	1	0,03					
				3,15	10	1,575	0,07	5,7	580	1		0,18				

Змін.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата
КНУ.КМР.13124.1-13.03.ТПВВ				
	Арк.			

Продовження таблиці 3.15

Змін.	
Арк.	
№ докум.	
Підпис	
Дата	

КНУ.КМР.131.24.1-13.03.ТТВВ

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
010	Токарно-гвинторізна Верстат 16К20 Установ А Установить деталь в 3-х кп. 1. Точити поверхню 1 2. Підрізати торець 2 3. Точити поверхню 3 4. Підрізати торець 4 5. Точити поверхню 5		Різець 2102-0071 15К10 ДСТУ ГОСТ 18877:2016 Різець 2103-0007 15К10 ДСТУ ГОСТ 18879:2016	51 51 51 62 62	73 4,5 17 8,75 32,4	9 1 6,5 3 8	0,5 0,5 0,5 0,5 0,5	80,1 80,1 80,1 97,3 97,3	500 500 500 500 500	2 1 2 2 2	0,648 0,03 0,184 0,094 0,3	0,43 0,1 0,15 0,14 0,15 0,14	0,3 4,98 5,0		

Продовження таблиці 3.15

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
010	Установ Б Переустановити деталь 6. Точити поверхню 6 7. Підрізати торець 7 8. Точити поверхню 8 9. Підрізати торець 9		Різець 2102-0071 15K10 ДСТУ ГОСТ 18877:2016 Різець 2103-0007 15K10 ДСТУ ГОСТ 18879:2016													
				65	10	15	0,5	102,1	500	3	0,216	0,43				
				65	7,5	2	0,5	102,1	500	1	0,042	0,07				
				65	19,5	13,5	0,5	102,1	500	3	0,33	0,15	0,95	2,14	3,15	
				65	6,75	2,5	0,5	102,1	500	2	0,078	0,14				
												0,15				
015	Термічна обробка – поліпшення HRC \geq 40															

Змін.	
Арк.	
№ док.м.	
Підпис	
Дата	

КНУ.КМР.13124.1-13.03.ТГВВ

Арк.

Продовження таблиці 3.15

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
020	Токарна з ЧПК Верстат Roturn 402 С Установ А Закріпити деталь в 3-х кп. 1. Точити поверхню 1 2. Точити поверхню 2 3. Точити поверхню 3 4. Підрізати торець 4 5. Точити поверхню 5 6. Точить поверхню 6 7. Точити фаску 7 8. Точити пов. 8 (елемент К)		<p>Різець Seco державка – SCLCR1212M09, пластина – CCMT-F1, матеріал – TP2500</p> <p>Різець Seco державка – C4- DCLCR-27050- 12JETI, пластина – CCMT-M5, матеріал – TP1501</p>													
				42	15		0,2	105,6	800		0,282					
				44,5	59	1	0,2	111,8	800	1	0,369					
				44,5	19	1,5	0,2	111,8	800	2	0,24					
				54	5,5	2	0,35	106,9	630	2	0,05	1,97	0,55	7,43	7,47	
				54	33	1,5	0,35	106,9	630	2	0,3					
				57,5	148	1,3	0,35	113,8	630	2	1,34					
				62	16	1,3	0,35	67,4	500	1	0,09					
				68	3,65	1	0,35	106,8	500	1	0,02					

КНД.КМР.13124.1-13.03.ТГВВ

Змін.
Арк.
№ докум.
Підпис
Дата

Арк.

Продовження таблиці 3.15

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
025	<p>Фрезерна з ЧПК</p> <p>Верстат VECTOR 650 M SI</p> <p>Установити, закріпити</p> <p>1. Фрезерувати поверхню 1</p>		<p>Фреза Seco R217.69-2828.0-10-2A, пластини - ХОМХ10Т304TR</p>	6	21	3,1	0,01	22,3	400	2	1,75	3,0 0,2	1,072	7,47	7,48

Змін.
Арк.
№ докум.
Підпис
Дата

КНУ.КМР.13124.1-13.03.ТТБВ

Арк.

Продовження таблиці 3.15

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
030	<p>Токарна з ЧПК Верстат Roturn 402 С Установ А Закріпити деталь в центрах 1. Точити поверхню 1 2. Точити поверхню 2 3. Точити пов. 3 (елемент Н)</p>		<p>Різець Seco державка – SCLCR1212M09 , пластина – CCMT-F1, матеріал – TP2500</p> <p>Різець Seco державка – C4- DCLCR-27050- 12JETI, пластина – CCMT-M5, матеріал – TP1501</p> <p>Різець спеціальний</p>												
				41	59	0,8	0,2	128,8	1000	1	0,31	0,4			
				40,2	28	1,2	0,2	126,3	1000	1	0,16	0,07			
				43	13	0,8	0,2	135,1	1000	1	0,08	0,07	3,12	5,112	5,12

Змін.
Арк.
№ докум.
Підпис
Дата

КНУ.КМР.13124.1-13.03.ТГВВ

Арк.

Продовження таблиці 3.15

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
030	Установ Б Закріпити деталь в центрах 4. Точити поверхню 4		<p>Різець Seco державка – SCLCR1212M09, пластина – CCMT-F1, матеріал – TP2500</p> <p>Різець Seco державка – C4-DCLCR-27050-12JET1, пластина – CCMT-M5, матеріал – TP1501</p>	46,4	12	1,2	0,2	145,7	1000	1	0,065	0,4 0,07	0,079	1,29	1,3

Змін.
Арк.
№ докум.
Підпис
Дата

КНУ.КМР.13124.1-13.03.ТТВВ

Арк.

Продовження таблиці 3.15

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
035	Зубофрезерна Верстат 5350А Закріпити деталь в центрах 1. Фрезерувати зуби 1 начорно 2. Фрезерувати зуби 1 начисто		Фреза Fette DIN3968 №1223345	49,5 47,9	17 17	0,8 0,2	Sz 1,2 0,21	25 25	80 80	1 1	7,08 0,7	2,8 3,2 3,2	1,29	18,27	18,29

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КМР.13124.1-13.03.ТТВВ

Арк.

Продовження таблиці 3.15

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
040	Круглошліфувальна Верстат 3М153 Установ А Закріпити деталь в центрах станка за допомогою хомутика 1. Шліфувати поверхню 1 2. Шліфувати поверхню 2	<p>Technical drawing of a cylindrical grinding wheel. The drawing shows a side view and a cross-section. Dimensions include a total length of 372.1, a diameter of 75 with tolerances of -0.021 and +0.002, and a diameter of 60 with a tolerance of ±0.0095. A chamfered end has a diameter of 64 and a length of 67 with a tolerance of -0.2. A chamfered end has a diameter of 85 and a length of 93 with a tolerance of -0.2. A chamfered end has a diameter of 67 with a tolerance of -0.2 and a chamfer angle of 2x45°. Surface finish requirements are indicated as Ra 0.8 and Ra 0.5. The drawing is labeled 'Установ А'.</p>	Круг Tyrolit ПП 400x25x127 454A 802 J10 V3 50	40,2	31	0,2	0,05	25	1200	4	0,748	0,56				
				42,2	21	0,2	0,05	25	1200	4	0,532	0,65	0,46	6,54	6,54	
												0,65				

Змін.
Арк.
№ докум.
Підпис
Дата

КНУ.КМР.13124.1-13.03.ТТВВ

Арк.

Продовження таблиці 3.15

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
040	Установ Б Закріпити деталь в центрах станка за допомогою хомутка 3. Шліфувати поверхню 3		Круг Tyrolit III 400x25x127 454A 802 J10 V3 50	45,2	12	0,2	0,05	25	1200	4	0,324	0,56 0,65	0,39	5,57	5,57

Змін.	
Арк.	
№ докум.	
Підпис	
Дата	

КНУ.КМР.13124.1-13.03.ТПВВ

Арк.

Продовження таблиці 3.15

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
045	Зубошліфувальна Станок 3451 Закріпити деталь в центрах станка за допомогою хомутика 1. Шліфувати поверхню 1	<p>Technical drawing of a cylindrical grinding wheel. Dimensions include: total length 160^{+0.5}, distance from left end to start of grinding wheel 205^{-0.2}, distance from left end to center of grinding wheel 372₋₁, distance from left end to end of grinding wheel 162.5^{+0.2}, distance from left end to end of grinding wheel 128^{+0.1}, and distance from left end to end of grinding wheel 128^{+0.1}. A chamfered end is shown with a diameter of $\phi 66.67_{-0.23}$ and a chamfer angle of $8^\circ 34'$. Surface texture is indicated as $\sqrt{Ra} 16$.</p>	Круг 2П250x76x16 $\alpha 30^\circ$ К ДСТУ ГОСТ 2424:2015	4,75	18	0,05	0,05	25	1200	1	3,75	0,56 0,16	0,54	6,0	7,66

Змін.	
Арк.	
№ докум.	
Підпис	
Дата	

КНУ.КМР.13124.1-13.03.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

Розробимо верстатно-інструментальне налагодження для токарної операції з використанням сучасного токарного верстата Roturn 402 C з числовим програмним керуванням (рис. 4.1).



Рисунок 4.1 – Токарний верстат Roturn 402 C

Верстат серії ROTURN C має класичні переваги компактного виробничого токарного верстата з ЧПУ. Завдяки системі керування Siemens 828 D Basic він відповідає всім вимогам сучасних систем керування. Верстат із похилою станиною з 8-позиційною інструментальною револьверною головкою та потужним двигуном головного приводу 15 кВт має гідравлічний 3-кулачковий затискний патрон із наскрізним отвором. Технічні характеристики наведено у табл. 4.1. Робочі органи верстата показано на рис. 4.2.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-13.04.МПОМО</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		<i>Степаненко</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>						

Таблиця 4.1 – Технічні характеристики верстата Roturn 402 C

Характеристика	Значення
Робоча зона	
Довжина заготовки (макс.), мм	420
Висота центрів, мм	200
Макс. Ø заготівлі над станиною, мм	400
Макс. Ø установки заготовки над супортом, мм	250
Технологічний хід	
Технологічний хід, вісь X, мм	200
Технологічний хід, вісь Z, мм	425
Головний шпиндель	
Діаметр токарного патрона, мм	250
Діапазон частоти обертання, об/хв	50 - 2000
Затискач шпинделя	A2-8
Внутрішній діаметр шпинделя, мм	86
Прискорений хід	
Прискорений хід, вісь X, мм/хв.	16000
Прискорений хід, вісь Z, мм/хв.	20000
Змінник інструменту	
Кількість позицій, шт.	8
Діаметр кріплення борштанг, мм	40
Потужність	
Потужність двигуна гол. приводу, кВт	15/11
Потужність двигуна насоса МОР, кВт	0,18
Розміри та маса	
Габарити (ДхШхВ), м	3,8 x 1,87 x 1,91
Вага, кг	3400



Рисунок 4.2 – Робочі органи верстата Roturn 402 C

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-13.04.МПОМО</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Було підібрано токарний різець для зовнішнього точіння. Різець обираємо з каталогу Seco 2015[13, с. 33].

1. Обираємо матеріал пластини [13, с. 33] – TP2500.
2. Обираємо схему обробки [13,с. 77] (рис. 4.3).

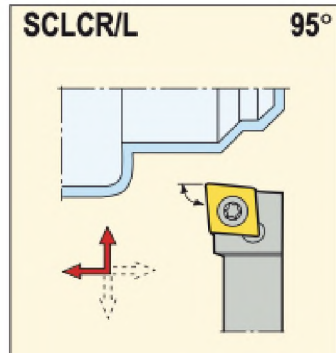


Рисунок 4.3 – Схема обробки

3. Обираємо державку [13,с. 113] (рис. 4.4).

Державки для пластин CCGT, CCGW, CСMT и CСMW



- Пластини, см. стр. 192-194, 231-232, 263
- γ_0° = Передний угол, λ_s° = Угол наклона

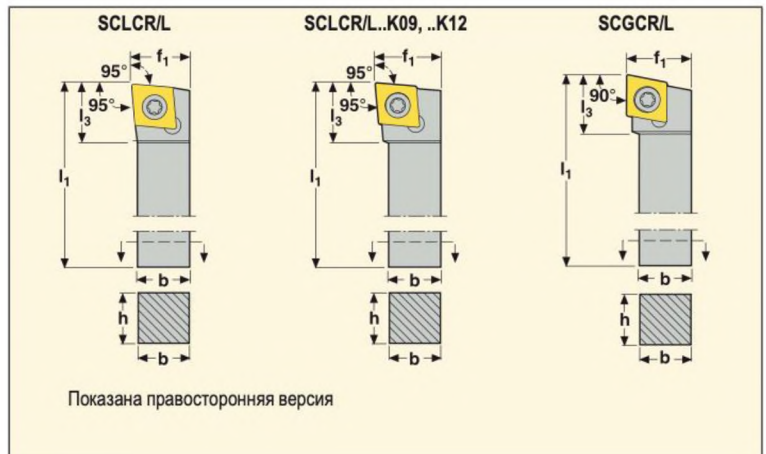
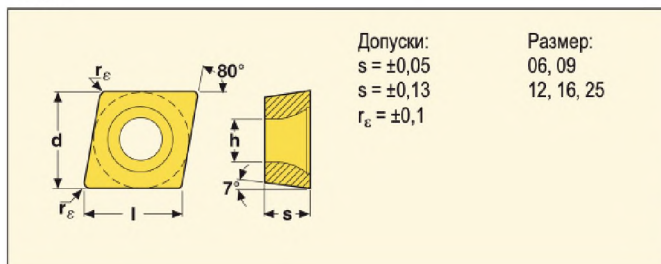


Рисунок 4.4 – Обрана державка різця

4. Обираємо стружколом [13,с. 30] – F1.
5. Обираємо пластину [13,с. 193] – CСMT (рис. 4.5).

CСMT



Размер	Размеры в мм				
	d	l	s	h	r_E
06	6,35 ±0,05	6,5	2,38	2,9	0,2-0,8
09	9,52 ±0,05	9,7	3,97	4,5	0,2-1,2
12	12,70 ±0,05	12,9	5,56	6,5	0,2-1,2
16	15,87 ±0,10	16,1	5,56	5,6	0,8-1,2
25	25,40 ±0,13	25,8	9,52	8,7	2,4

Рисунок 4.5 – Обрана пластинка

6. Обраний різець [13,с. 113]: SCLCR1212M09.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-13.04.МПОМО</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.2 Візуалізація та перевірка керуючих програм

На обраному верстаті система ЧПК –Siemens 828 D Basic.

Керуючу програму одержуємо за допомогою Autodesk FeatureCAM. В результаті обробки даних, вибору траєкторії руху інструмента ми одержали та перевірили керуючу програму. Етапи розробки КП у середовищі FeatureCAM наведено на рисунках 4.2 – 4.7.

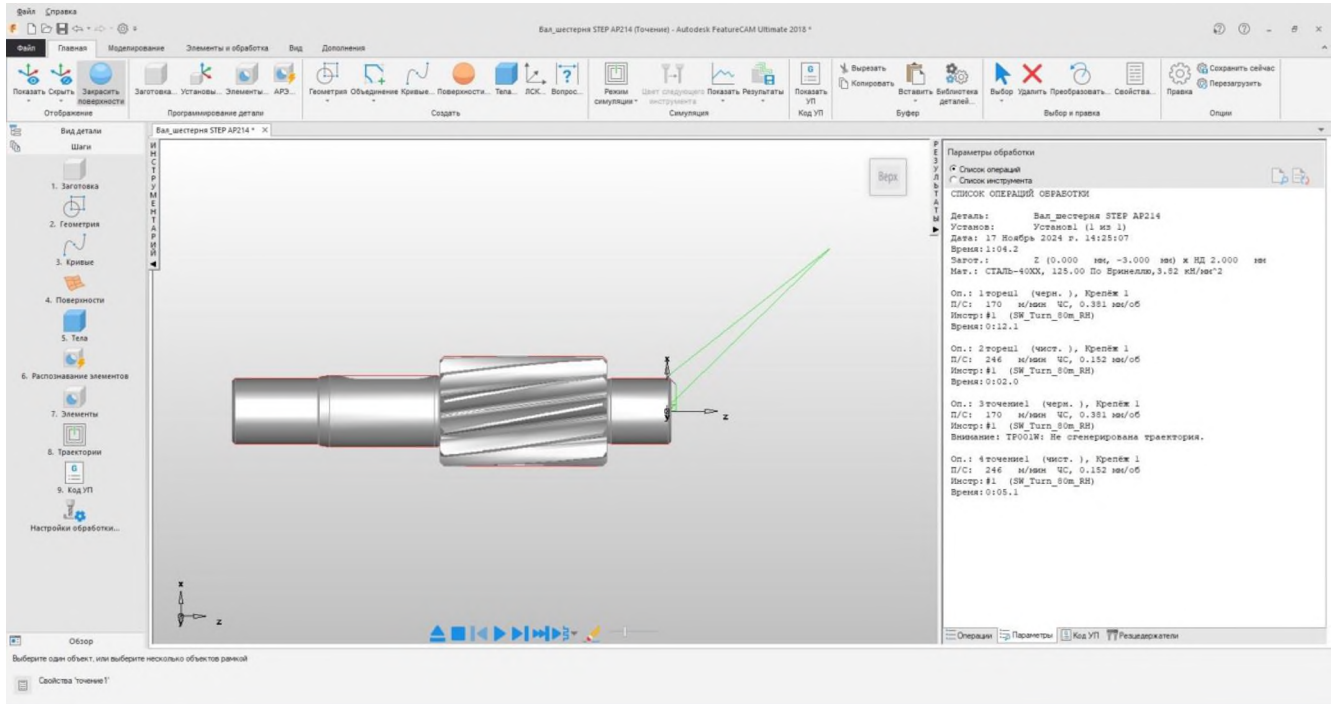


Рисунок 4.6 – Операції по обробці деталі у FeatureCAM

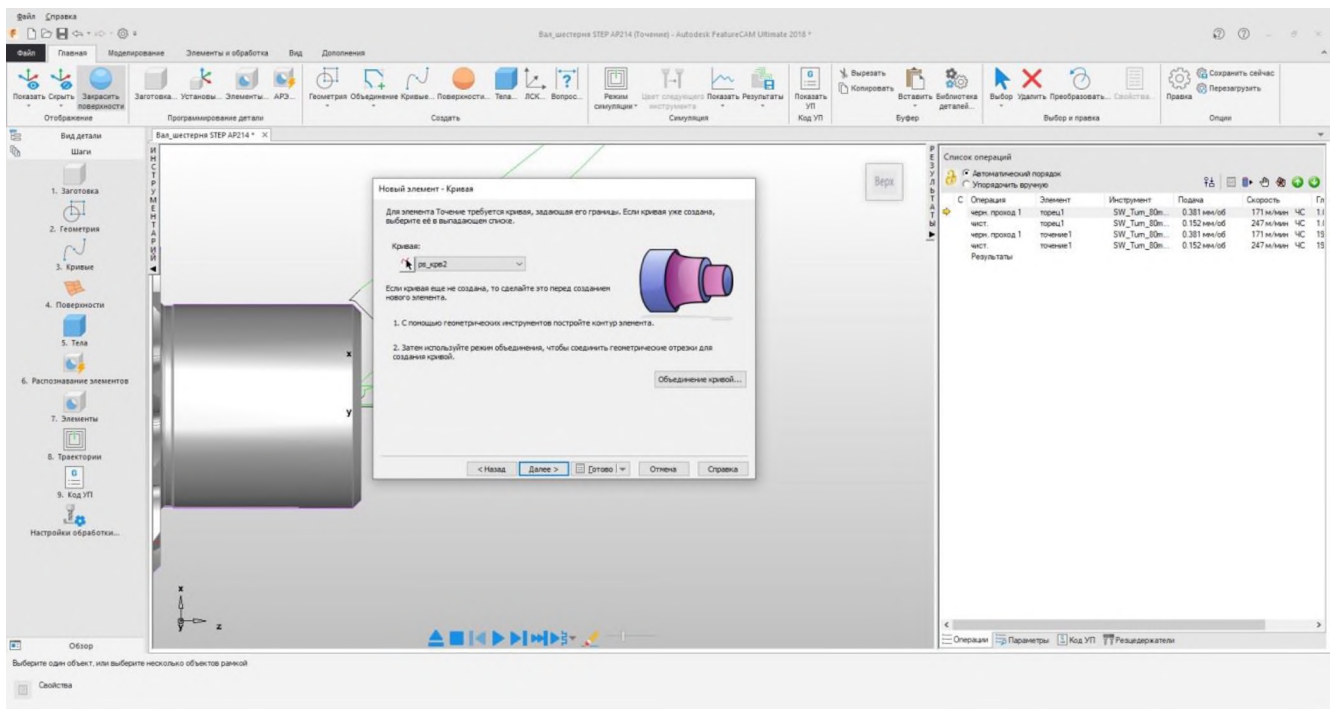


Рисунок 4.7 – Підбір стратегії обробки деталі

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

КНУ.КМР.131.24.1-13.04.МПОМО

Арк.

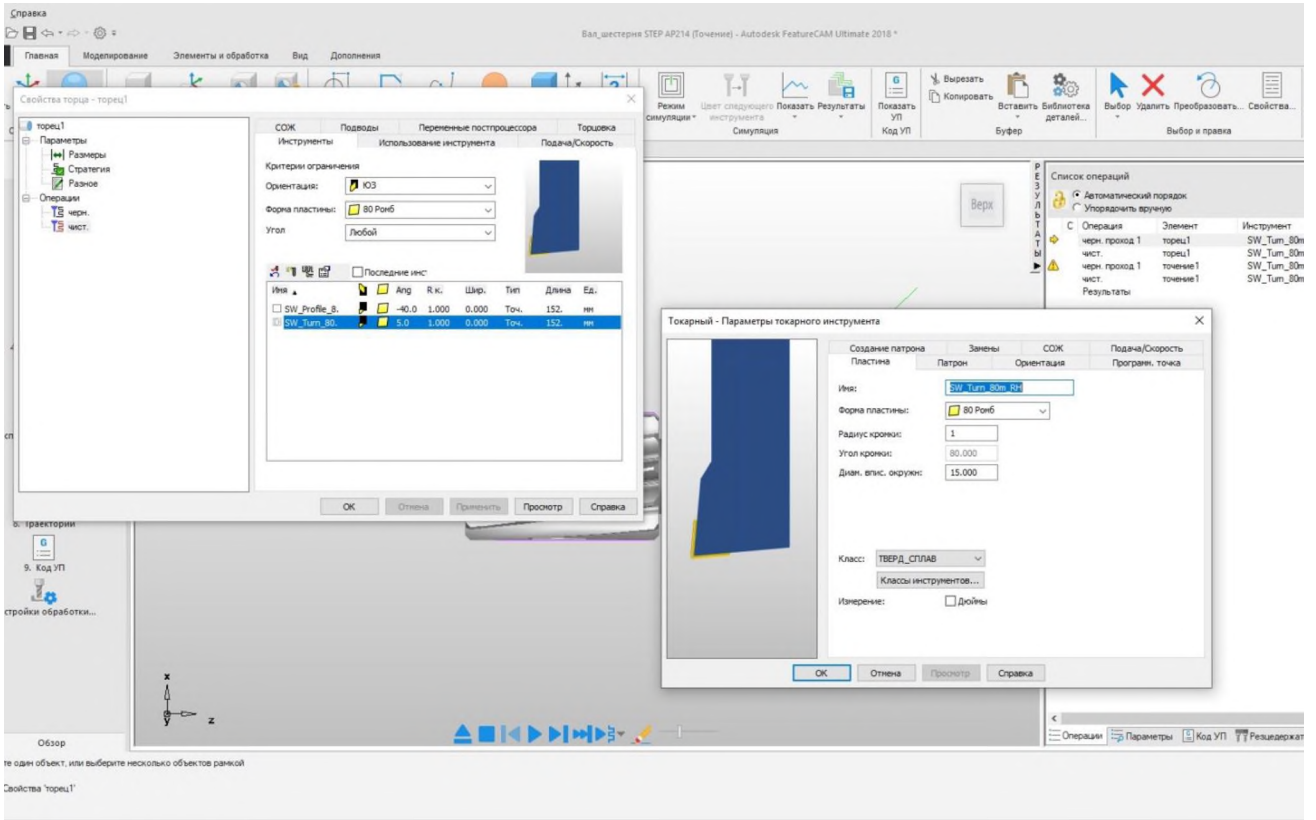


Рисунок 4.8 – Підбір інструменту для обробки деталі

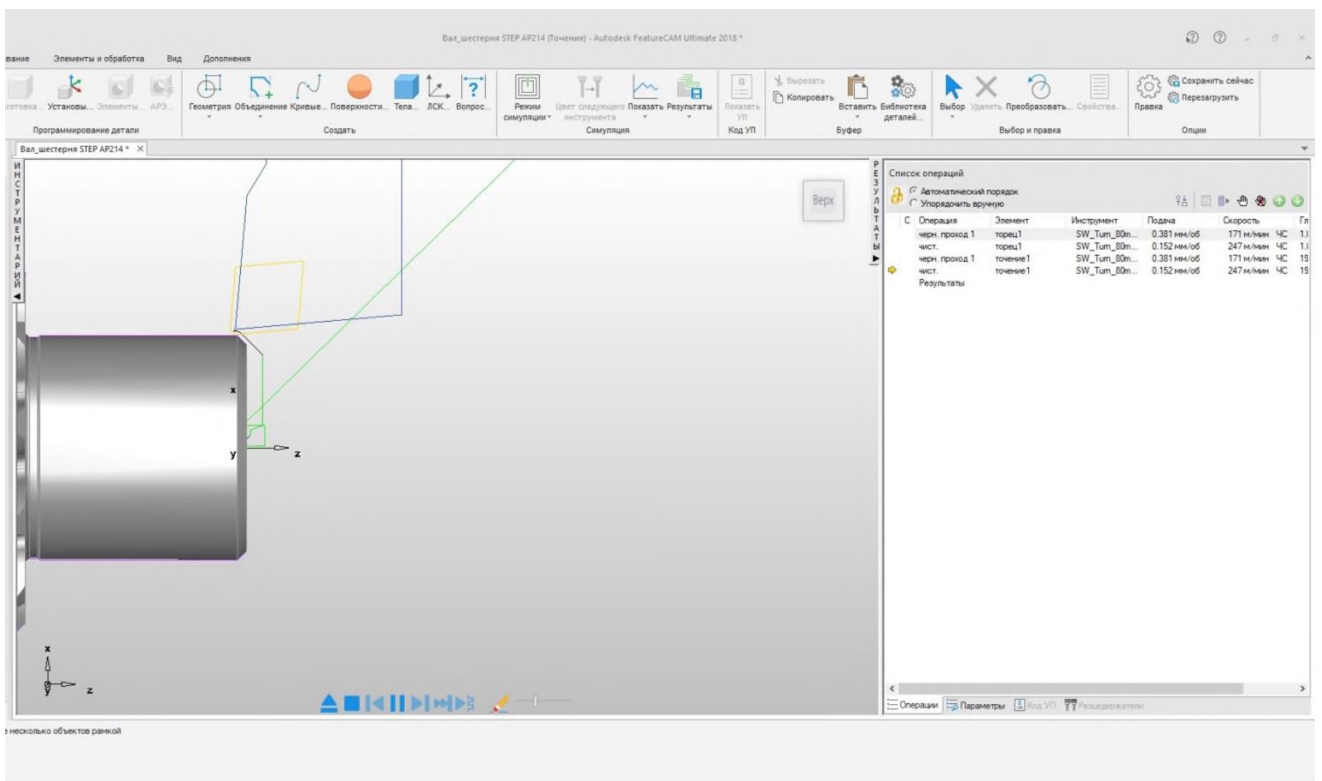


Рисунок 4.9 – Симуляція обробки деталі – точіння

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

КНУ.КМР.131.24.1-13.04.МПОМО

Арк.

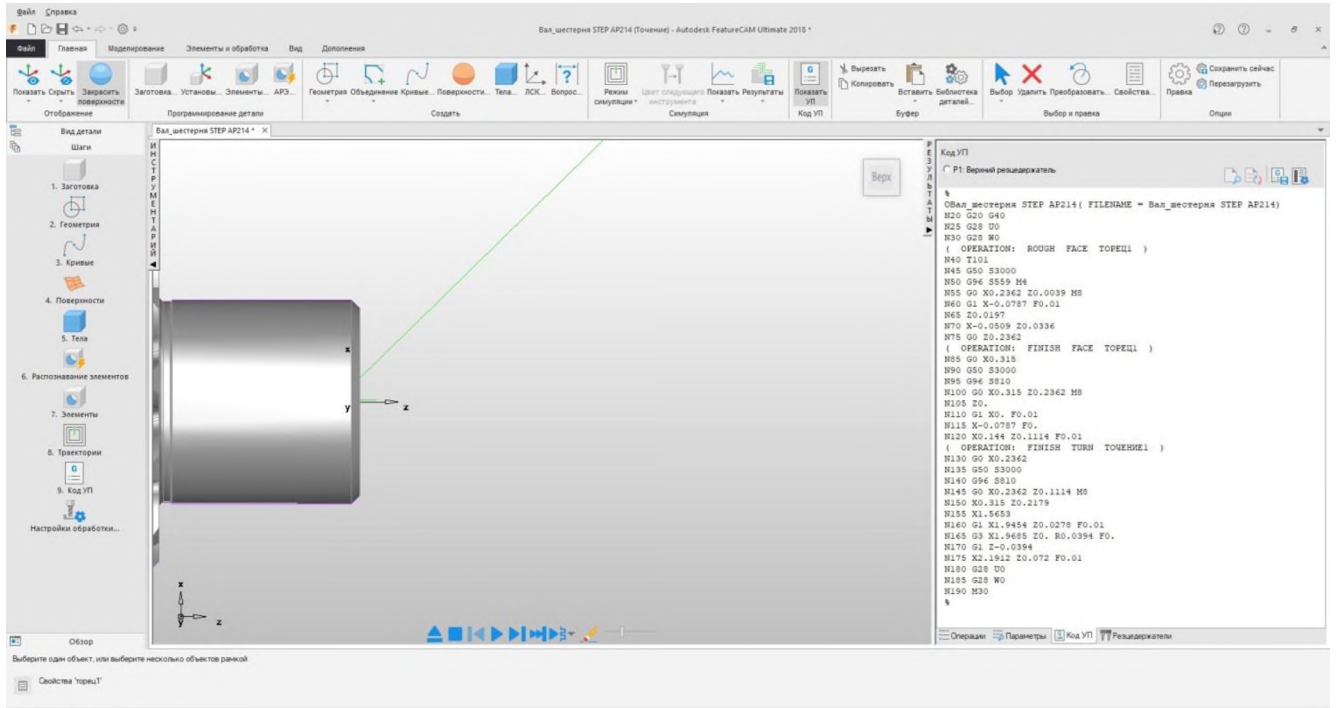


Рисунок 4.10 – Фрагмент отриманої КП по обробці деталі

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-13.04.МПОМО</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5 КОНСТРУКТОРСЬКА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА

5.1 Проектування технологічного оснащення

5.1.1 Розробка технічного завдання на проектування

Розробити пристосування для фрезерування лисок на валу.

Операція фрезерна.

Верстат вертикально-фрезерний VECTOR 650 M SI.

Інструмент фреза торцева.

Програма випуску – 1500 шт.

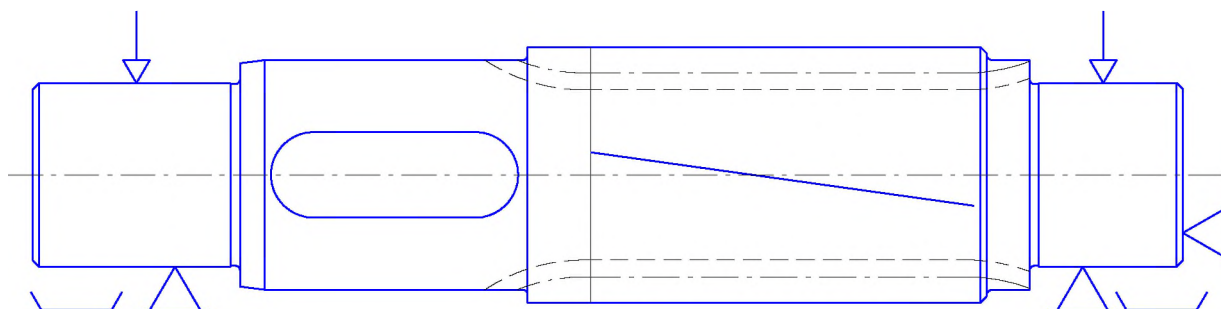


Рисунок 5.1 – Схема базування деталі

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

5.1.2 Проектування верстатного пристосування

При виконанні операції фрезерування можливо кілька способів установки заготовлі. У виді того, що середньо-серійне виробництво, то найбільш раціональним у даному випадку буде установка заготовлі на призми і застосування гвинтового затиску. Це не вимагає великих витрат на виготовлення.

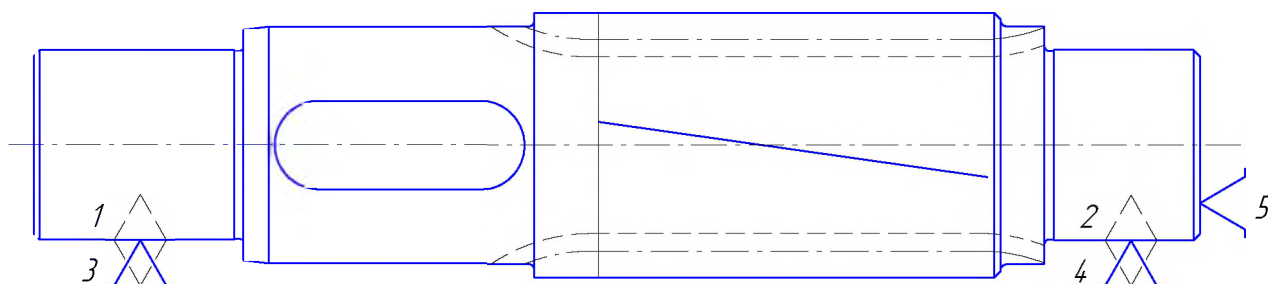


Рисунок 5.2 – Теоретична схема базування

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-13.05.КПВ</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		<i>Степаненко</i>			<i>Конструкторська 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>						

Дві зовнішні циліндричні поверхні $\varnothing 56,2$ мм є стійкими базами і позбавляють деталь чотирьох ступенів волі.

5.1.3 Розрахунок погрішності базування

Погрішність базування $\delta_{\text{баз}}$, мм при витримуванні розміру H , визначається по формулі:

$$\delta_{\text{баз}} = 0,5TD \left(\frac{1}{\sin 2\alpha/2} - 1 \right), \quad (5.1)$$

де TD – допуск на розмір D , мм;

2α – кут призми.

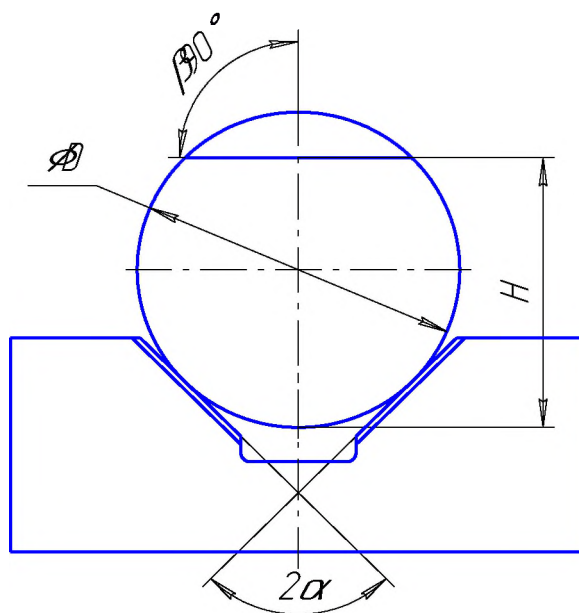


Рисунок 5.3 – Схема установки

У виді того, що фрезерна операція проводиться після токарської напівчистої операції те допуск на шейку $D=56,2$ мм дорівнює $0,12$ мм.

$$\delta_{\text{баз}} = 0,5 \cdot 0,12 \left(\frac{1}{\sin 45^\circ} - 1 \right) = 0,025 \text{ мм}$$

Провівши попередній аналіз на стадії проектних робіт можна зробити висновок про доцільність обраного рішення.

5.1.4 Розробка схеми закріплення заготовки і вибір затискного пристрою

Як затискний пристрій беремо нормалізований гвинтовий прихват з пересувною планкою і регульованою опорою.

Вибираємо стандартні елементи для даної конструкції.

Прихват DIN 6314

Опора регульована ДСТУ ГОСТ 12481:2018

Гайка ISO 4032

Шайба пружинна DIN 2093

Шайба DIN 6319C

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-13.05.КПВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Шайба
Шпилька

ISO 7093-1
DIN 976

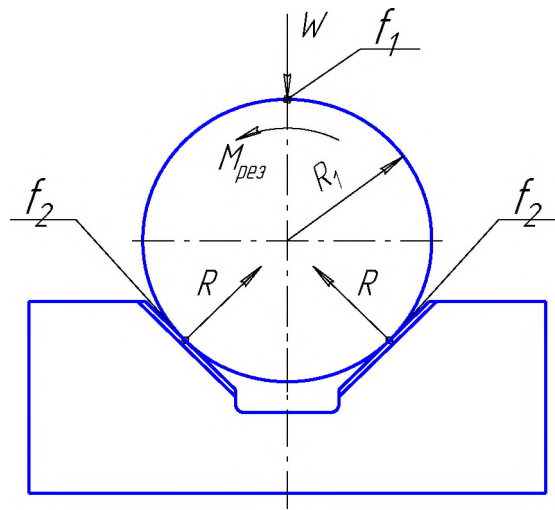


Рисунок 5.4 – Схема закріплення заготовки

5.1.5 Проектування базових і допоміжних елементів конструкції

Тому що в технічному завданні потрібно розробити переналаджуване пристосування, то всі базові елементи конструкції вибираємо за стандартами, за винятком спеціальної плити й опори. Проектування в даному випадку виправдано в зв'язку з виробничою програмою в 1500 шт. і при цьому плита не вимагає великих витрат на виготовлення.

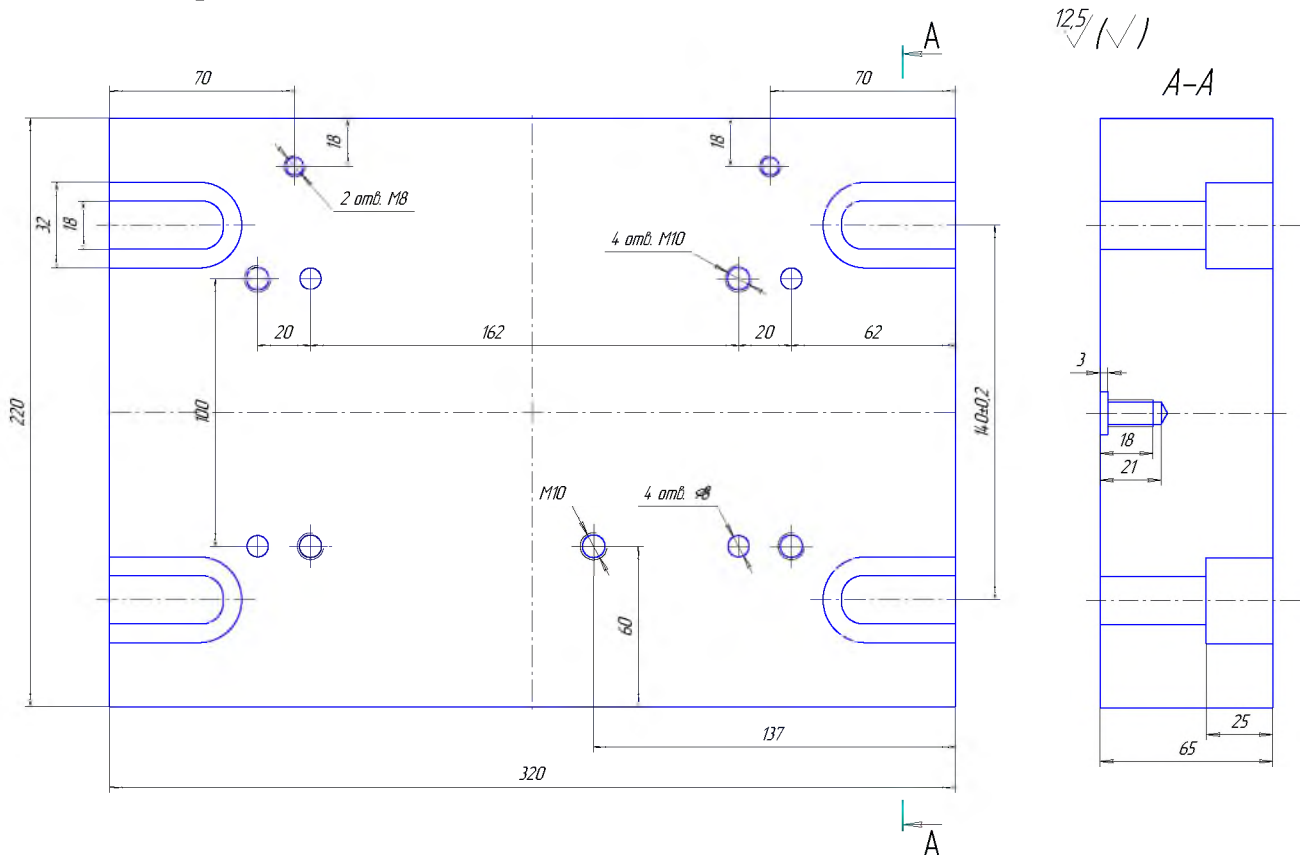


Рисунок 5.5 – Ескіз плити

					КНУ.КМР.131.24.1-13.05.КПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Стандартними опорними елементами при заданій схемі базування є призми. Вибір призм здійснюється по діаметрі настановних баз зовнішніх циліндричних поверхонь деталі.

Настановними базами деталі є зовнішні циліндричні поверхні з параметрами:

$\varnothing 56,2$ мм
 $L=59$ мм

$\varnothing 56,2$ мм
 $L=148$ мм

За ДСТУ EN 12195-3:2018 вибираємо призми з наступними параметрами $H=40$ мм, $L=38$ мм, $d=11$ мм, $d_1=17$ мм, $d_2=8$ мм, $A=76$ мм, $A_1=16$ мм, $A_2=20$ мм, $l=12$ мм, $h=11$ мм, $h_1=22$ мм, $b=20$ мм, $z=1,0$ мм.

Вибираємо базові і допоміжні елементи конструкції:

Болт 7002-2555	DIN 186 B
Гвинт M10x75.8.8	DIN 912
Гвинт M10x50.8.8	DIN 912
Гвинт M6x16.8.8	DIN 912
Гвинт M10x10.8.8	DIN 912
Гайка 2M16.5	ISO 4032
Установ	ДСТУ ГОСТ 13443:2018
Шайба 16.01.05	DIN 125 A
Шпонка 18	ДСТУ ГОСТ 14737:2008
Штифт 8п6x50	ISO 2338

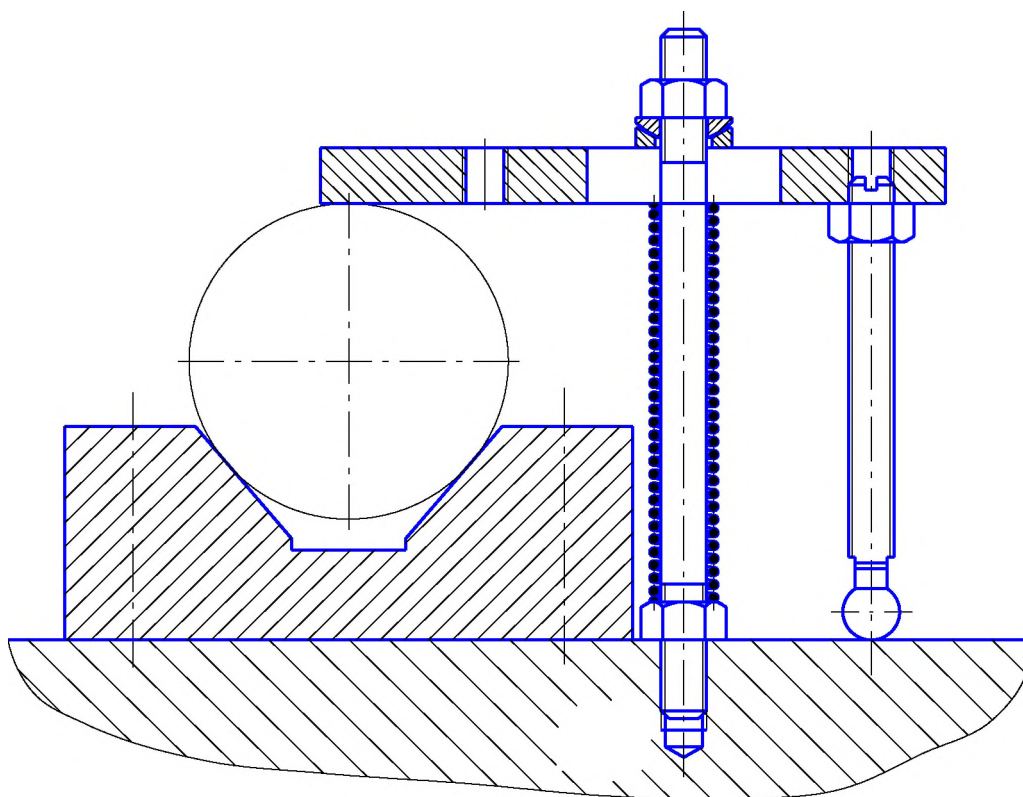


Рисунок 5.6 – Конструктивна схема пристосування

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КМР.131.24.1-13.05.КПВ

Арк.

5.1.6 Компонування конструкції, силовий аналіз

Розрахуємо момент щодо крапки ПРО (рис. 5.4) по формулі:

$$\sum_{i=1}^n M_i = 0, \quad (5.2)$$

$$M_{рез} - W \cdot f_1 \cdot R_1 - 2 \cdot R \cdot f_2 \cdot R_1 = 0, \quad (5.3)$$

де $M_{рез}$ – момент різання, Нм;

W – сила закріплення, Н;

f_1, f_2 – коефіцієнти тертя між деталлю і настановними, затискними елементами;

R_1 – радіус даної шийки вала, мм;

R – сили тертя, Н.

Силу тертя R , Н визначимо по формулі:

$$R = \frac{W}{2} \cdot \frac{1}{\sin \alpha / 2}, \quad (5.4)$$

де W – сила закріплення, Н;

α – кут призми.

Підставивши отримане значення у формулу (5.3) одержимо.

$$M_{рез} - W \cdot f_1 \cdot R_1 - \frac{2 \cdot W \cdot f_2 \cdot R_1}{2 \cdot \sin \alpha / 2} = 0, \quad (5.5)$$

З вираження (5.5).

$$M_{рез} - W \cdot \left(f_1 \cdot R_1 + \frac{f_2 \cdot R_1}{\sin \alpha / 2} \right) = 0, \quad (5.6)$$

З вираження (5.6) визначимо силу закріплення W , Н по формулі.

$$W = \frac{M_{рез} \cdot K}{f_1 \cdot R_1 + f_2 \cdot R_1 \cdot \frac{1}{\sin \alpha / 2}}, \quad (5.7)$$

де $M_{рез}$ – момент різання, Нм;

W – сила закріплення, Н;

f_1, f_2 – коефіцієнти тертя між деталлю і настановними, затискними елементами;

R_1 – радіус даної шийки вала, мм;

α – кут призми;

ДО – коефіцієнт запасу.

Визначаємо момент різання $M_{рез}$, Нм, по формулі:

$$M_{рез} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100}, \quad (5.8)$$

де P_z – окружна сила, Н;

D – діаметр фрези, мм.

Окружна сила P_z , Н, знаходимо по формулі:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^h \cdot Z}{D^g \cdot n^w} \cdot K_{мп}, \quad (5.9)$$

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КМР.131.24.1-13.05.КПВ				

де t – глибина фрезерування, мм

S_z – подача, мм/зуб;

$У$ – ширина фрезерування, мм;

Z – число зубів фрези;

D – діаметр фрези, мм;

n – частота обертання, про/хв;

C_p, K_{mp} – коефіцієнти враховуючі умови роботи й ін.

$$P_z = \frac{10 \cdot 218 \cdot 3,5^{0,92} \cdot 0,24^{0,78} \cdot 4^{1,0} \cdot 3}{20^{1,15} \cdot 300^0} \cdot 1,67^{0,3} = 1015,12 \text{ Н.}$$

Підставивши отримані значення у формулу (11.8) визначимо момент.

$$M_{рез} = \frac{1015,12 \cdot 20}{2 \cdot 100} = 101,5 \text{ Нм.}$$

Для остаточного визначення сили закріплення враховують коефіцієнт запасу, що визначається по формулі:

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6, \quad (5.10)$$

де $k_0 = 1,5$ – гарантований коефіцієнт запасу;

$k_1 = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовлі;

$k_2 = 1,2$ – коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання від прогресуючого затуплення інструмента;

$k_3 = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує збільшення сили різання при переривчастому різанні;

$k_4 = 1,3$ – коефіцієнт, що враховує застосування ручного затиску елементів;

$k_5 = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує ергономіку ручних затисків елементів;

$k_6 = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує наявність моментів, що крутять;

$$k = 1,5 \cdot 1,0 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,3 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 2,34$$

Приймаємо коефіцієнт запасу рівним – $k = 2,5$.

Отримане значення підставимо у формулу (5.7) одержимо.

$$W = \frac{101,5 \cdot 2,5}{0,15 \cdot 28,1 + 0,15 \cdot 28,1 \cdot \frac{1}{\sin 45^\circ}} = 25,0 \text{ Н.}$$

Для визначення вихідної сили на рукоятці гвинта зобразимо схему дії сил при затиску оброблюваної деталі даним гвинтової прихватом.

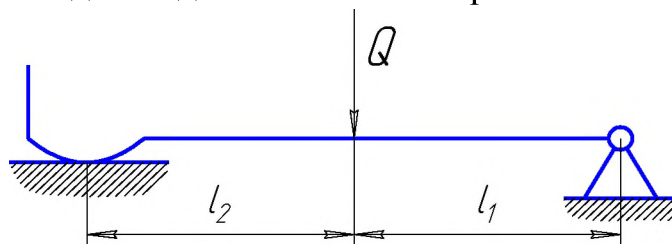


Рисунок 5.7 – Схема дії сили

Визначимо вихідну силу на рукоятці гвинта по формулі.

					КНУ.КМР.131.24.1-13.05.КПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q = \frac{W \cdot (l_1 + l_2)}{l_1 \cdot \eta}, \quad (5.11)$$

де W – сила закріплення, Нм;

η – КПД, що враховує втрати на тертя між притискним важелем і опорою.

$$Q = \frac{250 \cdot (31,5 + 59,5)}{31,5 \cdot 0,95} = 75,72$$

Перевіримо міцність шпильки прихвату.

Нормальні напруги в поперечному перерізі шпильки σ_z , МПа (по абсолютній величині) визначимо по формулі:

$$\sigma_z = \frac{N_z}{A} \cdot \frac{Q}{\pi \cdot d_1^2 / 4}, \quad (5.12)$$

де N – подовжня сила в зазначеному напрямку, Н;

A – площа поперечного перерізу шпильки, м²;

Q – вихідна сила на рукоятці, Н;

d – діаметр шпильки, м.

$$\sigma_z = \frac{75,72}{\left(3,14 \frac{\pi}{4}\right) \cdot 0,008^2} = 1,51 \text{ МПа.}$$

Дотичного напруження в крапках контуру поперечного перерізу τ_z , МПа визначимо по формулі.

$$\tau_z = \tau_{mz \max} = \frac{M_z}{W_p} = \frac{M_z}{\pi \cdot d_1^3 / 16}, \quad (5.13)$$

де M_z – крутящий момент прикладений до гайки, Нм;

d_1 – діаметр шпильки, м.

Момент, що крутить, $M_{кр}$, Нм визначимо по формулі:

$$M_{кр} = Q_{рук} \cdot L_{рук}, \quad (5.14)$$

де $Q_{рук} = 140$ Н – сила прикладена на кінці чи рукоятки гайкового ключа;

$L_{рук} = 14 \cdot D_p$ мм – довжина рукоятки ключа, мм.

де D_p – номінальний зовнішній діаметр різьблення, мм.

$$L_{рук} = 14 \cdot 8 = 112 \text{ мм}$$

підставивши в чисельне значення $L_{рук}$ у формулу (5.14) одержимо:

$$M_{кр} = 140 \cdot 112 = 15680 \text{ Нмм} = 15,68 \text{ Нм.}$$

Визначивши всі складові знаходимо дотичні напруження в крапках контуру поперечного перерізу по формулі (11.13).

$$\tau_z = \tau_{mz \max} = \frac{15,68}{\left(3,14 \frac{\pi}{16}\right) \cdot 0,008^3} = 15,68 \cdot 10^6 = 15,68 \text{ МПа.}$$

Еквівалентна напруга для небезпечної крапки по гіпотезі найбільших напруг σ_s , МПа, визначається по формулі:

					КНУ.КМР.131.24.1-13.05.КПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\sigma_s = \sqrt{\sigma_z^2 + 4 \cdot \tau_z^2} \leq [\sigma], \quad (5.15)$$

де σ_z – нормальна напруга в поперечному перерізі шпильки, МПа;
 τ_z – дотичне напруження в крапках контуру поперечного переріза;
 $[\sigma] = 80$ МПа – допустиме напруження розтягання матеріалу гвинта.

$$\sigma_s = \sqrt{1,51^2 + 4 \cdot 15,68^2} = 31,4 \text{ МПа.}$$

Габаритні розміри пристосування $L \times V \times H = 320 \times 220 \times 172$. робочу поверхню шпонки обробляють по посадці $\varnothing 18 \frac{H7}{g6}$, штифти встановлюють по $8 \frac{H7}{n6}$.

5.1.7 Розрахунок на точність

При розрахунку пристосування на точність сумарна погрішність $\sum \delta$ при обробці деталі не повинна перевищувати величину допуску T розміру $\sum_{i=1}^n \delta \leq T$.

У нашому випадку допуск заданого розміру 61 мм при фрезеруванні за 11 квалітетом дорівнює 0,19 мм.

Сумарна погрішність $\sum \delta$, мм, визначається по формулі.

$$\sum_{i=1}^n \delta = \sqrt{\delta_{pon}^2 + \delta_c^2 + \delta_{pn}^2 + \delta_6^2 + \delta_3^2}, \quad (5.16)$$

де $\delta_{pon} = 0,04$ мм – погрішність розташування опорних поверхонь (погрішність при закріпленні установка на заданий розмір);

$\delta_c = 0$ мм – погрішність верстата;

$\delta_{pn} = 0,035$ мм – погрішність розташування посадкових поверхонь (максимальний зазор між посадковим місцем плити і столу верстата);

$\delta_6 = 0,025$ мм – погрішність базування;

$\delta_3 = 0,12$ мм – погрішність установки в пристосування з гвинтовими захопленнями.

Визначимо остаточно сумарну погрішність.

$$\sum_{i=1}^n \delta = \sqrt{0,04^2 + 0,035^2 + 0,025^2 + 0,12^2} = 0,134 \text{ мм.}$$

$$0,134 < 0,19$$

Умова здійсненна.

Тому що розрахунок на точність свідчить про правильність обраного рішення, те всі розрахункові й обрані параметри залишаються без зміни.

5.1.7.1 Опис і принцип дії пристосування.

Переналаджуване пристосування позбавляє вал можливості переміщатися в напрямку OX, OZ, OY і обертання навколо осей OX і OZ. У даному пристосуванні координати замінені на дві призми жорстко закріплені на плиті, що кріпиться до столу верстата. Призми позбавляють можливості вала переміщатися в напрямку осей OX і OZ. Притискні пристрої служать затиском деталі охороняючи вал від обертання навколо осей OX і OZ.

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КМР.131.24.1-13.05.КПВ					

Для базування (установки) інструмента, що ріже, у пристосування потрібно передбачити установ.

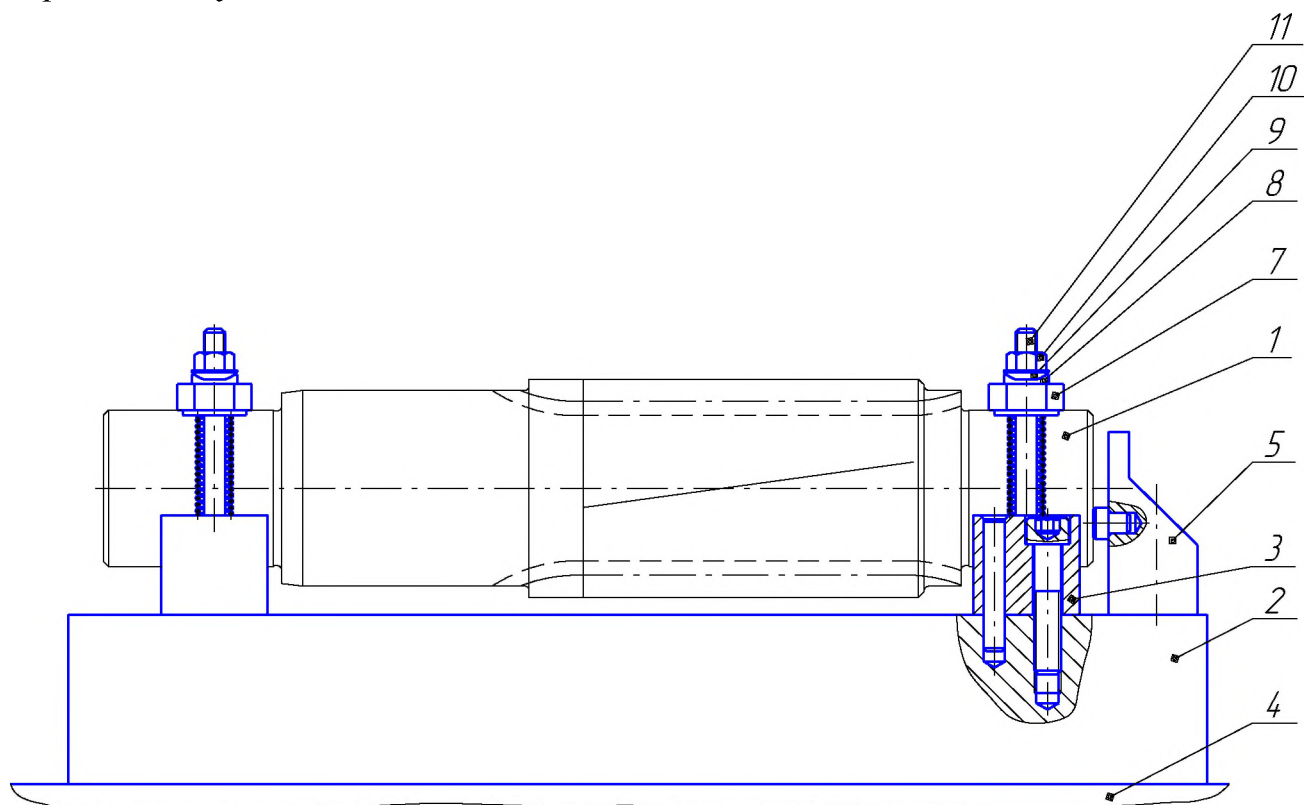


Рисунок 5.8 – Загальний вид пристосування

1. Вал.
2. Плита.
3. Призми
4. Стіл верстата.
5. Упор.
6. Установ.
7. Прихват.
8. Шайба сферична.
9. Шайба конічна.
10. Гайка.
11. Шпилька.

5.2 Проектування контрольного оснащення

Вихідними даними для проектування контрольного пристосування є:

1. Креслення деталі «Корпус дроселя».
2. Контрольований параметр – співвісність двох отворів $\varnothing 90H8$, $e = 0,16$ мм.

Після аналізу схем контролю, що рекомендуються, з урахуванням габаритів і маси деталі обрана схема накладного контрольного пристосування, представлена на рис. 5.9.

					КНУ.КМР.131.24.1-13.05.КПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

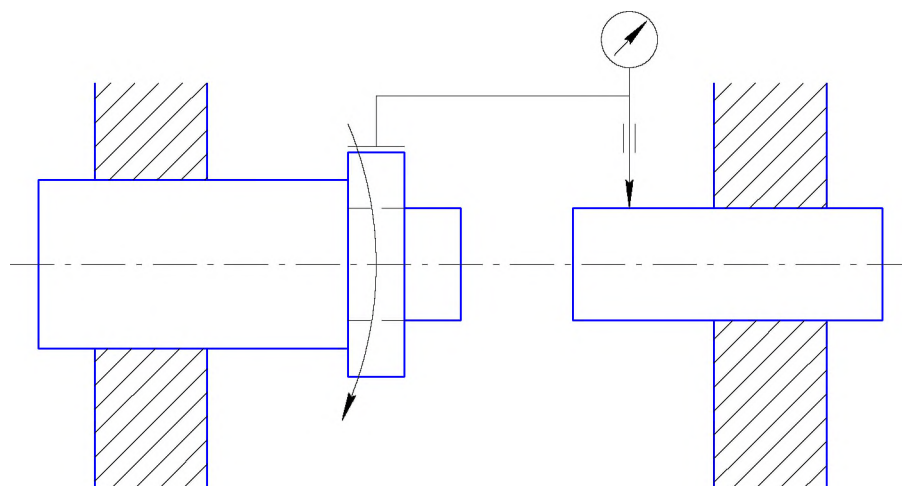


Рисунок 5.9 – Схема контролю співвісності.

Індикатор показує подвоєну величину неспіввісності двох отворів при обертанні стійки з індикатором навколо оправлень, що матеріалізують осі отворів.

При рівнобіжному зсуві осей величину неспіввісності досить контролювати в одному перетині, при кутовому – необхідно контролювати два перетини поверхні, що перевіряється. Тому що невідомий характер зсуву осей у корпусі дроселя, то контроль співвісності здійснюємо в двох перетинах оправлення.

Через те, що поле допуску контрольованих отворів ($\varnothing 90H8$) має значний допуск $-0,054$ мм, те в конструкції оправлень необхідно передбачити елемент, що усуває величину конструктивно необхідного зазору, у виді двох конусних поверхонь, одна з яких переміщається в осьовому напрямку по точному різьбленню.

Для забезпечення осьового переміщення індикатора (для контролю співвісності в двох перетинах) одне оправлення робимо полою і вводимо в неї шток з мінімально можливим зазором у сполученні $\left(d50 \frac{H5}{h5}\right)$.

Для обертання стійки з індикатором навколо оправлення на штоку розміщуємо роликівий радіальний підшипник підвищеної точності. Причому посадки внутрішнього $\left(d50 \frac{L5}{k6}\right)$ і зовнішнього кільця $\left(d80 \frac{M6}{l5}\right)$ обрані так, що зазори в сполученні відсутні й у той же час забезпечується мінімально необхідний радіальний зазор для обертання підшипника ($R_3 = 0,005$ мм).

Остаточно зібране для контролю співвісності пристосування представлено на листі графічної частини проекту.

Припустима погрішність контролю, мм:

$$[\Delta] = 0,3 \cdot e \quad (5.17)$$

де e – припустима величина неспіввісності, мм.

$$[\Delta] = 0,3 \cdot 0,16 = 0,048 \text{ мм.}$$

Сумарна погрішність контролю, мм:

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КМР.131.24.1-13.05.КПВ					

$$\Delta_{\Sigma} = \Delta_{л.р.} + \Delta_{н.у.} + \Delta_{у.э.} + \sqrt{\Delta_{\delta}^2 + \Delta_{деф}^2 + \Delta_{сл}^2 + \Delta_{зак}^2 + \Delta_{инд}^2}, \quad (5.18)$$

де $\Delta_{л.р.}$ – погрішність лінійних розмірів, $\Delta_{л.р.} = 0$ мм;

$\Delta_{н.у.}$ – погрішність передатних пристроїв, $\Delta_{н.у.} = 0$ мм;

$\Delta_{у.э.}$ – погрішність настановних елементів:

$$\Delta_{у.э.} = R_3 + R_{\delta} \quad (5.19)$$

R_3 – радіальний зазор у підшипнику, мм;

R_{δ} – радіальне биття шийки оправлення, мм;

$$\Delta_{у.э.} = 0,005 + 0,007 = 0,012 \text{ мм}$$

Δ_{δ} – погрішність базування, мм;

$$\Delta_{\delta} = p_{\Sigma} = \frac{S_{\max}}{2} \cdot \frac{l_1}{l_2} \quad (5.20)$$

S_{\max} – максимальний зазор у сполученні штока і полою оправлення

$$\left(d50 \frac{H5}{h5} \right), \text{ мм};$$

l_1, l_2 – базові відстані, мм;

p_{Σ} – перекіс осі оправлення щодо осі отвору, мм;

$$\Delta_{\delta} = \frac{0,022}{2} \cdot \frac{214}{67} = 0,035 \text{ мм.}$$

$\Delta_{сл}$ – випадкова погрішність;

$$\Delta_{сл} = 0,05 \cdot e = 0,05 \cdot 0,16 = 0,008 \text{ мм.}$$

$\Delta_{зак}$ – погрішність закріплення;

$\Delta_{инд}$ – погрішність індикатора;

$$\Delta_{инд} = 0,005 \text{ мм.}$$

$$\Delta_{\Sigma} = 0,012 + \sqrt{0,035^2 + 0,008^2 + 0,005^2} = 0,038 \text{ мм.}$$

$$\Delta_{\Sigma} \leq [\Delta]$$

Висновок: Сумарна погрішність пристосування входить у межі припустимої погрішності виміру.

Установка пристосування в деталь здійснюється в наступному порядку:

1. Оправка зі штоком і напресованим на нього підшипником і корпусом установлюються через отвір корпусу дроселя $\varnothing 360$ в отвір $\varnothing 90H8$.

2. Закручуючи гайку, вибираємо зазор у сполученні $\left(d90 \frac{H8}{h7} \right)$.

3. В інший отвір вводимо зовні інше оправлення, попередньо сполучивши усередині корпусу вісь гайки з віссю отвору.

4. Підгортаючи гайку, усуваємо зазор у сполученні.

5. Через отвір деталі $\varnothing 360$ вводимо індикатор зі стійкою, поміщаємо його в отвір корпусу і затискаємо гвинтом.

6. Повертаючи корпус підшипника разом з індикатором на 1-2 обороту зауважують найменше і найбільше показання індикатора.

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КМР.131.24.1-13.05.КПВ				

7. По різниці цих показань визначають подвоєну величину неспіввісності отворів.

8. Зняття пристосування робимо в зворотному порядку.

Розроблене контрольне пристосування дозволяє контролювати неспіввісність двох отворів $\varnothing 90H8$ у корпусі дроселя з достатньою для даного виду виміру точністю.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-13.05.КПВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА

6.1 Проектування механоскладального цеху

Вихідні дані для проектування механоскладального цеху наведені в табл. 6.1.

Таблиця 6.1 – Вихідні дані для проектування

Найменування деталі, матеріал	Програма випуску, шт./рік	$T_{шт.к}$, хв	Вага, габарити деталі	Найменування виробу
Вал-шестерня Сталь 18Х2Н4МА	1500	116,31	11,6 кг Ø83,5x372	Насос масляний
Корпус дроселя Сталь 35Л	50	102,04	196 кг 570x535	Дросель

6.1.1 Розрахунок трудомісткості виготовлення деталей

Трудомісткість виготовлення деталей T_p визначимо по формулі:

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

де $T_{шт.к}$ – штучно-калькуляційне час операції;

N – програма випуску.

Деталь вал:

$$T_{p_1}^1 = 0,0673 \cdot 1500 = 101 \text{ ч} - \text{фрезерно-центрувальна};$$

$$T_{p_2}^1 = 0,1358 \cdot 1500 = 203,75 \text{ ч} - \text{токарно-гвинторізна};$$

$$T_{p_3}^1 = 0,1245 \cdot 1500 = 186,75 \text{ ч} - \text{токарна};$$

$$T_{p_4}^1 = 0,2413 \cdot 1500 = 362 \text{ ч} - \text{фрезерна};$$

$$T_{p_5}^1 = 0,1225 \cdot 1500 = 183,75 \text{ ч} - \text{фрезерна};$$

$$T_{p_6}^1 = 0,107 \cdot 1500 = 160,5 \text{ ч} - \text{токарно-гвинторізна};$$

$$T_{p_7}^1 = 0,223 \cdot 1500 = 335 \text{ ч} - \text{шліцефрезерна};$$

$$T_{p_8}^1 = 0,3048 \cdot 1500 = 457,25 \text{ ч} - \text{шліцефрезерна};$$

$$T_{p_9}^1 = 0,2018 \cdot 1500 = 302,75 \text{ ч} - \text{круглошліфувальна};$$

$$T_{p_{10}}^1 = 0,0445 \cdot 1500 = 66,75 \text{ ч} - \text{шліцешліфувальна};$$

$$T_{p_{11}}^1 = 0,0835 \cdot 1500 = 125,25 \text{ ч} - \text{шліцешліфувальна};$$

$$T_{p_{12}}^1 = 0,083 \cdot 1500 = 124,5 \text{ ч} - \text{токарно-гвинторізна};$$

$$T_{p_{13}}^1 = 0,199 \cdot 1500 = 298,5 \text{ ч} - \text{токарно-гвинторізна}.$$

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-13.06.0ЕПВ</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		<i>Степаненко</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>						

Деталь корпус:

$$T_{p_1}^3 = 1,02 \cdot 50 = 51 \text{ ч} - \text{токарно-гвинторізна};$$

$$T_{p_2}^3 = 0,55 \cdot 50 = 27,5 \text{ ч} - \text{токарна};$$

$$T_{p_3}^3 = 1,32 \cdot 50 = 66 \text{ ч} - \text{фрезерна};$$

$$T_{p_4}^3 = 1,017 \cdot 50 = 50,83 \text{ ч} - \text{свердлильна};$$

$$T_{p_5}^3 = 2,03 \cdot 50 = 101,5 \text{ ч} - \text{свердлильна}.$$

6.1.2Визначення складу і кількості основного технологічного устаткування
Склад і кількість основного устаткування для механічної обробки S_p ,
визначаємо по формулі:

$$S_p = \frac{T_p}{F_{\text{д.с.}} \cdot m \cdot \eta_s}, \quad (6.2)$$

де $F_{\text{д.с.}}$ – дійсний фонд роботи верстата, ч;

m – кількість змін;

$\eta_s = 0,8$ – нормований коефіцієнт завантаження;

T_p – трудомісткість операції.

$$S_{p_1}^1 = \frac{101}{4060 \cdot 0,8} = 0,031$$

$$S_{p_2}^1 = \frac{203,75}{4060 \cdot 0,8} = 0,0627$$

$$S_{p_3}^1 = \frac{186,75}{3890 \cdot 0,8} = 0,06$$

$$S_{p_4}^1 = \frac{362}{4060 \cdot 0,8} = 0,111$$

$$S_{p_5}^1 = \frac{183,75}{4060 \cdot 0,8} = 0,0566$$

$$S_{p_6}^1 = \frac{160,5}{4060 \cdot 0,8} = 0,049$$

$$S_{p_7}^1 = \frac{335}{4060 \cdot 0,8} = 0,103$$

$$S_{p_8}^1 = \frac{457,25}{4060 \cdot 0,8} = 0,14$$

$$S_{p_9}^1 = \frac{302,75}{4060 \cdot 0,8} = 0,093$$

$$S_{p_{10}}^1 = \frac{66,75}{4060 \cdot 0,8} = 0,02$$

$$S_{p_{11}}^1 = \frac{125,25}{4060 \cdot 0,8} = 0,038$$

$$S_{p_{12}}^1 = \frac{124,5}{4060 \cdot 0,8} = 0,038$$

$$S_{p_{11}}^1 = \frac{298,5}{4060 \cdot 0,8} = 0,092$$

$$S_{p_1}^2 = \frac{34,6}{4060 \cdot 0,8} = 0,01$$

$$S_{p_2}^2 = \frac{21,2}{4060 \cdot 0,8} = 0,0065$$

$$S_{p_3}^2 = \frac{18,4}{3810 \cdot 0,8} = 0,006$$

$$S_{p_4}^2 = \frac{10,825}{4060 \cdot 0,8} = 0,0033$$

$$S_{p_1}^3 = \frac{51}{4985 \cdot 0,8} = 0,016$$

$$S_{p_2}^3 = \frac{27,5}{3810 \cdot 0,8} = 0,009$$

$$S_{p_3}^3 = \frac{66}{3985 \cdot 0,8} = 0,02$$

$$S_{p_4}^3 = \frac{50,83}{4060 \cdot 0,8} = 0,0156$$

$$S_{p_5}^3 = \frac{101,5}{4060 \cdot 0,8} = 0,03$$

Так як металорізальні верстати завантажені менше, ніж на 75% то об'єднуємо операції по ступені їхнього виконання на даному технологічному устаткуванні.

Час на складальні роботи будуть складати 30% від часу на механічну обробку в середньосерійному виробництві і 50% в одиничному виробництві з поправочним коефіцієнтом 1,1 для обох типів виробництва.

Трудомісткість зборки вала.

$$T_1 = 116,31 \cdot 0,3 \cdot 1,1 = 38,38 \text{ хв} = 0,63 \text{ год.}$$

Трудомісткість зборки корпусу.

$$T_3 = 356,2 \cdot 0,3 \cdot 1,1 = 117,54 \text{ хв} = 1,95 \text{ год.}$$

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КМР.131.24.1-13.06.0ЕПВ					

Таблиця 10.3 – Склад і кількість устаткування для механічної обробці

№	Модель верстата	Кількість одиниць	Коефіцієнт завантаження
1.	Фрезерно-центрувальний МР76М	1	3,1
2.	Токарно-гвинторізний 16К20	1	24,17
3.	Токарний Roturn 402 С	1	6
4.	Фрезерний VECTOR 650 M SI	1	16,76
5.	Шліцефрезерний 5350А	1	24,3
6.	Круглошліфувальний 3М153	1	9,3
7.	Шліцефрезерний 3451	1	5,8
8.	Токарно-гвинторізний 16К30	1	1,65
9.	Фрезерний 6Б443ГФ-3	1	0,6
10.	Свердлильний VECTOR 650 M SI	1	4,89
11.	Токарно-гвинторізний 16К50П	1	1,6
12.	Токарський 16К50Ф3	1	0,9
13.	Фрезерний 6А56	1	2

До складу технологічного устаткування складальної ділянки входять преси, нагрівальні і холодильні установки, балансувальні верстати, устаткування гідравлічних установок, складальні верстати, металорізальні верстати й інше устаткування.

Кількість устаткування в не потоковому виробництві для виконання визначеної операції розраховують по формулі.

$$S = \frac{2 \cdot T_{ci} \cdot M_i}{F}, \quad (6.3)$$

де T_{ci} – трудомісткість даної операції 1-го виробу, ч;

M_i – річний обсяг випуску даної операції 1-го виробу;

F – дійсний річний фонд.

При цьому враховують, що в умовах серійного виробництва на зборку йде 30-45% від річного обсягу виробів, що випускаються. Інші використовуються як запасні частини. Тобто з партії 1500 штук буде збиратися 600 штук, а 900 штук залишається на складі.

Складальний вузол – насос масляний.

$$S_{c_1} = \frac{8 \cdot 600}{2040} = 2,35 \quad S_{c_1}^{np} = 3 \quad (\text{прес, складальний стіл, кран поворотний})$$

Складальний вузол – насос масляний.

$$S_{c_2} = \frac{10 \cdot 50}{2040} = 0,245 \quad S_{c_2}^{np} = 1 \quad (\text{складальний стіл})$$

Складальний вузол – сопловий апарат I ступіні.

$$S_{c_3} = \frac{40 \cdot 50}{2040} = 0,98 \quad S_{c_3}^{np} = 1 \quad (\text{складальний стіл})$$

Число робочих місць у не потоковому виробництві для вузлової чи зборки загальної зборки, визначимо по формулі:

					КНУ.КМР.131.24.1-13.06.0ЕПВ		Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

$$R_m = \frac{\sum T_i \cdot M_i}{F_p \cdot P}, \quad (6.4)$$

де T_i – трудомісткість зборки 1-го чи вузла виробу, ч;

P – середня щільність зборки;

F_p – дійсний річний фонд робітника.

Деталь вал:

$$R_{m_1} = \frac{0,64 \cdot 600}{1820 \cdot 1} = 0,21$$

Деталь корпус:

$$R_{m_3} = \frac{1,959 \cdot 50}{1820 \cdot 1} = 0,054$$

З розрахунків видно, що для зборки даних вузлів потрібно одне робоче місце.

6.1.3 Розрахунок коефіцієнта завантаження основного технологічного обладнання

Коефіцієнт завантаження розраховується по формулі:

$$\eta_z = \frac{P_{расч.}}{P_{прин.}}, \quad (6.5)$$

де $P_{расч.}$ – розрахункова кількість верстатів;

$P_{прин.}$ – прийнята кількість верстатів.

$\eta_{3_1} = \frac{0,031}{1} = 0,031 = 3,1\%$	Фрезерно-центрувальний MP76M
$\eta_{3_2} = \frac{0,2417}{1} = 0,2417 = 24,17\%$	Токарно-гвинторізний 16К20
$\eta_{3_3} = \frac{0,06}{1} = 0,06 = 6\%$	Токарний Roturn 402 C
$\eta_{3_4} = \frac{0,1676}{1} = 0,1676 = 16,76\%$	Фрезерний VECTOR 650 M SI
$\eta_{3_5} = \frac{0,243}{1} = 0,243 = 24,3\%$	Шліцефрезерний 5350A
$\eta_{3_6} = \frac{0,093}{1} = 0,093 = 9,3\%$	Круглошліфувальний 3М153
$\eta_{3_7} = \frac{0,058}{1} = 0,058 = 5,8\%$	Шліцефрезерний 3451
$\eta_{3_8} = \frac{0,0165}{1} = 0,0165 = 1,65\%$	Токарно-гвинторізний 16К30
$\eta_{3_9} = \frac{0,006}{1} = 0,006 = 0,6\%$	Фрезерний 6Б443ГФ-3
$\eta_{3_{10}} = \frac{0,0489}{1} = 0,0489 = 4,89\%$	Свердлильний VECTOR 650 M SI
$\eta_{3_{11}} = \frac{0,016}{1} = 0,016 = 1,6\%$	Токарно-гвинторізний 16К50П

					КНУ.КМР.131.24.1-13.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\eta_{3_{12}} = \frac{0,009}{1} = 0,009 = 0,9\%$$

Токарний 16К50Ф3

$$\eta_{3_{13}} = \frac{0,02}{1} = 0,02 = 2,0\%$$

Фрезерний 6А56

Середній коефіцієнт завантаження визначається по формулі:

$$\eta_s^{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n \eta_{3_i}}{n}, \quad (6.6)$$

де η_{3_i} – коефіцієнт завантаження даного верстата;

n – кількість верстатів.

$$\eta_s^{cp} = \frac{3,1 + 24,17 + 6 + 16,76 + 24,3 + 9,3 + 5,8 + 1,65 + 0,6 + 4,89 + 1,6 + 0,9 + 2,0}{13} = 7,8\%$$

Результати розрахунків зводяться в таблицю 6.3. Зобразимо графік завантаження основного технологічного устаткування.

6.1.4 Визначення складу і числа працюючих

Розрахунок основних робітників виробляється по формулі:

$$R_{cn} = \frac{T}{F_p \cdot K_m}, \quad (6.7)$$

де T – річна станкоємкість для даного типу устаткування;

F_p – дійсний річний фонд часу робітника;

K_m – коефіцієнт багатостанковості.

$R_{cn_1} = \frac{101}{1820 \cdot 1} = 0,055$	$R_{cn_1}^{np} = 1$ чол.
$R_{cn_2} = \frac{787,25}{1820 \cdot 1} = 0,43$	$R_{cn_2}^{np} = 1$ чол.
$R_{cn_3} = \frac{187,75}{1820 \cdot 1} = 0,1$	$R_{cn_3}^{np} = 1$ чол.
$R_{cn_4} = \frac{545,75}{1820 \cdot 1} = 0,3$	$R_{cn_4}^{np} = 1$ чол.
$R_{cn_5} = \frac{792,25}{1820 \cdot 1} = 0,44$	$R_{cn_5}^{np} = 1$ чол.
$R_{cn_6} = \frac{302,75}{1820 \cdot 1} = 0,17$	$R_{cn_6}^{np} = 1$ чол.
$R_{cn_7} = \frac{192}{1820 \cdot 1} = 0,1$	$R_{cn_7}^{np} = 1$ чол.
$R_{cn_8} = \frac{55,8}{1820 \cdot 1} = 0,03$	$R_{cn_8}^{np} = 1$ чол.
$R_{cn_9} = \frac{18,4}{1820 \cdot 1} = 0,01$	$R_{cn_9}^{np} = 1$ чол.
$R_{cn_{10}} = \frac{163,155}{1820 \cdot 1} = 0,09$	$R_{cn_{10}}^{np} = 1$ чол.
$R_{cn_{11}} = \frac{51}{1820 \cdot 1} = 0,028$	$R_{cn_{11}}^{np} = 1$ чол.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-13.06.06ПВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$R_{cn2} = \frac{27,5}{1820 \cdot 1} = 0,015$$

$$R_{cn1}^{np} = 1 \text{ чол.}$$

$$R_{cn3} = \frac{66}{1820 \cdot 1} = 0,036$$

$$R_{cn1}^{np} = 1 \text{ чол.}$$

Кількість основних робітників 13 чоловік.

Розрахунок заносимо в таблицю 6.4.

Кількість слюсарів механоскладального цеху приймаємо 30-35% від кількості верстатів.

$$R_{cl} = (0,3 \dots 0,35) \cdot 13 = 3,9 \dots 4,55$$

Приймаємо $R_{cl} = 5$ люд.

Кількість термістів, зварників, ковалів, робочих по металоконструкціях у середньому складає 8-12% від кількості верстатників.

$$R = (0,08 \dots 0,12) \cdot 13 = 1,04 \dots 1,56$$

Приймаємо $R = 2$ люд.

Отже кількість виробничих робітників дорівнює:

$$R_{np} = 13 + 5 + 2 = 20 \text{ людина}$$

Число допоміжних робітників складає 18-25% від кількості виробничих робітників.

$$R_{всп} = (0,18 \dots 0,25) \cdot 20 = 3,6 \dots 5,0$$

Приймаємо $R_{всп} = 5$ люд.

З них обслуговуючих устаткування 3 чоловік, не обслуговуюче устаткування 2 чоловік.

Таблиця 6.4 – Звідна відомість кількості працівників

Категорія службовців		Всього	У % відношенні від кількості виробничих робітників	По змінах	
				I	II
Виробничі робітники		20	100	10	10
Допоміжні робітники	Складальна ділянка	1	5,0	1	—
	Інструментальна ділянка	2	10,0	1	1
	Транспортно-складська ділянка	8	40,0	4	4
	Контрольний відділ	2	10,0	1	1
МОП		1	5,0	1	—
ІТП		1	5,0	1	—
Лічильно-контрський персонал		5	25	5	
Усього		40		24	16

Чисельність молодшого обслуговуючого персоналу (МОП) 2-3% від загальної кількості робітників.

Чисельність ІТП, лічильно-контрський персонал – 15-18% від загального числа робітників. З них ІТП 11-13%, інші лічильно-контрський персонал.

					КНУ.КМР.131.24.1-13.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Загальна чисельність робітників уточнюється після визначення кількості працівників допоміжних служб (працівники складально-інструментальної ділянки, контрольного відділу, складів і т.д.).

Кількість робітників складального відділення визначимо по формулі:

$$R_c = \frac{\sum T_i \cdot M_i}{F_p}, \quad (6.8)$$

де T_i – трудомісткість однієї складальної операції, ч;

M_i – річний обсяг виробу, що випускається;

F_p – дійсний річний фонд часу робітника;

$$R_c = \frac{0,76 \cdot 675 + 1,34 \cdot 50 + 0,51 \cdot 50}{1820} = 0,33 \quad R_c^{np} = 1 \text{ чол.}$$

6.1.5 Компонування і планування виробничих площ цеху

Верстатну площу S м², визначимо виходячи з кількості основного устаткування і його габаритів у плані.

$$S = n \cdot S_c, \quad (6.9)$$

де n – число верстатів, шт.;

S_c – площа займана верстатами, м².

$$S = 8 \cdot 25 + 5 \cdot 40 = 400 \text{ м}^2.$$

6.1.5.1 Проектування інструментального забезпечення цеху

Інструментальне господарство цеху організовується з метою керування і проведення робіт із забезпечення виробництва технологічним оснащенням, її збереженню, експлуатації і ремонту.

До складу інструментального господарства цеху входять інструментально-роздавальна комора (ІРК), комора пристосувань, абразивів, заточувальне відділення, відділення ремонту технологічного оснащення, контрольно-перевірочний пункт.

Визначимо площі комор:

1. Інструментально-роздавальна $1 \cdot 13 = 13 \text{ м}^2$;
2. Пристосувань $0,9 \cdot 13 = 11,7 \text{ м}^2$;
3. Абразивів $0,8 \cdot 2 = 1,6 \text{ м}^2$;

Кількість верстатів загального призначення в заточувальному відділенні визначимо по процентному відношенню до числа що обслуговуються 3%.

$$0,03 \cdot 13 = 0,39$$

Приймаємо 1 верстат.

Спеціальний заточувальної верстат у відділенні не встановлюємо тому що його коефіцієнт завантаження менш 50%.

Загальна площа заточувального відділення 12 м².

Число робітників заточників:

Проектування системи видалення і переробки стружки.

Вибір цехової системи транспортування стружки залежить від кількості, сорту матеріалу і виду стружки, а так само від компоунання і планування устаткування.

					КНУ.КМР.131.24.1-13.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вихід стружки при обробці визначаємо по усіх видах найменувань деталей як різниця між масою заготівлі і деталей на річну програму випуску.

Деталь вал:

$$m_c = (10,2 - 6,7) \cdot 1500 = 5250 \text{ кг.}$$

Деталь корпус:

$$m_c = (56,0 - 13) \cdot 50 = 2150 \text{ кг.}$$

Загальний вихід стружки: $m_{стр.} = 5250 + 97,5 + 2150 = 7497,5 \text{ кг.}$

Утвориться стружка I і II другої групи, що має середню щільність $1,0 \text{ т/м}^3$.

Загальний обсяг стружки: $V_{стр.} = 7,4975 \text{ м}^3$.

Середньочасовий вихід стружки:

$$m_{стр.}^{cp} = \frac{7497,5}{4060} = 1,85 \text{ кг/рік}$$

$$V_{стр.}^{cp} = \frac{7,4975}{4060} = 0,00185 \text{ м}^3/\text{рік}$$

У цеху застосовується механізований спосіб транспортування стружки, із застосуванням ручної праці і транспортних засобів загального призначення. Від верстатів вручну стружка перевантажується в тару, а потім мостовим краном, кран-балками, самохідними візками, чи автотранспортом іншими засобами транспортується у відділення переробки стружки.

У цеху розташовані 4 контейнери для збору стружки ємністю 1 м^3 . Збирання заповнених контейнерів виробляється через кожні 100 днів.

Площа відділення для збору і переробки стружки складає 3-4% від виробничої площі.

$$S_c = (0,03 \dots 0 \dots 0,04) \cdot 400 = 12 \dots 16$$

Приймаємо 15 м^2 .

6.1.5.2 Проектування системи енергозабезпечення

При проектуванні механоскладального цеху необхідно на загальному плані передбачити елементи системи енергозабезпечення. До них відносяться силові понижуючі підстанції, розподільні щити, системи блокування й аварійного відключення устаткування, електричні системи заземлення устаткування.

Фактична сумарна встановлена потужність основного і допоміжного устаткування визначається по паспортним даним і кількості одиниць устаткування. Установлена потужність приймається з коефіцієнтом запасу 1,5 – 2.

1. Електродвигуни металорізальних верстатів – 370 кВт;
2. Електродвигуни підйомно-транспортних засобів – 30 кВт;
3. Нагрівальні пристрої і зварювальні апарати – 10 кВт;
4. Вентилятори, насоси, компресори – 30 кВт;
5. Висвітлення – 20 кВт.

Загальне споживання енергії – 460 кВт.

Для задоволення потреб в електроенергії встановлюється 7 трансформаторних підстанцій кожна потужністю 75 кВт.

6.1.5.3 Визначення потреби цеху в стисненому повітрі

Проводимо спрощений розрахунок.

1. Обдування верстатів. Обдуванню підлягають два верстати, витрата стиснутого повітря в середньому $1,5 - 2,0 \text{ м}^3/\text{год}$ на кожен верстат. Тиск повітря 3 атм.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-13.06.06ПВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Обдування деталей після мийки в баках і вузлів виробів при зборці. У середньому 1,0 – 1,2 м³/год на одне встановлене сопло. Установлено 10 сопів. Тиск повітря 3 атм.

3. Пневматичні затиски. У цеху 3 верстати з пневматичними затисками. Середня витрата повітря тиском 5 атм. приймаємо 4 м³/год на кожен верстат.

4. Пневматичний інструмент. У цеху 10 приєднувальних пневмоінструментів. Середня витрата повітря тиском 5 атм. приймаємо 4 м³/год на кожен інструмент.

5. Пневматичні підйомники. Середня витрата 0,4 м³/год на один підйомник. Тиск повітря 6 атм.

6. Розпилювачі. У цеху 10 верстатів оснащених розпилювачами. Середня витрата повітря 2,0 м³/год при тиску повітря 3 атм.

Таблиця 6.5 – Зведена таблиця споживачів стиснутого повітря

№	Група устаткування	Витрата м ³ /год
1.	Пневмоінструмент	40
2.	Технологічне оснащення	27
3.	Обдування, розпилювачі	35

Площа необхідна для розміщення компресорних установок.

$$F_k = (0,06 \dots 0,08) \cdot S_{np} = (0,06 \dots 0,08) \cdot 370 = 12,6 \dots 16,76 \text{ м}^2$$

Приймаємо $F_k = 16 \text{ м}^2$

Компресорна станція розміщується в ізольованому приміщенні в наслідку високого рівня шуму.

6.1.5.4 Проектування цехових складів матеріалів, заготовок і готових деталей

Площа складських приміщень механоскладального цеху визначимо спрощено в % від верстатної площі.

1. Склад матеріалів і заготовок:

$$S_{ск} = (10 \dots 15\%) \cdot S_{см} = (10 \dots 15\%) \cdot 400 = 40,0 \dots 60,0 \text{ м}^2.$$

$$S_{ск}^{np} = 50 \text{ м}^2.$$

2. Склад готової продукції:

$$S_{гом} = 10\% \cdot S_{см} = 0,1 \cdot 400 = 40 \text{ м}^2.$$

Результати розрахунків зводимо в табл. 6.6.

6.1.6 Планування ділянки зборки

На збірній ділянці буде здійснюватися стаціонарне складання вузлів та агрегатів. Роботи з монтажу проводяться на стандартних слюсарних верстаках і на спеціальних фундаментах. Поруч із верстаками, призначеними для складання вузлів і слюсарної обробки деталей, встановлюються обладнання для підгонки розмірів деталей під час монтажу, а також преси для виконання нероз'ємних з'єднань.

На ділянці зборки розміщені 3 верстати для різних деталей, та 2 фундаменти для збірки важких агрегатів. Площа ділянки збірки визначаємо спрощено в

					КНУ.КМР.131.24.1-13.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

процентному відношенні від верстатної площі, а потім у процесі проектування цеху уточнюємо і заносимо в табл. 6.6.

$$S_{сб} = (0,65 \dots 0,7) \cdot S_{см} = (0,65 \dots 0,7) \cdot 400 = 260 \dots 280 \text{ м}^2 \quad \text{Приймаємо } S_{сб} = 280 \text{ м}^2.$$

Таблиця 6.6 – Виробнича площа цеху

№ з/п	Найменування виробничої площі	Займана площа, м ²
1.	Верстатна	400
2.	Площа допоміжних відділень	180
	– інструментальне забезпечення цеху	39
	– система видалення і переробки стружки	15
	– система готування, роздачі і збору МОР	22
	– компресорна	16
	– склад матеріалів і заготівель	50
	– склад готової продукції	40
3.	Ділянка збірки	280
4.	Санітарно-побутові приміщення і засоби охорони	20
Усього		1062

6.1.7 Розробка транспортної системи цеха

На основі аналізу конструкції, габаритів і ваги деталей що оброблюються і з врахуванням програми випуску обираємо метод транспортування і обладнання для внутрішньоцехового і міжцехового транспортування виробів.

Таблиця 6.7 – Під'ємно-транспортне обладнання

№ з/п	Тип обладнання, модель	Кількість, шт.	Вантажо-підйомність, т	Габарити і достатня ширина проїзду
1.	Кран мостової	2	20	Виліт: 2,0...7,75
2.	Електровізок з под'ємною платформою	2	2	2785x1140
3.	Кран консольний поворотний	1	5	25000x5963

6.1.8 Проектування приміщень і засобів для охорони праці

Система охорони праці працівників призначена для забезпечення безпеки персоналу, а також для організації безпечної експлуатації та обслуговування обладнання. Вона охоплює профілактику пожеж і ліквідацію їхніх наслідків. Під час планування цеху передбачені захисні огороження для основного та допоміжного обладнання, а також аварійні вимикачі.

Висота огорож становить 1,3 м від рівня підлоги, а відстань від виконавчих пристроїв до огорожі – 0,8 м. Курильні кімнати розташовуються на відстані не більше 100 м від найбільш віддаленого робочого місця, обладнані лавками та урнами відповідно до стандартів для побутових приміщень.

Стіни, двері та обладнання санітарних вузлів мають бути облицьовані матеріалами, стійкими до миття й вологи, які не змінюють колір при очищенні. Обов'язковою є установка кранів із гарячою та холодною водою для миття підлог,

					КНУ.КМР.131.24.1-13.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

стін і обладнання. Питні пристрої розташовують на виробничих площах у зручних для доступу місцях.

Автомати, кіоски та лотки мають радіус обслуговування 50-90 м і зазвичай розміщуються поруч із виробничими ділянками або, за можливості, безпосередньо на них. Площа під автоматами – 0,2 м², під кіоском – 0,4 м².

6.1.9 Планування і розміщення засобів механізації й автоматизації

Зручним засобом транспортування є електричні візки з підйомною платформою, що мають вантажопідйомність до 2 тонн. Такі електровізки легко маневрують у цеху, не потребують широких проходів та великих радіусів для поворотів, а завдяки гумовим колесам пересуваються майже безшумно.

Для обслуговування робочого місця у складальному відділенні використовують поворотний кран із простою стрілою та тельфером. Електричний мостовий кран з вантажопідйомністю 20 тонн виконує функції підйомного і транспортного засобу, обслуговуючи всю площу цеху.

Контрольне відділення в цеху є частиною загальної системи контролю заводу і розташоване наприкінці зони механічної обробки, на шляху до збирання деталей. Між верстатами встановлені контрольні майданчики, де перевіряють деталі між операціями, а також тимчасово зберігають їх перед наступною обробкою.

Контрольні майданчики мають розмір 2x2 м. Кількість контролюючих працівників становить 5-7% від числа основних робітників, що у даному випадку дорівнює 2 особам. Площу контрольного відділення визначають, виходячи з кількості контролерів, що там працюють: на одну особу відводять 5-6 м², а також додають площу для інвентарю, обладнання та проходів, множачи загальну площу на коефіцієнт 1,5-1,75. Оскільки контролери працюють у дві зміни, площа контрольного відділення становить 11 м².

6.1.10 Проектування будівельних і несучих конструкцій механоскладального цеху

Вибір типу, конструкції та розмірів виробничої будівлі є важливим етапом проектування цеху. На цей вибір впливають обсяги виробництва, особливості технологічного процесу, використовуване обладнання, а також типи й вантажопідйомність підйомно-транспортних засобів. З урахуванням цих факторів, для виробничої будівлі нашого механоскладального цеху обрано крок колон по периметру 6 м, довжину прольоту 60 м та висоту 10,8 м.

6.2 Охорона праці та екологія виробництва

6.2.1 Охорона праці в механоскладальному цеху

Безпека на машинобудівному підприємстві, особливо в механоскладальному цеху, має надзвичайно велике значення. Основна мета техніки безпеки в таких умовах - запобігання травматизму працівників та створення безпечних умов праці. Наведемо основні правила та процедури техніки безпеки в механоскладальному цеху.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-13.06.0ЕПВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6.2.1.1 Загальні правила безпеки

Дотримання інструкцій: працівники повинні дотримуватися затверджених інструкцій з охорони праці, а також ознайомлені з технічною документацією на кожний тип устаткування, з яким вони працюють.

Ідентифікація та маркування: усі робочі місця, механізми та інструменти повинні мати відповідні маркування, щоб уникнути помилок або неправильного використання.

Заборона на допуск невідготовлених осіб: у цех допускаються лише працівники, які пройшли спеціальне навчання, інструктажі та перевірку знань з охорони праці.

6.2.1.2 Вимоги до робочого одягу та засобів індивідуального захисту (ЗІЗ)

Працівники мають бути забезпечені засобами індивідуального захисту (ЗІЗ), такими як:

Спеціальний одяг: комбінезони, халати або костюми, що захищають від бруду, металевих відходів та олій.

Захисні окуляри: необхідні для роботи з верстатами, де можливе утворення металевих стружок.

Рукавички: важливі при роботі з гострими предметами чи гарячими поверхнями.

Беруші або навушники: при роботі у цеху з підвищеним рівнем шуму.

Захисні каски та взуття зі сталевими вставками: щоб уникнути травм від падіння важких предметів.

Перевірка ЗІЗ перед початком роботи є обов'язковою.

6.2.1.3 Правила роботи з обладнанням

Попередній огляд устаткування: перед кожним початком роботи проводиться перевірка стану обладнання. У разі виявлення несправностей робота забороняється до їх усунення.

Підготовка до роботи: операції налаштування, зміни інструменту та ремонту обладнання дозволяється проводити лише після повного відключення його від джерела живлення та застосування блокувальних пристроїв.

Заборона самовільного ремонту: ремонт устаткування можуть здійснювати лише кваліфіковані працівники, які мають на це дозвіл.

Безпечне використання інструменту: інструмент повинен відповідати встановленим стандартам та бути у справному стані.

Захисні огороження: верстати повинні мати огороження на рухомих частинах, які можуть завдати травм.

Заборона контакту з рухомими частинами: категорично заборонено доторкатися до рухомих частин обладнання під час його роботи.

6.2.1.4 Вимоги до організації робочого місця

Порядок на робочому місці: робоче місце повинне бути організоване так, щоб уникнути захаращення інструментами, відходами та іншими матеріалами.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-13.06.0ЕПВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Правильне розміщення інструментів: інструменти мають бути розташовані в зручних та безпечних місцях для швидкого доступу, але таким чином, щоб запобігти випадковому травмуванню.

Освітлення: робоче місце повинно бути добре освітлене, щоб зменшити вірогідність помилок та травмувань.

6.2.1.5 Пожежна безпека

Правильне зберігання горючих матеріалів: у цеху не допускається зберігання займистих рідин і матеріалів без спеціального дозволу.

Доступність засобів пожежогасіння: усі працівники повинні знати місцезнаходження вогнегасників, пожежних виходів та план евакуації.

Планові навчання та інструктажі: регулярне проведення тренувань з евакуації та правил пожежної безпеки.

6.2.1.6 Поведінка в аварійних ситуаціях

Евакуація: працівники повинні знати маршрут евакуації у випадку пожежі, витоку газу або інших надзвичайних ситуацій.

Зупинка роботи обладнання: при виникненні небезпечної ситуації необхідно негайно припинити роботу, зупинити обладнання та повідомити відповідальних осіб.

Повідомлення про інцидент: у разі аварійних ситуацій працівники зобов'язані інформувати відповідальних осіб, використовуючи засоби внутрішнього зв'язку або інші канали, залежно від встановлених інструкцій.

6.2.1.7 Контроль за дотриманням техніки безпеки

Періодичні інспекції: адміністрація повинна проводити регулярні перевірки для контролю стану обладнання, інструментів та дотримання правил охорони праці.

Проведення інструктажів та навчання: нові працівники, а також усі інші, повинні регулярно проходити інструктажі з техніки безпеки.

Дотримання цих правил і процедур дозволяє мінімізувати ризик виникнення нещасних випадків і забезпечити безпечні умови праці на механоскладальному підприємстві.

6.2.2 Екологія в механоскладальному цеху

Екологія виробництва в механоскладальному цеху машинобудівного підприємства має велике значення для зниження негативного впливу на навколишнє середовище та збереження здоров'я працівників. У цьому контексті, слід враховувати декілька ключових екологічних аспектів:

6.2.2.1 Емісія забруднюючих речовин в повітря

Під час обробки металів у механоскладальних цехах можуть утворюватися шкідливі речовини, такі як оксиди азоту, вуглецю, а також дрібнодисперсний пил.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-13.06.0ЕПВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зварювальні роботи, термічна обробка та процеси шліфування також призводять до виділення шкідливих аерозолів і випарів.

Для зниження забруднення повітря використовують:

Вентиляційні системи з витяжкою та фільтрами, які очищують повітря від шкідливих домішок.

Системи локальної аспірації, що видаляють забруднення безпосередньо з місць їх утворення.

Електростатичні та механічні фільтри, здатні затримувати дрібнодисперсні частинки.

6.2.2.2 Утилізація та зберігання відходів

Виробничий процес супроводжується утворенням різноманітних відходів, таких як металеві стружки, обрізки, зношені абразивні матеріали та мастильні рідини.

Екологічна утилізація відходів передбачає:

Сортування відходів на вторинну сировину, яку можна повторно використовувати (наприклад, металеві стружки, обрізки), та небезпечні матеріали, які потребують спеціальної утилізації.

Використання контейнерів для небезпечних відходів, щоб уникнути забруднення навколишнього середовища.

Рециклінг матеріалів і використання відходів для вторинної переробки.

Застосування біологічних фільтрів та масловідділювачів для очищення використаних мастильних рідин.

6.2.2.3 Зниження енергоспоживання

Оптимізація енергоспоживання допомагає зменшити вуглецевий слід підприємства.

Можливі заходи:

Використання енергоефективного обладнання – сучасні верстати та установки споживають менше енергії.

Автоматизація виробничих процесів, яка дозволяє знизити витрати електроенергії та зменшити втрати.

Системи рекуперації енергії – повторне використання теплової енергії, яка утворюється в процесі роботи обладнання, для опалення цеху або інших виробничих потреб.

Перехід на альтернативні джерела енергії, такі як сонячні панелі або вітряні установки, якщо це можливо.

6.2.2.4 Контроль рівня шуму та вібрації

Високий рівень шуму та вібрації негативно впливає як на працівників, так і на довкілля. Для контролю цих чинників застосовуються:

Звукоізолюючі матеріали для стін та підлоги.

Віброізолюючі підставки для важкого обладнання.

Регулярний технічний огляд і заміна зношених частин обладнання, що знижує рівень шуму.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-13.06.0ЕПВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Застосування звукоізоляційних кожухів для особливо шумного обладнання.

6.2.2.5 Використання екологічно безпечних матеріалів

Вибір матеріалів для змащення, очищення та охолодження, які не містять токсичних речовин і є безпечними для довкілля.

Впровадження біорозкладних мастильних матеріалів замість традиційних на нафтовій основі.

Заміна агресивних хімічних засобів для очищення обладнання на екологічно безпечні альтернативи.

6.2.2.6 Система моніторингу та контролю

Постійний моніторинг рівнів забруднення повітря, води та ґрунту поблизу виробничого цеху.

Встановлення датчиків контролю за концентрацією шкідливих речовин у повітрі цеху.

Регулярні екологічні аудити з метою виявлення і усунення потенційних джерел забруднення та розробки заходів щодо зменшення впливу на навколишнє середовище.

6.2.2.7 Організація навчання та підвищення екологічної культури

Проведення регулярних тренінгів для працівників з екологічної безпеки, інструктаж щодо поводження з відходами та безпечного використання обладнання.

Впровадження стандартів екологічної відповідальності, які мають стати частиною корпоративної культури підприємства.

Реалізація цих заходів дозволяє зменшити шкідливий вплив виробництва на довкілля, підвищити ефективність роботи підприємства та забезпечити безпеку і здоров'я працівників.

6.3 Розрахунки ключових техніко-економічних показників

Розрахуємо економічну ефективність впровадження верстату із ЧПК.

Оцінимо економічну доцільність впровадження верстата з ЧПК. Порівнюються два варіанти технологічного маршруту – однакові заготовки обробляються на верстаті без ЧПК та на верстаті з ЧПК. На операції напівчистового точіння замінюємо верстат 16K20 на сучасний токарний верстат з ЧПК Roturn 402 C. Для попередніх розрахунків економічної ефективності (з метою оцінки вигідності придбання верстата) враховуються лише витрати на заробітну плату оператора та амортизаційні відрахування для повного відновлення верстата, що є основними елементами економії та витрат.

Розрахунок проводився з використанням програми, що була розроблена на випусковій кафедрі (рис. 6.1 – 6.4)

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-13.06.0ЕПВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Входные данные X

Перед началом ввода убедитесь, что включена АНГЛИЙСКАЯ РАСКЛАДКА КЛАВИАТУРЫ и включен NUM LOCK. Затем с помощью правой цифровой панели клавиатуры введите требуемые данные. Для перехода в следующее поле используйте клавишу TAB...

Трудоемкость	Базовый вариант	Станок с ЧПУ
Годовой объём выпуска деталей, шт	1500	1500
Штучное время обработки детали, мин	24.8	12.62

Далее

Назад

Выход

Время настройки станка в течение года	Базовый вариант	Станок с ЧПУ
Количество запусков, шт	12	12
Время наладки станка, мин	125	60.5

Время настройки инструмента вне станка на протяжении года	Базовый вариант	Станок с ЧПУ
Среднее время настройки по прибору одного инструмента вне станка, мин	14	4
Среднее количество граней пластинки, шт	1	3
Средний период стойкости инструмента, мин	60	90

Количество станочников	Базовый вариант	Станок с ЧПУ
Количество станков, обслуживаемых одним рабочим	1	2

Дополнительное количество рабочих по обслуживанию станков с ЧПУ	Базовый вариант	Станок с ЧПУ
Эффективный годовой фонд времени работы станка	4055	3955
Коэффициент загрузки станка	0.45	0.85

Балансовая стоимость станка	Базовый вариант	Станок с ЧПУ
Оптовая цена станка	194000	950000

Масса станка, т	Базовый вариант	Станок с ЧПУ
	3.005	3.4

Рисунок 6.1 – Введення даних 1 вікно

Входные данные X

Стоимость помещения	Базовый вариант	Станок с ЧПУ
Площадь станка по габаритам	8.99	7.1
Коэффициент, учитывающий доп. площадь станка	4.5	4
Площадь устройства ЧПУ, м	1.5	1.2
Стоимость 1 м.кв. площади мех. цеха, грн.	1595	1595
Площадь служебно-бытовых помещений, приходящаяся на одного рабочего, м.кв.	4	5
Стоимость 1 м.кв. площади, занятой служебно-бытовыми помещениями (грн.)	1318	1318

Далее

Назад

Выход

Стоимость разработки ПУ	Базовый вариант	Станок с ЧПУ
Стоимость разработки ПУ, грн.	0	2600

Оборотные средства в незавершённом производстве	Базовый вариант	Станок с ЧПУ
Стоимость заготовки Sзаг, грн.	8250	8250

Себестоимость обработки	Базовый вариант	Станок с ЧПУ
Среднегодовая зарплата станочника, грн.	348000	192000
Среднегодовая зарплата наладчика, грн.	240000	240000
Среднегодовая зарплата настройщика инструмента, грн.	0	0
Среднегодовая зарплата контролёра, грн.	168000	168000

Затраты на подготовку и обновление ПУ, грн.	Базовый вариант	Станок с ЧПУ
Длительность выпуска деталей Z (3-5 лет)	3	3

Затраты на ремонт и ТО оборудования	Базовый вариант	Станок с ЧПУ
Категория сложности ремонта станка ЕРС (механическая часть)	12	24
Категория сложности ремонта станка ЕРС (электротехническая часть)	9.5	22

Рисунок 6.2 – Введення даних 2 вікно

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КМР.131.24.1-13.06.0ЕПВ

Арк.

Входные данные	
Затраты на одну единицу ЕРС станка, грн (механическая часть)	320 635
Затраты на одну единицу ЕРС станка, грн (электротехническая часть)	260 340
Коэффициент, учитывающий класс точности станка	1 1.2
Затраты на содержание и амортизационные расходы на 1 м.кв. цеха Нпл, грн (10% от стоимости)	595 595
Затраты на ТО и ремонт устройства ЧПУ, грн.	
Норматив годовых затрат на текущее обслуживание и ремонт ЧПУ, грн.	4060 6200

Далее

Назад

Выход

Рисунок 6.3 – Введення даних 3 вікно

Входные данные	
Версия программы от 17.10.2005	
Согласно расчётам по введённым данным годовой экономический эффект от введения станка с ЧПУ составит	
	7064628 грн
Срок окупаемости, лет	
	3,05 лет
Разработано на основе "Методических указаний ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ СТАНКОВ С ЧПУ".	
Составители: проф. Марутов В.А.; ст.преп. Цывинда Н.И., Криворожский Технический Университет	

Далее

Назад

Выход

Рисунок 6.4 – Результати розрахунку

Як видно з фінального кадру програми, впровадження верстата з ЧПК є економічно вигідним і забезпечує річний прибуток у 7 064 628 грн, при цьому строк окупності становить менше ніж 4 роки (3,05 року), що робить цей проект економічно доцільним.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-13.06.06ПВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7 КОМПЛЕКСНА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ З ВИКОРИСТАННЯМ ІННОВАЦІЙНО-НАУКОВИХ РЕСУРСІВ

ВИБІР МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ ВАЛІВ НАПЛАВКОЮ З УРАХУВАННЯМ ЙОГО ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ

Основними вимогами до деталей типу «Вал» є точність геометричних параметрів робочих поверхонь і високі зносостійкість та втомна міцність шийок. Близько 30% валів виготовляють із середньовуглецевої сталі [25]. При експлуатації деталей опір їхньої втоми знижується на 25...30 % [2], неминучими явищами є знос корінних і шатунних шийок. Найбільш доступний та економічно обґрунтований спосіб відновлення шийок сталевих валів при зносі та наявності технологічних тріщин довжиною не більше 10...12 мм і глибиною до 3 мм, розташованих під кутом менше 20° до осі валу – наплавлення легуваними матеріалами з подальшою термічною та механічною обробкою (рис. 7.1). Наплавлення має високу продуктивність і дозволяє отримувати покриття з різних матеріалів, що володіють широким діапазоном властивостей. Проте значне тепловложение в матеріал заготовки призводить до утворення небажаних гартових структур, що знижують експлуатаційні характеристики деталей, зокрема межа їхньої витривалості.



Рисунок 7.1 – Наплавлення шийки вала

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-13.07.КОЕПР</i>					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Комплексна оцінка ефективності проектних рішень з використанням інноваційно-наукових ресурсів					
Розроб.		<i>Степаненко</i>						Літ.	Арк.	Аркуші
Перевір.		<i>Нечаєв</i>								
Реценз.										
Н. Контр.		<i>Нечаєв</i>								
Затверд.		<i>Рязанцев</i>			<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-23м</i>					

Максимальна зносостійкість забезпечується використанням гетерогенних покриттів. При наплавленні відбувається кристалізація металу з легованого багатокомпонентного розплаву і формування евтектичних шарів, що містять надлишкові фази. Підвищення зносостійкості за рахунок збільшення твердості матеріалу покриття призводить до утворення на межі «основного металу – покриття» мікроструктур з підвищеною твердістю, схильних до крихкого руйнування.

Основними критеріями при виборі наплавленого матеріалу є зварювально-технологічні властивості, вартість та механічні характеристики нанесеного покриття. Сплави, які рекомендуються для наплавлення деталей [26], що працюють в умовах тертя ковзання, містять основні легуючі елементи: хром, титан, бор, кремній, марганець. Якщо як критерій якості отриманого покриття прийняти зносостійкість, бажано використовувати дріт, легований карбидообразуючими елементами: бором, хромом, титаном. В результаті наплавлення такого матеріалу отримують зносостійке покриття, що має евтектоїдну структуру з надмірними фазами, вміст яких залежить від кількості легуючих елементів).

Хром – поширений карбидообразуючий елемент, має порівняно низьку вартість. Легування хромом знижує схильність аустенітного зерна до зростання при нагріванні, збільшує прожарювання (за рахунок зниження швидкості дифузії вуглецю) і уповільнює розпад мартенситу, а також сприяє збільшенню дисперсності структури.

Титан утворює міцні та тугоплавкі карбіди. Твердість монокарбіду титану 28 ГПа, а температура плавлення – 3150 °С. Наявність титану в сталі зменшує її чутливість до перегріву і сприяє утворенню дрібнозернистої структури. Титан збільшує стійкість сталі проти водневої крихкості, тріщин і флоків.

Висока мікротвердість боридів (12...37 ГПа) і мала розчинність бору в металах забезпечують значне підвищення твердості сплаву. Поряд із забезпеченням твердості, бор у складі евтектичних структур сильно окрихчує сплави. Окрихчування особливо сильно спостерігається при сумісному легуванні бором і вуглецем. При вмісті бору 0,001...0,015% мас. підвищується прожарюваність, а відтак ефективність термообробки. Підвищена активність бору за його надлишку вище межі розчинності призводить до утворення карбідів і боридів наплавленому шарі, тобто до зміцнення сталі. Також він надає вплив, що розкислює, а при його значній кількості утворюються тріщини [27].

Використання карбидоутворювальних елементів, таких як хром, титан і молібден, значно підвищує зносостійкість наплавлених покриттів.

Наявність кремнію та марганцю при наплавленні призводить до інтенсифікації перебігу реакцій їх відновлення, що знижує кількість кисню в металі.

Легування заліза марганцем до 12% підвищує зносостійкість, а також твердість та мікро-твердість. Прожарювання марганцевих сталей збільшується внаслідок зниження критичних точок через уповільнену дифузію вуглецю в аустеніті. Однак марганець при вмісті у великих кількостях погіршує наплавленість, сприяючи утворенню гарячих тріщин.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-13.07.КОЕПР</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

З урахуванням результатів проведеного аналізу як досліджуваного наплавного матеріалу запропоновані дроти ПП-Нп-80Х20Р3Т і Св-08Х13 з різним вмістом вуглецю та легуючих елементів. Використання дроту У7 дозволяє отримати тверде покриття без карбідів і тим самим збільшити зносостійкість покриття.

Наплавлення хромистими сталями ведуть з метою підвищення корозійної стійкості та надання поверхневим шарам виробу високої зносостійкості. Важливою особливістю покриттів із хромистих сталей є збереження властивостей за високої температури. При низькому вмісті вуглецю хромистий наплавлений матеріал має мартенситно-феритну структуру і твердість 32 ... 35 HRC.

Наплавні матеріали, що використовуються для нанесення стійких покриттів, забезпечують покриттям високу твердість і зносостійкість, що значно ускладнює їх обробку різанням. Твердість покриттів із дроту ПП-Нп-80Х20Р3Т становить 45...48 HRC, а після загартування 55...60 HRC. Наплавлення порошковим високовуглецевим дротом дозволяє підвищити твердість наплавленого покриття до ИЯС 45.50 та отримати гетерогенну структуру – «матриця + тверді включення», оптимальну з точки зору забезпечення зносостійкості.

Наплавлення призводить до появи в металі внутрішніх залишкових напруг і пов'язаних з ними деформацій. Ця напруга виникає внаслідок нерівномірності нагріву металу, а також через його структурні перетворення. При наплавленні низьковуглецевими сталями структурні перетворення відсутні, тому мають місце лише теплові напруги. Як правило, матеріал наплавленого покриття сильно відрізняється від основного за хімічним складом. При наплавленні покриття на вал через деформацію і напругу істотно впливає різниця в температурних коефіцієнтах лінійного розширення (ТКЛР) основного і наплавленого металів, а також збільшення обсягу хромистої сталі внаслідок її загартування при охолодженні на повітрі. У наплавленому покритті виникають залишкові напруги, що досягають 700 МПа [28]. Середнє зменшення довжини колінчастого валу, встановлене за даними вимірювань груп валів з 15...20 одиниць, досягає 3 мм, що можна пояснити виникненням внутрішніх напруг у матеріалі покриття та деталі.

Таким чином, крім формованої мікроструктури покриттів, що забезпечують експлуатаційні властивості деталей, необхідно враховувати і фізико-механічні властивості матеріалів і матеріалу деталі, що наносяться.

Мета роботи – аналіз впливу хімічного складу матеріалу покриття, що наноситься на шийки валів при їх відновленні наплавкою, та отримання залежності, що дозволяє враховувати вплив фізико-механічних властивостей матеріалів основи та покриття на деформацію деталі, що відновлюється.

7.1 Методика проведення досліджень

Вивчення впливу фізико-механічних властивостей матеріалу, що наплавляється на відновлювані деталі проводилося при дослідженні покриттів, отриманих наплавкою дротом Нп-40Х13, Св08Х13 і У7. Покриття наплавляли на корінні шийки валів (матеріал – сталь 45) в середовищі [Ar + (20.30% CO₂)].

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-13.07.КОЕПР</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначення розподілу температури матеріалу як на поверхні, так і в глибині деталей здійснювали моделюванням наплавочних процесів на комп'ютері, яке реалізовувалося з використанням T-FLEX-аналізу, всі розрахунки в даній програмі велися із застосуванням методу кінцевих елементів. При цьому між тривимірною моделлю виробу та розрахунковою кінцево-елементною моделлю підтримувався асоціативний зв'язок. Параметричні зміни вихідної твердотільної моделі автоматично переносилися на сіткову кінцево-елементну модель.

У роботі використовувався тепловий аналіз, модель якого забезпечує можливість оцінки температури поведінки виробу під дією джерел тепла. Тепловий аналіз використовувався самостійно для розрахунку температурних або теплових полів за обсягом конструкції, а також спільно зі статичним аналізом для оцінки температурних деформацій, що виникають у виробі.

При постановці завдання в T-FLEX-аналізі ставився нестационарний процес – розрахунок температурних полів здійснювався у функції часу. При підготовці завдання задавалися геометричні параметри системи, що моделюється, будувалася кінцево-елементна сітка, що апроксимує геометрію конструкції.

7.2 Результати досліджень

При наплавленні деталі нагрівання наплавлюваного матеріалу і матеріалу основи зосередженим джерелом тепла (дугою) і швидке охолодження розплавленого металу зі швидкістю в десятки і сотні градусів в секунду передують кристалізації наплавленого матеріалу. Частина тепла із зони сплавлення наплавленого матеріалу і матеріалу відновлюється заготовки відводиться вглиб заготовки. При охолодженні покриття в ньому виникають залишкові напруги, що розтягують в напрямку, протилежному усадці, які надають значний вплив на утворення тріщин. Напруги з'являються в результаті нерівномірного нагрівання матеріалу, що наплавляється і матеріалу відновлюваної деталі. Підвищення швидкості охолодження наплавлених шарів супроводжується зростанням напруги, тому регулювання кристалізації для подрібнення структури за рахунок підвищення швидкостей охолодження неприйнятно. Для зменшення розтягуючих напруг використовують попередній підігрів відновлюваної деталі, який знижує швидкість охолодження наплавленого покриття.

При необмеженному ремонті двигунів їх колінчасті вали до шести разів піддаються нанесення покриттів, що встановлено за контрольними мітками, що залишаються робітниками на щоках валів при кожному нанесенні покриття. Наплавлення та напилення покриттів з використанням джерел тепла зменшують довжину відновлюваного валу через неодноразове та нерівномірне нагрівання та охолодження ділянок деталі та покриття. Це особливо помітно для наплавлених валів, у порівнянні з напиленими валами, так як для перших характерний нагрівання до більшої температури з розплавленням поверхневих шарів металу шийок, що відновлюються. Середнє зменшення довжини, встановлене за даними вимірювань груп валів з 15...20 одиниць за допомогою штангенциркуля з ціною розподілу 0,1 мм, відображено на рис. 7.2. До кожної групи входили вали з однаковим числом наплавочних шийок.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-13.07.КОЕПР</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

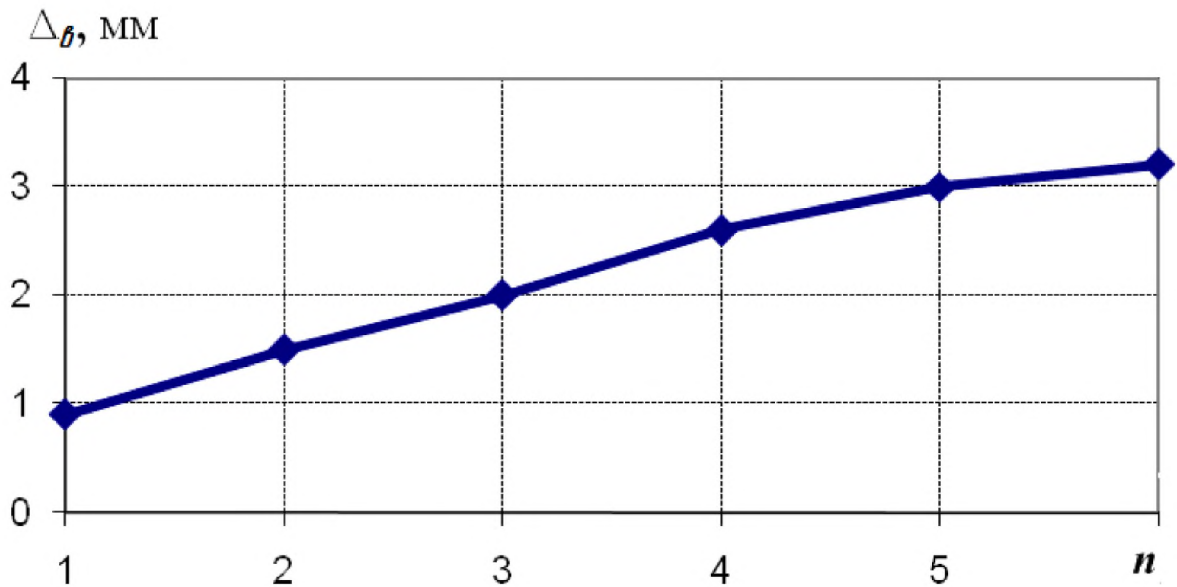


Рисунок 7.2 – Середнє зменшення довжини колінчастих валів Δ_b від числа наплавок n

Довжина колінчастих валів після декількох наплавкоз зменшується до 3 мм за рахунок виникнення внутрішніх напруг у матеріалі покриття та деталі. У практиці ремонту траплялися випадки, коли відновлений колінчастий вал неможливо було встановити в блоки циліндрів при складанні двигунів. Від відновлення до відновлення довжина наплавленої деталі зменшується [29].

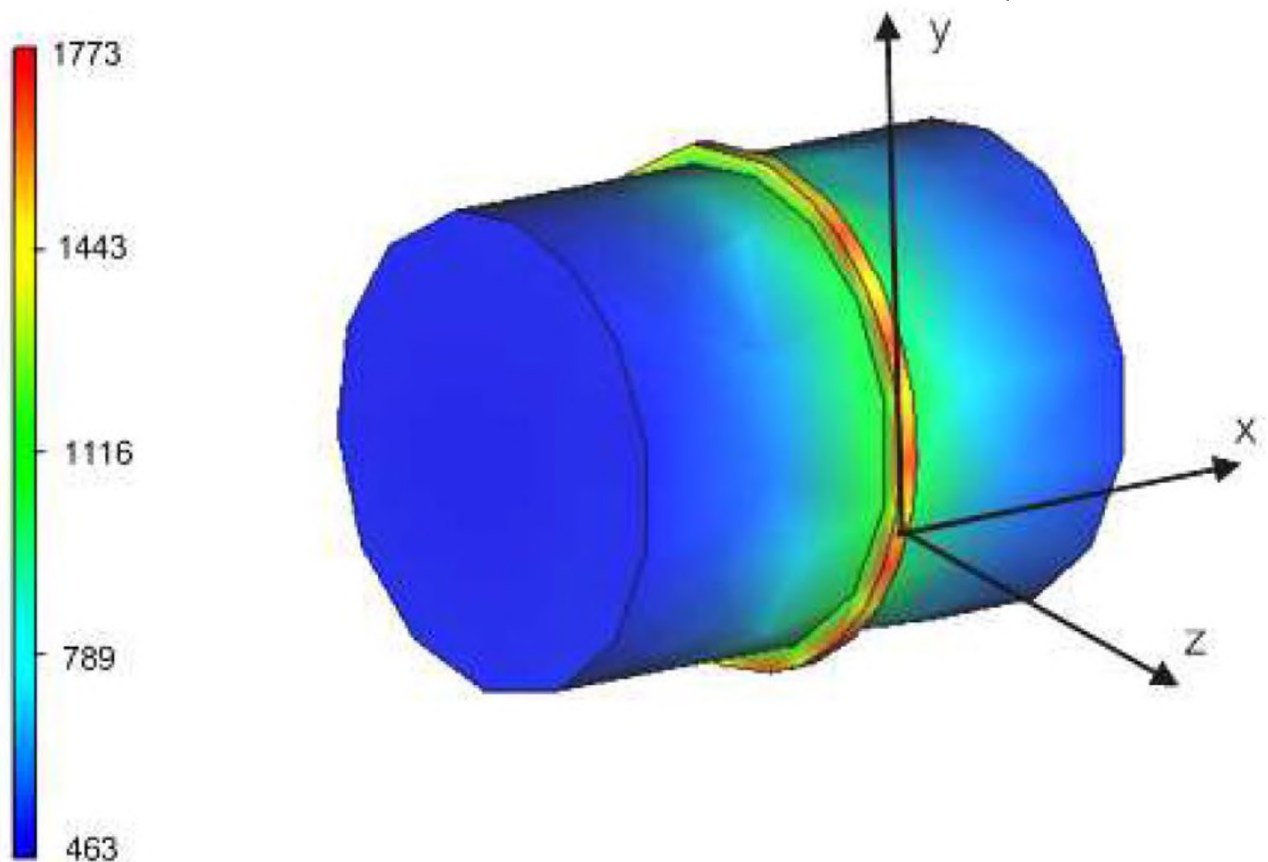


Рисунок 7.3 – Розподіл температурного поля при наплавленні

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-13.07.КОЕПР</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При наплавленні теплота вводиться у виріб через катодне пляма нагріву. У нашому випадку при відновленні наплавкою джерелом теплоти є електрична дуга – це джерело теплоти вважається поверхневим, сила струму $I = 170$ А, напруга $U = 30$ В, час наплавлення одного валика $t = 40$ с. Моделювання процесів наплавлення на комп'ютері дозволило отримати графічне зображення температури матеріалу на його поверхні при наплавленні (рис. 7.3).

Для розрахунку деформацій у матеріалі відновлюваної деталі та валику наплавленого металу та внутрішніх напруг у них були прийняті такі припущення:

- валик металу, що наплавляється, являє собою тороїдальне кільце еліптичного перерізу, що має металевий зв'язок з металом заготовки;
- переріз валика є еліпс з осями a і b ;
- напруги в поперечних перерізах наплавленого валика та основи деталей розподілені рівномірно;
- температура нагрівання валика значно вища за температуру нагрівання матеріалу заготовки;
- розплавлений метал валика після нанесення кристалізується та охолоджується до кімнатної температури;
- взаємодія валика з основним металом настала після його нанесення;
- коефіцієнт Пуассона μ у розрахунках не враховується.

За рахунок охолодження металу валика, його розміри, у тому числі ширина b , зменшуватимуться, чому перешкоджає ділянка деталі діаметром $(d - a)$ та довжиною b під валиком (рис. 7.4).

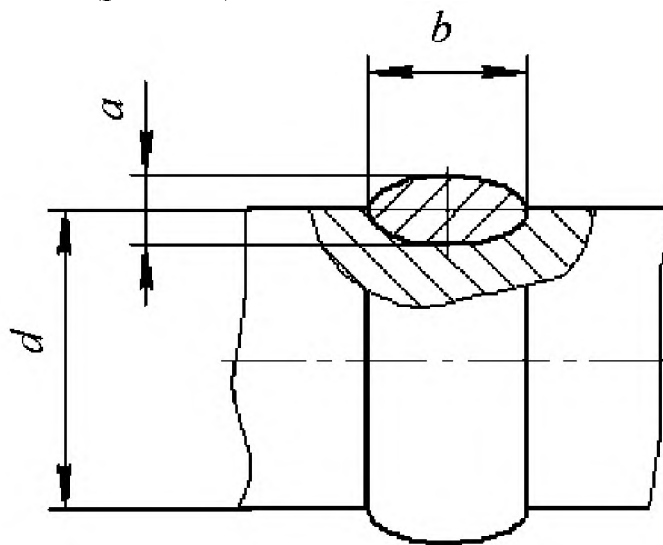


Рисунок 7.4 – Схема шийки деталі з наплавленим валиком матеріалу

Матеріал валика у бік осі деталі буде розтягнутий під впливом сили $P_{рс}$, а матеріал шийки деталі під валиком стиснутий під впливом сили $P_{ст}$ (рис. 7.5).

Деформація матеріалу валика $\Delta_{ввл}$ (м) вздовж осі деталі при охолодженні без опору з боку матеріалу деталі дорівнює:

$$\Delta_{ввл} = b \cdot (t_H - t_K) \cdot \alpha, \text{ мм}, \quad (7.1)$$

де t_H і t_K – температура нагрівання матеріалу покриття та кімнатна температура відповідно, К;

α – температурний коефіцієнт лінійного розширення, 1/К.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-13.07.КОЕПР</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

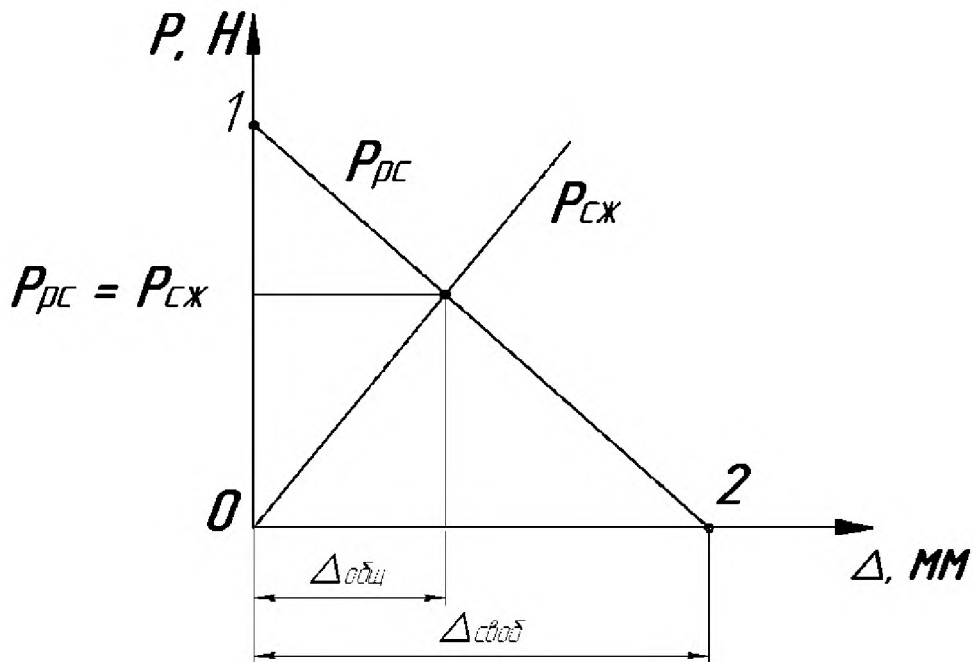


Рисунок 7.5 – Вплив сили $P_{рс}$, що розтягує покриття, і сили $P_{ст}$, що стискає основний матеріал деталі, залежно від деформації Δ (P – сили, що виникають при взаємодії основи та покриття внаслідок наплавлення)

При опорі з боку деталі, коли довжина перерізу валика залишиться без зміни, напруги розтягування σ_p у матеріалі валика досягнуть значення:

$$\sigma_p = \frac{\Delta_{своб}}{b} \cdot E_e, \text{ Па} \quad (7.2)$$

де E_e – модуль пружності першого роду матеріалу валика, Па.

Розтягуюча сила $P_{рс}$ у матеріалі покриття при деформації, що дорівнює $\Delta_{віль}$, складе

$$P_{рс} = \sigma_p \left[\frac{\pi \cdot (d+a)^2}{4} - \frac{\pi \cdot (d-a)^2}{4} \right] = \sigma_p \cdot \pi \cdot d \cdot a. \quad (7.3)$$

Залежність сили $P_{рс}$ від деформації Δ у вигляді рівняння прямої, що проходить через дві точки 1 та 2 (див. рис. 7.5), знаходимо з умов:

- координати точки 1: $[0; (t_n - t_k) \cdot \alpha \cdot E \cdot \pi \cdot d \cdot a]$,
- координати точки 2: $[\Delta_{віль}; 0]$,
- рівняння прямої:

$$\frac{\Delta - 0}{\Delta_{своб} - 0} = \frac{P_{рс} - (t_n - t_k) \cdot \alpha \cdot E \cdot \pi \cdot d \cdot a}{0 - (t_n - t_k) \cdot \alpha \cdot E \cdot \pi \cdot d \cdot a}, \quad (7.4)$$

звідки

$$P_{рс} = \frac{(t_n - t_k) \cdot \alpha \cdot E_e \cdot \pi \cdot d \cdot a - \Delta \cdot E_e \cdot \pi \cdot d \cdot a}{b} = \frac{E_e \cdot \pi \cdot d \cdot a}{b} \cdot [(t_n - t_k) \cdot b \cdot \alpha - \Delta]. \quad (7.5)$$

Сила $P_{ст}$ залежить від деформації Δ наступним чином:

$$P_{сж} = \frac{\Delta}{b} \cdot E_d \cdot \frac{\pi \cdot (d-a)^2}{4}, \text{ Н}, \quad (7.6)$$

					КНУ.КМР.131.24.1-13.07.КОЕПР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де E_{δ} – модуль пружності першого роду для матеріалу деталі, Па.
Рівновага фрагмента деталі має місце за наступної рівності:

$$P_{pc} = P_{ct} \quad (7.7)$$

звідки

$$\frac{E_{\sigma} \cdot \pi \cdot d \cdot a}{b} \cdot [(t_n - t_k) \cdot b \cdot \alpha - \Delta] = \frac{\Delta}{b} \cdot E_{\delta} \cdot \frac{\pi \cdot (d - a)^2}{4} \quad (7.8)$$

Вирішуємо рівняння відносно Δ

$$\Delta = \frac{E_{\sigma} \cdot d \cdot a \cdot (t_n - t_k) \cdot b \cdot \alpha}{\left(E_{\sigma} \cdot d \cdot a + \frac{E_{\delta} \cdot (d - a)^2}{4} \right)}, \text{ м.} \quad (7.9)$$

Деформація однієї шийки валу при напавленні дроту Св-08Х13 ($\Delta = 0,01151$ мм) менша, ніж при напавленні дроту У7 ($\Delta = 0,01365$ мм).

Як показує отримана залежність, що визначає вплив на деформацію, а отже і на залишкові напруги, надає температура нагрівання матеріалу покриття та ТКЛР. Найменший вплив має співвідношення значень модуля пружності матеріалів покриття та заготовлі. Тому при виборі напавного матеріалу слід віддавати перевагу матеріалу з нижчим значенням ТКЛР, а нанесення покриттів вести з мінімально можливою температурою. Розрахунки показують, що з напавці десяти шийок валу зменшення його довжини становить 0,8 мм, що відповідає даним інструментальних вимірів. Маючи деформації елементів деталі та покриття, їх розміри та модулі пружності, можна розрахувати напруги в них уздовж осі деталі.

7.3 Висновок

При виборі матеріалу для відновлення сталевих валів напавкою, крім його хімічного складу, необхідно враховувати і фізико-механічні властивості, які впливають на геометричні розміри відновлюваної деталі, наприклад, при неодноразовій напавці шийок колінчастого валу можливе зменшення його довжини до 3 мм.

Отримана теоретична залежність величини осьової деформації елементів сталевого колінчастого валу, що виникає при напавленні, від модуля пружності та температурного коефіцієнта лінійного розширення матеріалів деталі та покриття, температури нагрівання матеріалу покриття та розмірів напавлених валиків дозволяє прогнозувати зміну довжини колінчастого валу після кожної напавлення. обґрунтовано обмежувати їх кількість.

Визначальний вплив на деформацію, отже, і залишкові напруги надає температура нагрівання матеріалу покриття і ТКЛР. Найменшою мірою впливає співвідношення значень модуля пружності матеріалів покриття та заготовлі. Тому при виборі напавного матеріалу слід віддавати перевагу матеріалу з нижчим значенням ТКЛР, а нанесення покриттів вести з мінімально можливою температурою.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-13.07.КОЕПР</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У магістерській випускній роботі на тему «Розробка технологічного забезпечення виготовлення деталі «Вал-шестерня» дроселя з використанням CAD-CAM систем» було виконано комплексну розробку технологічних рішень для виготовлення деталі, що дозволяє забезпечити високий рівень точності, економічної ефективності та відповідність сучасним вимогам виробництва.

Проведене дослідження включало наступні основні результати:

1. Розрахунок розмірних ланцюгів при складанні дроселя дозволив визначити оптимальні допуски та забезпечити необхідну точність виготовлення складальної одиниці. Це гарантує безперебійну роботу механізму дроселя.

2. Розробка технологічного процесу виготовлення деталі «Вал-шестерня» з використанням сучасного обладнання забезпечила підвищення точності та продуктивності. Використання токарного верстата з ЧПК Roturn 402 C та програмного забезпечення FeatureCAM оптимізувало процес виготовлення.

3. Розробка верстатно-інструментального налагодження передбачала вибір сучасного металорізального інструменту, налаштування верстатів та створення керуючої програми для точіння деталі. Це дозволило автоматизувати процеси та знизити ймовірність похибок.

4. Проектування верстатного пристосування для фрезерування лисок і контрольного пристрою для перевірки співвісності отворів забезпечило підвищення точності та контроль якості готової продукції.

5. Проектування механоскладального цеху з урахуванням сучасних вимог охорони праці та екології дозволило створити оптимальні умови для роботи персоналу та забезпечення екологічної безпеки виробництва.

6. Розрахунок ключових техніко-економічних показників підтвердив економічну доцільність впровадження розроблених рішень. Заміняючи застарілий верстат 16K20 на сучасний Roturn 402 C, досягнуто річного прибутку в 7 064 628 грн зі строком окупності 3,05 року. Це свідчить про високий потенціал для зниження витрат і підвищення ефективності виробництва.

7. Науково-дослідна частина роботи, присвячена вибору матеріалів для відновлення валів наплавкою, показала доцільність застосування матеріалів з покращеними фізико-механічними властивостями, що забезпечують підвищення довговічності деталей.

Таким чином, розроблене технологічне забезпечення виготовлення деталі «Вал-шестерня» дроселя з використанням CAD-CAM систем є інноваційним, технічно обґрунтованим і економічно вигідним. Запропоновані рішення дозволяють підвищити ефективність виробництва, забезпечити високу якість готової продукції та відповідність сучасним вимогам машинобудівної галузі.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-13.В</i>		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		<i>Степаненко</i>			Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		<i>Нечаєв</i>					
Реценз.					<i>Висновки</i>		
Н. Контр.		<i>Нечаєв</i>					
Зав. каф.		<i>Рязанцев</i>					
					<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-23М</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. Відновлення деталей машин. Молодик М. В., Лангерд, Бредун А. – Киев: “Урожай”.–1989. –256 с.
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.: 1СДО, 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.,Зєнкін 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.131.24.1-13.СВД</i>					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>Список використаних джерел</i>					
Розроб.		<i>Степаненко</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>								

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. ХарламовЮ.О., БудагьянцН.А. Основы технологии восстановления и упрочнения деталей машин. Учебное пособие в 2т. –Луганск: изд-во Восточно-укр. Национ. ун-та им. В. Даля. 2003.

26. Лудченко О.А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів. – «Знання-Прес», 2003.-275с.

27. Лудченко О.А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів: Технологія: підручник / Лудченко О.А. – К. : Вища школа, 2007. – 527 с.

28. Головчук А.Ф. Експлуатація і ремонт сільськогосподарської техніки: підручник: У 3 кн./ Головчук А.Ф., Орлов В.Ф., Строконов О.П.; – К.: Грамота, 2003 Кн.1: Трактори. – 336 с.

29. Божидаркін В.В. Основи технології виробництва і ремонту автомобілів: навчальний посібник / В.В. Божидаркін, А.П. Гусев. – Луцьк: Надстиря, 2007.-320 с.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-13.СВД</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-13.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>Степаненко</i>						
<i>Перевір.</i>		<i>Нечаєв</i>						
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>		<i>Нечаєв</i>						
<i>Зав. каф.</i>		<i>Рязанцев</i>						
						<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-23м</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
«Вал-шестерня» дроселя з використанням CAD-CAM систем

Виконав магістрант гр. ПМ-23м

(підпис)

Степаненко І.Ю.

Керівник КМР

(підпис)

Нечасв В.П.

Нормоконтроль

(підпис)

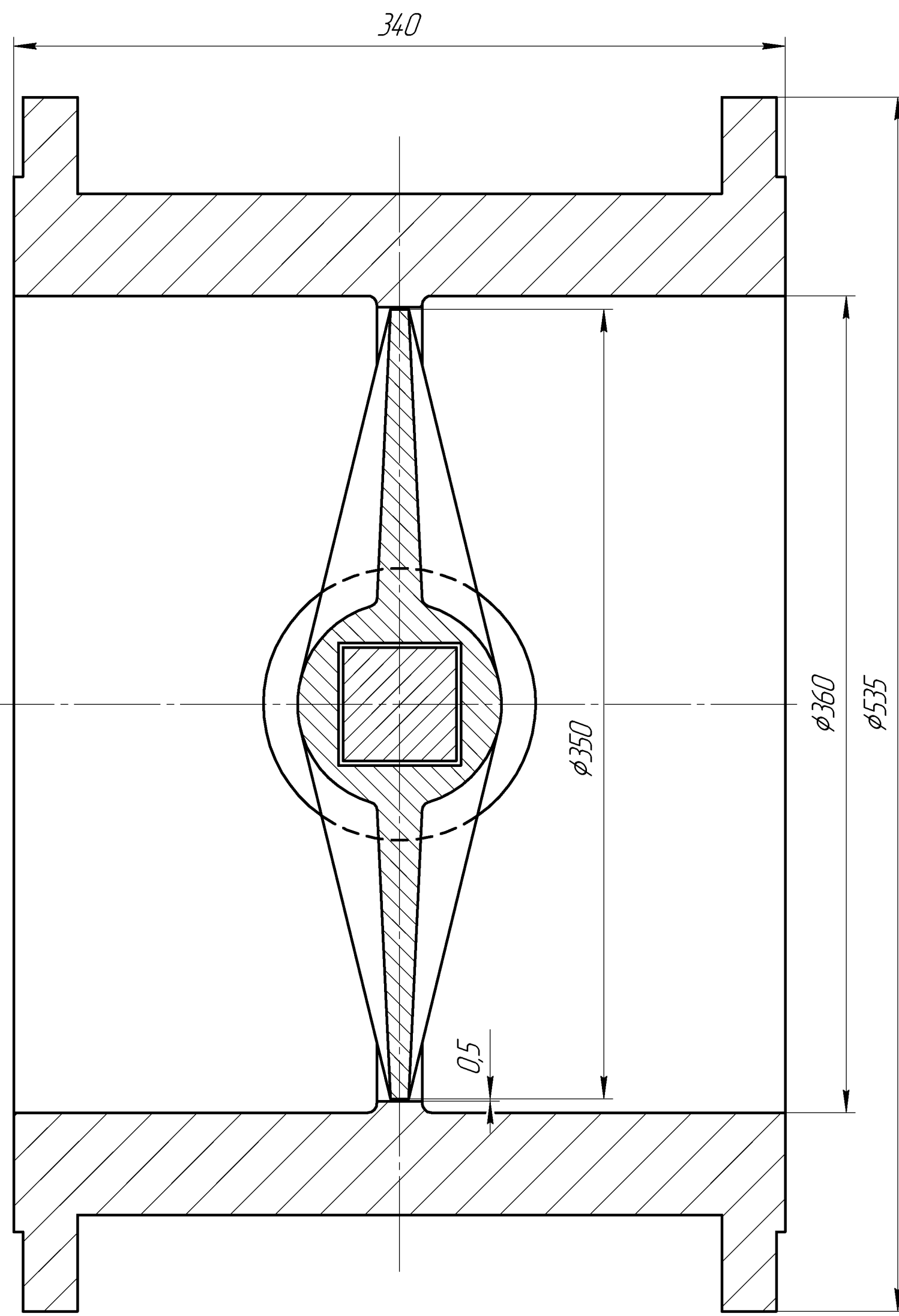
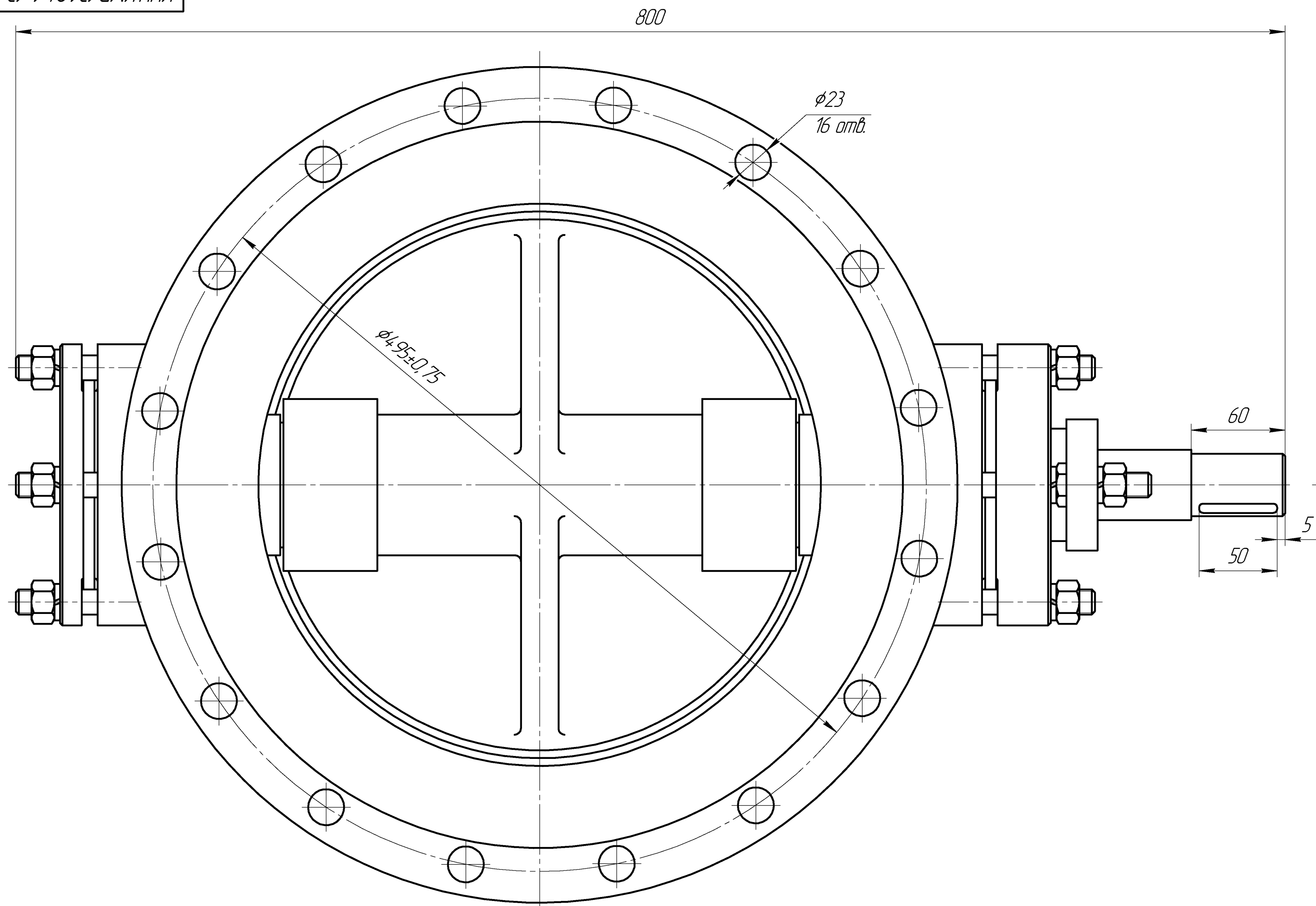
Нечасв В.П.

Завідувач кафедри

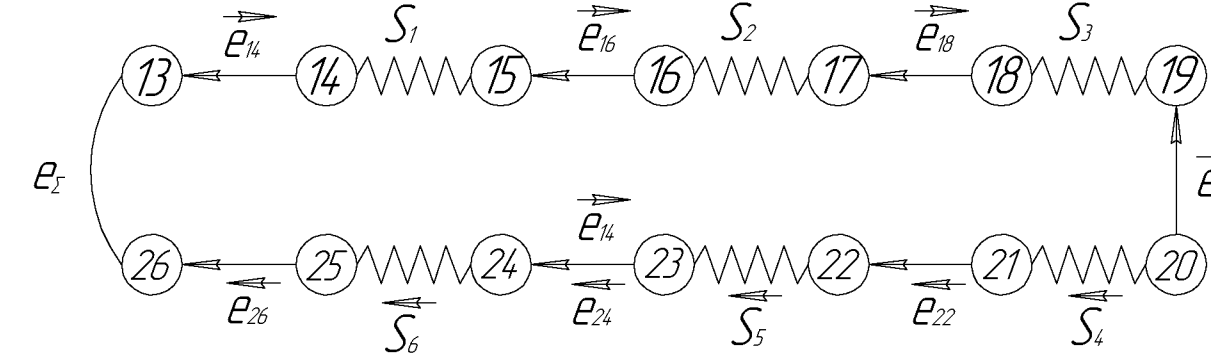
(підпис)

Рязанцев А.О.

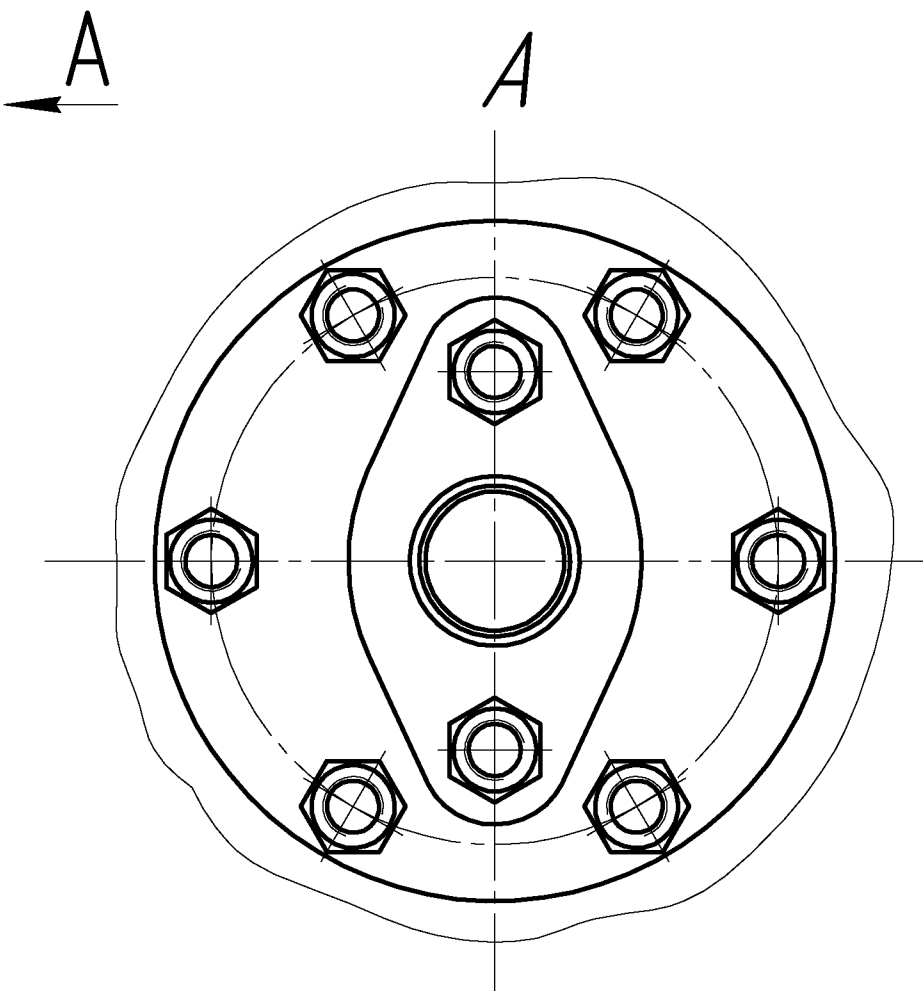
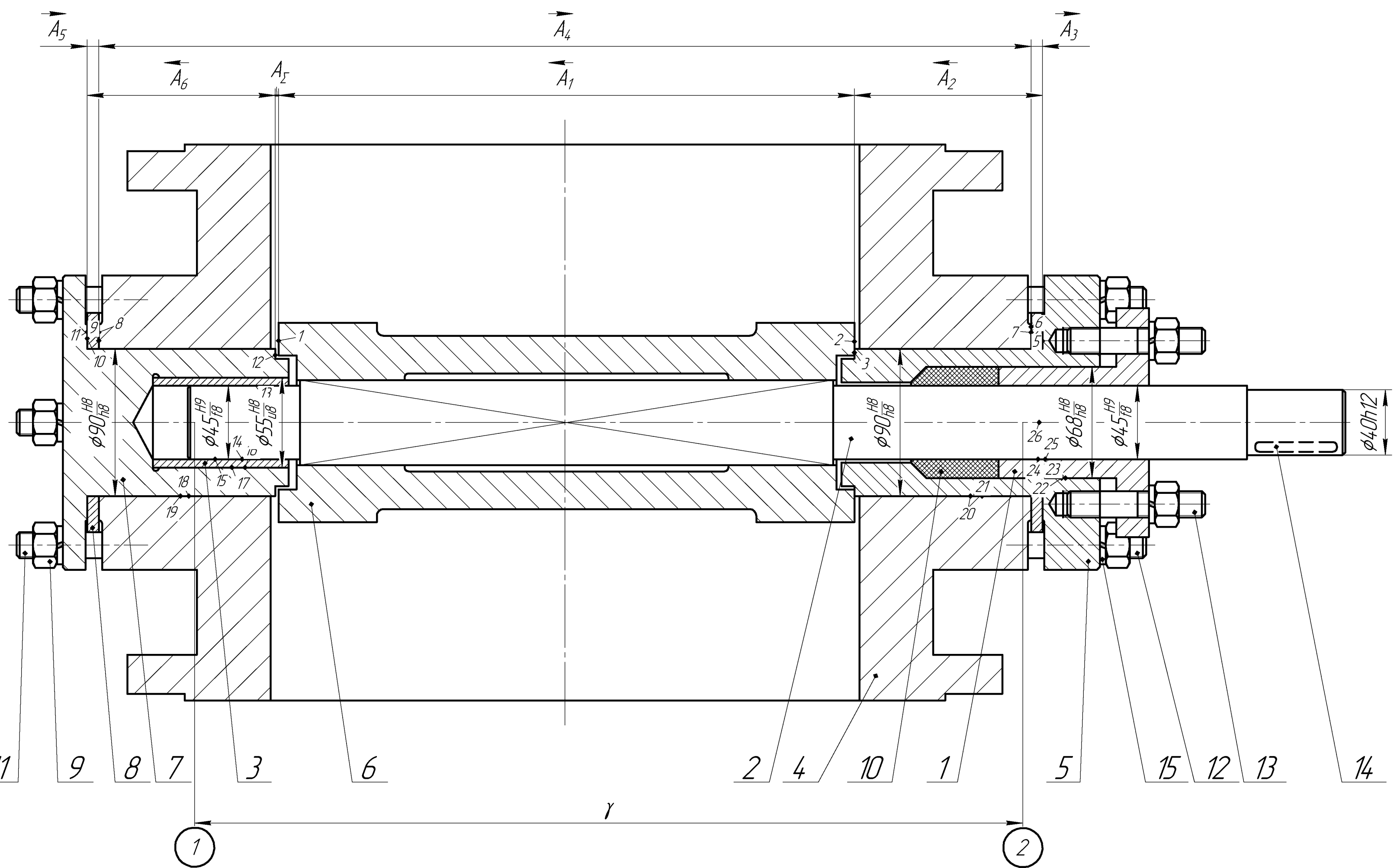
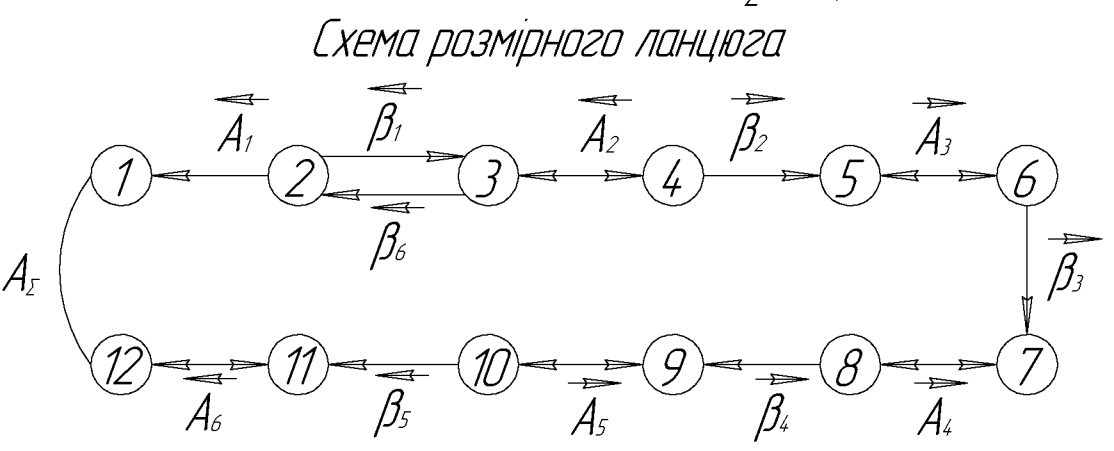
Формат		Зона	Поз.	Обозначення	Найменування	Кол.	Примечание
Креслення							
A1	1	КНУ.КМР.131.24.1-13.ДСК			Дросель $\phi 400$ (складальне креслення)	1	
A1	2	КНУ.КМР.131.24.1-13.ВШ			Вал-шестрєня	1	
A3	3	КНУ.КМР.131.24.1-13.ВШП			Вал-шестрєня (поковка)	1	
A1	4	КНУ.КМР.131.24.1-13.ЕО			Ескізи операцій	2	
A1	5	КНУ.КМР.131.24.1-13.ВІН			Верстатно-інструментальне налагодження	1	
A2	6	КНУ.КМР.131.24.1-13.ВТО			Візуалізація токарної обробки у FeatureCAM	1	
A1	7	КНУ.КМР.131.24.1-13.ВП			Верстатне пристосування	1	
A3	8	КНУ.КМР.131.24.1-13.КП			Контрольний пристрій	1	
A1	9	КНУ.КМР.131.24.1-13.ПМЦ			План механоскладального цеху	1	
A1	10	КНУ.КМР.131.24.1-13.НЧ			Наукова частина	1	
КНУ.КМР.131.24.1-13.ВЕД							
Изм. Лист		№ докум.		Подп.	Дата		
Разрад. Пров.		Степаненко Нечаєв				Лит.	Лист
Н.контр. Утв.		Нечаєв Рязанцев				Н	Листов
							1
Відомість електронних документів КМР						Кафедра ТМ гр. ЗПМ-19м-прх	
Копіював						Формат А4	



Кутявий розмірний ланцюг γ
 Призначення розмірного ланцюга: забезпечення відносного зсуву осі вала в перетині 1 щодо осі вала в перетині 2, $[e_r] = 0,4$ мм.
 Метод повної взаємозамінності - $e_r = 0,43$ мм
 Теоретико-вероятнісний метод - $e_r = 0,158$ мм



Лінійний розмірний ланцюг А
 Призначення розмірного ланцюга: забезпечення зазору між лопаттю і підшипником $[A_r] = 0,22$

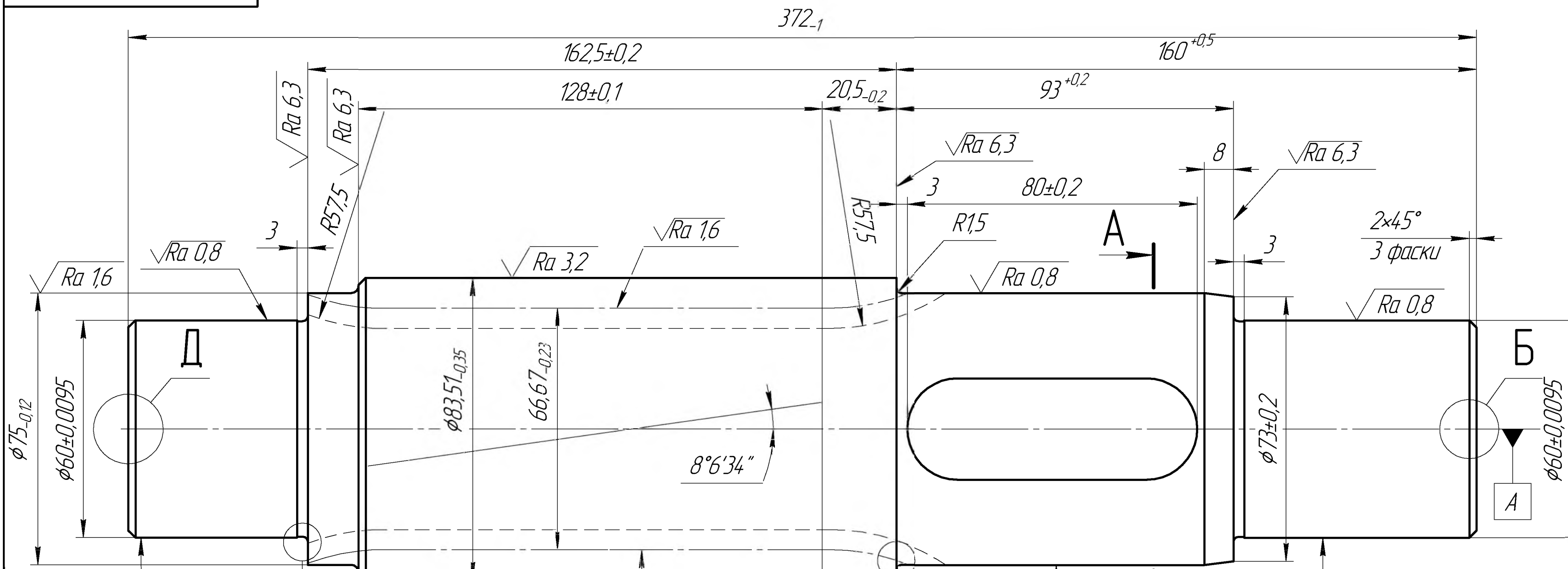


Позначення ланки	Метод повної взаємозамінності		Теоретико-вероятнісний метод		Метод компенсації (дет.)		Метод компенсації (пр.)	
	ЛТ	Розмір з відхиленнями	ЛТ	Розмір з відхиленнями	ЛТ	Розмір з відхиленнями	ЛТ	Розмір з відхиленнями
A ₁	10	338±0,115	13	338±0,445	15	338±1,15	15	338±1,15
A ₂	9	122 ^{-0,1}	12	122 ^{-0,4}	13	122 ^{-0,63}	13	122 ^{-0,63}
A ₃	10	6 ^{-0,048}	12	6 ^{-0,12}	13	6 ^{-0,18}	13	6 ^{-0,18}
A ₄	12	570±0,35	13	570±0,55	15	570±1,4	15	570±1,4
A ₅	10	6 ^{-0,048}	12	6 ^{-0,12}	13	6±0,9	13	*
A ₆	9	122 ^{-0,978} _{-0,078}	12	122 ^{-0,028} _{-1,328}	13	**	13	126 ^{-0,57} _{-0,06}
β ₁	8	0,04	11	0,16	12	0,2	12	0,2
β ₂	9	0,06	11	0,16	12	0,25	12	0,25
β ₃	11	0,4	12	0,6	14	1,2	14	1,2
β ₄	9	0,06	11	0,16	12	0,25	12	0,25
β ₅	8	0,04	11	0,16	12	0,2	12	0,2
β ₆	9	0,1	12	0,4	14	1,0	14	1,0

*Розмір набору, що складається з п прокладок:
 п=1 - 1,96±0,02
 п=2 - 3,92±0,04
 п=3 - 5,88±0,06
 п=4 - 7,84±0,08
 п=5 - 9,8±0,1

**Розміри ступінцевої деталі-компенсатора:
 I ст. - 125^{-0,34}_{-0,23}
 II ст. - 123^{-0,445}_{-0,185}
 III ст. - 121^{-0,49}_{-0,14}
 IV ст. - 119^{-0,535}_{-0,095}
 V ст. - 117^{-0,58}_{-0,05}

КНУКМР.13124.1-13.ДСК				Лист		
Зм. Лист	№ док.м.	Підпис	Дата	Дросель $\phi 400$	Лист	Маса
Розробив	Степаненко			(складальне креслення)	Н	240
Керівник	Нечасов				Листів	12
Начальн.	Нечасов					
Залп.	Рязанцев					
				Каф. ТМ		
				гр. ПМ-23м		



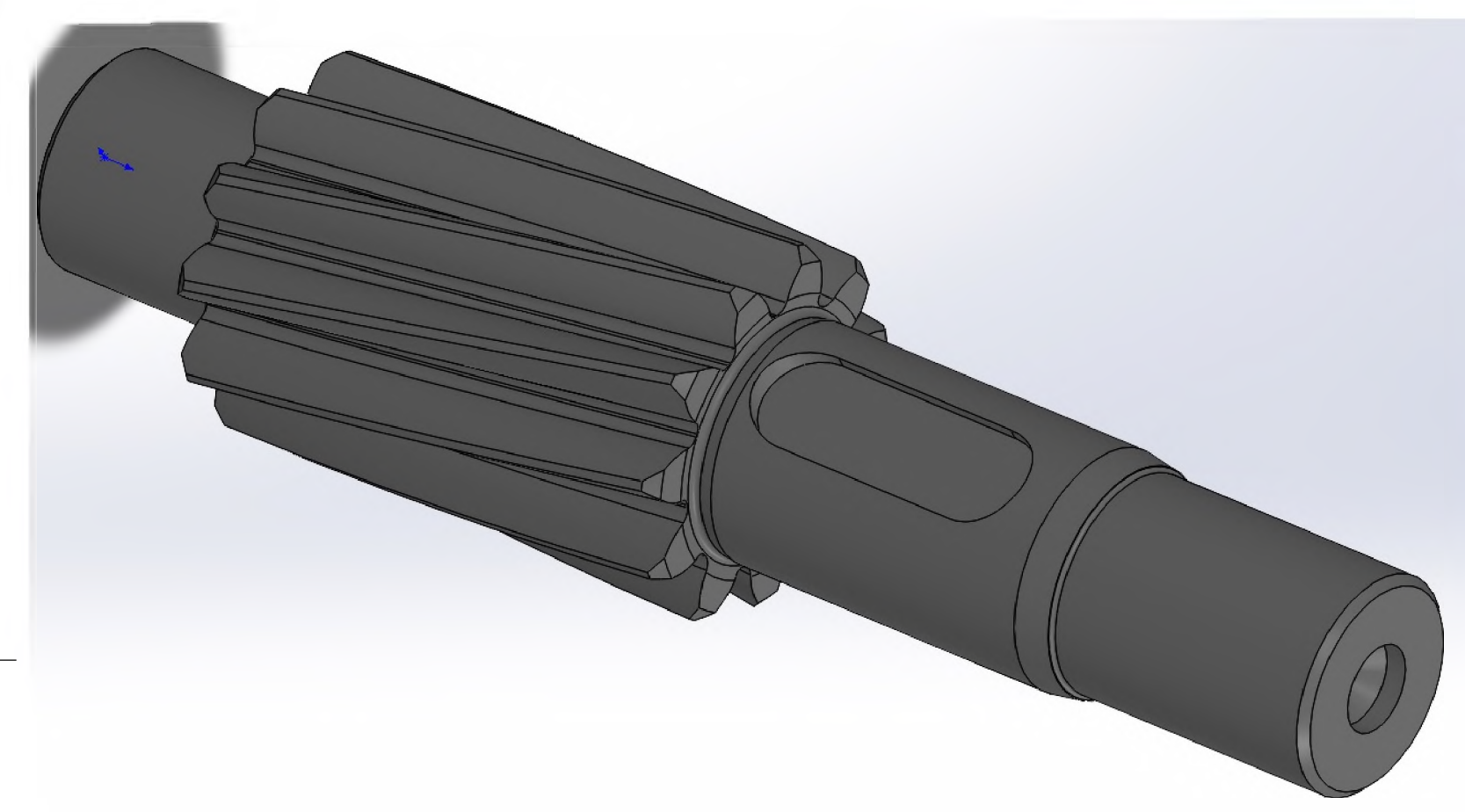
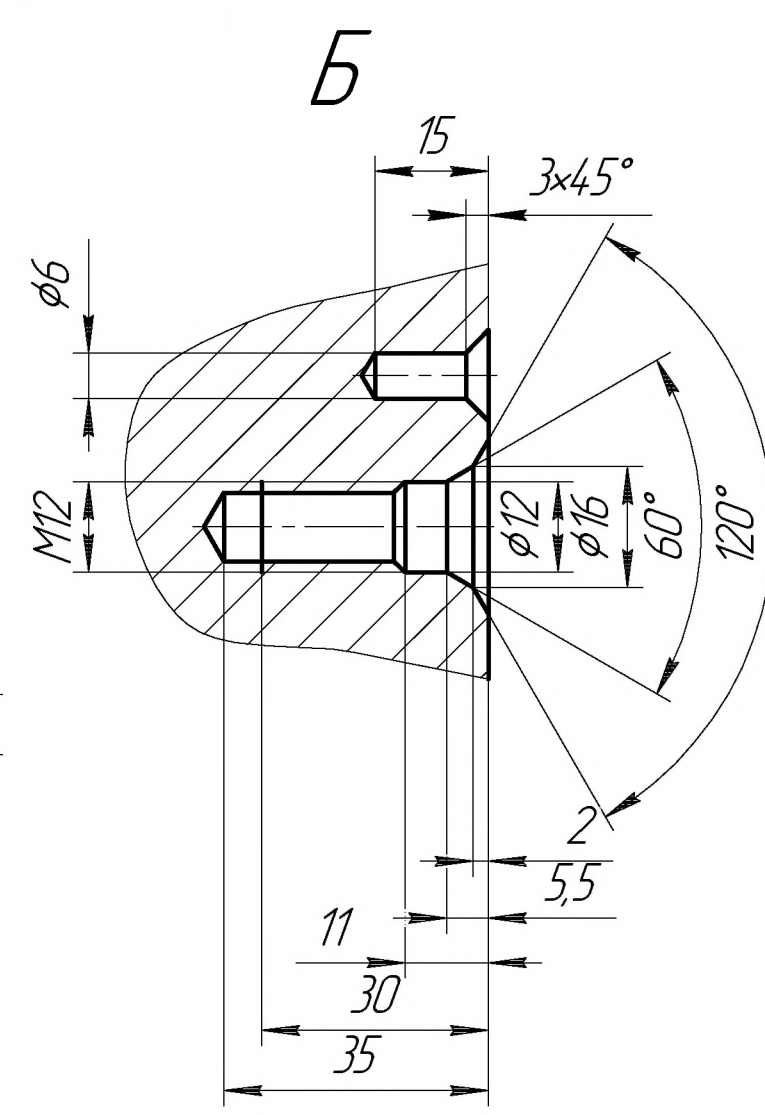
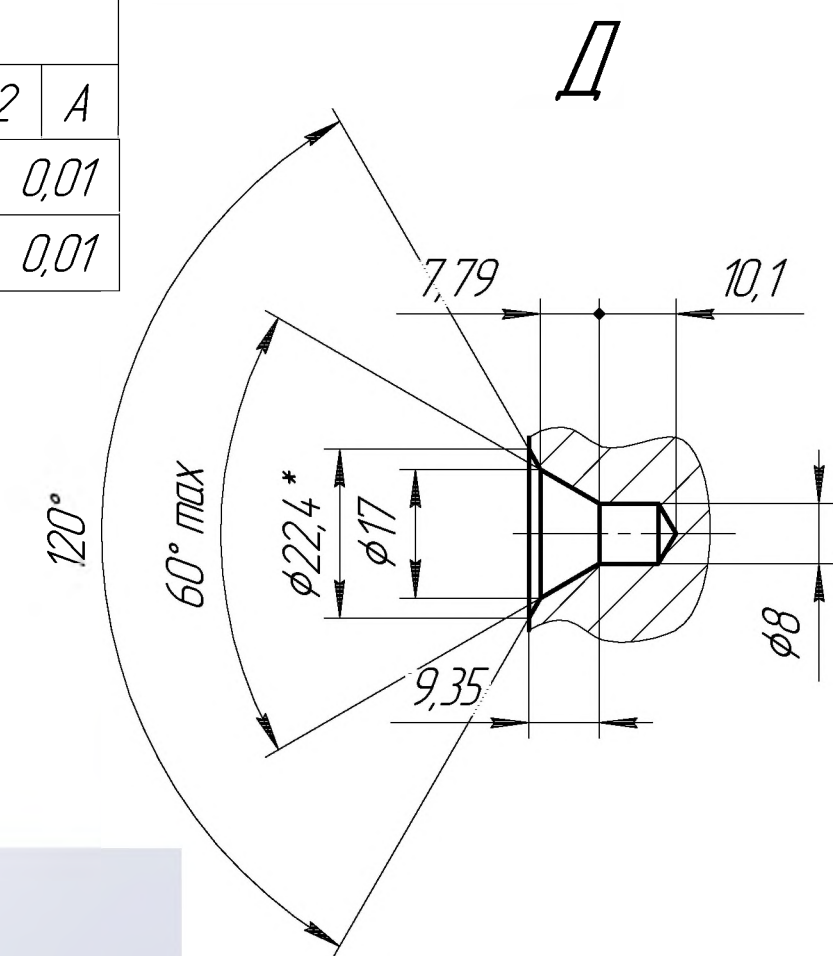
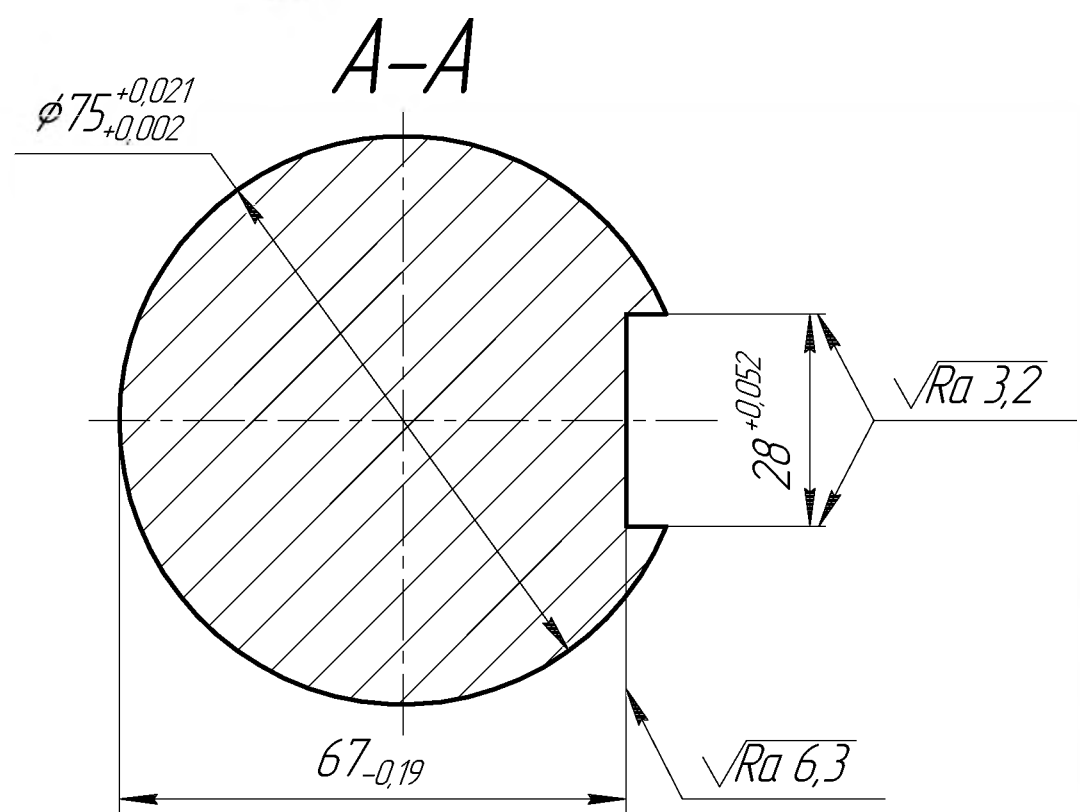
Клас точності передачі		III
Модуль нормальний	m_n	6
Кут вихідного контуру	α_{on}	20°
Кількість зубців	Z	11
Напрямок зубців		ліве
Величина зсуву інструмента	x	2,4
Граничне відхилення довжини загальної нормалі	σ	0,04
Довжини загальної нормалі	W	29,1 _{-0,09}
Гранична різниця сусідніх колових кроків	σ_{ct}	0,045

0,02	A
0,01	
0,01	

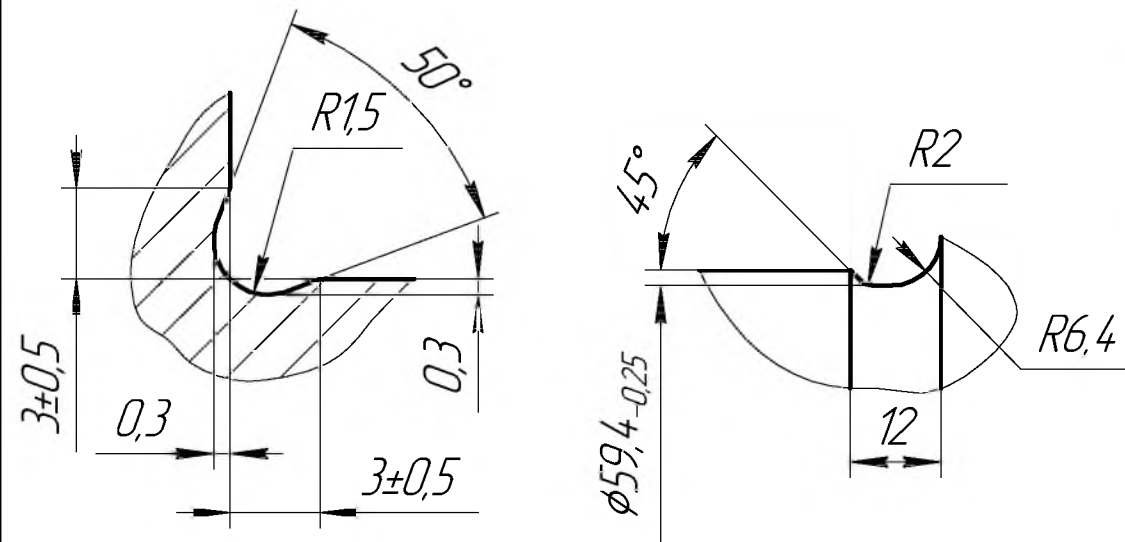
0,08	A
------	---

0,03	A
0,02	
0,02	

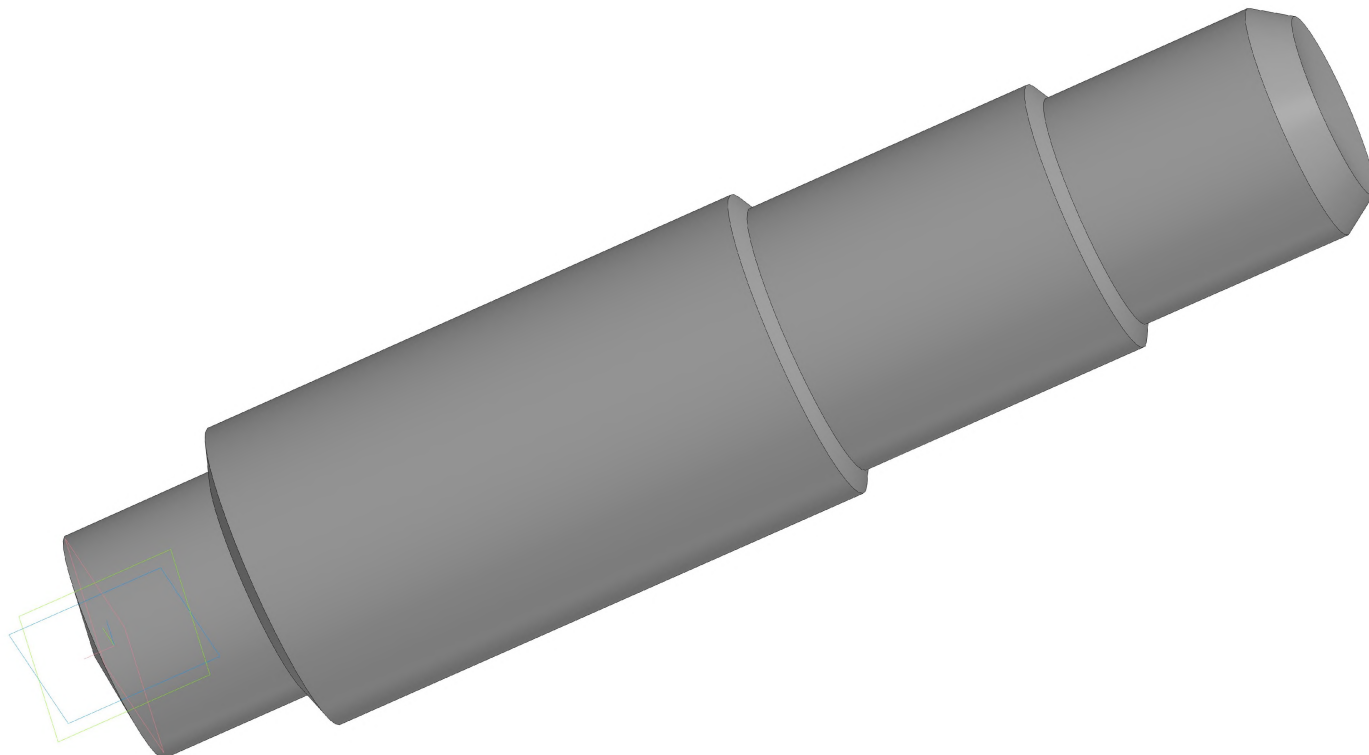
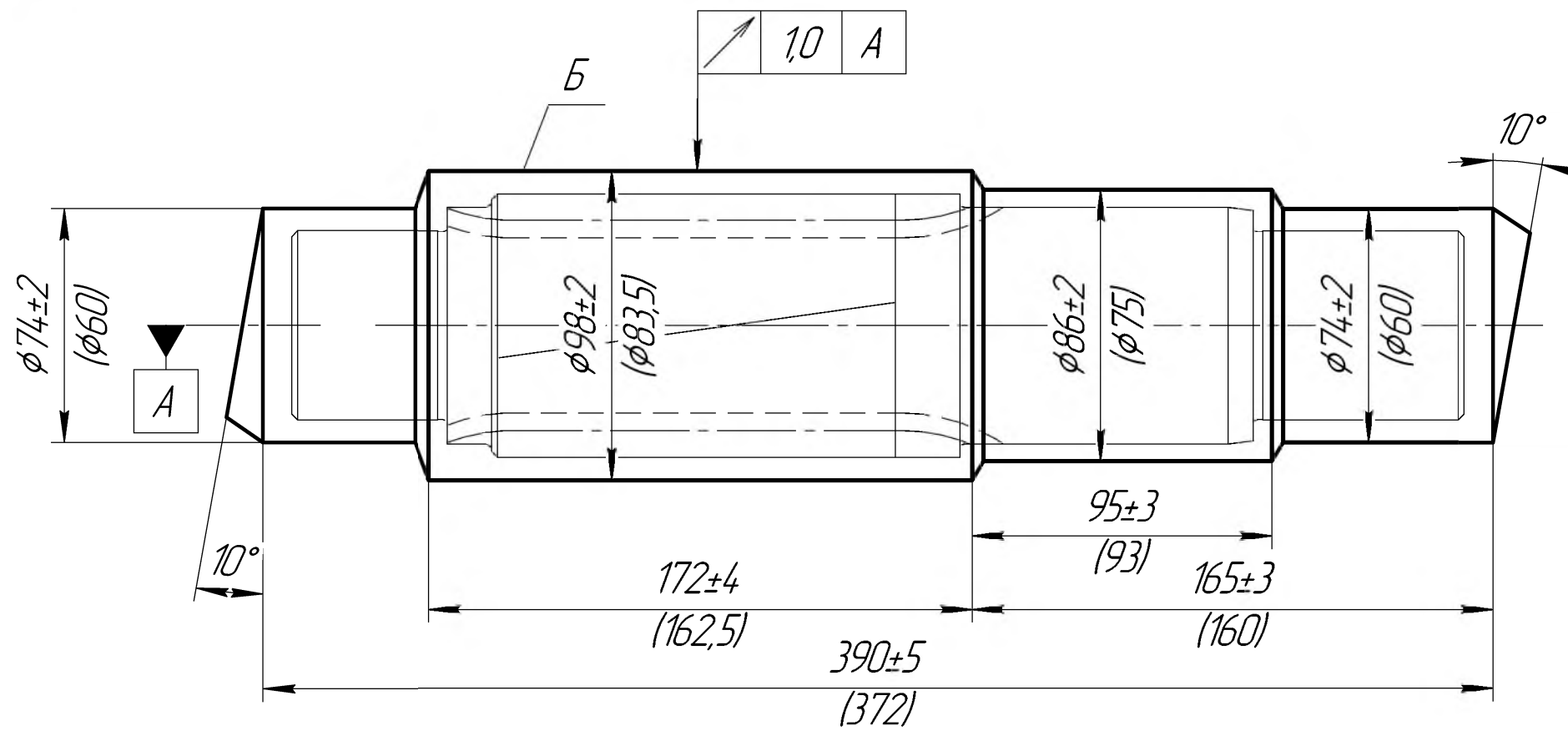
0,02	A
0,01	
0,01	



- 1 Зуби гартувати на ТВЧ HRC ≥ 40.
- 2 Незазначені граничні відхилення розмірів валів: h14; отворів H14; решта ±IT/2.
- 3 Гострі кромки притупити.



				КНУКМР.13124.1-13.ВШ		
Зм. / Лист	№ док. / М	Підпис	Дата	Лист	Маса	Масштаб
Розробив	Степаненко			H	11,6	1:1
Керівник	Нечаєв			Листів		1
Н.контр.	Нечаєв			Каф. ТМ		
Затв.	Рязанцев			Сталь 18Х2Н4МА ДСТУ 7806:2015		
				зр. ПМ-23М		

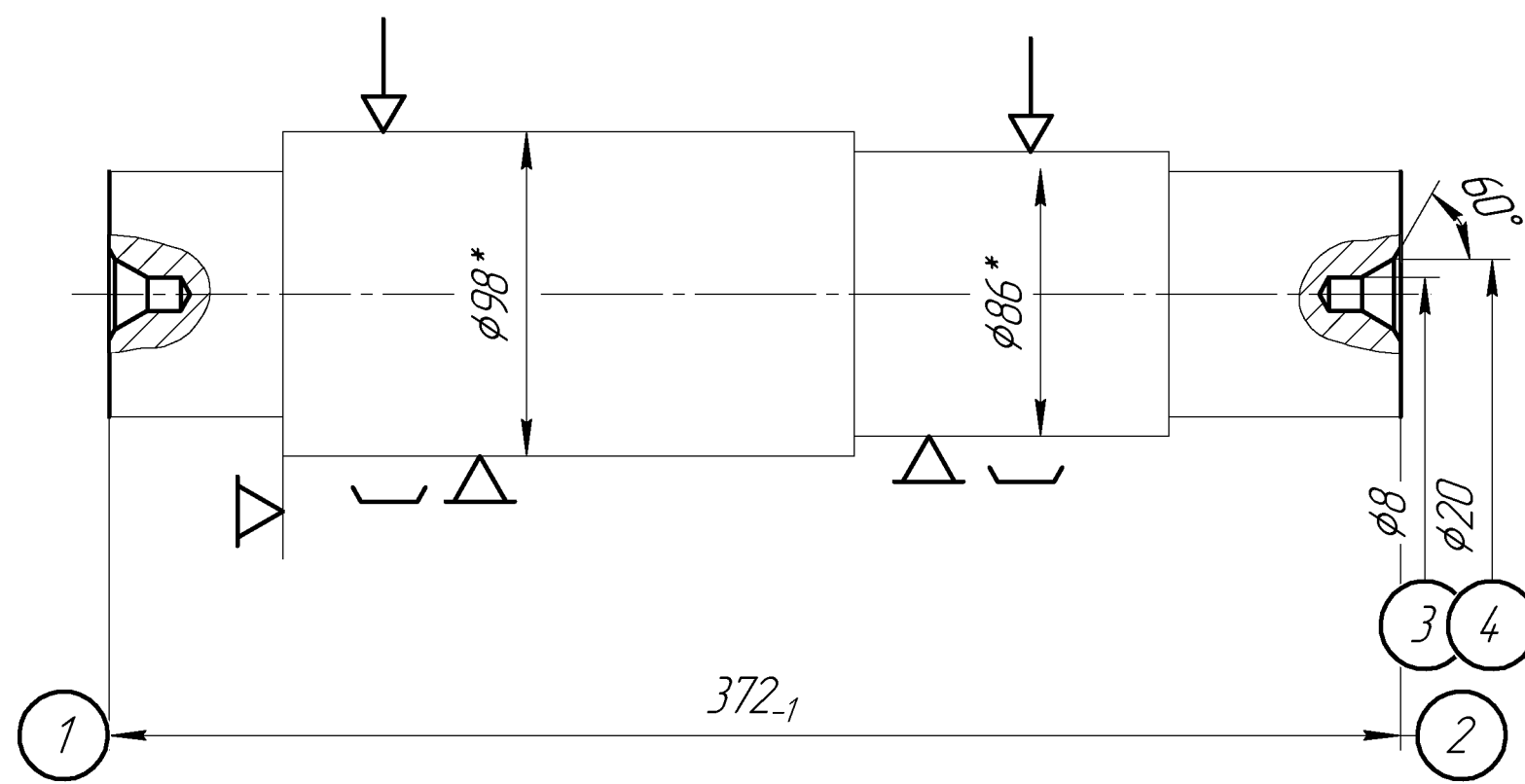


- 1 Можлива заміна матеріалу на сталь 20Х2Н4А ГОСТ4543-88.
- 2 Поверхню заготовки дробеструїти.
- 3 Твердость міряти на поверхні Б.
- 4 Граничне скривлення загальної осі заготовки не більш 1 мм.
- 5 На поверхні Б не допускаються раковини.
- 6 Незазначені кувальні ухили не більше 10° .
- 7 Контролювати 20% заготовок.

				КНУ.КМР.131.24.1-14.ВШП				
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Вал-шестерня (поковка)	Лит.	Маса	Масштаб
Розробив		Степаненко				Н		1:2
Керівник		Нечаєв				Лист	Листів	1
Н.контр.		Нечаєв			Сталь 18Х2Н4МА ДСТУ 7806:2015	Каф. ТМ гр. ПМ-23М		
Затв.		Рязанцев						

005 Фрезерно-центрувальна Верстат МР76М

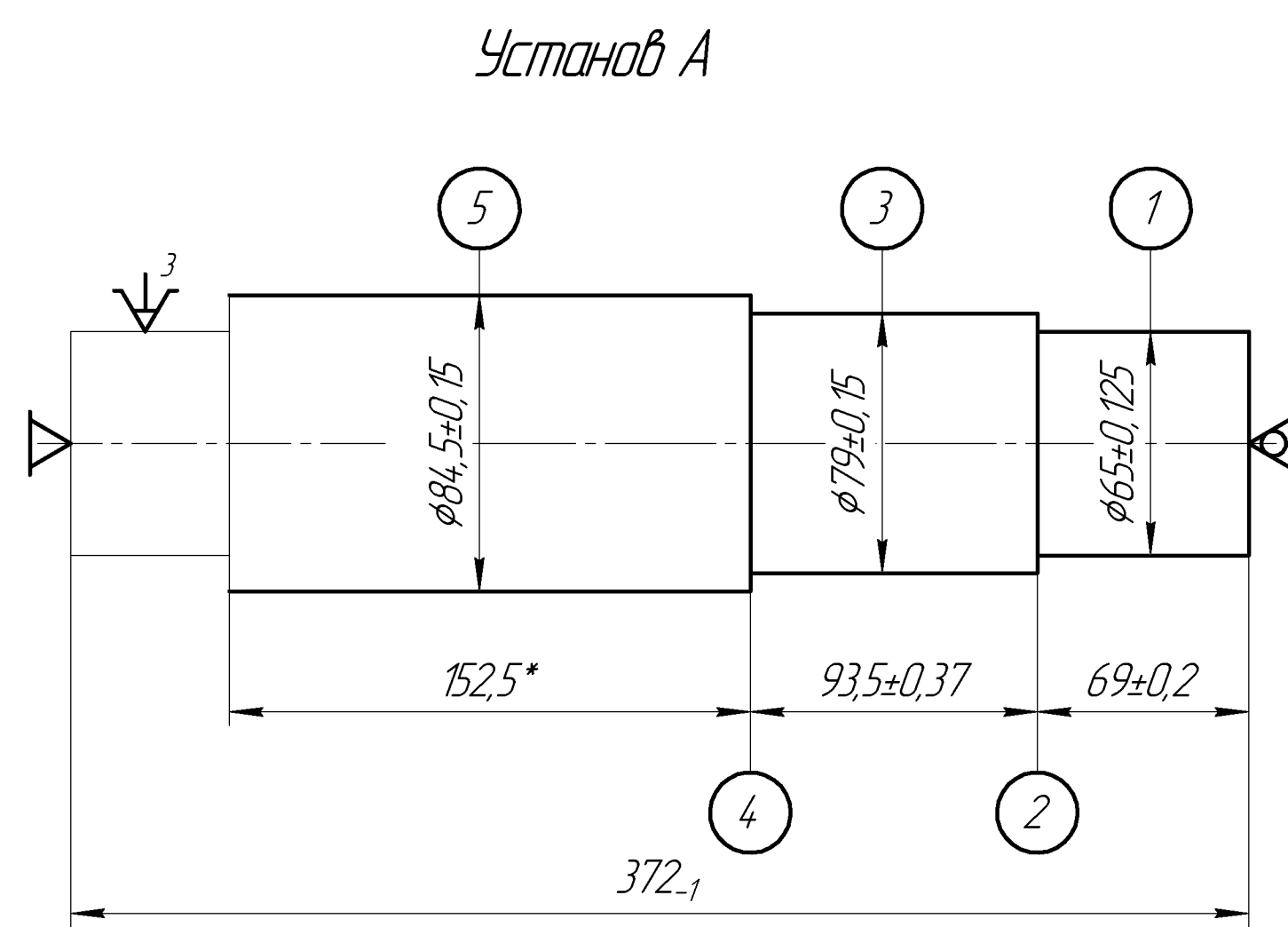
√ Ra 6,3



Найменування переходу	t, мм	S _z , мм/об	v, м/хв	n, об/хв	T _о , хв	T _{шт} , хв
Фрезерувати поверхню 1	9,0	S _z =0,24	72,3	354,0	0,39	Σ _{оп} =4,03
Фрезерувати поверхню 2	9,0	S _z =0,24	56,7	354,0	-	
Свердлити отвір 3	1575	0,07	5,7	580,0	0,03	
Свердлити отвір 4	1575	0,07	5,7	580,0	-	

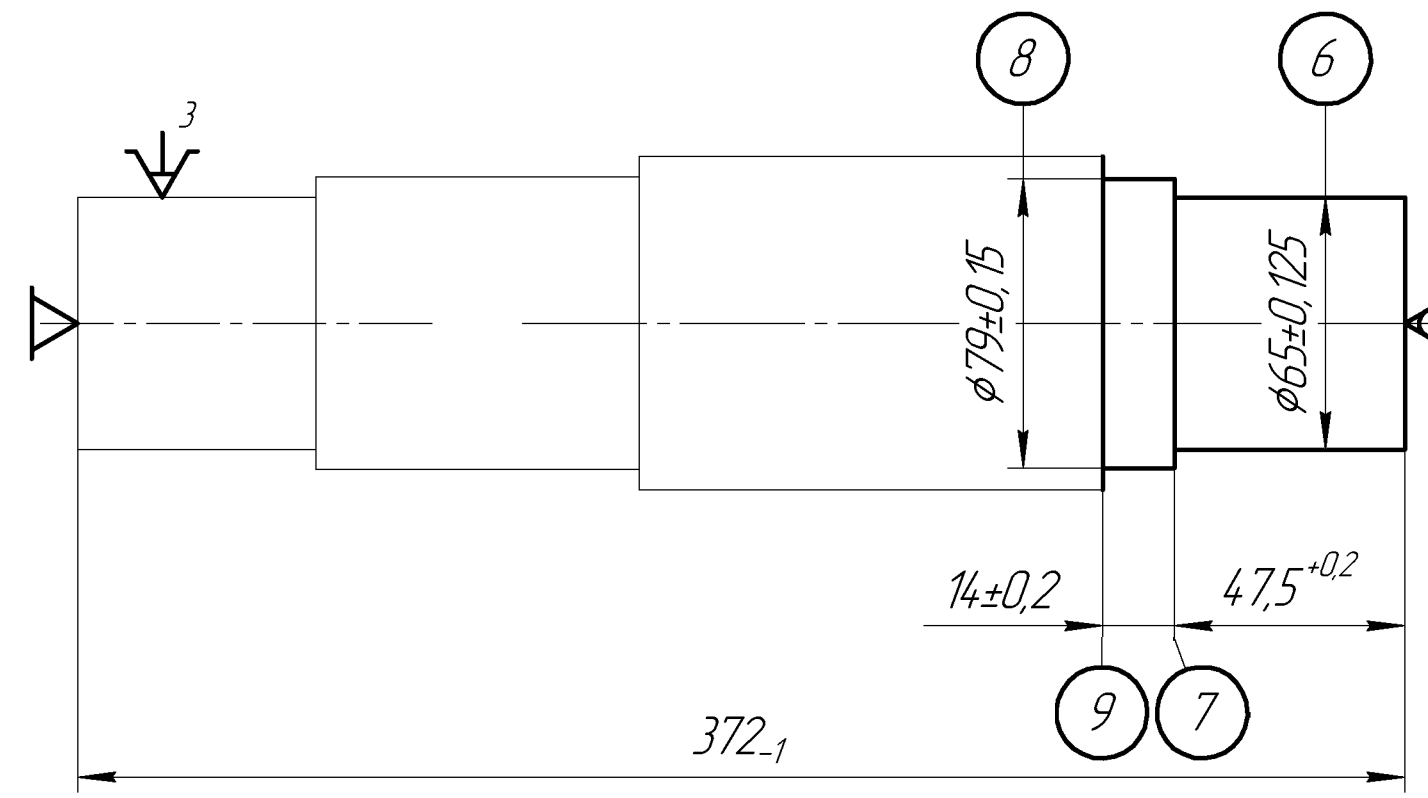
010 Токарно-звинтарізна Верстат 16К20

√ Ra 12,5



Найменування переходу	t, мм	S _z , мм/об	v, м/хв	n, об/хв	T _о , хв	T _{шт} , хв
Точити поверхню 1	9,0	0,5	80,1	500	0,648	Σ _{оп} =4,98
Підрізати торець 2	1,0	0,5	80,1	500	0,03	
Точити поверхню 3	6,5	0,5	80,1	500	0,184	
Підрізати торець 4	3,0	0,5	97,3	500	0,094	
Точити поверхню 5	8,0	0,5	97,3	500	0,30	

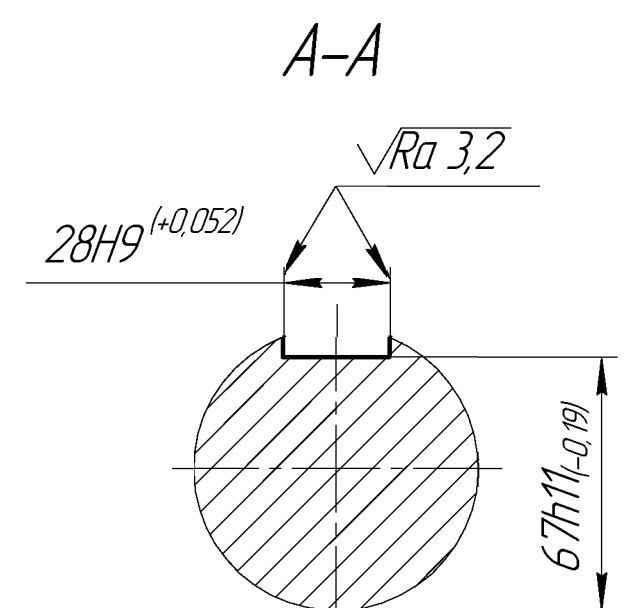
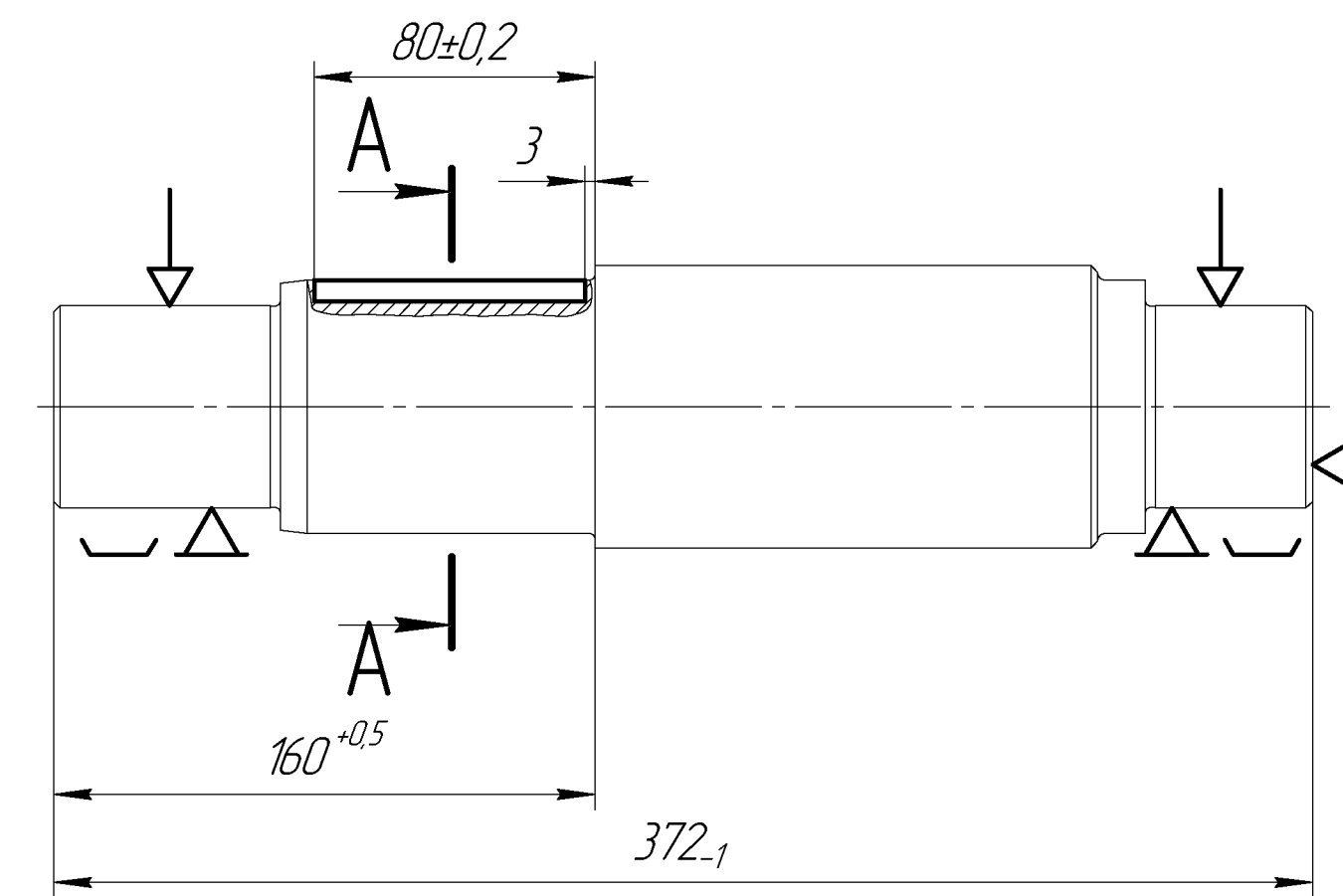
Установ Б



Найменування переходу	t, мм	S _z , мм/об	v, м/хв	n, об/хв	T _о , хв	T _{шт} , хв
Точити поверхню 6	15	0,5	102,1	500	0,216	Σ _{оп} =2,14
Підрізати торець 7	2,0	0,5	102,1	500	0,042	
Точити поверхню 8	6	0,5	102,1	500	0,13	
Підрізати торець 9	3,2	0,5	102,1	500	0,078	

025 Фрезерна з ЧПК Фрезерний з ЧПК моделі VECTOR 650 M SI

√ Ra 6,3

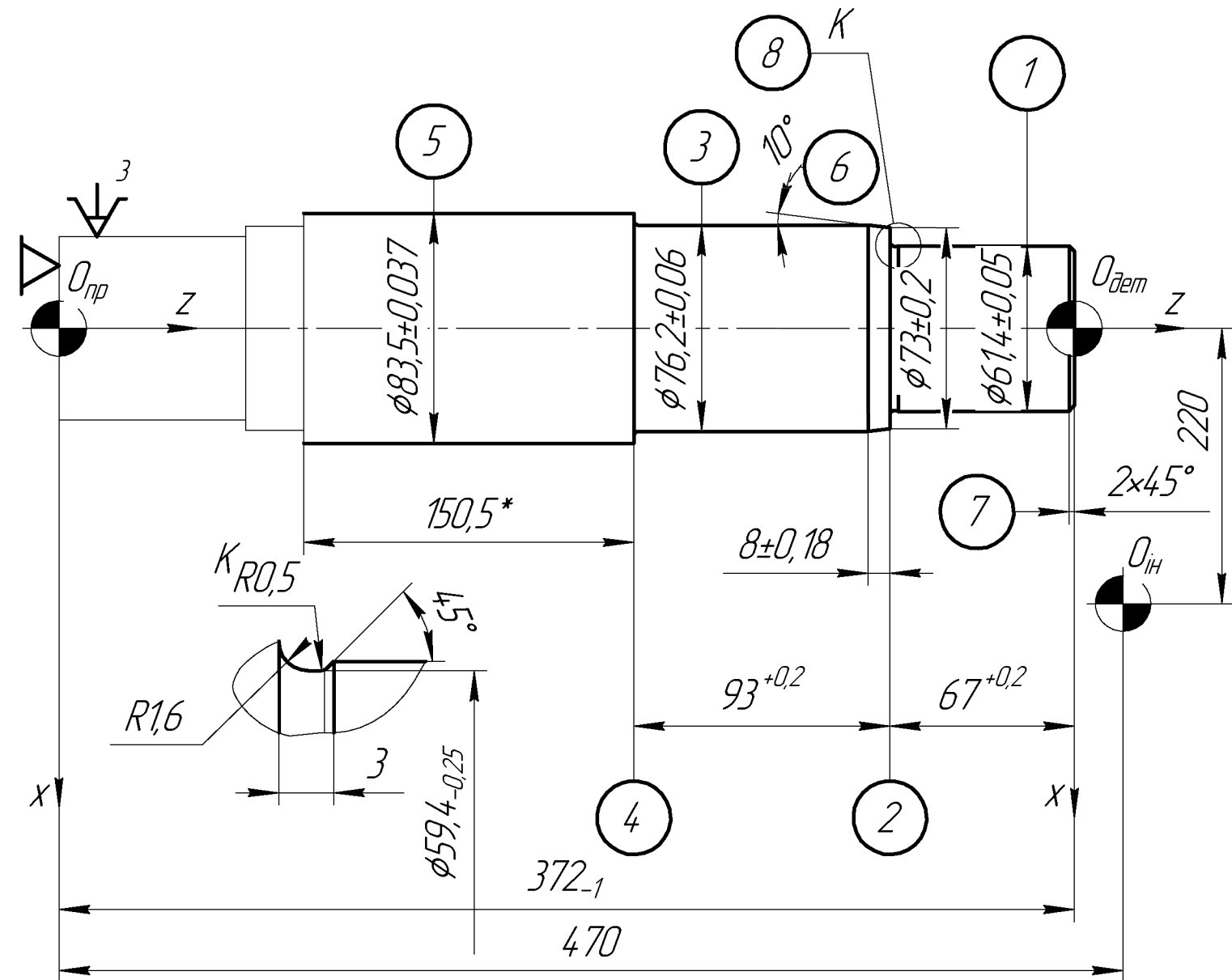


Найменування переходу	t, мм	S _z , мм/об	v, м/хв	n, об/хв	T _о , хв	T _{шт} , хв
Фрезерувати поверхню 1	3,1	0,01	22,3	400	5,25	Σ _{оп} =7,47

020 Токарна з ЧПК Токарний з ЧПК моделі Roturn 402 C

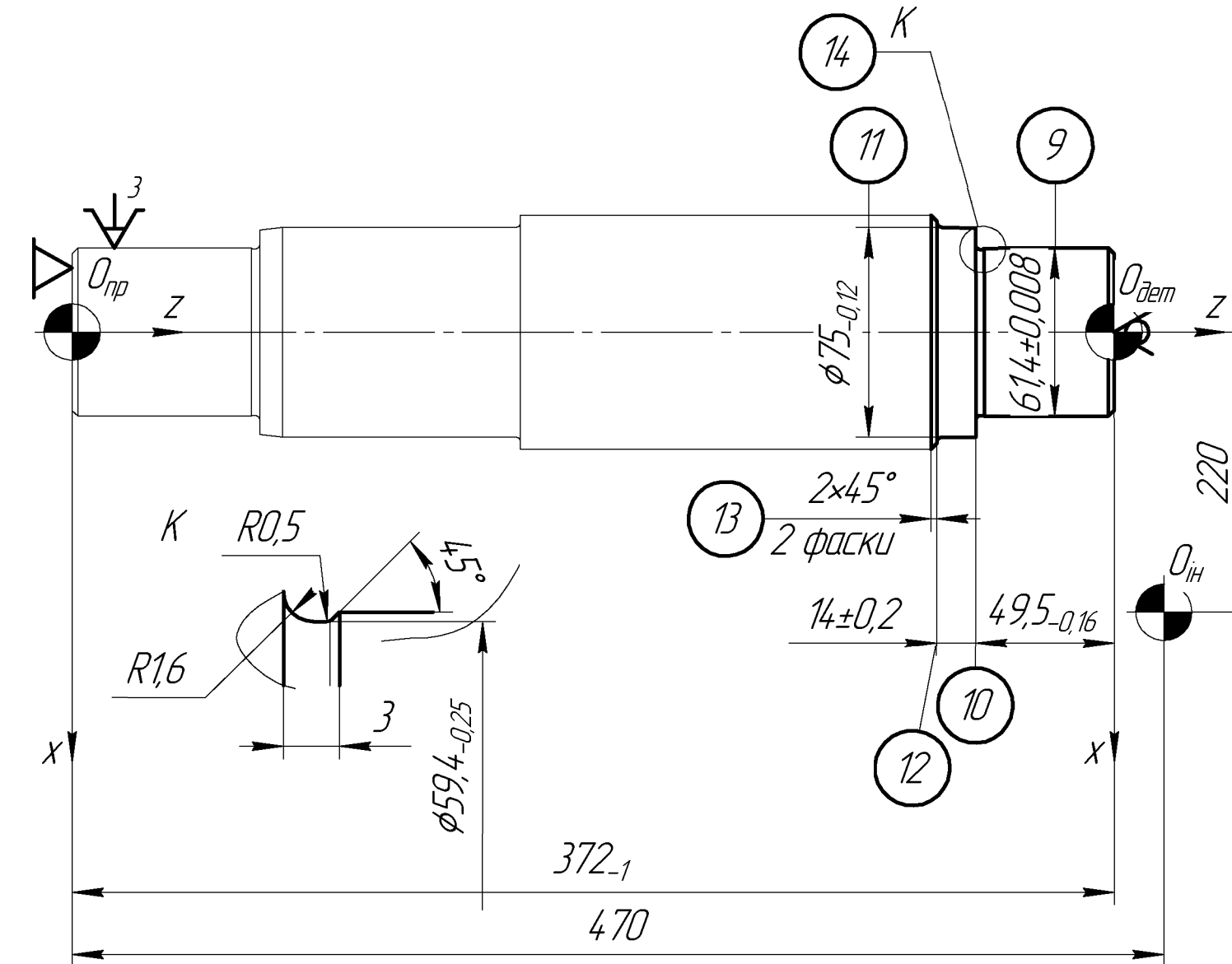
√ Ra 6,3

Установ А



Найменування переходу	t, мм	S _z , мм/об	v, м/хв	n, об/хв	T _о , хв	T _{шт} , хв
Точити поверхню 1	3,0	0,2	105,6	800	0,282	Σ _{оп} =7,43
Підрізати торець 2	1,0	0,2	111,8	800	0,369	
Точити поверхню 3	15	0,2	111,8	800	0,24	
Підрізати торець 4	2,0	0,35	106,9	630	0,05	
Точити поверхню 5	15	0,35	106,9	630	0,30	
Точити поверхню 6	13	0,35	113,8	630	1,34	
Точити фаску 7	0,5×45°	0,35	103,9	630	0,24	
Точити поверхню 8 (елемент К)	2,2	0,2	99,2	800	0,007	

Установ Б

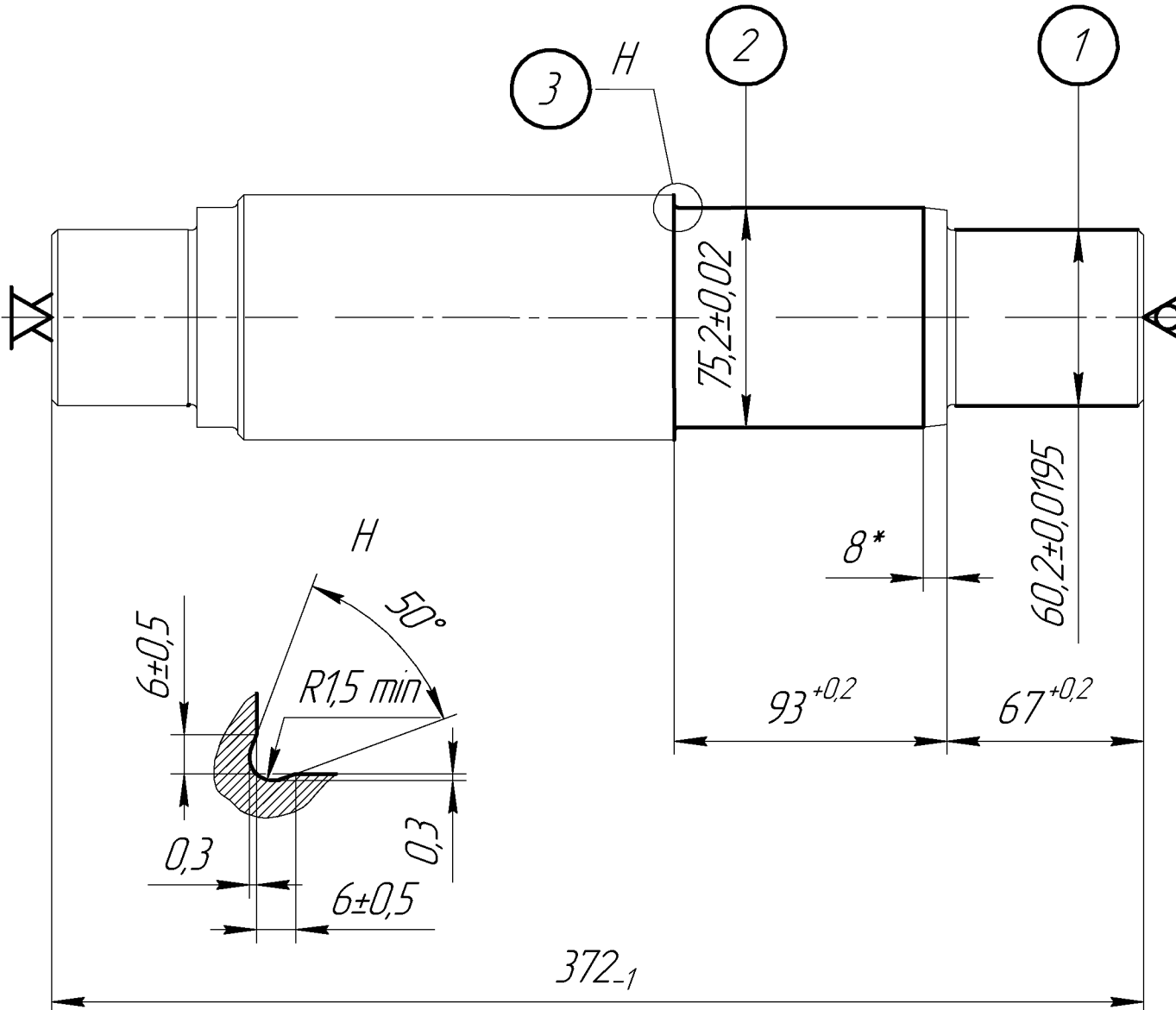


Найменування переходу	t, мм	S _z , мм/об	v, м/хв	n, об/хв	T _о , хв	T _{шт} , хв
Точити поверхню 9	3,6	0,2	98,9	630	0,285	Σ _{оп} =6,43
Підрізати торець 10	2,0	0,35	101,9	630	0,2	
Точити поверхню 11	1,0	0,35	111,2	630	0,054	
Підрізати торець 12	2,8	0,35	116,8	630	0,8	
Точити фаску 13	0,2×45°	0,2	97,8	630	0,16	
Точити поверхню 14 (елемент К)	2,2	0,2	99,2	800	0,007	

035 Токарна з ЧПК Токарний з ЧПК моделі Roturn 402 C

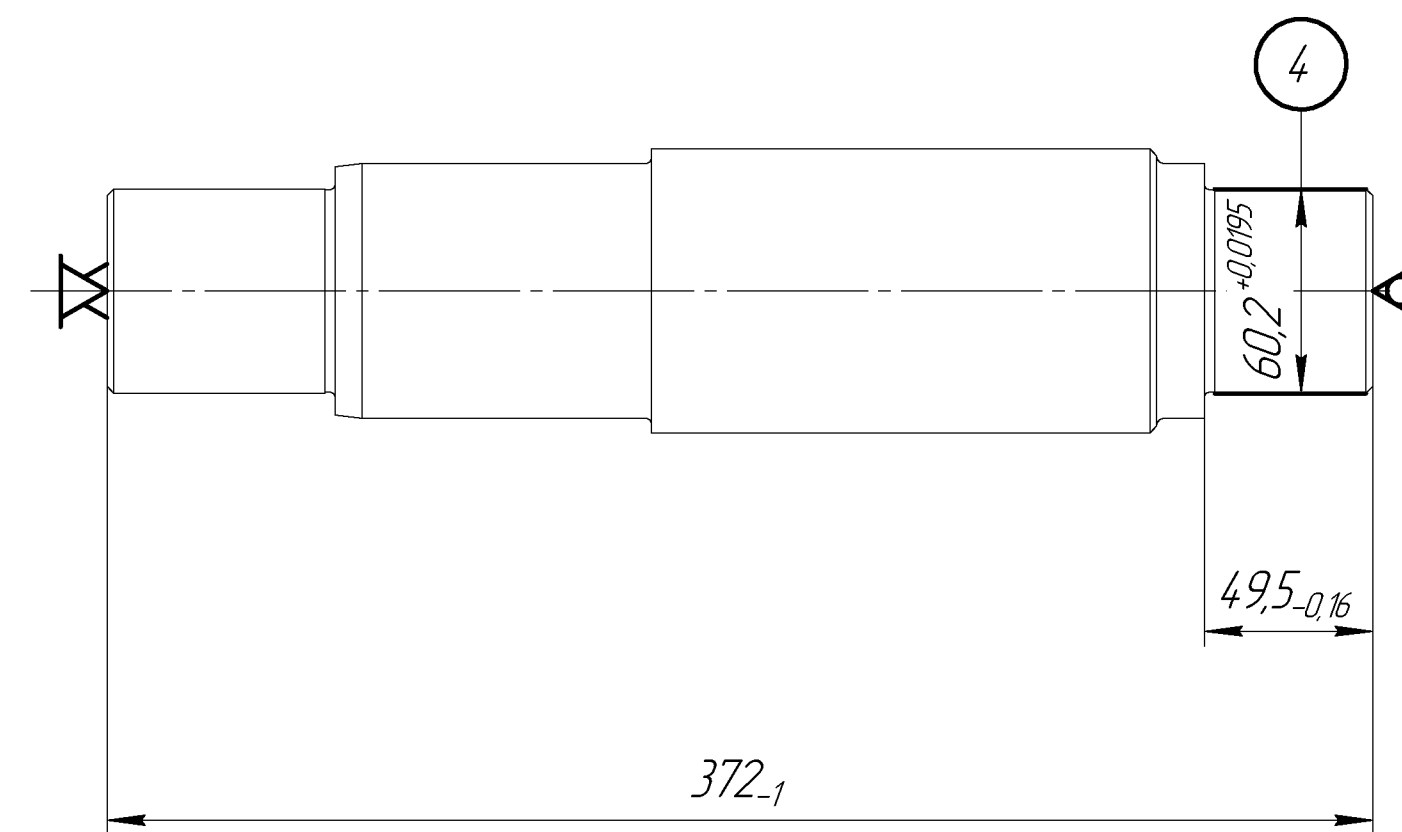
√ Ra 3,2

Установ А



Найменування переходу	t, мм	S _z , мм/об	v, м/хв	n, об/хв	T _о , хв	T _{шт} , хв
Точити поверхню 1	0,8	0,2	128,8	1000	0,31	Σ _{оп} =5,112
Точити поверхню 2	1,2	0,2	126,3	1000	0,16	
Точити поверхню 3 (елемент Н)	1,0	0,15	152,0	800	0,014	

Установ Б

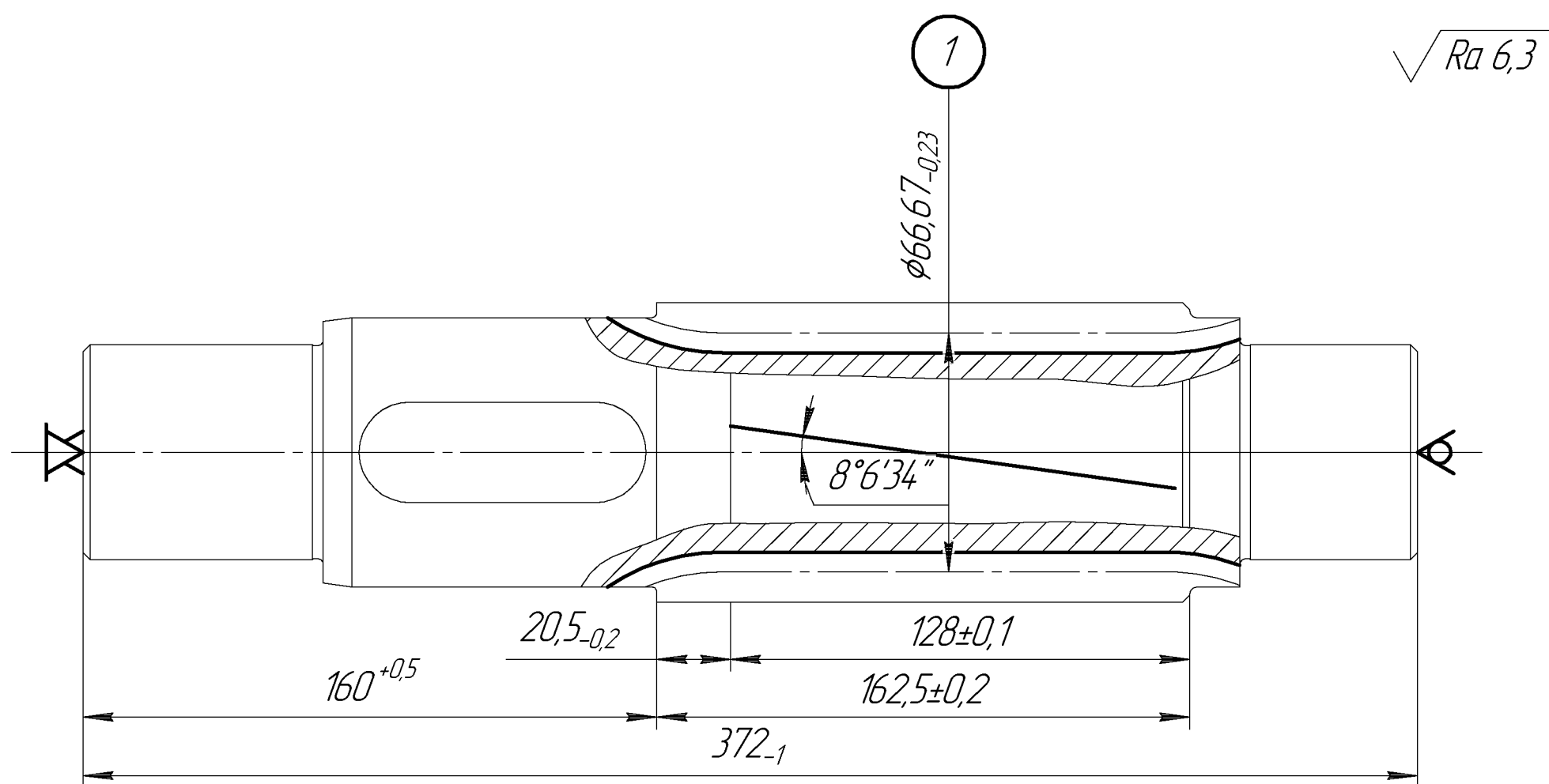


Найменування переходу	t, мм	S _z , мм/об	v, м/хв	n, об/хв	T _о , хв	T _{шт} , хв
Точити поверхню 4	1,0	0,2	141,3	800	0,375	Σ _{оп} =1,29

КНУ.КМР.13124.1-13.ЕО				Лист 1		Листів 2	
Зм. Лист	№ док.м.	Підпис	Дата	Ескізи операцій			
Розробив	Степаненко						
Керівник	Нечасів			Каф. ТМ			
Начальн. Зал.	Нечасів			гр. ПМ-23М			
Зал.	Рязанцев						

КНУКМР.13124.1-13.ЕО

040 Зубофрезерна Верстат 5350А

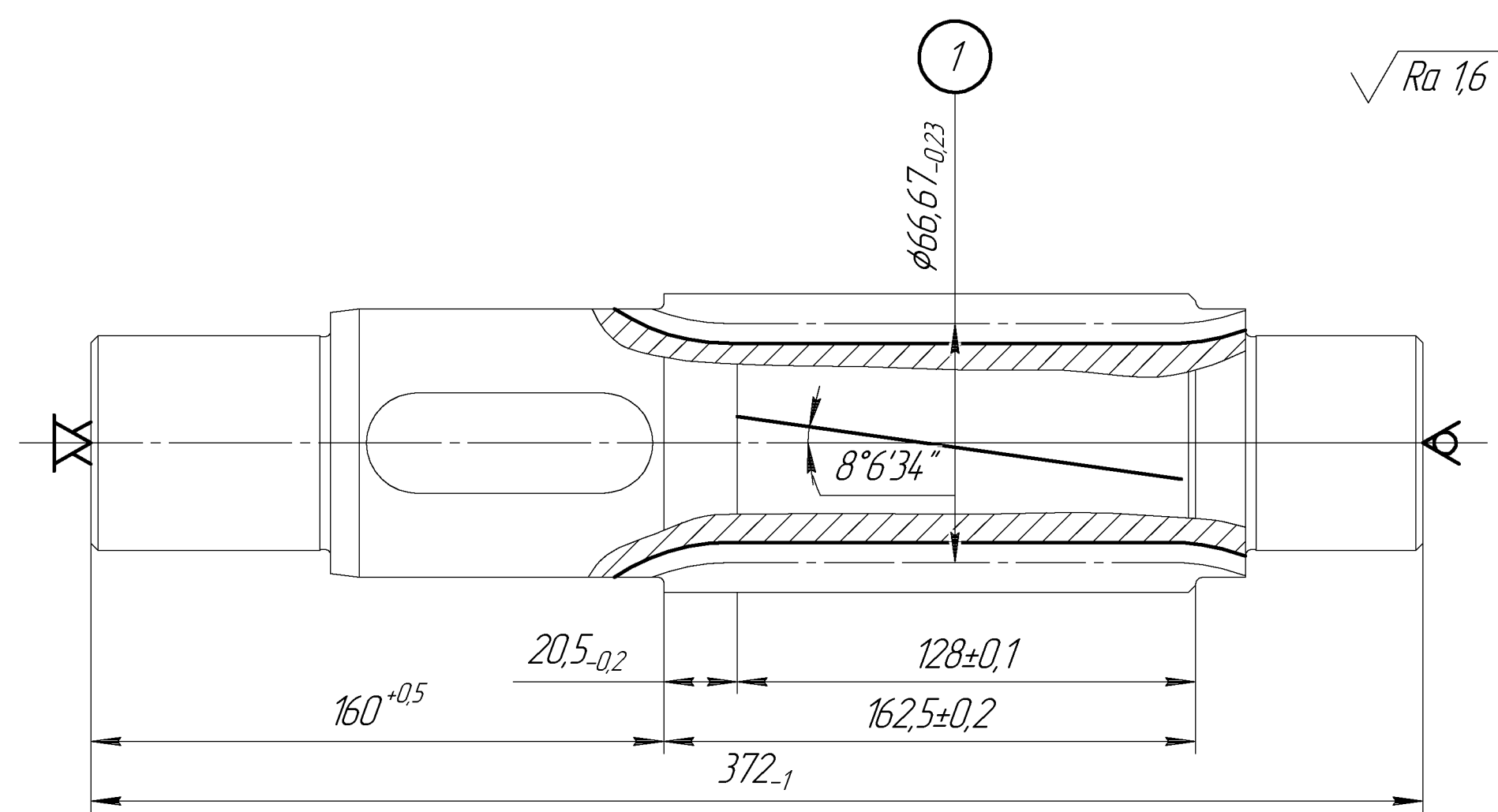


$\sqrt{Ra\ 6,3}$

Найменування переходу	t, мм	S _z , мм/зуб	v, м/хв	n, об/хв	T _о , хв	T _{шт} , хв
Фрезерувати 1 начорно	2,25	1,2	25,0	80,0	7,08	Σ _{оп} =18,27
Фрезерувати 1 начисто	0,20	0,24	25,0	80,0	0,7	

Число зуб'їв	z	11
Модуль нормальний	m _n	6
Напрямок зуб'їв		ліве
Клас точності передачі		3
Довжина загальної нормалі	W	29,1 _{±0,09}

050 Зубошліфувальна Верстат 3451

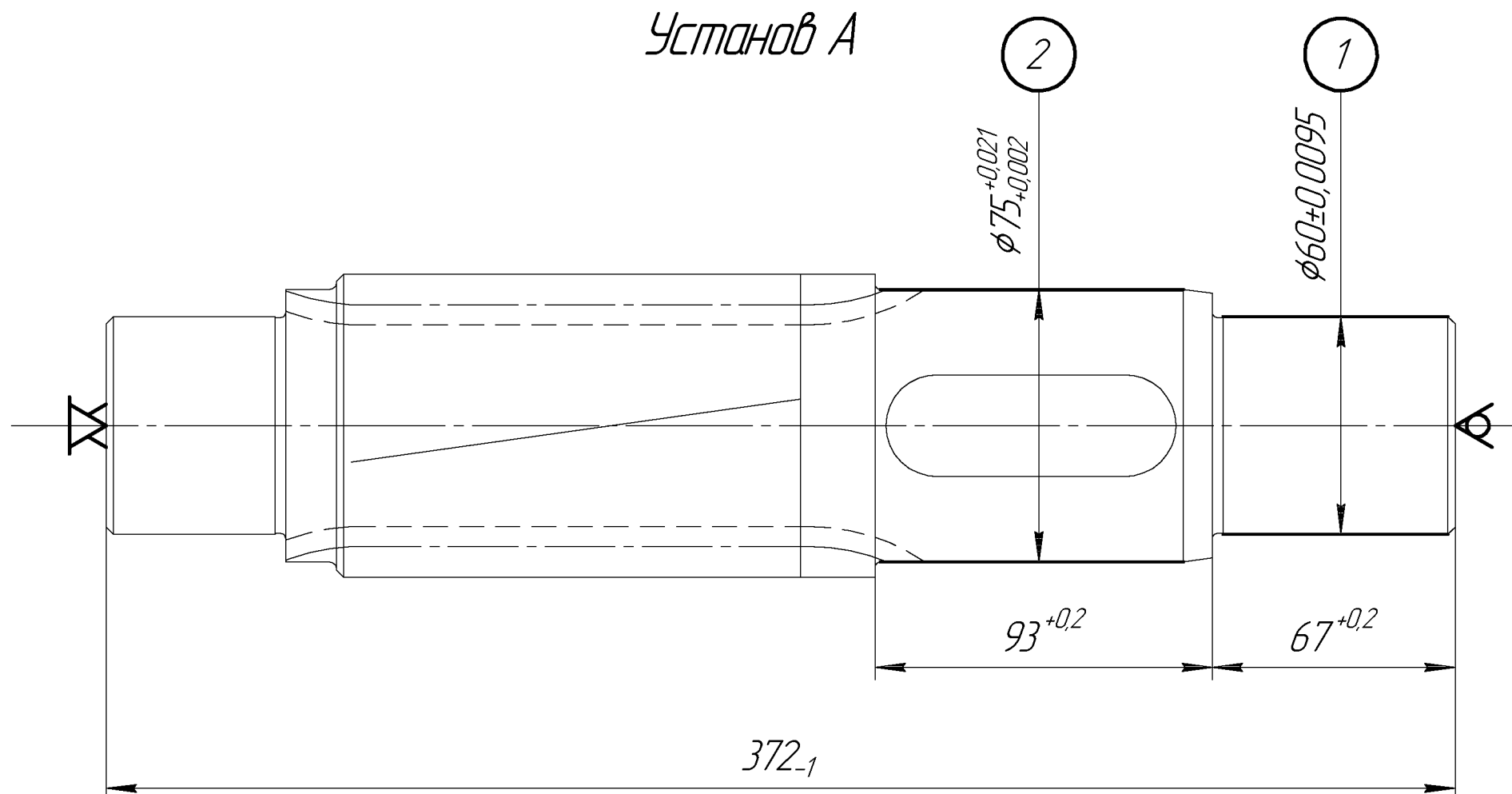


$\sqrt{Ra\ 1,6}$

Найменування переходу	t, мм	S _z , мм/зуб	v, м/хв	n, об/хв	T _о , хв	T _{шт} , хв
Шліфувати поверхню 1	0,05	0,05	25,0	1200	3,75	7,66

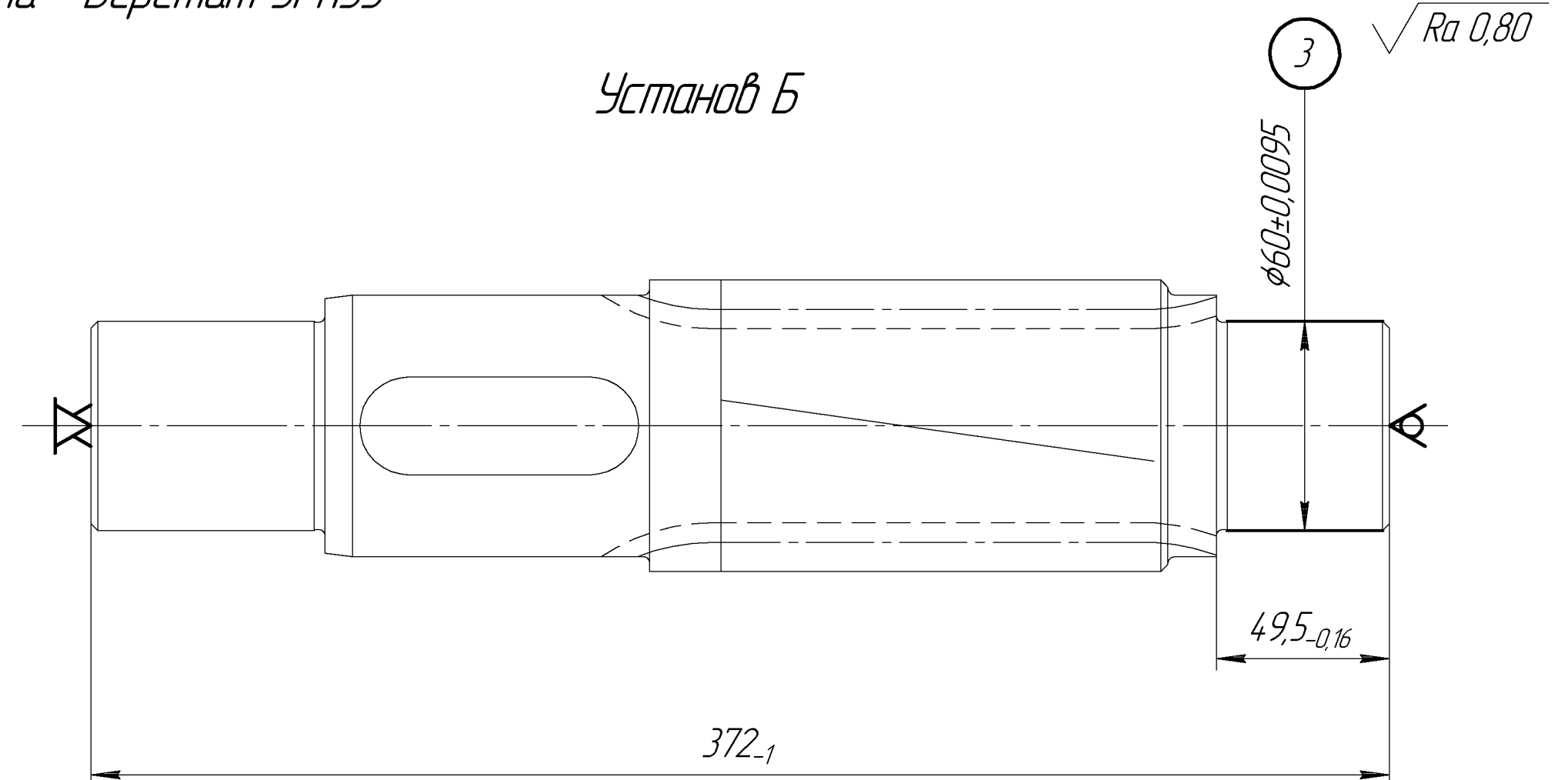
045 Круглошліфувальна Верстат 3М153

Установ А



Найменування переходу	t, мм	S _z , мм/зуб	v, м/хв	n, об/хв	T _о , хв	T _{шт} , хв
Шліфувати поверхню 1	0,20	0,05	25,0	1200	0,324	Σ _{оп} =6,54
Шліфувати поверхню 2	0,20	0,05	25,0	1200	1,956	

Установ Б



$\sqrt{Ra\ 0,80}$

Найменування переходу	t, мм	S _z , мм/зуб	v, м/хв	n, об/хв	T _о , хв	T _{шт} , хв
Шліфувати поверхню 3	0,20	0,05	25,0	1200	1,956	5,57

Лист № докум. Підп. Дата
Лист № докум. Підп. Дата
Лист № докум. Підп. Дата

Лист № докум. Підп. Дата

КНУКМР.13124.1-13.ЕО

Лист 2

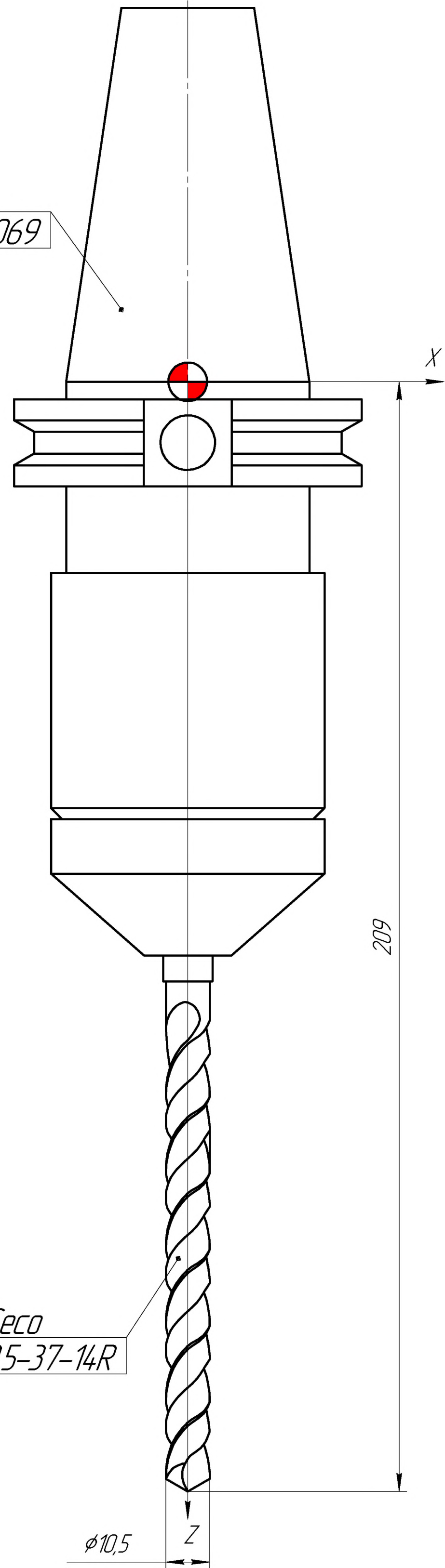
Копіювальна

Формат А2

Свердлильна з ЧПК

Верстат VECTOR 650 M SI

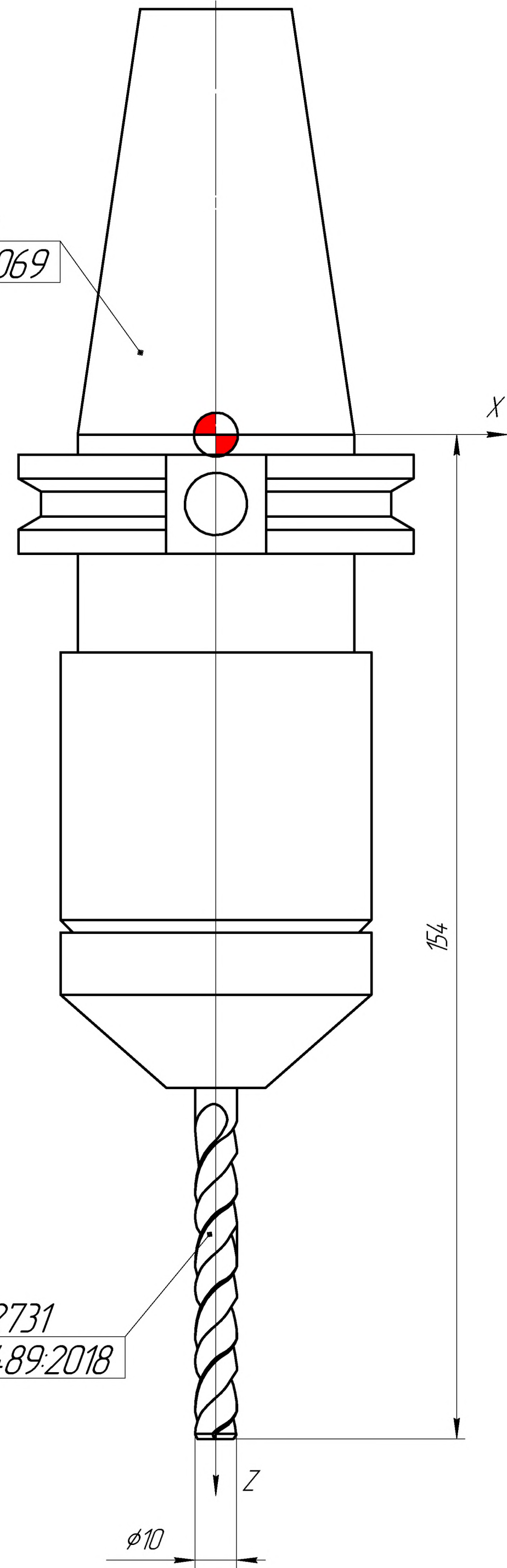
Патрон Seco
BDO2058672069



Сверло Seco
SD203-10.5-37-14R

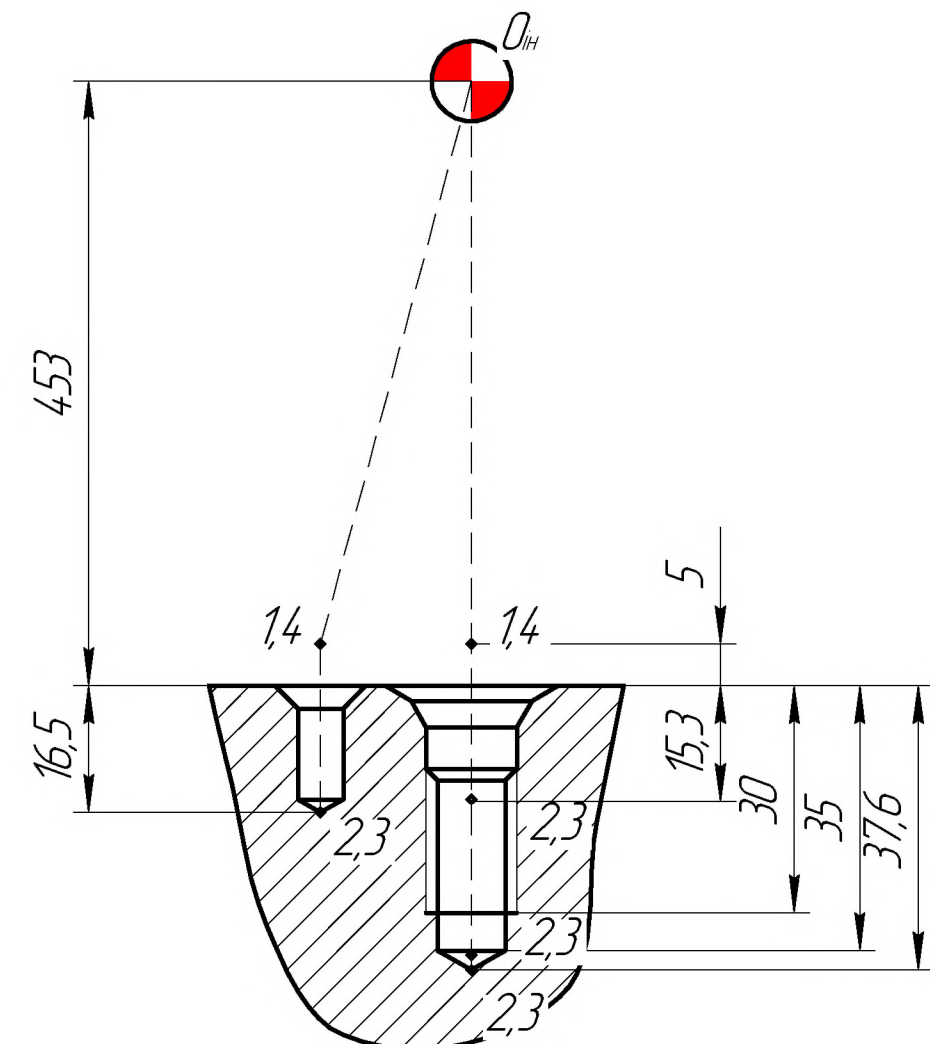
φ10,5

Патрон Seco
BDO2058672069

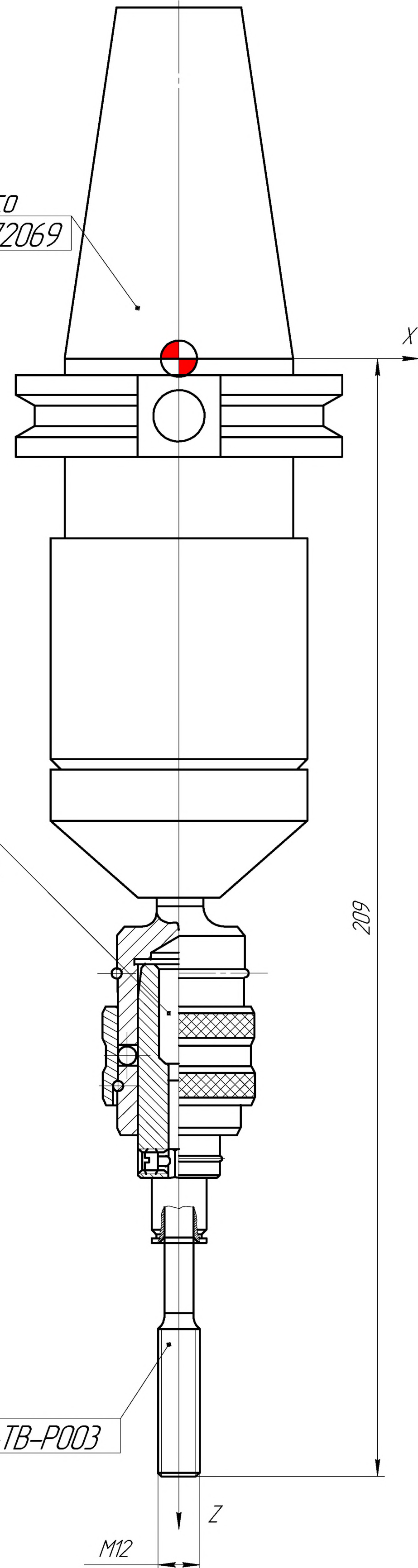


Зенкер 2323-2731
ДСТУ ГОСТ 12489:2018

φ10



Патрон Seco
BDO2058672069

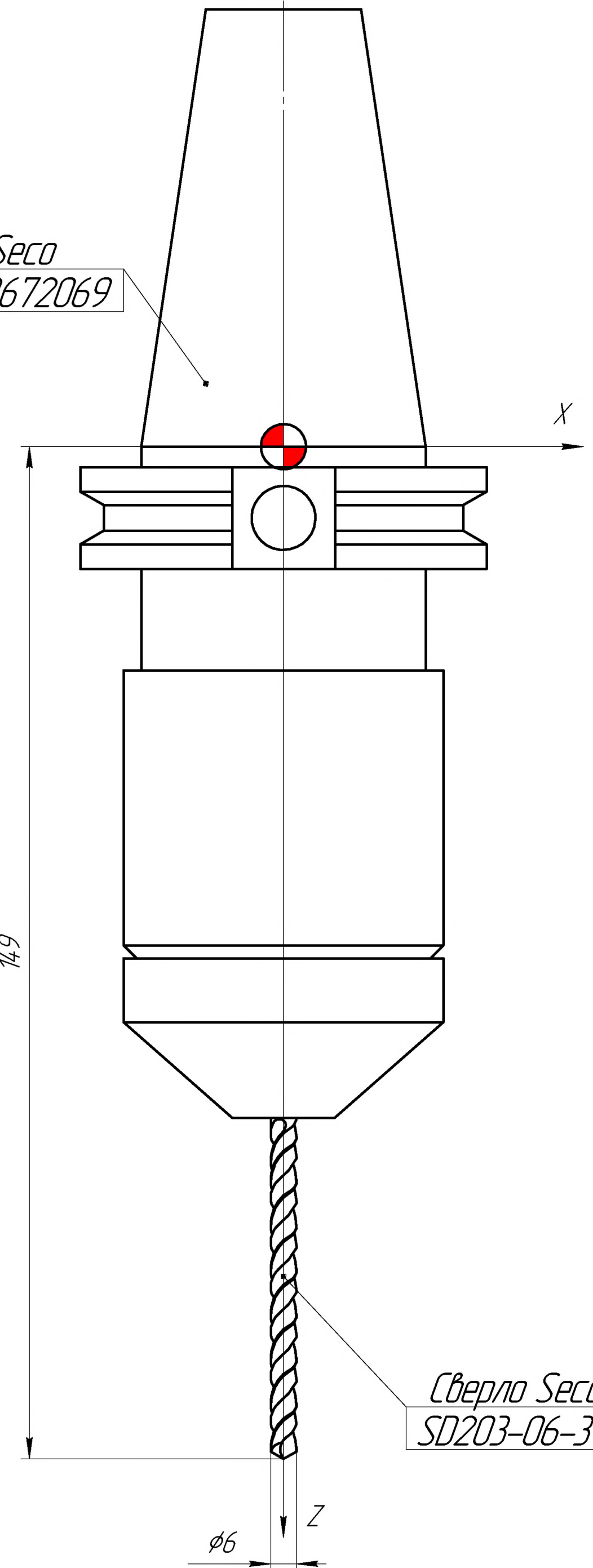


Свердильний патрон
E9304508513

Мітчик Seco
MTP-M12X1.25ISO6HX-TB-P003

M12

Патрон Seco
BDO2058672069



Сверло Seco
SD203-06-37-14R

φ6

3	0	0	0	855	500	0
	1	0	0	689.5	80	4.00
	2	0	0	659.5	0	0
	3	0	0	659.5	80	-4.5
	4	0	0	689.5	500	0
4	0	0	0	855	500	0
	1	-20	0	607	44	3.15
	2	-20	0	585.5	0	0
	3	-20	0	585.5	27	-4.5
	4	-20	0	607	500	0

№ інст.	№ точки	Координати переміщень			S _{пов/об}	V _{пов/об}	P _{пов/об}
		x	y	z			
1	0	0	0	855	500	0	0
	1	0	0	657	14.2	11.9	3.15
	2	0	0	641.7	0	0	0
	3	0	0	641.7	27	1.7	-4.5
	4	0	0	657	500	0	0
2	0	0	0	855	500	0	0
	1	0	0	601.5	220	0	4.00
	2	0	0	566.5	0	0	0
	3	0	0	566.5	27	0	-4.5
	4	0	0	601.5	500	0	0

КНУ.КМР.131.24.1-13.ВН

Верстатно-інструментальне налагодження

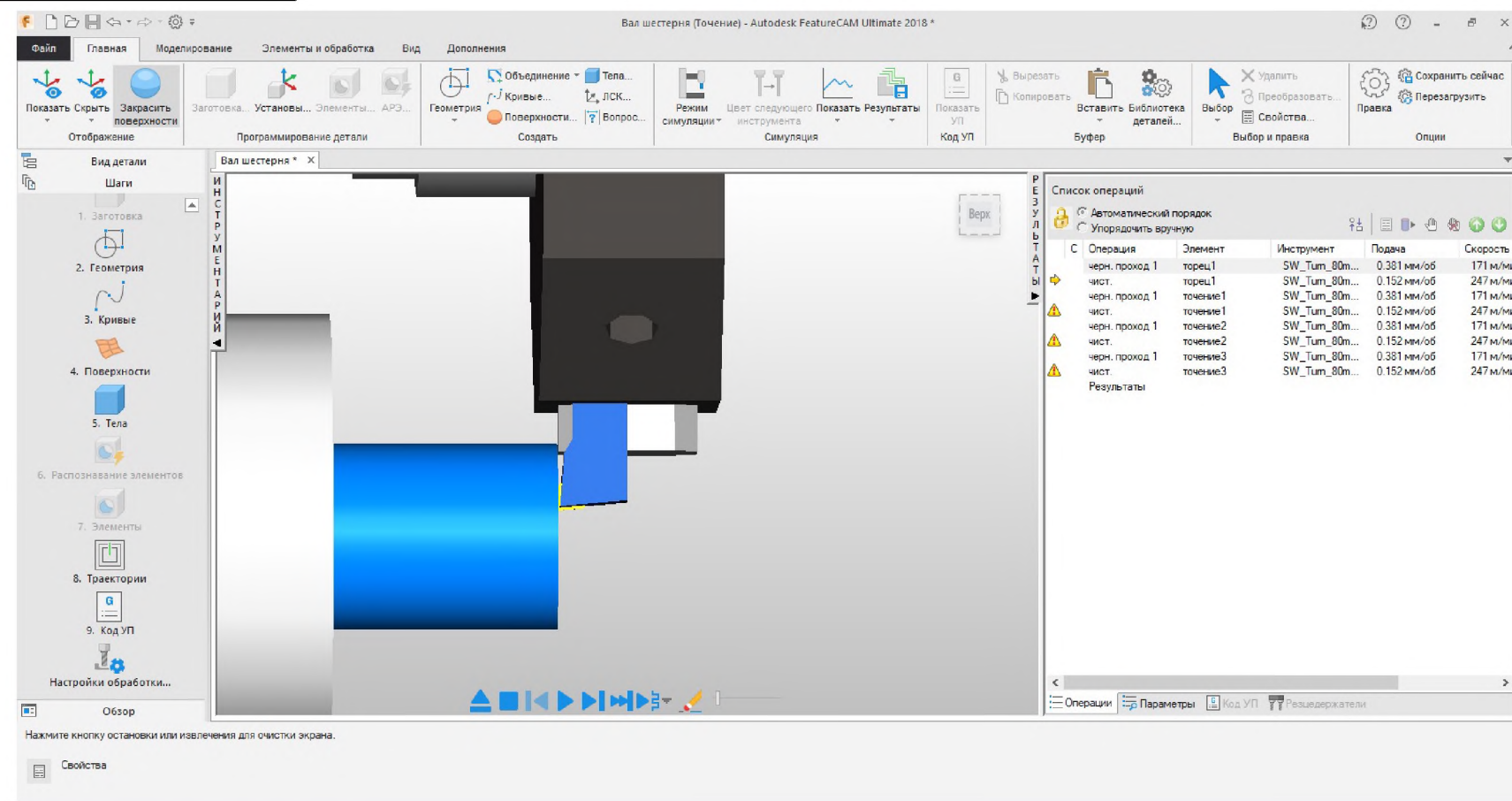
Лит. Масо. Масштаб

Н 1:1

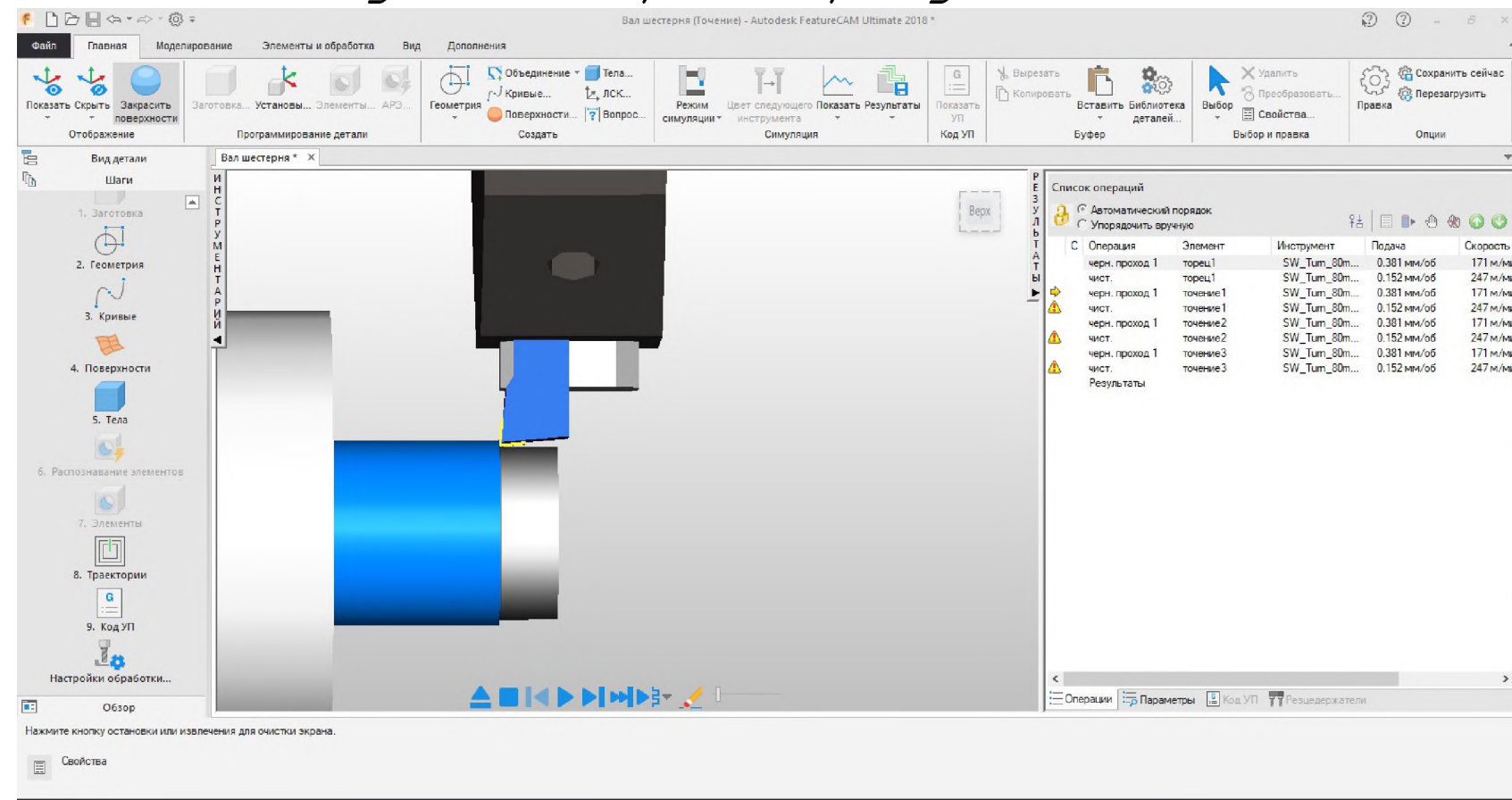
Лист Листів 1

Каф. ТМ

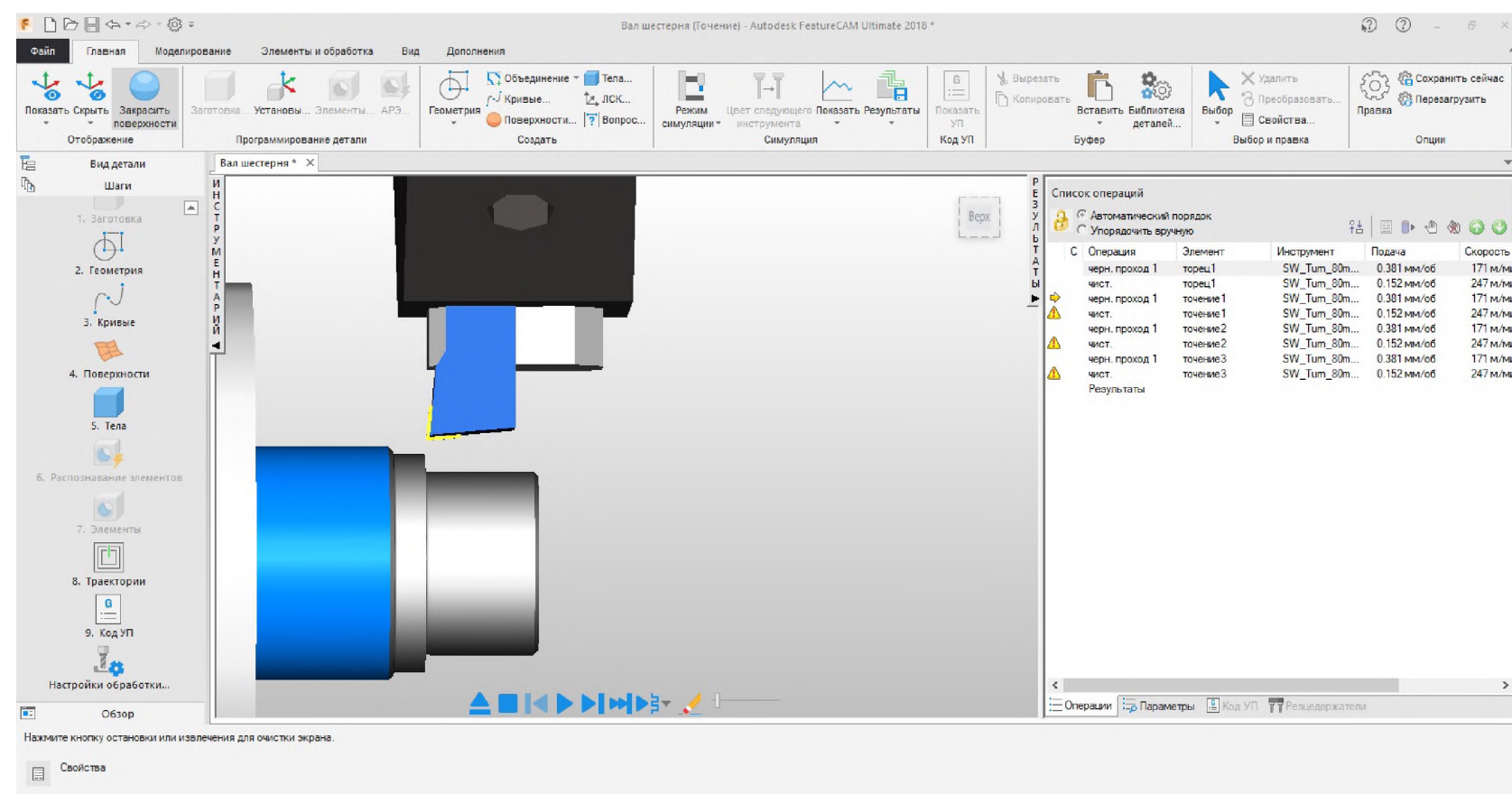
гр. ПМ-23м



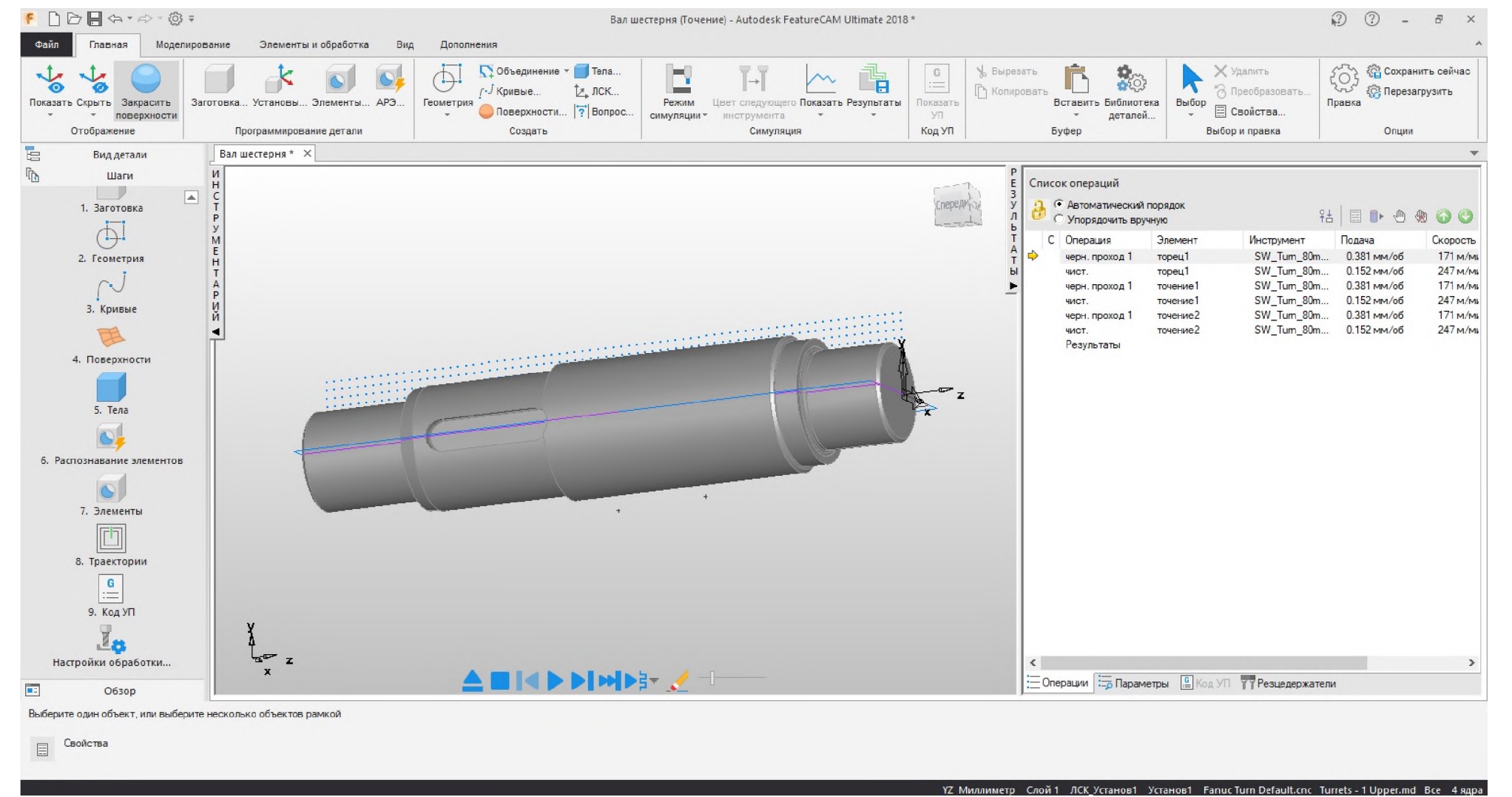
Візуалізація підрізки торця у FeatureCAM



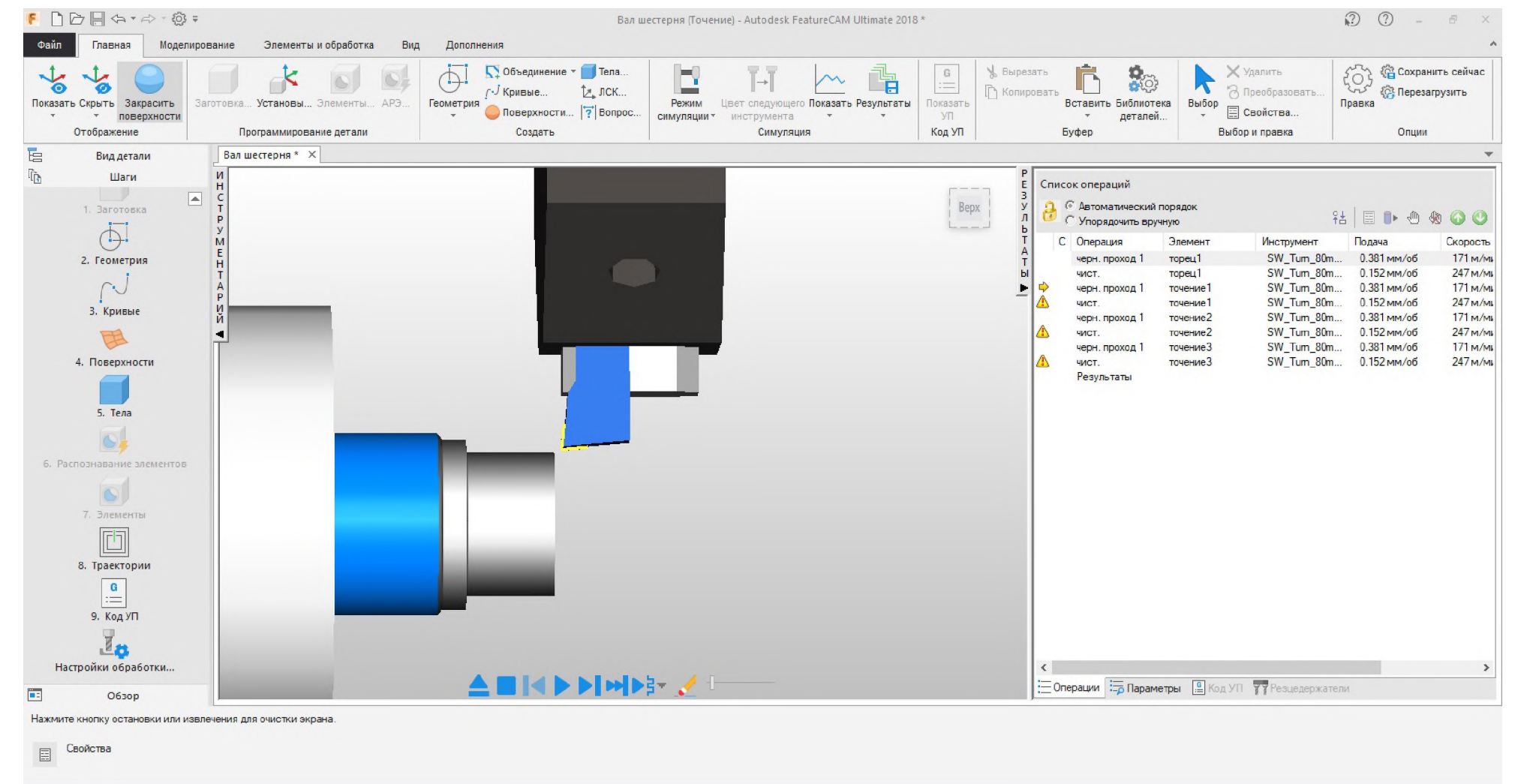
Візуалізація точіння уступу у FeatureCAM



Візуалізація відводу інструмента у FeatureCAM

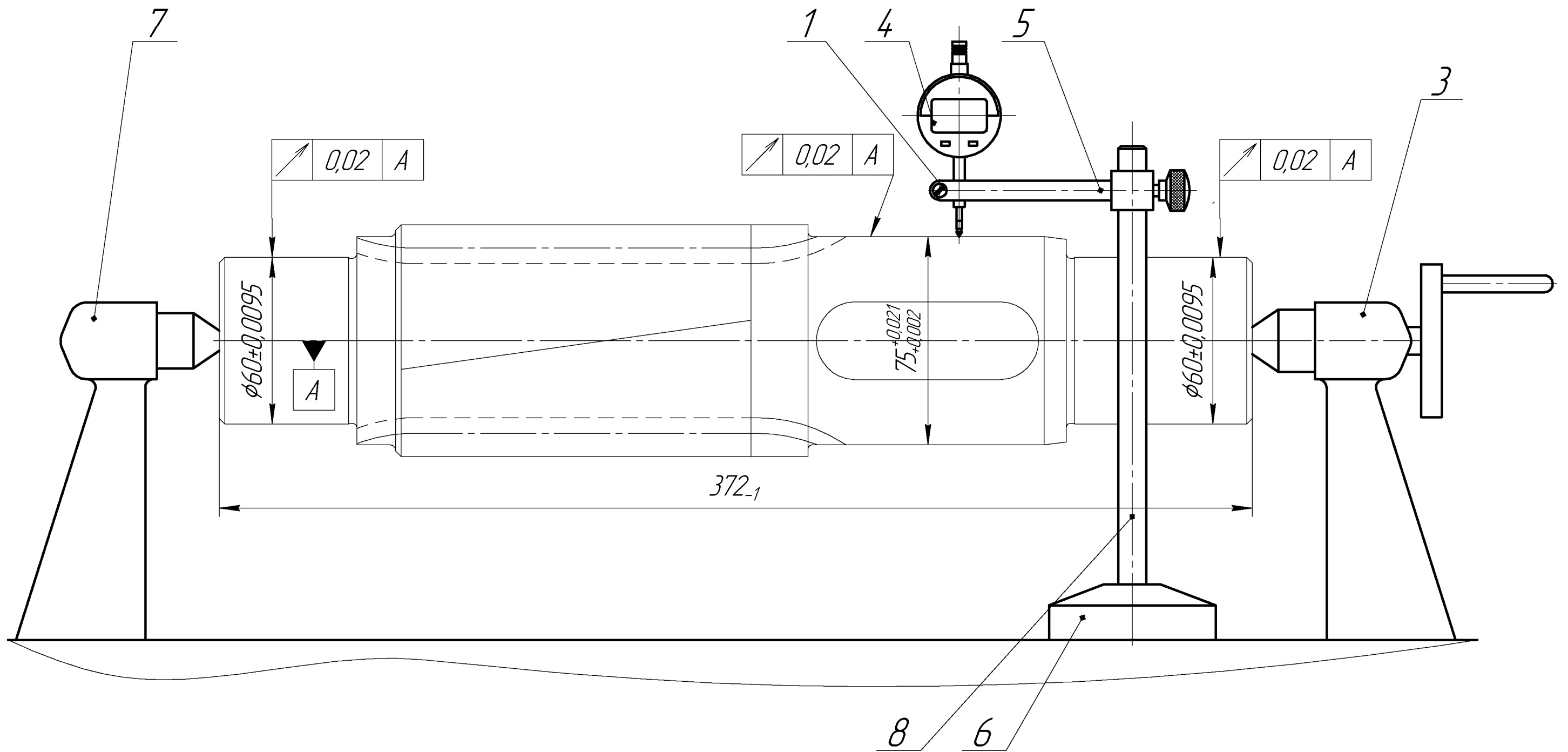


Положення деталі в процесі обробки у FeatureCAM



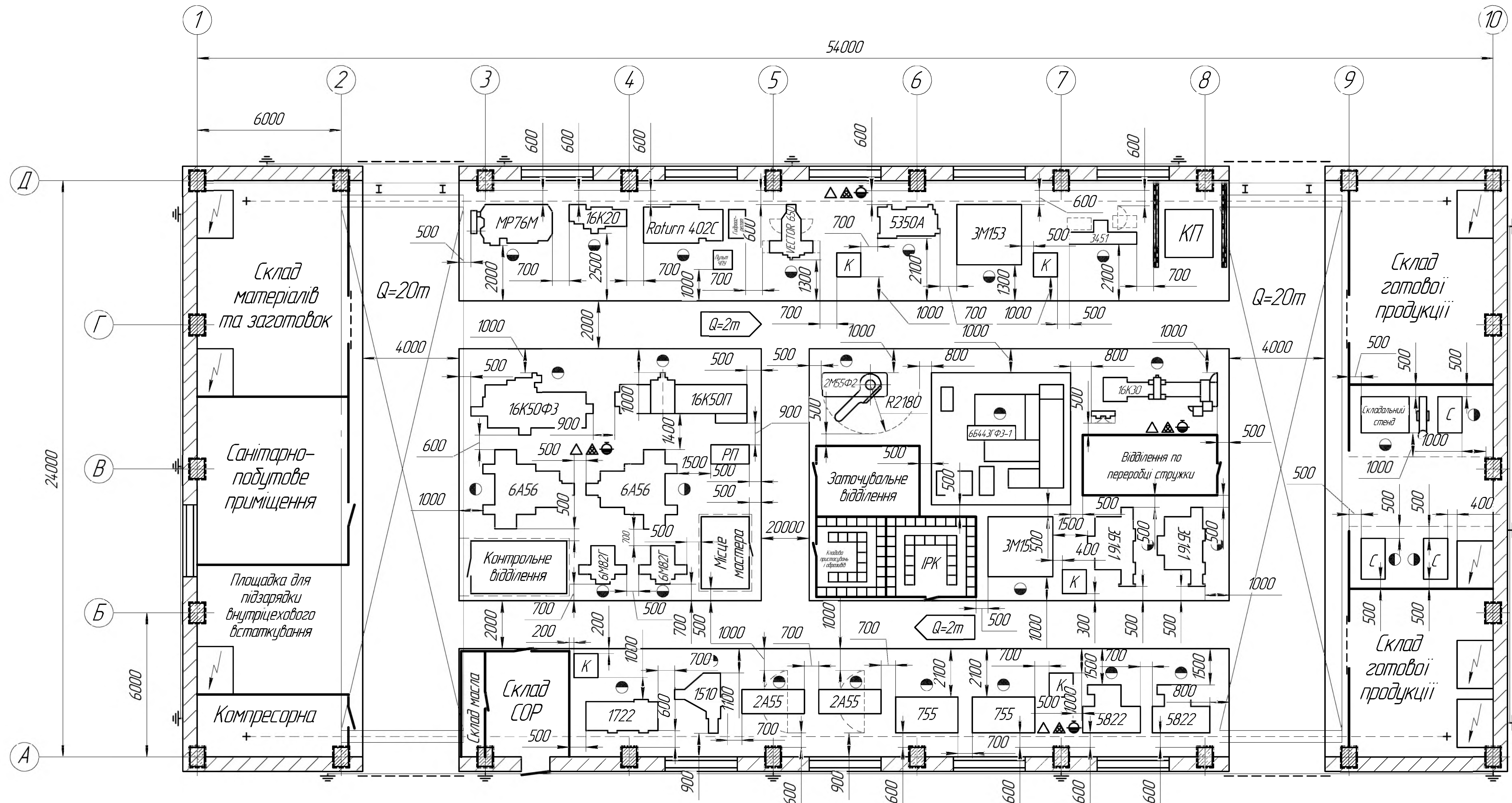
Візуалізація підводу інструмента у FeatureCAM

				КНУ.КМР.131.24.1-13.ВТО			
Зм. Лист	№ док.м.	Підпис	Дата	Візуалізація токарної обробки у FeatureCAM	Лит	Маса	Масштаб
Розробив	Степаненко				Н		1:1
Керівник	Нечаєв				Лист	Листів	1
Н.контр.	Нечаєв				Каф. ТМ гр. ПМ-23М		
Затв.	Рязанцев						

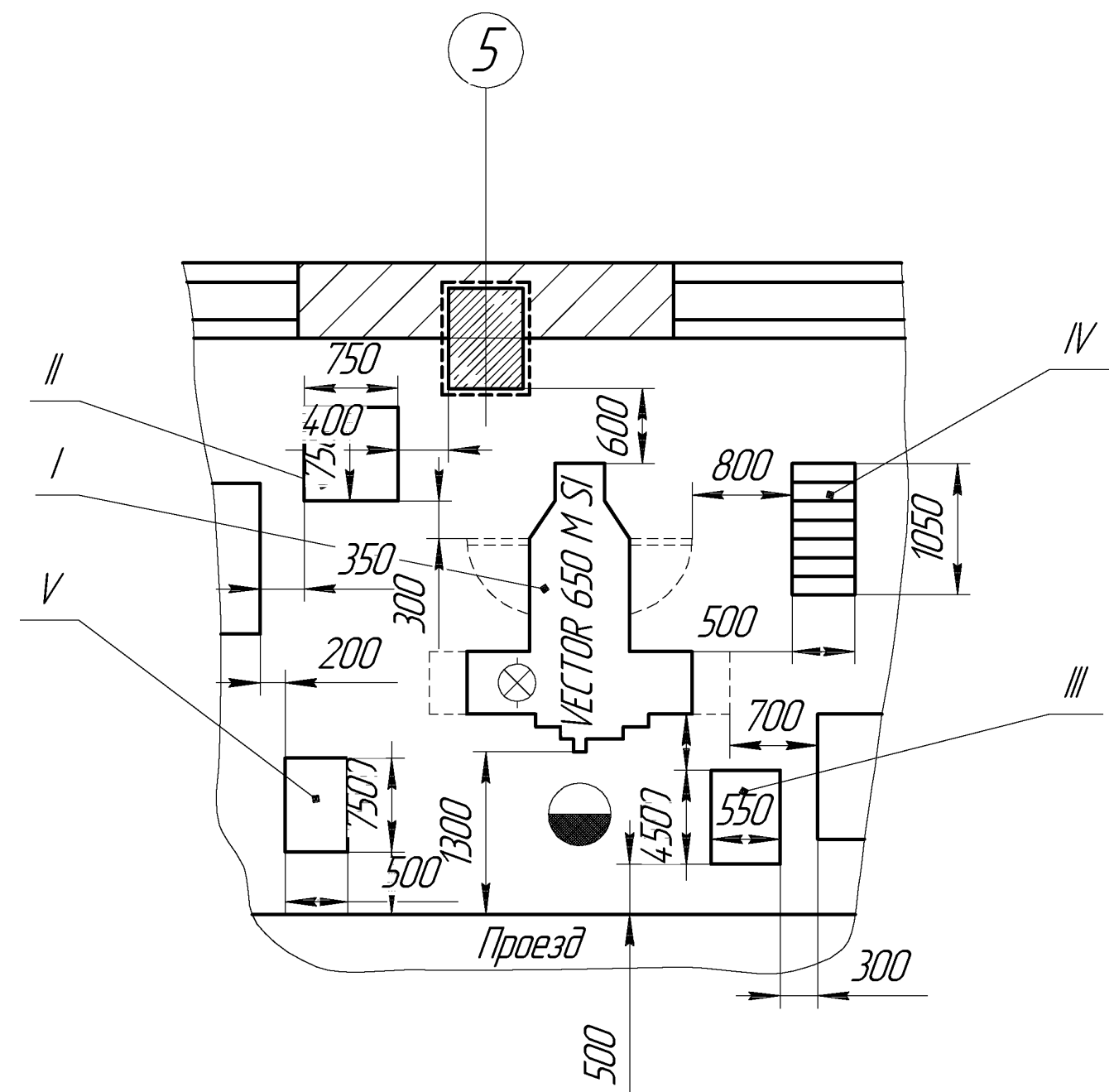


1. Сумарна похибка пристрою $\delta_{\Sigma} = 0,006$ мм.
 2. Похибка індикатору 0,001 мм.

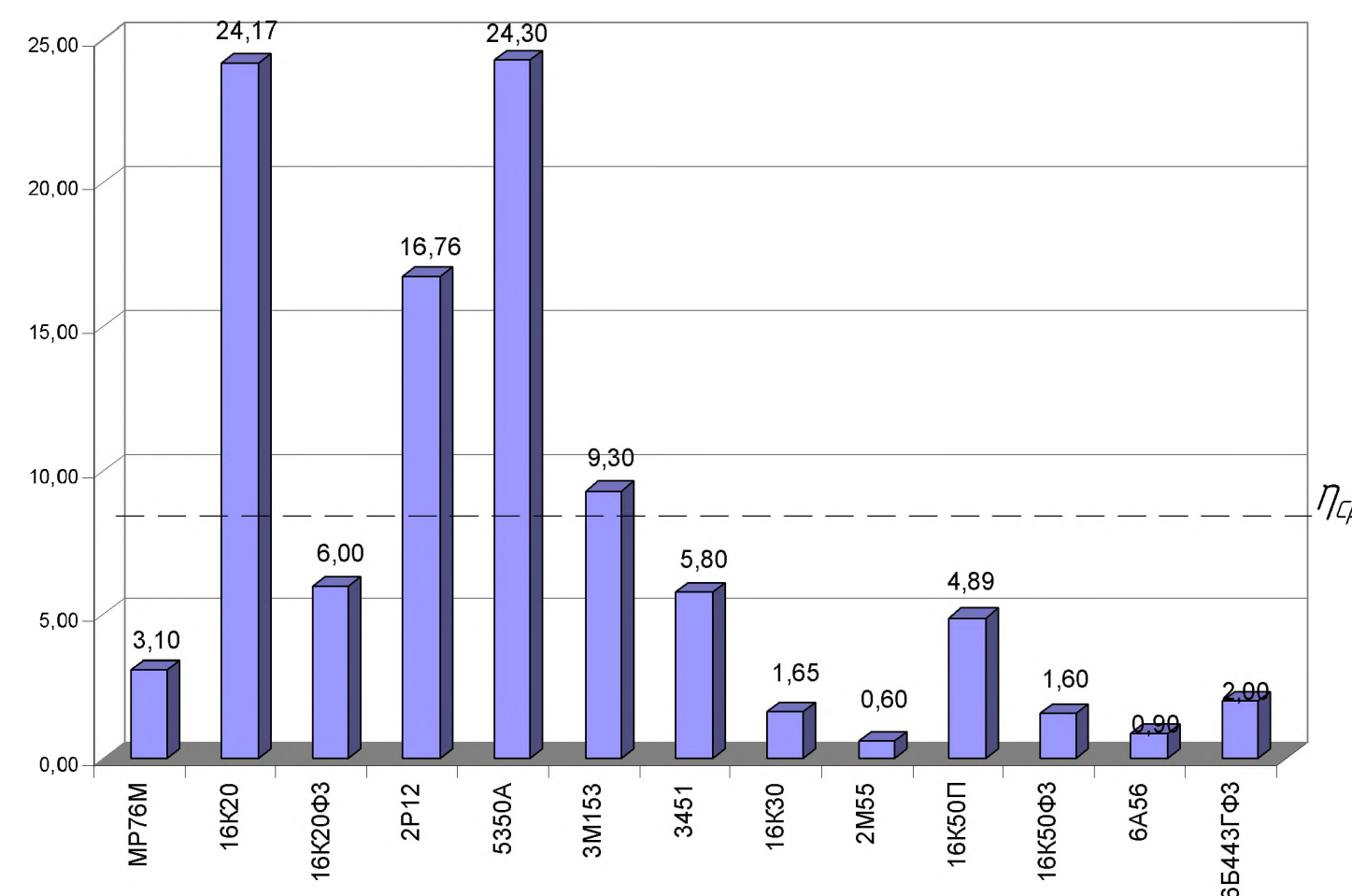
				КНУ.КМР.131.24.1-13.КП			
Зм. Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Контрольний пристрій	Лит.	Маса	Масштаб
Розробив	Степаненко				Н		1:2
Керівник	Нечаєв			Лист	Листів	1	
Н.контр.	Нечаєв			Каф. ТМ			
Затв.	Рязанцев			гр. ПМ-23М			



Робоче місце фрезерувальника (1:50)

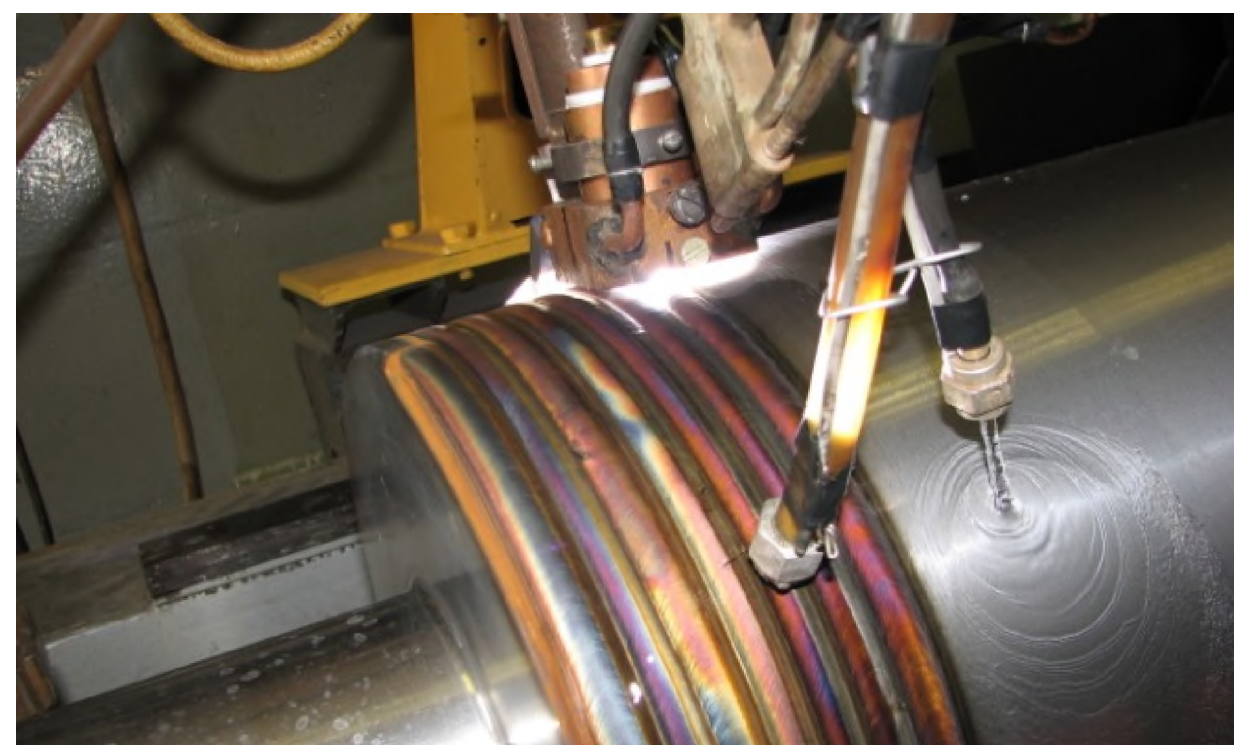


- I. Верстат моделі VECTOR 650 M SI
- II. Тумба для інструмента
- III. Розмічальний стіл
- IV. Стелаж
- V. Приймний стіл



КНУ.КМР.13124-1-13.ПМЦ				Лист	Маса	Масштаб
План механоскладального цеху				Н		1:100
Зм. Лист	№ док.	Підпис	Дата	Лист	Листів	1
Розробив	Керівник	Нечасів		Каф. ТМ гр. ПМ-23м		
Нормир.	Затв.	Нечасів	Рязанцев			

ВИБІР МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ ВАЛІВ НАПЛАВКОЮ З УРАХУВАННЯМ ЙОГО ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ



Наплавлення шийки вала

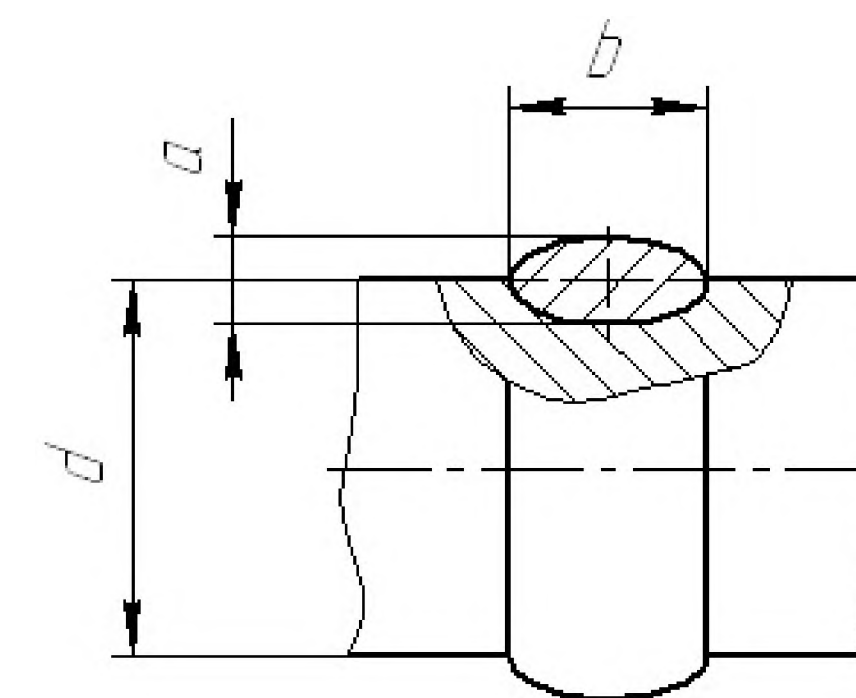
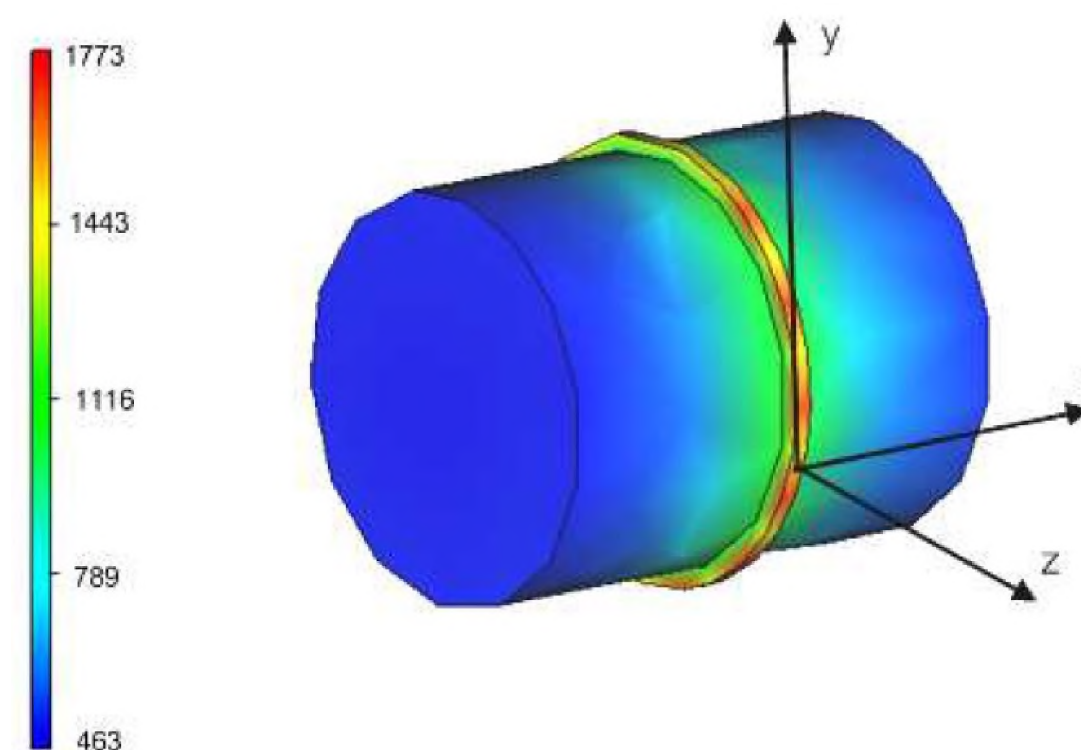
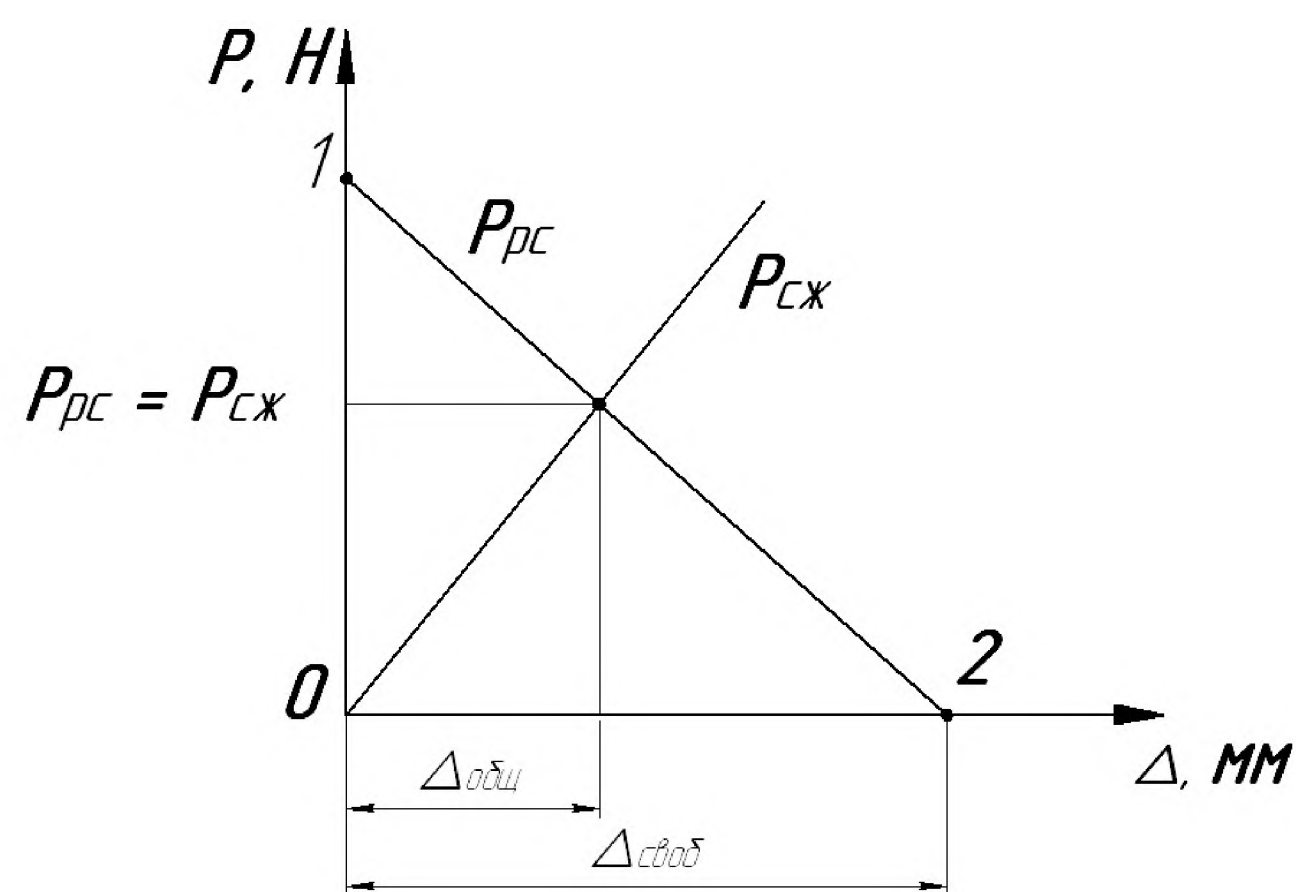
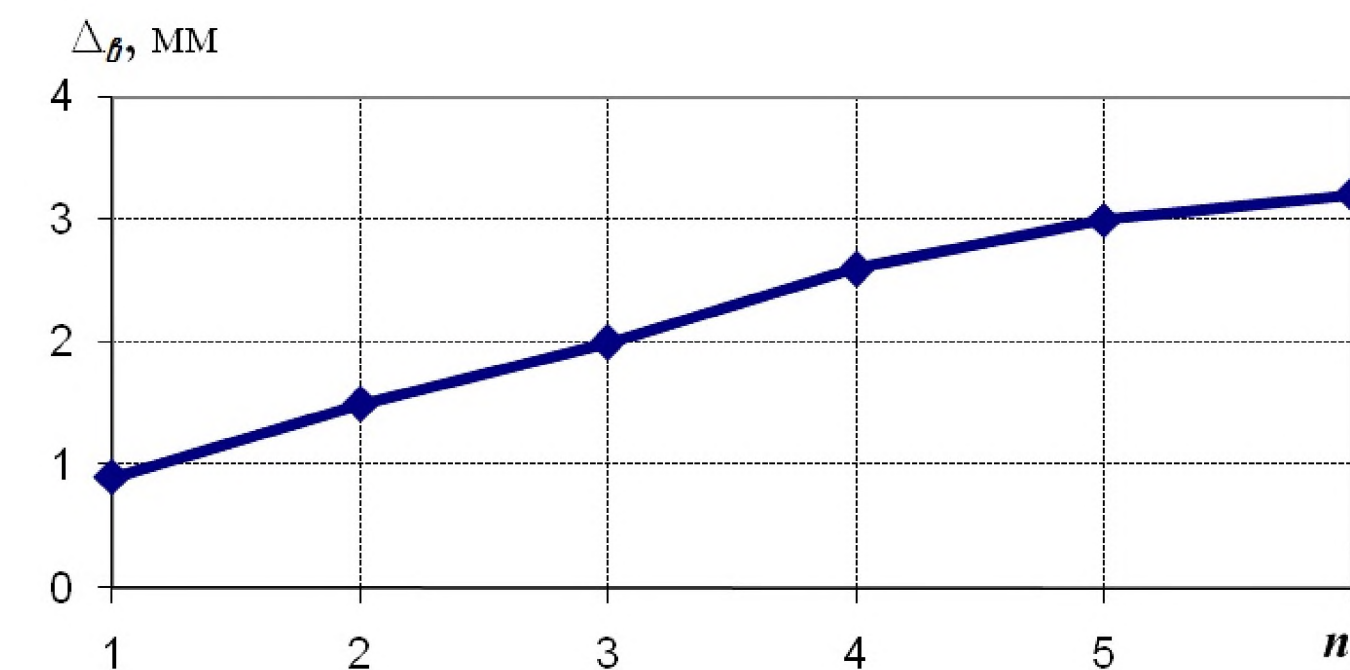


Схема шийки деталі з наплавленим валиком матеріалу



Розподіл температурного поля при наплавленні



Середнє зменшення довжини валів Δ_b від числа наплавок n

Вплив сили P_{rc} , що розтягує покриття, і сили $P_{сж}$, що стискає основний матеріал деталі, залежно від деформації Δ (P – сили, що виникають при взаємодії основи та покриття внаслідок наплавлення)

				КНУКМР.13124.1-13.НЧ				
Зм.	Лист	№ док.м.	Підпис	Дата	Наукова частина	Лит.	Маса	Масштаб
Розробив	Степаненко					Н		
Керівник	Нечаєв				Лист	Листів	1	
Н.контр.	Нечаєв				Каф. ТМ			
Затв.	Рязанцев				гр. ПМ-23М			