

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
«Корпус» редуктора ЦВ-40 з використанням систем автоматизації

Виконав: магістрант
групи ПМ-24м
Базаєв Т.П.

Керівник КМР:
к.т.н., доцент
Рязанцев А.О.

Кривий Ріг
2025 р.

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

на тему: Розробка технологічного забезпечення виготовлення деталі
«Корпус» редуктора ЦВ-40 з використанням систем автоматизації

Виконав магістрант гр. ПМ-24м

(підпис)

Базасєв Т.П.

Керівник КМР

(підпис)

Рязанцев А.О.

Нормоконтроль

(підпис)

Нечасєв 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-24м Базаєва Тимура Павловича

1. Тема: Розробка технологічного забезпечення виготовлення деталі «Корпус» редуктора ЦВ-40 з використанням систем автоматизації.

Керівник КМР: доц., к.т.н. Рязанцев А.О.

Затверджена наказом по КНУ № _____ від «__» _____ 2025 р.

2. Термін подання магістрантом закінченої роботи _____ 2025р.

3. Вихідні дані до роботи: 1. Креслення вузла. 2. Креслення деталі «Корпус». 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. Редуктор ЦВ-40 (складальне креслення). 2. Корпус. 3. Ескізи операцій. 4. Верстатно-інструментальне налагодження. 5. Верстатне пристосування. 6. Контрольне пристосування. 7. План механоскладального цеху. 8. Науково-дослідна частина.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Календарний план:

Розділи пояснювальної записки	Термін виконання
1 Розробка та узгодження технічного завдання	10.09.2025
1.1 Технічне завдання та аналіз вихідних даних	17.09.2025
1.2 Службове призначення виробу	22.09.2025
2 Проектування технологічного процесу складання	28.09.2025
3 Технологічна підготовка виробництва виробу	01.10.2025
3.1 Техніко-економічний аналіз вихідних даних для обробки деталі	05.10.2025
3.2 Проектування технологічного процесу обробки деталі	15.10.2025
4 Моделювання та програмування операцій механічної обробки	18.10.2025
5 Конструкторська підготовка виробництва	23.10.2025
6 Організаційно-економічна підготовка виробництва	24.10.2025
6.1 Техніко-економічне обґрунтування варіантів маршруту технологічного процесу	06.11.2025
6.2 Реконструкція механоскладального цеху	10.11.2025
6.3 Вибір та обґрунтування засобів та регламентів забезпечення охорони праці, безпечності життєдіяльності, екологічних вимог виробничих процесів	13.11.2025
7 Комплексна оцінка ефективності проектних рішень з використанням інноваційно-наукових ресурсів	16.11.2025
Висновки	23.11.2025
Додатки	25.11.2025
Попередній захист	08.12.2025

Дата видачі завдання: « ____ » _____ 2025 р.

Завдання видав керівник

кваліфікаційної магістерської роботи

/Рязанцев А.О./

Завдання отримав

магістрант

/Базаєв Т.П./

Перв. примен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
Справ. №						Документація			
	A4		1	КНУ.КМР.131.25.1-01.ПЗ	Пояснювальна записка	81			
	A4		2	КНУ.КМР.131.25.1-01.ТП	Альбом тех.карт на ТП				
					виготовлення деталі	15			
					Креслення				
	A2		3	КНУ.КМР.131.25.1-01.РСК	Редуктор ЦВ-40	1			
					(складальне креслення)				
A2		4	КНУ.КМР.131.25.1-01.К	Корпус	1				
A1		5	КНУ.КМР.131.25.1-01.ЕО	Ескізи операцій	1				
A1		6	КНУ.КМР.131.25.1-01.ВІН	Верстатно-інструментальне	1				
				налагодження					
	A2		7	КНУ.КМР.131.25.1-01.ВП	Верстатне пристосування	1			
	A2		8	КНУ.КМР.131.25.1-01.ПК	Пристосування контрольне	1			
	A1		9	КНУ.КМР.131.25.1-01.ПМС	План механоскладального	1			
				цеху					
	A2		10	КНУ.КМР.131.25.1-01.НДЧ	Науково-дослідна частина	1			
Подп. и дата									
Взам. инв. №									
Подп. и дата									
Инв. № подл.									
					КНУ.КМР.131.25.1-01.ВМКМР				
Изм.	Лист	№ докум.		Подп.	Дата				
Разраб.		Базаєв				Відомість матеріалів КМР			
Пров.		Рязанцев							
Н.контр.		Нечаєв				Лит. Лист Листов			
Утв.		Рязанцев							
							Н		1
							Кафедра ТМ гр. ПМ-24м		

РЕФЕРАТ

Тема КМР: «Розробка технологічного забезпечення виготовлення деталі «Корпус» редуктора ЦВ-40 з використанням систем автоматизації»

Пояснювальна записка до КМР: 81 стор., 30 рисунків, 26 таблиць, комплект карт на 15 стор. на технологічні процеси механічної обробки деталі, 8 листів графічної частини.

Об'єкт дослідження – процес технологічної підготовки виробництва корпусу редуктора ЦВ-40.

Предмет дослідження – методи та засоби автоматизації розробки технологічних процесів обробки корпусних деталей.

Сучасний етап розвитку машинобудування характеризується широким застосуванням автоматизованих та інтегрованих систем проектування і виробництва (CAD/CAM/CAE). Удосконалення технологічного забезпечення виготовлення корпусних деталей, зокрема корпусу редуктора ЦВ-40, дозволяє підвищити надійність і довговічність роботи механізмів. Актуальність дослідження полягає в необхідності: оптимізації технологічних процесів обробки корпусних деталей; впровадження автоматизованих засобів розробки технологій; зниження трудомісткості та собівартості виробництва; підвищення рівня уніфікації та стандартизації технічної документації.

Таким чином, тема дослідження відповідає сучасним вимогам індустрії 4.0 та спрямована на вдосконалення технологічної підготовки машинобудівного виробництва.

У магістерській роботі виконано дослідження та розробку технологічного забезпечення виготовлення корпусу редуктора ЦВ-40 з використанням систем автоматизації. Проведено аналіз конструктивних особливостей деталі, вивчено сучасні методи обробки корпусних виробів, розроблено маршрутний та операційний технологічний процес із застосуванням CAD/CAM-систем. Обґрунтовано вибір обладнання, інструментів і технологічного оснащення, проведено техніко-економічне порівняння з традиційними методами виробництва. Результати дослідження підтверджують ефективність застосування автоматизованих засобів проектування у технологічній підготовці виробництва, що дозволяє підвищити якість і конкурентоспроможність продукції машинобудівної галузі.

КОРПУС РЕДУКТОРА, ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ, АВТОМАТИЗАЦІЯ, CAD/CAM-СИСТЕМИ, МАРШРУТНИЙ ПРОЦЕС, ОПЕРАЦІЙНИЙ ПРОЦЕС, КОРПУСНІ ДЕТАЛІ, МАШИНОБУДУВАННЯ.

					КНУ.КМР.131.25.1-01Р			
Зм.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата				
Розроб.	Базаєв				Реферат			
Перевір.	Рязанцев							
Реценз.								
Н. контр.	Нечаєв							
Зав. каф.	Рязанцев							
					Літ.	Арк.	Аркшві	
					Каф. ТМ, гр. ПМ-24м			

ABSTRACT

Subject: «Development of technological support for the manufacture of the part “Housing” for the IJB-40 gearbox applying automation systems».

Explanatory note to the Ministry of Interior: 81 pages, 30 figures, 26 tables, a set of maps on 15 pages. on technological processes of mechanical processing of parts, 8 sheets of the graphic part.

The object of the research is the process of technological preparation of production for the CV-40 gearbox housing.

The subject of the research is the methods and tools for automating the development of technological processes for machining housing-type parts.

The current stage of machine-building development is characterized by the widespread use of automated and integrated design and manufacturing systems (CAD/CAM/CAE). Improving the technological support for producing housing-type components, in particular the CV-40 gearbox housing, enables increased reliability and durability of mechanical systems.

The relevance of the research lies in the need to: optimize technological processes for machining housing-type parts; implement automated tools for developing technological workflows; reduce labor intensity and production costs; increase the level of unification and standardization of technical documentation.

Thus, the research topic meets modern Industry 4.0 requirements and is aimed at improving the technological preparation of machine-building production.

In the master's thesis, research and development of technological support for manufacturing the CV-40 gearbox housing were carried out using automation systems. The design features of the part were analyzed, modern methods of machining housing-type products were studied, and both route and operational technological processes were developed with the use of CAD/CAM systems. The selection of equipment, tools, and technological fixtures was justified, and a techno-economic comparison with traditional production methods was performed.

The research results confirm the effectiveness of applying automated design tools in the technological preparation of production, which enables improved quality and competitiveness of products in the machine-building industry.

GEARBOX HOUSING, TECHNOLOGICAL SUPPORT, AUTOMATION, CAD/CAM SYSTEMS, ROUTE PROCESS, OPERATIONAL PROCESS, HOUSING-TYPE PARTS, MECHANICAL ENGINEERING.

					KHU.KMP.131.25.1-01.P	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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 проектною задачі	11
1.3 Вимоги до методів проектування, обладнання та технологій	12
2 Проектування технологічного процесу складання	14
2.1 Розрахунок лінійних розмірних ланцюгів	14
2.2 Розрахунок кутових розмірних ланцюгів	16
2.3 Технологічний процес складання	19
3 Технологічна підготовка виробництва виробу	24
3.1 Техніко-економічний аналіз вихідних даних для обробки деталі	24
3.2 Проектування технологічного процесу обробки деталі	29
4 Моделювання та програмування операцій механічної обробки	42
4.1 Розробка верстатно-інструментального налагодження та розрахунково-технологічної карти для операції на верстатах з ЧПК	42
4.2 Візуалізація та перевірка керуючих програм	43
5 Конструкторська підготовка виробництва	47
5.1 Проектування верстатного пристосування	47
5.2 Проектування контрольного пристрою	51
6 Організаційно-економічна підготовка виробництва	55
6.1 Проектування механоскладального цеху	55
6.2 Охорона праці та екологія виробництва	62
6.3 Розрахунки ключових техніко-економічних показників	65
7 Комплексна оцінка ефективності проектних рішень з використанням інноваційно-наукових ресурсів	70
7.1 Види технічного стану об'єктів	70
7.2 Типові дефекти деталей редктора	72
7.3 Результати аналізу	78
Висновки	79
Список використаних джерел	80
Додатки	82

					КНУ.КМР.131.25.1-01.3					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						
Розроб.		Базаєв			Зміст			Літ.	Арк.	Архів
Перевір.		Рязанцев								
Реценз.										
Н. контр.		Нечаєв						Каф. ТМ, гр. ПМ-24м		
Зав. каф.		Рязанцев								

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.

					КНУ.КМР.131.25.1-01.В			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Базаєв			Вступ	Літ.	Арк.	Архциф
Перевір.		Рязанцев						
Реценз.								
Н. контр.		Нечаєв						
Зав. каф.		Рязанцев						
						Каф. ТМ, гр. ПМ-24м		

1 РОЗРОБКА ТА УЗГОДЖЕННЯ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ

1.1 Технічне завдання та аналіз вихідних даних

Тема магістерської роботи: «Розробка технологічного забезпечення виготовлення деталі «Корпус» редуктора ЦВ-40 з використанням систем автоматизації». Робота спрямована на комплексне вирішення завдань конструкторсько-технологічної підготовки виробництва з урахуванням сучасних вимог до якості, точності та ефективності механоскладальних процесів. Вихідні даними КМР є: складальне креслення редуктора, креслення деталі «Корпус» та річний обсяг випуску вихідної деталі (1300 шт). Креслення складального вузла наведено на рис. 1.1.

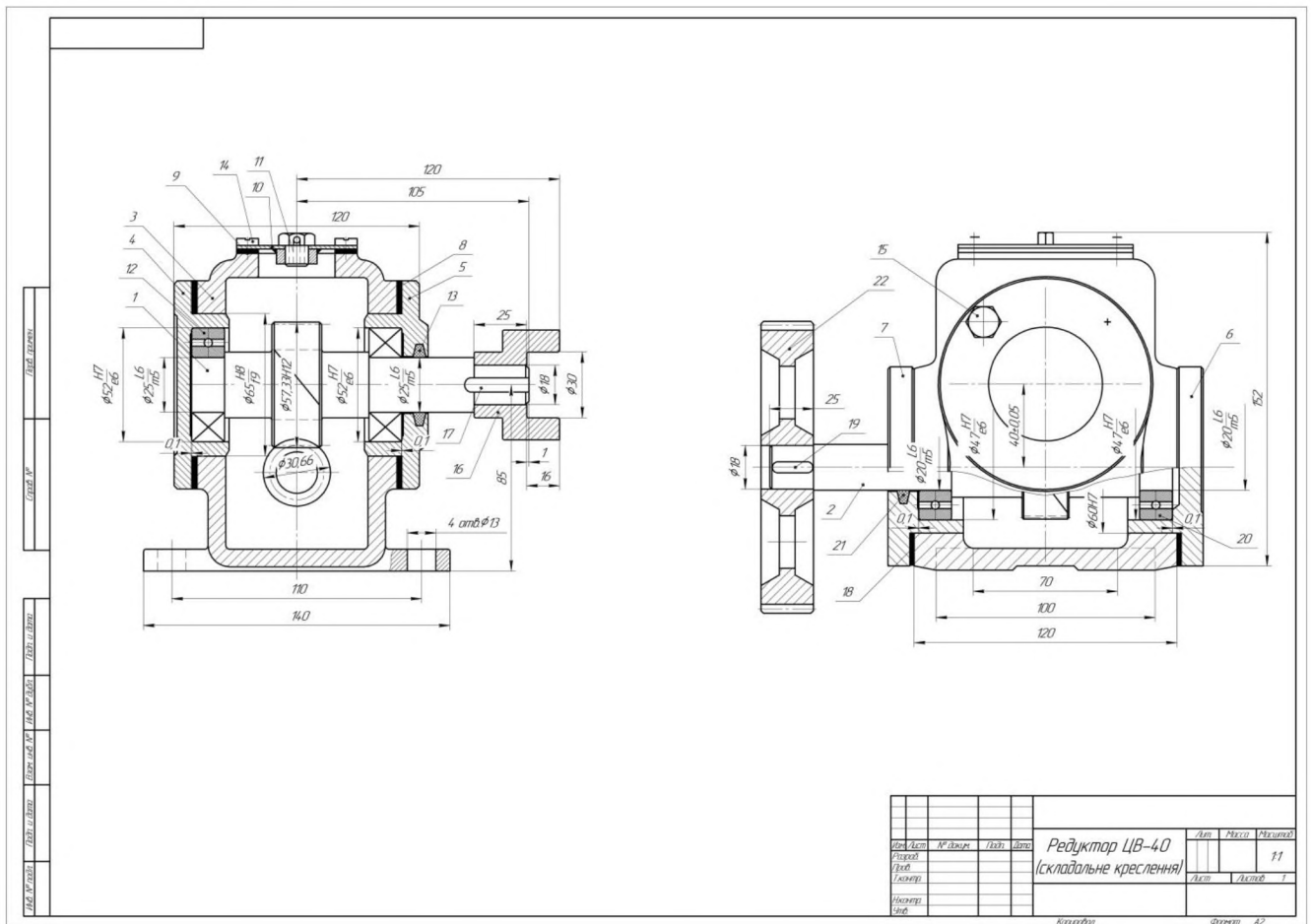


Рисунок 1.1 – Складальне креслення редуктора ЦВ-40

Мета роботи – розробка ефективного технологічного забезпечення виготовлення корпусу редуктора ЦВ-40 із застосуванням систем автоматизації проектування.

КНУ.КМР.131.25.1-01.01.РЧТЗ					Розробка та узгодження технічного завдання		
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата	Літ.	Арк.	Архивів
Розроб.	Базаєв						
Перевір.	Рязанцев						
Реценз.							
Н. контр.	Нечаєв						
Заб. каф.	Рязанцев						
					Каф. ТМ, гр. ПМ-24м		

Для досягнення мети необхідно виконати такі завдання:

1. Провести аналіз конструктивних особливостей корпусу редуктора ЦВ-40 та його технологічності.
2. Виконати огляд існуючих технологій обробки корпусних деталей та визначити доцільні методи для даного виробу.
3. Розробити маршрут та операційний технологічний процес із використанням CAD/CAM-систем.
4. Обґрунтувати вибір обладнання, інструментів та оснащення для виготовлення корпусу.
5. Виконати техніко-економічне порівняння запропонованої технології з традиційними методами виробництва.
6. Сформулювати рекомендації щодо впровадження автоматизованого підходу до проектування технологічних процесів у машинобудуванні.

1.2 Службове призначення об'єкту проєктної задачі

Редуктор ЦВ-40 (рис. 1.2) відноситься до числа редукторів з черв'ячною передачею і має у своєму складі два черв'яки, що входять у зачеплення. Черв'яки у наведеному конструктивному варіанті редуктора розташовані один над одним і мають величину бокового зазору в межах 0,085-0,37 мм.

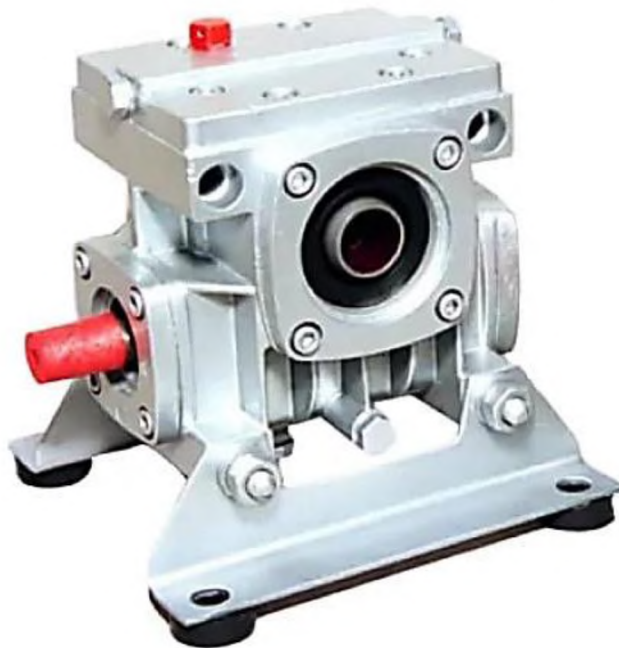


Рисунок 1.2 – Загальний вигляд редуктора ЦВ-40

Головними перевагами застосування черв'ячної передачі є те, що можна отримати велике передаточне відношення, а також плавність й безшумність роботи та точність ділильних переміщень. Недоліки – низький ККД. Черв'яки виконані симетричними по відношенню один до одного для меншого викривлення робочих поверхонь зубів внаслідок температурних деформацій. У зв'язку з малими габаритами передачі і малою поверхні тепловіддачі виявляються сильно напруженими у тепловому відношенні, і тому мають температурні зазори.

					КНУ.КМР.131.25.1-01.01.РЧТЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

Несуча здатність даної передачі досить велика так як кількість зубів в зачепленні велика, приведені радіуси кривизни та контактні лінії розташовані під великим кутом до напрямку швидкості ковзання, що поліпшує умови для появи масляних клинів в зачепленні. Так як черв'як має невелику відстань між опорами в передачі, то його допускається встановлювати на радіально-упорні підшипники по одному в опорі. Редуктор понижуючий, тому що застосування даного типу передачі призводить до зниження швидкості і передачі руху між взаємоперпендикулярними валами.

Черв'ячні редуктори широко використовуються у підйомно-транспортних машинах, верстатах, автомобілях та інших машинах. В даному випадку редуктор ЦВ-40 відноситься до вузла стрічкового конвеєру для переміщення дрібних деталей.

Основні технічні характеристики редуктора ЦВ-40, заявлені у паспорті, зведені у таблиці 1.1. Діапазон передаточних чисел, граничний момент, що крутить на виході, навантаження на тихохідному валу, розрахункова потужність приводу при різних частотах обертання та інше.

Таблиця 1.1 – Технічні характеристики редуктора ЦВ-40

Передаточне число	Крутний момент, Нм	Розрахункова потужність приводу, кВт	ККД	Допустиме радіальне навантаження, Н	Вага, кг
8	35	0,7	0,9	1500	9
10	32	0,5	0,89		
12,5	30	0,4	0,88		
16	38	0,4	0,85		
20	35	0,3	0,83		
25	30	0,2	0,82		
31,5	40	0,2	0,77		
40	36	0,2	0,72		
50	32	0,1	0,71		
63	28	0,1	0,64		
80	25	0,1	0,61		

Допустимі режими експлуатації редукторів ЦВ-40 з черв'ячною передачею:

- допустиме постійне та плаваюче навантаження;
- можливе реверсивне включення;
- для тривалих режимів та частих включень;
- частота обертання на вході – 1500 об/хв;
- концентрація пилу до 10 мг/м³.

1.3 Вимоги до методів проектування, обладнання та технологій

З урахуванням того, що магістерське дослідження спрямоване на використання автоматизованих систем проектування, передусім CAD-інструментів, на основі поданого 2D-креслення було сформовано тривимірну

					КНУ.КМР.131.25.1-01.01.РУТЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

геометричну модель деталі «Корпус» редуктора ЦВ-40 (рис. 1.3). Створена 3D-модель надалі стане базою для розроблення та імітації технологічного процесу обробки у середовищі САМ-системи.

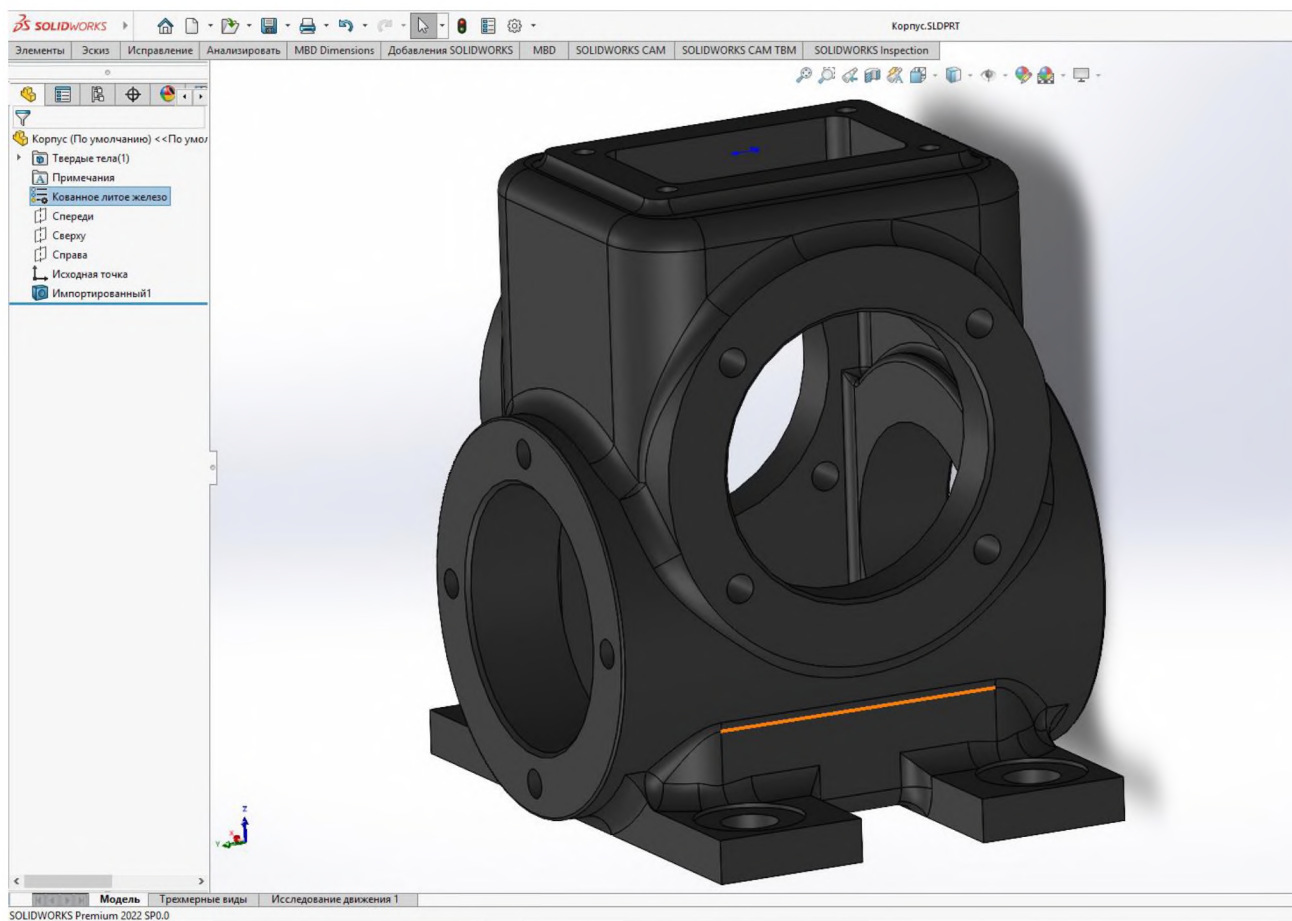


Рисунок 1.3 – Вид 3D деталі «Корпус»

					КНУ.КМР.131.25.1-01.01.РУТЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

2 ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ СКЛАДАННЯ

На складальному кресленні представлено реверсивний редуктор типу ЦВ-40. Редуктор ЦВ-40 – це циліндричний вертикальний редуктор, який використовується для зниження частоти обертання та збільшення крутного моменту у вертикально розташованих приводах машин.

Конструктивні особливості:

- корпус – чавунний або сталевий, литий, двохчастинний (нижня станина + кришка);
- вали – розташовані вертикально; вхідний і вихідний вали можуть мати шпонкові або шліцьові з'єднання;
- зубчасті колеса – сталеві, термооброблені, з прямими або косими зубцями;
- підшипники – радіально-упорні кулькові або роликові;
- кріплення – здійснюється за допомогою фланців або болтових з'єднань до основи.

2.1 Розрахунок лінійних розмірних ланцюгів

Для нормальної роботи редуктора необхідно витримати зазор на теплове розширення між підшипником та буртом вала, який дорівнює $A_{\Sigma} = 0^{+0,3}_{+0,1}$ мм, тобто $T_{\Sigma} = 0,2$ мм, $\Delta C_{\Sigma} = 0,2$ мм.

Розв'язуємо пряму задачу методом компенсації за рахунок прокладок однакової товщини.

На всі ланки розмірного ланцюга назначаємо технологічно допустимі допуски і заповнюємо таблицю 2.1. На всі ланки назначаємо граничні відхилення.

Таблиця 2.1 – Розрахунок лінійних розмірних ланцюгів

Позначення ланки	Номінал. розмір	Квалітет	Допуск	Розміри з відхиленням	ΔC_i
A_1	110	12	0,35	$110 \pm 0,0175$	0
A_2	15	ст.	0,12	$15_{-0,12}$	-0,06
A_3	80	12	0,3	$80 \pm 0,15 / 80^{+0,875}_{+0,575}$	+0,725
A_4	15	ст.	0,12	$15_{-0,12}$	-0,06

1. Визначаємо допуск замикаючої ланки

$$T_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n (T_{A_i} + \beta) = 0,35 + 0,12 + 0,3 + 0,12 = 0,89 \text{ мм} \quad (2.1)$$

					<i>КНУ.КМР.131.25.1-01.02.ПТПС</i>		
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата			
Розроб.	Базаєв				Проектування технологічного процесу складання	Літ.	Арк.
Перевір.	Рязанцев						Арк.зміщ
Реценз.							
Н. контр.	Нечаєв					Каф. ТМ, гр. ПМ-24м	
Зав. каф.	Рязанцев						

2. Величина компенсації визначається

$$T_K = T_{\Sigma} - [T_{\Sigma}] = 0,89 - 0,2 = 0,69. \text{ мм} \quad (2.2)$$

3. Розміри прокладок вибираються з умови $T_{\text{ком}} \leq [T_{\Sigma}]$.

У якості прокладок використовуємо картон, товщина якого

$$S = A_{\text{ком}} = [T_{\Sigma}] = 0,2 \pm 0,05. \quad (2.3)$$

Приймаємо допуск на товщину прокладки $T_{\text{ком}} = 0,1; \Delta C_{\text{ком}} = 0$.

4. Попереднє число прокладок у наборі визначаємо за формулою

$$Z = \frac{T_K}{[T_{\Sigma}]} = \frac{0,69}{0,2} = 3,45. \quad (2.4)$$

Приймаємо $Z=4$ прокладок.

5. Для зручності розрахунків приймаємо, що всі прокладки для регулювання підшипників описуються розміром A_5 . Розмір A_6 , таким чином, з розгляду виключаються.

6. Величина компенсатора що складається з Z прокладок визначається

$$A_5 = Z \cdot A_{\text{ком}} = Z \cdot [T_{\Sigma}] = 4 \cdot (0,2 \pm 0,1) = 0,8 \pm 0,4 \text{ мм} \quad (2.5)$$

7. Номінальний розмір замикаючої ланки визначається

$$A_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n \bar{A}_i - \sum_{j=1}^n \bar{A}_j = (110 + 0,8) - (15 + 80 + 15) = 0,8 \text{ мм} \quad (2.6)$$

8. Допуск замикаючої ланки визначається

$$T_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n (T_{A_i} + \beta_i) = 0,12 + 0,12 + 0,35 + 0,3 + 0,8 = 1,69 \text{ мм}$$

9. Координата середини поля допуску визначається

$$\Delta C_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n (\Delta \bar{C}_i + \Delta \bar{\beta}_i) - \sum_{j=1}^n (\Delta \bar{C}_j + \Delta \bar{\beta}_j) = (0 + 0) - (-0,06 - 0,06 + 0) = 0,12 \text{ мм} \quad (2.7)$$

10. Визначаємо величину компенсації

$$T_k = T_{\Sigma} - [T_{\Sigma}] = 1,69 - 0,2 = 1,49 \text{ мм} \quad (2.8)$$

11. Кінцева кількість прокладок:

$$Z = \frac{T_K}{[T_{\Sigma}]} + 1 = \frac{1,49}{0,2} + 1 = 8,45.$$

Приймаємо $Z=8$ прокладок.

12. В якості залежної ланки обираємо ланку A_3 . Величина поправки визначається

					КНУ.КМР.131.25.1-01.02.ПТПС	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

$$\bar{\Delta}' = [\Delta C_{\Sigma}] - \Delta C_{\Sigma} + \frac{T_{\Sigma}}{2} - \Delta C_{\text{ком}A_3} = 0,2 - 0,12 + \frac{1,69}{2} - 0 - 0,2 = 0,725 \text{ мм} \quad (2.9)$$

Нова координата поля допуску залежної ланки визначається:

$$\Delta C'_{A_3} = \Delta C_{A_3} + \Delta' = 0 + 0,725 = 0,725 \text{ мм} \quad (2.10)$$

Граничні відхилення залежної ланки:

$$es_{A_3} = 0,725 + \frac{0,3}{2} = 0,875 \text{ мм}; \quad ei_{A_3} = 0,725 - \frac{0,3}{2} = 0,575 \text{ мм}$$

$$A_3 = 80^{+0,875}_{+0,575}$$

Нове значення залежної ланки A_3 заносимо у таблицю 2.1

13.Перевірка вірності розрахунків:

а) середній розмір прокладок і граничні відхилення визначається:

$$\bar{A}_{C_{A_5}} = \bar{A}_{\text{ком}} + \Delta C_{\text{ком}} - \Delta C_{\Sigma} + [\Delta C_{\Sigma}] = 0,2 + 0 + 0,2 - 0,12 = 0,28 \text{ мм} \quad (2.11)$$

$$A_{3\text{max}} = A_{C_5} + \frac{T_K}{2} = 0,28 + \frac{1,49}{2} = 1,025 \text{ мм}; \quad (2.12)$$

$$A_{3\text{min}} = A_{C_5} - \frac{T_K}{2} = 0,28 - \frac{1,49}{2} = 0,745 \text{ мм} \quad (2.13)$$

б) максимальна кількість прокладок у наборі визначається:

$$Z_{\text{max}} = \frac{A_{\text{кmax}}}{[T_{\Sigma}]} = \frac{1,025}{0,2} = 5,5 \text{ шт.} \quad (2.14)$$

Приймаємо $Z=6$ прокладок.

в) мінімальна кількість прокладок у наборі визначається:

$$Z_{\text{min}} = 0 \text{ прокладок.}$$

г) кількість прокладок у наборі визначається:

$$Z = Z_{\text{max}} - Z_{\text{min}} = 6 - 0 = 2 \text{ прокладок} \quad (2.15)$$

2.2 Розрахунок кутових розмірних ланцюгів

В розглянутому вузлі редуктора виявляємо перетини через які проводимо вертикальні лінії з номерами. Перетини 1-2 проходять через опори вала і утворюють основний кутовий розмірний ланцюг γ , який відповідає за положення вала в вузлі. Всього утворилося два розмірних ланцюга:

1) ланцюг γ , який визначає відносне суміщення і перекіс осі вала в підшипникових опорах;

2) ланцюг j – визначає перекіс червяка відносно опори 1.

Ланцюг γ складається з наступних величин:

S_1, S_3 – посадка внутрішнього кільця підшипника 12 на вал;

S_2, S_4 – посадка зовнішнього кільця підшипника 12 в корпус;

e_1, e_2 – половина радіального биття підшипника 12;

e_3, e_4 – ексцентриситет посадочних шийок вала;

e_5 – зміщення осей отворів в корпусі.

Вибір стандартних значень:

					КНУ.КМР.131.25.1-01.02.ПТПС	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

а) Величина вихідної ланки e_{Σ} визначається із зачеплення черв'яків по 7-й степені по нормам кінематичної точності, 6-й степені по нормам плавності, 6-й степені по нормам контакту зубів, з видом спряження В. Для міжцентрової відстані 40 мм граничне відхилення міжцентрової відстані $f_a = \pm 70$ мкм. Вихідне значення вибирається як половина допуску, тобто $e_{\Sigma} = \pm 35$ мкм.

б) Підшипники класу точності 0. Вибираємо граничні відхилення на посадочні розміри підшипників і їх радіальне биття:

$$S_1 = S_3 = 25 \frac{L6}{m5} = 25 \frac{-0,010}{+0,017} ; S_2 = S_4 = 52 \frac{H7}{e6} = 52 \frac{+0,035}{-0,119} ;$$

$$e_1 = 10 \text{ мкм}; e_2 = 7,5 \text{ мкм}.$$

Зміщення осей отворів повинно знаходитись в межах половини гарантованого бокового зазору $j_{n \min}$, тобто $P_z = 70$ мкм.

Допуски зазорів визначаються за формулою:

$$TS_i = S_{\max} - S_{\min}, \quad (2.16)$$

де $S_{\max}$ – максимальний зазор;

$S_{\min}$ – мінімальний зазор.

Максимальний зазор визначається за формулою

$$S_{\max} = ES - ei, \quad (2.17)$$

де ES – верхнє граничне відхилення отвору;

ei – нижнє граничне відхилення валу.

Мінімальний зазор визначається за формулою:

$$S_{\min} = EI - es, \quad (2.18)$$

де EI – нижнє граничне відхилення отвору;

es – верхнє граничне відхилення валу.

Проводимо розрахунки

$$S_{1 \max} = S_{3 \max} = -0,008 \text{ мм}; S_{1 \min} = S_{3 \min} = -0,027 \text{ мм}; TS_1 = TS_3 = 0,0019 \text{ мм}.$$

$$S_{2 \max} = S_{4 \max} = 0,154 \text{ мм}; S_{2 \min} = S_{4 \min} = 0,119 \text{ мм}; TS_2 = TS_4 = 0,035 \text{ мм}.$$

Координата середин поля допуску зазору визначається за виразом

$$em_s = \frac{em_D + em_d}{2}, \quad (2.19)$$

де em_D – координата середини поля допуску отвору;

em_d – координата середини поля допуску валу.

$$em_{S1} = em_{S3} = 0,106 \text{ мм}; em_{S2} = em_{S4} = 0,092 \text{ мм}.$$

Допуск на вихідну ланку визначається по ймовірному методу для проектних розрахунків по виразу

$$Te_{\Sigma} = \sqrt{0,36 \cdot \sum_{i=1}^n TS_i^2 + 0,56 \cdot \sum_{j=1}^m Te_{ej}^2}, \quad (2.20)$$

$$Te_{\Sigma} = \sqrt{0,36 \cdot (2 \cdot (-0,008)^2 + 2 \cdot 0,154^2) + 0,56 \cdot (0,0106^2 + 0,092^2 + 2 \cdot 0,005^2 + 0,025^2)} = 0,149 \text{ мм}.$$

Визначаємо координату середини поля допуску

					КНУ.КМР.131.25.1-01.02.ПТПС	Арк.
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		

$$em_{e\Sigma} = \sum_{i=1}^n [em_{Si} + 0,5 \cdot T_{ei} + 0,05 \cdot (T_{Si} + T_{ei})] - \sum_{j=1}^m [em_{Sj} + 0,5 \cdot T_{ej} + 0,05 \cdot (T_{Sj} + T_{ej})] =$$

$$= [(0,106 + 0,092) + 0,5 \cdot (0,092 + 0,005 + 0,025) + 0,05 \cdot (-0,008 + 0,154 + 0,092 + 0,005 + 0,025)] - [(0,106 + 0,092) + 0,5 \cdot (0,092 + 0,005 + 0,025) + 0,05 \cdot (0,0019 + 0,0035 + 0,106 + 0,005 + 0,025)] = 0,0063 \text{ мм.}$$

Визначаємо граничні відхилення замикаючої ланки величини зміщення осі вала в опорах за виразом

$$es_{e\Sigma} = em_{e\Sigma} + \frac{T_{e\Sigma}}{2} = 0,063 + \frac{0,149}{2} = 0,0137 \text{ мм;}$$

$$ei_{e\Sigma} = em_{e\Sigma} - \frac{T_{e\Sigma}}{2} = 0,063 - \frac{0,149}{2} = -0,00115 \text{ мм.}$$

Визначаємо величину перекосу в перетинах 2, 3. Перетин 1 вибираємо основним. Перекіс в перетині 2 буде дорівнювати величині зміщення $Te_{\Sigma} = 0,149$ мм. Перекіс в перетині 3 визначаємо за схемою зображеною на рис. 2.1.

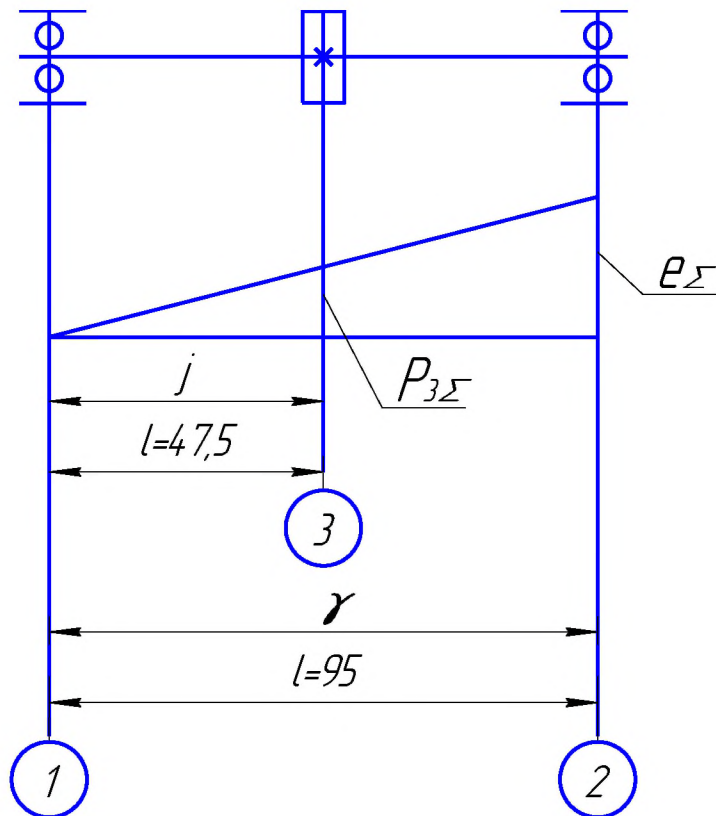


Рисунок 2.1 – Схема відносного перекосу в черв'ячному зачепленні

Спрощений розрахунок відносного перекосу визначається за виразом

$$\frac{e_{\Sigma}}{L} = \frac{P_{i\Sigma}}{l}. \quad (2.21)$$

З відношення $\frac{e_{\Sigma}}{L} = \frac{P_{3\Sigma}}{l}$ знаходимо

					КНУ.КМР.131.25.1-01.02.ПТПС	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

$$P_{3\Sigma} = \frac{e_{\Sigma} \cdot l}{L} = \frac{0,149 \cdot 47,5}{95} = 0,0745 \text{ мм.}$$

Отриманий переки́с не перевищує мінімального гарантованого бокового зазору, тобто $j_{\min} > P_{3\Sigma}$ ($0,16 > 0,0745$).

З проведених розрахунків розмірних конструкторських ланцюгів можна зробити висновок, що організаційна форма складання непоточна стаціонарна. Метод складання – це метод компенсації за рахунок прокладок однакової товщини.

2.3 Технологічний процес складання

Характеристики з'єднань, які використовуються в вузлі, зводимо в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Характеристика з'єднань

№ з/п	Деталі, що входять в з'єднання	Характеристики з'єднань
Різьбові з'єднання		
1	Корпус (3) – болт (15)	M8 $\frac{6H}{6g}$
2	Корпус (3) – гвинт (14)	M6 $\frac{6H}{6g}$
З'єднання з підшипниками кочення		
1	Підшипник (12) – корпус (3)	Ø52 $\frac{H7}{e6}$
2	Підшипник (12) – вал (1)	Ø25 $\frac{L6}{m5}$
3	Підшипник (20) – корпус (3)	Ø47 $\frac{H7}{e6}$
4	Підшипник (20) – вал (2)	Ø20 $\frac{L6}{m5}$
Шпонкове з'єднання		
1	Вал (1) – шпонка (17)	Ø25 $\frac{N9}{h9}$
	Вал (2) – шпонка (19)	Ø20 $\frac{N9}{h9}$

З наведених характеристик з'єднання, які використовуються в вузлі можна зробити висновок, що підшипники кочення сприймають коливальне навантаження, так як мають перехідну посадку на валу, а різьбові з'єднання мають як середній клас точності, так і грубий.

Послідовність розбирання вузла редуктора представляємо в вигляді таблиці 2.3.

					КНУ.КМР.131.25.1-01.02.ПТПС	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.3 – Виявлення вузлів та їх базових деталей

№ з/п переходу	Ключове слово переходу розбирання	Деталі, що знімаються чи залишається при розбиранні, та їх кількість	Вузли, що знімаються чи залишаються при розбиранні, та їх кількість
А. Загальне розбирання виробу – червячного редуктора 0зб.3			
1	Відгвинтити і зняти	віддушина 11 (1 шт.)	кришка 5 в зборі 2зб.5 вал 1 в зборі 1зб.1
2	Зняти	гвинт 14 (4 шт.) кришка люка 10 (1 шт.) ущільнення 9 (1 шт.) муфта 16 (1шт.) зубчасте колесо 22 (1 шт.)	
3	Відгвинтити і зняти	болт 15 (4 шт.)	
4	Зняти	ущільнення 8 (3 шт.) кришку 5 (1шт.)	
5	Зняти	вал 1 (1 шт.)	
6	Відгвинтити і зняти	болт 15 (4 шт.)	
7	Зняти	ущільнення 8 (3 шт.) кришку 4 (1шт.)	
8	Зняти	вал 2 (1 шт.)	
9	Відгвинтити і зняти	болт 15 (4 шт.)	
10	Зняти	ущільнення 18 (3 шт.) кришку 7 (1шт.)	
11	Відгвинтити і зняти	болт 15 (4 шт.)	
12	Зняти	ущільнення 18 (3 шт.) кришку 6 (1 шт.)	
	Залишилась	базова деталь – корпус 3	
Б. Розбирання вузлів першого порядку			
1) Розбирання вала 1зб.1			
1	Зняти	Підшипники 12 (2 шт.)	
2	Випресувати	шпонку 17 (1 шт.)	
	Залишилась	базова деталь – вал 1	
2) Розбирання вала 1зб.2			
1	Зняти	Підшипники 20 (2 шт.)	
2	Випресувати	шпонку 19 (1шт.)	
	Залишилась	базова деталь – вал 2	
В. Розбирання вузлів другого порядку			
1) Розбирання кришки 2зб.5; кришки 2 зб.7			
1	Зняти	кільце СП25 13 (1 шт.)	
	Залишилась	базова деталь – кришка 5	
	Зняти	кільце СП20 21 (1 шт.)	
	Залишилась	базова деталь – кришка 7	

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КМР.131.25.1-01.02.ПТПС

Арк.

Структуру виробу з виявленням базових елементів, вузлів і деталей заносимо в таблицю 2.4.

Таблиця 2.4 – Структура виробу

№ з/п	Найменування і позначення вузла	Структурні елементи виробу (найменування, позначення і кількість)		
		Базовий елемент	Вузли і їх порядок	Деталі
1	Редуктор ЦВ-40 0зб3	Корпус 3	Вузли 1-го порядку: а) вал 1 в зборі – 1зб1 б) вал 2 в зборі – 1зб2	віддушина 11 (1шт.) гвинт 14 (4 шт.) кришка 4 (1 шт.) ущільнення 8 (6 шт.) ущільнення 9 (1 шт.) кришка люка 10(1шт) болт 15 (16 шт.) ущільнення 18 (6 шт.) кришка 5 в зборі 2зб.5 кришка 7 в зборі 2зб. 7
2	Вал 1 в зборі – 1зб1	Вал 1	–	підшипник 12 (2 шт.); муфта 16 (1 шт.) шпонка 17 (1 шт.)
3	Вал 2 в зборі – 1зб2	Вал 2	–	підшипник 20 (2 шт.) зубчасте колесо 22 шпонка 19 (1 шт.)
4			Вузли 2-го порядку: а) кришка 5 в зборі 2зб.5 б) кришка 7 в зборі 2зб. 7	
5	Кришка 5 в зборі 2зб.5	кришка 5	–	кільце СП25 13
6	Кришка 7 в зборі 2 зб.7	кришка 7	–	кільце СП20 21
Загальна кількість різнотипних вузлів – 5; 0-го порядку – 1; 1-го порядку – 2; 2-го порядку – 2				

Згідно розробленої структури виробу складаємо схему зборки вузла.

Розробляємо технологічний процес складання редуктора з визначенням оперативного часу на кожну операцію. Технологічний процес складання заносимо в таблицю 2.5.

					КНУ.КМР.131.25.1-01.02.ПТПС	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.5 – Технологічний процес складання редуктора ЦВ – 40

№ опер.	1. Найменування операції 2. Найменування переходу	Пристосування	$T_{оп}$, хв
1	2	3	4
005	1. Підготовка деталей до окрашування		
	2.1. Очистити деталі від стружки, іржі, бруду і зняти напливи і виступи в необроблених місцях	Стіл	2,5
	2.2. Промити в керосині весь комплект деталей (підшипники в бензині) і продути повітрям	Ванна	1,8
010	1. Фарбування деталей		
	2.1. Грунтувати і фарбувати по нормалі Н 268-65, всі зовнішні поверхні – бежевим, внутрішні поверхні корпусів та кришек підшипників – червоним.	Стіл	1,5
	2.2. Висушити пофарбовані поверхні в спеціальних камерах за допомогою електроламп інфрачервоних променів	Спеціальні камери	30
015	1. Складання вихідного валу		
	2.1. Зняти у деталей заусенці й притупити гострі кромки	Стіл	0,54
	2.2. Розігріти в електричній масляній ванні шарикопідшипник 12 (2 шт.) до 90°	Ванна	30
	2.3. Насадити на шийку вала шарикопідшипник 12 до упору в борт	Стіл	0,12
	2.4 Пригнати шпонку 17 по пазу й висоті, запресувати шпонку в паз вала	Прес	0,5
020	1. Складання вхідного валу		
	2.1. Зняти у деталей заусенці й притупити гострі кромки	Стіл	0,54
	2.2. Розігріти в електричній масляній ванні шарикопідшипник 20 (2 шт.) до 90°	Ванна	30
	2.3. Насадити на шийку вала шарикопідшипники 20 до упору в борт	Стіл	0,12
	2.4 Пригнати шпонку 19 по пазу й висоті, запресувати шпонку в паз вала	Прес	0,5
025	1. Складання наскрізних кришок 5 та 7		
	2.1. Установити в кришці 5 ущільнення 13 й надіти на вал 1	Стіл	0,15
	2.2. Установити в кришці 7 ущільнення 21 й надіти на вал 2	Стіл	0,15

					КНУ.КМР.131.25.1-01.02.ПТПС	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 2.5

1	2	3	4
030	1. Складання редуктора		
	2.1. Очистити внутрішню поверхню корпусу від сторонніх предметів, протерти сухою ганчіркою		0,2
	2.2. Установити в корпус редуктора послідовно: вихідний і вхідний вали в зборі. При установці валів заводити черв'яки в зачеплення. Перевірити від руки обертання валів – повинне бути плавним.	Стіл	0,8
	2.3. Поставити на корпус редуктора кришки 4 і 5. Сумістити отвори корпусу й кришок, відрегулювати тепловий зазор за рахунок прокладок та скріпити болтами 15.	Стіл	1,6
	2.4. Поставити на корпус редуктора кришки 6 і 7. Сумістити отвори корпусу й кришек, відрегулювати тепловий зазор за рахунок прокладок та скріпити болтами 15.	Стіл	1,6
	2.6. Розігріти маточину зубчастого колеса 22 до 250-300° за допомогою індукційного нагрівання	Ванна	15
	2.7. Встановити зубчасте колесо 22 на вал 2	Стіл	0,12
	2.8. Встановити напівмуфту 16 на вал 1 і закріпити		0,15
	2.9. В редуктор залити мастило до вісі вихідного валу	Стіл	0,25
	2.10. Вставити на корпус редуктора кришку люка 10 з віддушиною через прокладку та скріпити гвинтами 14.	Стіл	1,54
035	1. Обкатка редуктора		
	2.1. Встановити редуктор на стенд	Стенд	4
	2.2. Обкатати редуктор відповідно “Інструкції по випробовуванню редукторів” І 62-64 без навантаження впродовж 2-х годин при кількості обертів швидкохідного вала в межах 200-300 об/хв. Під час обкатки не повинно бути нерівномірного шуму, витікання масла і надмірного нагрівання підшипників		120
Загальний час на складальні операції			243,68

					КНУ.КМР.131.25.1-01.02.ПТПС	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

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

Корпус редуктора ЦВ-40, відноситься до корпусних деталей машин, що являють собою базові деталі, в які встановлюються різноманітні складальні одиниці. Точність відносного положення складальних одиниць повинна забезпечуватися як в статичі, так і в процесі роботи машини під навантаженням. Корпус має потрібну точність, володіє потрібною жорсткістю, що забезпечує необхідне відносне положення з'єднуємих деталей та вузлів, правильність роботи механізму. Даний корпус відноситься до групи корпусних деталей з гладкими внутрішніми циліндричними поверхнями, довжини яких не перевищують їх діаметральні розміри. У зв'язку з службовим призначенням до внутрішніх циліндричних поверхонь пред'явлені підвищені вимоги по точності діаметральних розмірів та точності геометричної форми. Під час роботи редуктора на нього впливають наступні чинники: вібрація; температура масла, що нагрівається в результаті тертя у зачепленні.

Матеріал, з якого виготовлений корпус, – СЧ-15 ДСТУ 8833:2019. Даний матеріал має високий тимчасовий опір, відносне подовження, але малу зносостійкість при ударних навантаженнях. Можлива заміна матеріалу на СЧ-20. Хімічні та фізико-механічні властивості СЧ-15 приведені в таблиці 3.1 та 3.2.

Таблиця 3.1 – Хімічний склад СЧ-15

C, %	Si, %	Mn, %	Cr, %	Ni, %	S, %	P, %
3,2-3,5	2,0-2,40	0,7-1,1	0,15	0,50	0,15	0,40

Таблиця 3.2 – Механічні властивості СЧ-15

$\sigma_{ви}$, кГ/мм ²	$\sigma_{вр}$, кГ/мм ²	$\sigma_{всжс}$, кГ/мм ²	$f_{600/300}$ в мм
15	3,2	56	8/2,5

Термообробкою для чавуну СЧ-15 є старіння. Внаслідок термообробки буде підвищено твердість та міцність але недоліком є різке зниження пластичності і ударної в'язкості.

3.1.2 Аналіз якості поверхонь деталей

На робочому кресленні деталі нумеруємо поверхні (рис. 3.1) і в подальшому ці номери використовуємо для позначення їх у тексті.

					<i>КНУ.КМР.131.25.1-01.03.ТПВВ</i>		
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата			
Розроб.	Базаєв				<i>Технологічна підготовка виробництва виробу</i>	Літ.	Арк.
Перевір.	Рязанцев						
Реценз.						<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-24м</i>	
Н. контр.	Нечаєв						
Зав. каф.	Рязанцев						

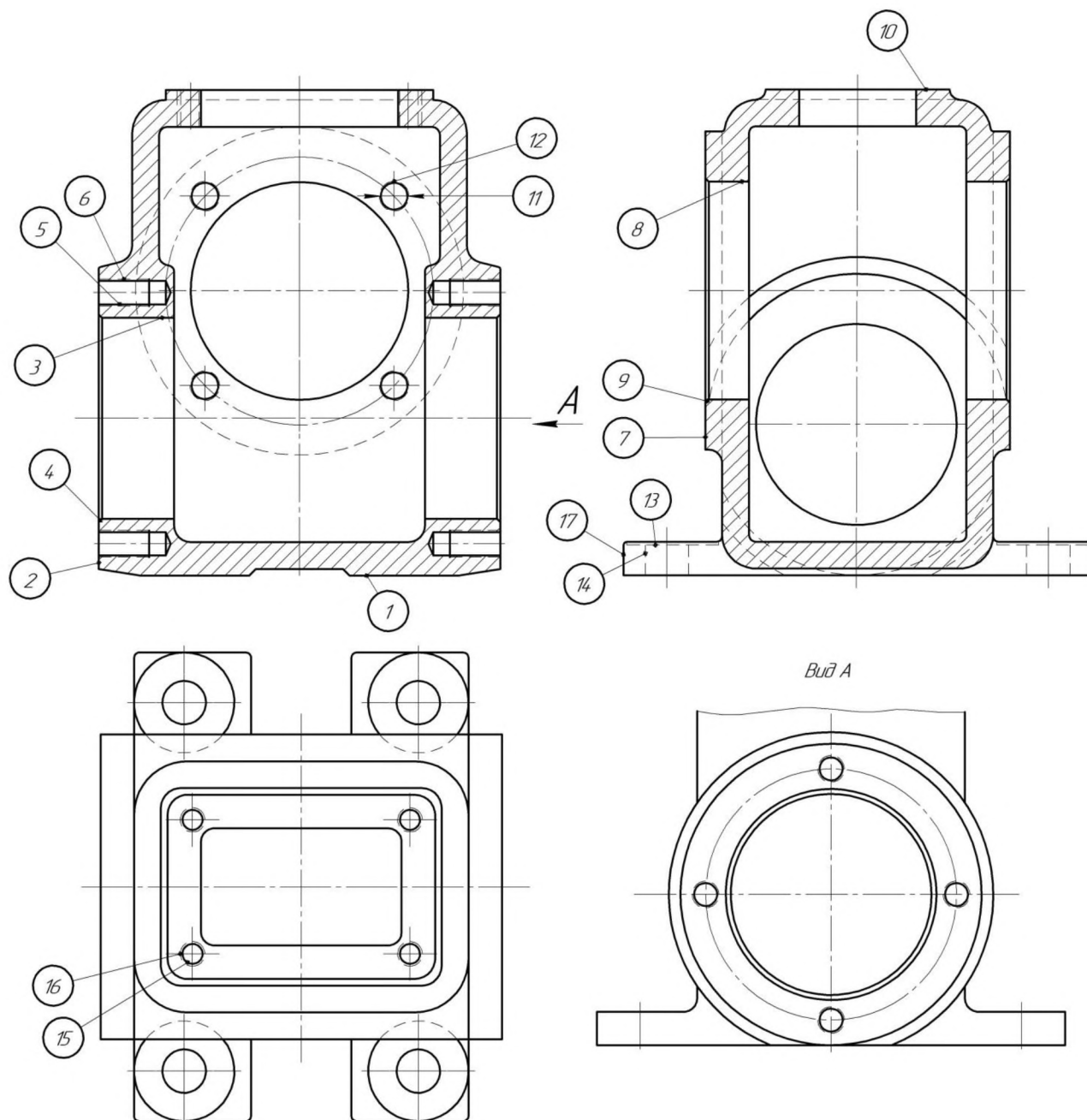


Рисунок 3.1 – Деталь з пронумерованими поверхнями

В таблиці 3.3 приводимо якості поверхонь та їх взаємозв'язок.

Таблиця 3.3 – Взаємозв'язок норм точності

№ поверхні	Номінальний розмір, мм	Квалітет IT	Допуск T , мкм	Шорсткість Ra	Відхилення форми та розташування поверхні
2	Ø90	H7	35	3,2	
3	Ø60	H7	30	2,5	
7	Ø95	H7	35	3,2	
8	Ø65	H7	30	2,5	

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КМР.131.25.1-01.03.ТПВВ	Арк.
------	------	----------	--------	------	-----------------------------	------

3.1.3 Технічний контроль робочого креслення

Деталь представлена на кресленні трьома видами, одним місцевим видом та двома розрізами, цього досить для того аби мати уяву про її форму та геометрію.

Креслення містить всі необхідні розміри, проставлені у вигляді умовних позначень допусків, які утворюють розмірні ланцюги. Невказані граничні відхилення виконують за 14 квалітетом.

Поверхні що оброблюються мають відповідну шорсткість, яка проставлена по невідповідному ряду, що являється недоліком. Виправляємо даний недолік переводячи існуючу шорсткість у стандарт першого ряду. Точність усіх розмірів відповідає відповідній шорсткості. Недоліком також є те, що квалітети проставлені за старим стандартом, тому вносимо зміну в креслення деталі.

Креслення деталі не містить інформації щодо баз, тому базою даного корпусу, згідно правил, обираємо плоску поверхню з розмірами 120×140 мм. Відносно цієї бази проставлено допустиме відхилення від правильних геометричних форм, а також взаємне положення поверхонь – неперпендикулярність внутрішніх циліндричних отворів та торців відносно бази.

Технічні вимоги та штамп креслення містить всю необхідну інформацію щодо матеріалу, маси, масштабу й найменування деталі, а також для її виготовлення з необхідною якістю. Зазначимо ще те, що термообробкою корпусу є старіння.

3.1.4 Аналіз технологічності деталі

3.1.4.1 Якісний аналіз технологічності

Задана деталь відноситься до типу корпус – виготовляється із сірого чавуну СЧ-15 відливанням у піщано-глиняні форми, тому конфігурація зовнішнього контуру і внутрішніх поверхонь не викликає значних труднощів при отриманні заготовки. Формовка повинна проводитися з використанням стержнів, які потрібні для формування внутрішньої порожнини. Матеріал деталі добре оброблюється, тому немає потреби у використанні нестандартних ріжучих інструментів.

В заданому корпусі нетехнологічним є зенкування чотирьох отворів Ø30 так як тут не передбачено вільного доступу інструмента. Тому необхідно використовувати інструменти з подовжувачами. Крім того, нетехнологічними є необхідність введення слюсарних операцій ручної обробки – нарізання різьби М8 та М6. Всі отвори повинні бути виконанні з заданою точністю та дотриманням взаємного розташування відносно бази, яка у даному випадку являється установочною базою деталі.

Корпус жорсткий так як відношення товщини до ширини менше одиниці.

Взагалі деталь достатньо технологічна, допускає використання високопродуктивних режимів обробки, має хороші базові поверхні для початкових операцій і досить проста за конструкцією.

3.1.4.2 Кількісний аналіз технологічності

Розраховуємо коефіцієнт використання матеріалу:

					КНУ.КМР.131.25.1-01.03.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ доцм.	Підпис	Дата		

$$K_{\text{см}} = \frac{Q_o}{Q_3} \cdot 100\%, \quad (3.1)$$

де $Q_o = 4,5$ кг – маса деталі;

$Q_3 = 6,5$ кг – маса заготовки.

$$K_{\text{см}} = \frac{4,5}{6,5} \cdot 100\% = 69\%$$

Розраховуємо коефіцієнт точності обробки. Для цього розрахуємо середню точність, яка дорівнює:

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

$$IT_{cp} = \frac{7 \cdot 2 + 10 \cdot 14}{16} = 9,6$$

$$k_{mc} = 1 - \frac{1}{IT_{cp}} = 1 - \frac{1}{9,6} = 0,9 \quad (3.3)$$

Це свідчить, що деталь є не досить точною.

Розраховуємо коефіцієнт шорсткості. Для цього розрахуємо середню шорсткість:

$$Ra_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n n_i \cdot Ra}{N} = \frac{2,5 \cdot 2 + 12,5 \cdot 6 + 6,3 \cdot 3}{11} = 9 \text{ мкм.} \quad (3.4)$$

$$k_w = \frac{1}{Ra_{cp}} = \frac{1}{9} = 0,1. \quad (3.5)$$

З визначеної середньої шорсткості видно, що деталь має середню шорсткість.

З кількісного аналізу технологічності видно, що деталь є досить технологічною, так як якісні показники деталі можна досягти на верстатах з нормальною точністю.

3.1.5 Вибір типу виробництва. Задачі проектування. Пропозиції щодо удосконалення

3.1.5.1 Вибір типу виробництва та методу роботи

Для того, щоб визначити тип виробництва необхідно визначити коефіцієнт закріплення операцій $K_{з.о.}$. Ділянка для обробки корпусу буде складатися з двох верстатів. Річна програма випуску деталей – 3000 шт. Виробництво припустимо дрібносерійне. Штучно-калькуляційний час на виконання операцій складає 32,55 хв. Місячна програма випуску 145 шт. Нормативний коефіцієнт завантаження обладнання $\eta_n = 0,8$.

Коефіцієнт закріплення операцій визначається за формулою:

$$K_{з.о.} = \frac{\sum P_{oi}}{\sum P_i}, \quad (3.6)$$

					КНУ.КМР.131.25.1-01.03.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		

де $\sum P_{oi}$ – сумарне число різних операцій за місяць по дільниці з розрахунку на одного змінного майстра;

$\sum P_i$ – явочне число робітників ділянки, що виконують різні операції при роботі в одну зміну.

Можливе число операцій на кожному верстаті при їх умовному коефіцієнті завантаження $\eta_n = 0,8$ знаходиться за формулою:

$$P_{oi} = \frac{13182 \cdot \eta_{з.н.}}{T_{шт.к.} \cdot N}, \quad (3.7)$$

$$P_{o1} = \frac{13182 \cdot 0,8}{10,5 \cdot 145} = 8,$$

$$P_{o2} = \frac{13182 \cdot 0,8}{22,4 \cdot 145} = 6.$$

Загальне число операцій виконуваних на дільниці протягом одного місяця складає:

$$\sum P_{oi} = 8 + 6 = 14.$$

Кількість робітників, що обслуговують кожен верстат окремо визначається за формулою:

$$p = 0,96 \cdot \eta_{з.н.} \quad (3.8)$$

$$p = 0,96 \cdot 0,8 = 0,77.$$

Явочне число робітників на дільниці складає:

$$\sum P_i = 2 \cdot 0,77 = 1,54.$$

Таким чином коефіцієнт закріплення операцій складає:

$$K_{з.о.} = \frac{14}{1,54} \approx 10.$$

З визначеного коефіцієнта закріплення операцій виходить, що підприємство середньосерійне.

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

Діючий заводський технологічний процес занесемо у таблицю 2.4

Головною задачею КМР є вдосконалення діючого заводського технологічного процесу для підвищення його ефективності у виробництві. Проаналізувавши існуючий технологічний процес робимо висновок, що для виконання мети КМР необхідно його змінити на найбільш ефективний. Основні зміни полягають у тому, що відбуваються заміна верстатів на більш продуктивні для даної механічної обробки – верстати з ЧПК. В даному випадку, горизонтально-розточний верстат 2В622Ф13 та радіально-свердильний 2А554 замінюється на один горизонтально-фрезерний верстат з ЧПК Haas EC-400. При заміні верстатів зменшується кількість операцій, що припадають на слюсарну, що зменшує час обробки та підвищує якість оброблюваних поверхонь. Даний шлях вдосконалення обґрунтовується тим, що застосування верстатів з ЧПК призводить

					КНУ.КМР.131.25.1-01.03.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

до скорочення часу на виготовлення деталі, дає можливість виконання великої кількості операцій на одному верстаті (принцип концентрації операцій), а також підвищує якість оброблюваних поверхонь.

Таблиця 3.4 – Типовий маршрут обробки деталі корпус

№ операції	Найменування операції	№ оброблюваної поверхні	№ базуємої поверхні	Тип, модель верстата
005	Вертикально-фрезерна Установ А	1	11, 10	Вертикально-фрезерний мод. 6A12P
	Установ Б	2	1, 10	
010	Вертикально-фрезерна	3, 10, 12, 13	1, 10	Вертикально-фрезерний мод. 6A12P
015	Вертикально-свердлувальна	4	1, 10	Вертикально-свердлувальний мод. 2H118
020	Вертикально-свердлувальна	4	1, 10	Вертикально-свердлувальний мод. 2H118
025	Слюсарно-складальна			
030	Вертикально-фрезерна	6,7		Вертикально-фрезерний мод. 6A12P
035	Горизонтально-розточувальна	9		
040	Радіально-свердлувальна	5, 8		
045	Слюсарно-складальна			

3.2 Проектування технологічного процесу обробки деталі

3.2.1 Вибір, техніко-економічне обґрунтування та проектування заготовок

Перелік заводської технічної документації має у своєму складі креслення заготовки і всі необхідні елементи, тому не виникає потреби в її проектуванні. Способом отримання заготовки є лиття в піщано-глиняні форми, спосіб формовки вручну в парних опоках. Маса деталі 4,5 кг, маса відливки 6,5 кг. Матеріал деталі – СЧ 15 ДСТУ 8833:2019. Виробництво дрібносерійне.

Деталь проста за конструкцією. У неї не всі поверхні механічно оброблюються. Згідно креслення клас точності розмірів і мас 11т. Ступінь короблення заготовки 5. Допуск маси відливки не більше 8%.

Отримання заготовки литтям в піщано-глиняні форми це не єдиний спосіб також можливе використання лиття в оболонкові форми, отже ми проводимо

					КНУ.КМР.131.25.1-01.03.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

техніко-економічне обґрунтування вибору заготовки. Розрахунки ведемо автоматизованим методом.

Приведені затрати по деталі при литті в пісчано-глинясті форми, грн

$$3 = A + 3_0 + E_n * 3_k + O_3$$

10119	=	10116	+	1,795	+	0,15	*	4,888	+	0,707
-------	---	-------	---	-------	---	------	---	-------	---	-------

A - вартість заготовки:

$$A = M * C * K_n * K_c * K_{оп} - (Q - q) * Ц$$

10116	=	6,5	*	2000	*	0,92	*	0,82	*	1,06	-	(6,5 - 4,5) * 140
-------	---	-----	---	------	---	------	---	------	---	------	---	-------------------

M - маса заготовки, кг

C - вихідна оптова ціна 1кг заготовки, грн

K_n, K_c, K_{оп} - коефіцієнт, який враховує відповідно:

* групу складності заготовки

* обсяг виробництва заготовок (група серійності)

* масу заготовки

q - чиста маса деталі, кг

Ц - ціна 1т відходів, грн

3₀ - зарплата по операціям механічної обробки, які відрізняються, грн:

$$3_0 = \frac{9,92 * 4,5 * 1,4 * 1,08 * 1,14 * 1,4}{60}$$

1,795

T_{шт} - норма штучно-калькуляційного часу на операцію, яка відрізняється, хв

C_p - часова тарифна ставка розряду роботи, грн

K₁, K₂, K₃, K₄ - коефіцієнти, які враховують відповідно:

* преміальні доплати станочників (K₁ = 1,4)

* додаткову заплату (K₂ = 1,08)

* відрахування на соціальне страхування (K₃ = 1,4)

* зарплату наладчиків верстатів (K₄ = 1,4)

O₃ - поточні затрати по експлуатації верстата, грн:

$$O_3 = \frac{5 * 9,92}{60 * 1,17}$$

0,707

C₁ - годинні поточні затрати по експлуатації верстата, грн

K₅ - коефіцієнт виконання норм (K₅ = 1,17)

E_n - нормативний коефіцієнт ефективності (E_n = 0,15)

3_k - питомі капітальні затрати на операцію, грн

$$3_k = \frac{4500 * 8033 * 9,92}{60 * \Phi * \eta_B}$$

4,888	=	4055	*	0,105
-------	---	------	---	-------

					КНУ.КМР.131.25.1-01.03.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

Б - балансова вартість верстата, грн

$K_{ц}$ - вартість площі цеха, грн

$$K_{ц} = П * \varphi * \gamma$$

8033	595	2,7	5
------	-----	-----	---

П - вартість 1м² площі механічного цеха, грн

φ - габаритні розміри верстата (Д*Ш), м²

γ - коефіцієнт, який враховує додаткову площу

Φ - річний фонд часу роботи верстата, годин

η_v - коефіцієнт використання верстата:

$$\eta_v = \frac{9,92 * 3000}{60 * \Phi * K_5 * m}$$

0,105	4055	1,17	1
-------	------	------	---

В - річна програма випуску деталей, шт

$$\varphi = 2,6 * 1,02$$

Приведені затрати по деталі при литті в кокіль, грн

$$З = А + З_о + E_n * З_k + O_3$$

16011	16008	1,795	0,15	4,888	0,707
-------	-------	-------	------	-------	-------

де А - вартість заготовки:

$$А = М * С * K_n * K_c * K_{оп} - (Q - q) * Ц$$

16008	6,5	2920	0,92	0,88	1,06	6,5	4,5	140
-------	-----	------	------	------	------	-----	-----	-----

3.2.2 Вибір і обґрунтування баз

Основними конструкторськими базами корпусу редуктора, що визначають його положення у вузлі, є поверхні 1 та 14 згідно рис. 3.2.

Допоміжними конструктивними базами деталі, які визначають положення приєднувальних до неї деталей, є поверхні 3, 5, 8, 11.

Технологічними базами, що визначають положення деталі при механічній обробці є поверхні 1 і 14. На першій фрезерній операції (підготовка баз) у ролі технологічної бази також будуть виступати поверхні 2 і 17. Головною задачею першої операції є підготовка технологічних баз для подальшої обробки, тому на цій операції корпус буде базуватись згідно рисунку 3.3. В даному випадку установчою базою буде плоска поверхня 10, направляючою – поверхня 17, а установочною – поверхня 2 (фрезерування поверхні 1 і обробка поверхонь 12, 14).

Схема базування, яка використовується при обробці всіх інших поверхонь зображена на рисунку 3.4. Установчою базою, в даному випадку є плоска поверхня 1, яка позбавляє деталь трьох ступенів свободи, направляючою базою є один з отворів 14 (подвійна направляюча), яка позбавляє деталь двох ступенів свободи, а установочною базою виступає інший отвір 14 – позбавляє деталь одного ступеня свободи.

					КНУ.КМР.131.25.1-01.03.ТПВВ				Арк.
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата					

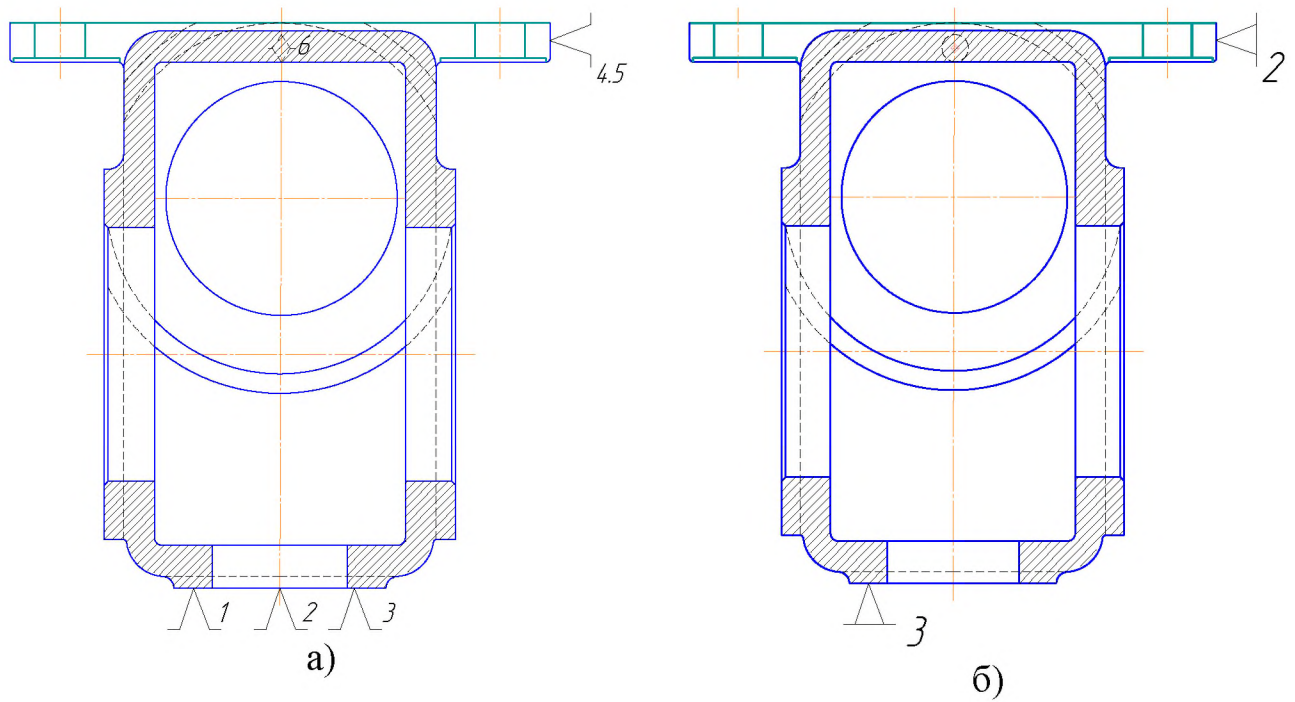


Рисунок 3.2 – Схема базування корпусу на першій операції:
а) теоретична; б) умовна

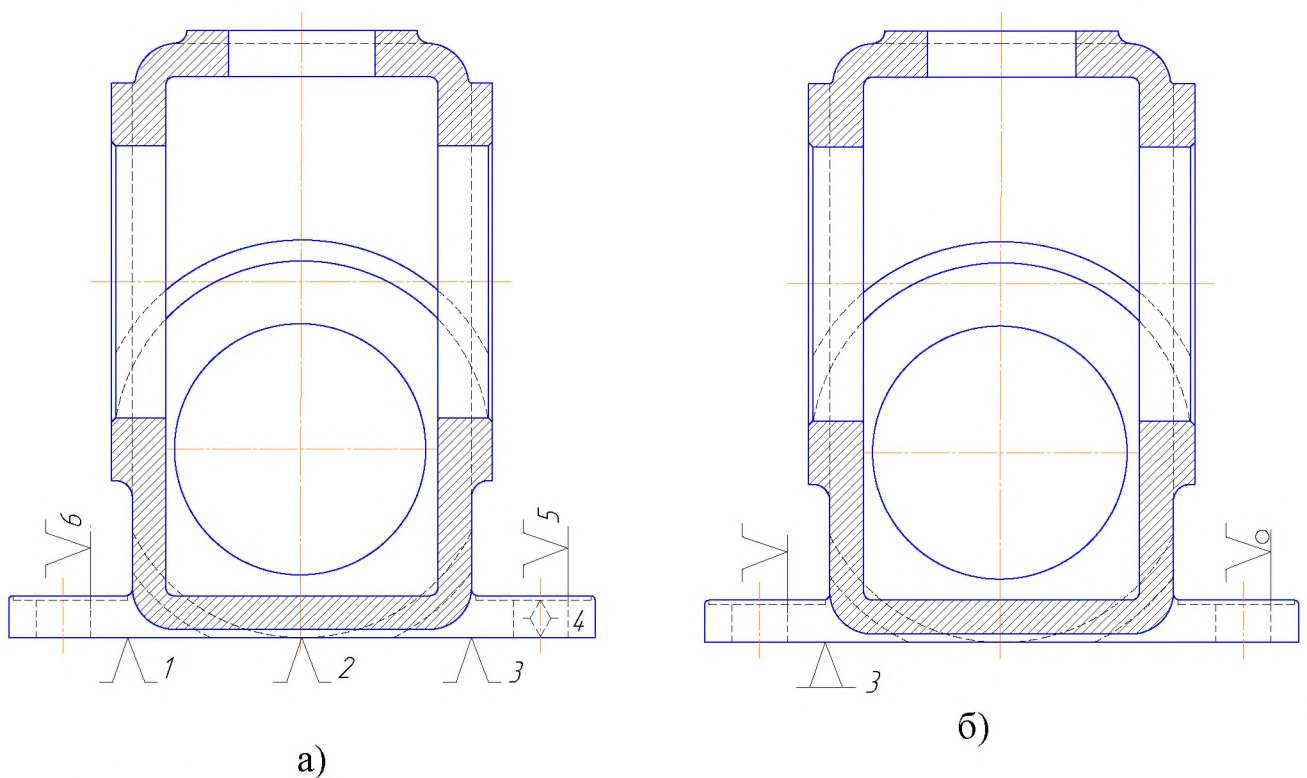


Рисунок 3.3 – Схема базування корпусу: а) теоретична; б) умовна

Проаналізувавши схему базування корпусу можна зробити висновок, що принцип єдності баз, у даному випадку, витримується. На відміну, принцип сталості баз не витримується, тому що при обробці виникає потреба у переустановці деталі.

					КНУ.КМР.131.25.1-01.03.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

3.2.3 Вибір і обґрунтування послідовності обробки поверхонь

Згідно пронумерованих поверхонь на рис. 3.1 розроблюємо послідовність обробки найбільш точних поверхонь корпусу. Всі дані зводимо в таблицю 3.5.

Таблиця 3.5 – Вибір і обґрунтування послідовності обробки поверхонь

№ пов., розмір	Найменування переходів	Шорсткість, Ra	Точність IT	Допуск, T	Припуск t	Між- операційний розмір з допуском
2, Ø90H7	1. Заготовка 2. Розточування чорнове 3. Розточування напівчистове	Rz320 12,5 6,3	17 9 7	3,5 0,087 0,035	5 3,5 1,5	Ø95±1,75 Ø93,5 ^{+0,087} Ø90 ^{+0,035}
3, Ø60H7	1. Заготовка 2. Розточування чорнове 3. Розточування напівчистове 4. Розточування чистове	Rz320 12,5 6,3 2,5	17 11 8 7	3 0,19 0,046 0,030	5 2,5 1,5 1	Ø55±1,5 Ø57,5 ^{+0,19} Ø58,5 ^{+0,046} Ø60 ^{+0,030}
7, Ø95H7	1. Заготовка 2. Розточування чорнове 3. Розточування напівчистове	Rz320 12,5 6,3	17 9 7	3,5 0,087 0,035	5 3,5 1,5	Ø100±1,75 Ø98,5 ^{+0,087} Ø95 ^{+0,035}
8, Ø65H7	1. Заготовка 2. Розточування чорнове 3. Розточування напівчистове 4. Розточування чистове	Rz320 12,5 6,3 2,5	17 11 8 7	3 0,19 0,046 0,030	5 2,5 1,5 1	Ø60±1,5 Ø62,5 ^{+0,19} Ø63,5 ^{+0,046} Ø65 ^{+0,030}

3.2.4 Розробка маршруту обробки деталі

Згідно базового технологічного процесу і вказаних шляхів його вдосконалення розроблюємо маршрут обробки корпусу редуктора і заносимо в таблицю 3.6.

Таблиця 3.6 – Розробка маршруту обробки деталі

№ операції	Найменування операції	№ оброблюваної поверхні	№ базуємої поверхні	Тип, модель верстата
1	2	3	4	5
005	Фрезерна з ЧПК Установ А Установ Б	1, 14, 13 10, 15, 16	10, 2, 17 1, 14	Горизонтально- фрезерний верстат з ЧПК Haas EC-400
010	Багатоцільова з ЧПК	2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12	1, 14	
015	Слюсарна – нарізання різьби мітчиком	16	1, 14	Вручну

					КНУ.КМР.131.25.1-01.03.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.2.5 Розрахунок міжопераційних розмірів і припусків на обробку

3.2.5.1 Аналітичний розрахунок припусків на зовнішню циліндричну поверхню

Проводимо розрахунок припусків на технологічні переходи механічної обробки отвору Ø60H7 автоматизованим методом. Вхідними даними на розрахунок припусків є :

- якість поверхні, яка вибирається для заготовки з табл. 6, стор. 182 [4], для механічної обробки з табл. 10, стор. 185 [4];
- просторове відхилення отвору визначаємо, згідно приведеним значенням величин у самій програмі;
- похибку установки корпуса визначаємо в залежності від способу установки його на верстаті за табл. 13 стор. 42 та табл. 14 стор. 43 [4].

Вводимо в програму вхідні данні і отримуємо результати розрахунку у вигляді таблиці 3.7.

Таблиця 3.7 – Розрахунок припусків і граничних розмірів по технологічним переходам на обробку отвору корпуса Ø60H7

Маршрут обробки поверхні	Елементи припуску				Розрахункові величини	Допуск на виконання розміру T , мкм	Прийняті (округлені) розміри заготівлі на переходах, мкм		Граничний припуск, мкм	
	Rz	h	Δ_Σ	ε	припуски z_i , мкм		найбільші	найменші	z_{max}	z_{min}
Відливка	500		1,6155	–	–	5	57,6	52,6	–	–
Розточування чорнове	40	50	0,0969	0,05	1,00326	3,5	59,6	56,1	3500	2000
Розточування напівчистове	20	20	0,0048	0,015	0,18324	1,5	60	58,5	2500	400
Разом									5900	2400

Робимо перевірку розрахунків за формулою:

$$z_{0max} - z_{0min} = T_z - T_\partial, \quad (3.9)$$

$$z_{0max} - z_{0min} = 5,9 - 2,4 = 3,5 \text{ мм},$$

$$T_z - T_\partial = 5 - 1,5 = 3,5 \text{ мм}.$$

Розрахунки виконані вірно.

3.2.5.2 Розрахунок лінійних розмірних ланцюгів

Розроблюємо послідовну обробку торців і зводимо її в таблицю 3.8.

У результаті розрахунку технологічних розмірних ланцюгів необхідно уточнити припуски на технологічні переходи, виходячи із загального припуску на заготовку і визначити оптимальну точність наладки інструментів на розмір. Розрахунок ведеться по методу max–min, починаючи з першого розмірного ланцюга (зверху вниз).

					КНУ.КМР.131.25.1-01.03.ТПВВ					Арк.
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата						

Таблиця 3.8 – Послідовність обробки торцевих поверхонь

Позначення поверхні	Послідовність обробки поверхонь	Номинальний розмір	Шорсткість Ra	Точність IT	Допуск T	Припуск t	Позначення припуску, Z_i
7, $\varnothing 95H7$	1. Заготовка	95	Rz 320	17	3,5	5	
	2. Розточування чорнове	S_1	12,5	9	0,087	3,5	Z_1
	3. Розточування напівчистове	S_2	6,3	7	0,035	1,5	Z_2
7, $\varnothing 95H7$	1. Заготовка	95	Rz 320	17	3,5	5	
	2. Розточування чорнове	S_3	12,5	9	0,087	3,5	Z_3
	3. Розточування напівчистове	S_4	6,3	7	0,035	1,5	Z_4

Будуємо розмірну схему технологічного процесу обробки корпусу (рис. 3.4).

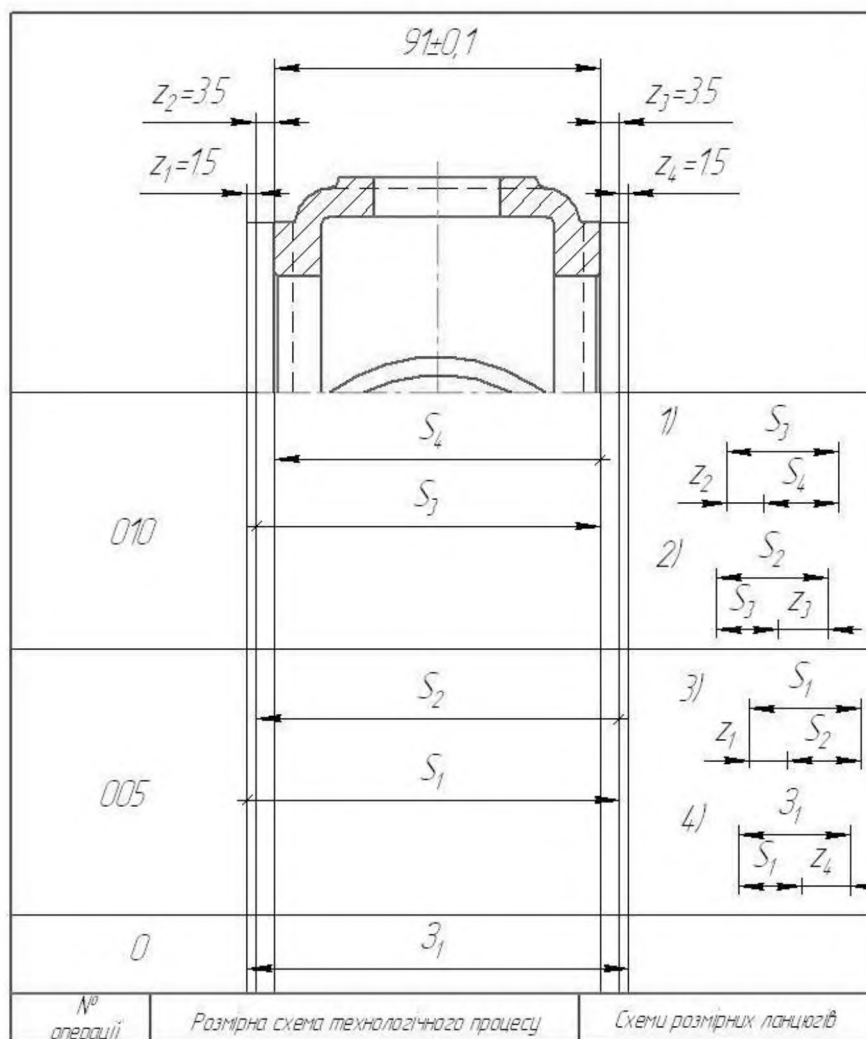


Рисунок 3.4 – Побудова розмірної схеми технологічного процесу обробки деталі

Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата	КНУ.КМР.131.25.1-01.03.ТПВВ	Арк.
------	------	----------	--------	------	-----------------------------	------

Таблиця 3.8 – Розрахунок припусків на обробку

№ ланцюга	Вихідні дані	Рівняння розмірного ланцюга, номінальні значення	Допуск, розміру Т, мм	Міжопераційний розмір з допуском	Уточнені значення припуску
1	$S_3 = S_4 + Z_2$	$S_4 = 91 \pm 0,1$ $Z_2 = 3,5$	$S_3 = 91 + 3,5 = 94,5$	$IT9 = 0,087$	$S_3 = 94,5 \pm 0,0435$
2	$S_2 = S_3 + Z_3$	$S_3 = 94,5 \pm 0,043$, $Z_3 = 3,5$	$S_2 = 94,5 + 3,5 = 98$	$IT7 = 0,035$	$S_2 = 98 \pm 0,0175$
3	$S_1 = S_2 + Z_1$	$S_2 = 98 \pm 0,0175$, $Z_1 = 1,5$	$S_1 = 98 + 1,5 = 99,5$	$IT9 = 0,087$	$S_1 = 99,5 \pm 0,0435$
4	$Z_1 = S_1 + Z_4$	$S_1 = 99,5 \pm 0,0435$, $Z_4 = 1,5$	$Z_1 = 99,5 + 1,5 = 101$	$IT17 = 3,5$	$Z_1 = 101 \pm 1,75$

3.2.6 Розрахунок і вибір режимів різання, нормування технологічних операцій

Розраховуємо режими різання на токарну операцію для розточування поверхні 3.

Вибір глибини різання

Для чорнової стадії обробки глибина різання $t_1 = 2,5$ мм Для напівчистої стадії обробки глибина різання становить $t_2 = 1,5$ мм, для чистої стадії обробки глибина різання $t_3 = 1$ мм

Вибір інструмента

Приймаємо різець із діаметром перетину $d = 25$ мм і вильотом $l = 220$ мм.

Відповідно до рекомендацій додатка 1 обробку робимо пластинами із твердого сплаву: Т15К6 для чорнової й напівчистої стадіях і ТН20 на чистовій стадії.

По додатку 6 [6] вибираємо твердосплавну пластину ромбічної форми; спосіб кріплення пластини – двуплечим прихватом.

Для обробки приймаємо кути в плані $\varphi = 95^\circ$, $\varphi_1 = 5^\circ$

Геометричні параметри ріжучої частини інструмента вибираємо з додатка 8 [6]. Для чорнової й напівчистої стадій:

$\alpha = 6^\circ$ – задній кут;

$\gamma = 10^\circ$ – передній кут;

$f = 0,5$ – ширина фаски ріжучої кромки, мм (форма передньої поверхні різця плоска з фаскою):

$\rho = 0,025$ – радіус округлення ріжучої кромки, мм;

$r_b = 1$ – радіус вершини різця, мм.

Для чистої стадії:

$\alpha = 8^\circ$ – задній кут;

$\gamma = 15^\circ$ – передній кут;

					КНУ.КМР.131.25.1-01.03.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

$f = 0,3$ – ширина фаски ріжучої кромки, мм (форма передньої поверхні різця плоска з фаскою):

$\rho = 0,25$ – радіус округлення ріжучої кромки, мм;

$r_b = 0,8$ – радіус вершини різця, мм.

Нормативний період стійкості приймаємо $T=30$ хв (додаток 13 [6]).

Вибір подачі

На чорновій стадії обробки подачу вибираємо по карті 10 [6]. При глибині різання $t_1 = 2,5$ мм і діаметрі різця 25 мм подача становить $S_0 = 0,40$ мм/об. На напівчистовій стадії обробки подачу вибираємо по карті 6 [6]. При глибині різання $t_2 = 1,5$ мм – подача $S_0 = 0,12$ мм/об. На чистовій стадії обробки значення подачі визначаємо по карті 7. Для глибини різання $t_3 = 1$ подача становить $S_0 = 0,02$ мм/об. Обрані значення подач на чорнову й напівчистовому стадіях коректуємо з урахуванням поправочних коефіцієнтів, які вибираємо по карті 11 [6] для змінених умов залежно від:

інструментального матеріалу $K_{Su} = 1$;

стану поверхні заготовки $K_{Sn} = 1$;

способу кріплення пластини $K_{Sp} = 1,05$;

діаметра деталі $K_{Sd} = 0,62$;

геометричних параметрів різця $K_{S\phi} = 1$;

механічних властивостей оброблюваного матеріалу $K_{SM} = 1$;

вильоту різця $K_{Sl} = 0,68$.

Остаточні значення подач визначаємо по формулі [6, стор. 30]

$$S_0 = S_{0T} K_{Su} K_{Sn} K_{Sp} K_{Sd} K_{S\phi} K_{SM} K_{Sl} \quad (3.10)$$

Подача на чорновій стадії обробки

$$S_0 = 0,40 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,05 \cdot 0,62 \cdot 1 \cdot 0,68 = 0,18 \text{ мм/об.}$$

Подача на напівчистовій стадії обробки

$$S_0 = 0,12 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,05 \cdot 0,62 \cdot 1 \cdot 0,68 = 0,06 \text{ мм/об.}$$

Прийняте значення подачі на чорновій стадії обробки перевіряємо по осьовій P_x і радіальній P_y складовим сили різання, які припустимі міцністю механізму подач.

Табличні значення складових сил різання при обробці поверхні із глибиною різання $t_1 = 2,5$ мм і подачею $S_0 = 0,18$ мм/об визначаємо по карті 32 [6]: $P_{xT} = 750$ Н, $P_{yT} = 150$ Н. По карті 33 [6] визначаємо поправочні коефіцієнти на сили різання для змінених умов залежно від:

механічних властивостей оброблюваного матеріалу $K_{PxM} = K_{PyM} = 1$;

головного кута в плані $K_{Px\phi} = K_{Py\phi} = 1$;

переднього кута $K_{Px\gamma} = K_{Py\gamma} = 0,9$;

кута нахилу кромки $K_{Px\lambda} = K_{Py\lambda} = 1$.

Значення складових зусилля різання P_x , P_y визначаємо по формулах:

					КНУ.КМР.131.25.1-01.03.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

$$P_x = P_{Xm} K_{PxM} K_{Px\phi} K_{Px\gamma} K_{Px\lambda}, \quad (3.11)$$

$$P_y = P_{Ym} K_{PyM} K_{Py\phi} K_{Py\gamma} K_{Py\lambda} \quad (3.12)$$

З урахуванням поправочних коефіцієнтів сили різання приймаємо наступні значення:

$$P_x = 750 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 1 = 675 \text{ Н},$$

$$P_y = 150 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 1 = 135 \text{ Н}.$$

Розраховані значення складових зусилля різання менше припустимих механізмом подач верстата у відповідному напрямку $[P_x]_{\text{ст}} = 3000 \text{ Н}$, $[P_y]_{\text{ст}} = 5000 \text{ Н}$.

По карті 14 [6] визначаємо поправочні коефіцієнти на подачу чистової стадії обробки для змінених умов залежно від:

механічних властивостей оброблюваного матеріалу $K_{SM} = 1$;

вильоту різця $K_{Sl} = 0,68$;

радіуса вершини різця $K_{Sr} = 0,85$;

квалітету оброблюваної деталі на чистовій стадії $K_{Sk} = 0,85$;

діаметра деталі $K_{Sd} = 0,62$.

Значення подач для чистової стадії обробки визначаємо по формулі

$$S_o = S_{oT} K_{SM} K_{Sl} K_{Sr} K_{Sk} K_{Sd}. \quad (3.13)$$

$$S_0 = 0,02 \cdot 1 \cdot 0,68 \cdot 0,85 \cdot 0,62 \cdot 0,85 = 0,006 \text{ мм/об.}$$

Вибір швидкості різання

Швидкість різання на чорновій і напівчистовій стадіях обробки вибираємо по карті 21. Чорновій і напівчистовій стадіям обробки відповідає швидкість різання $V_T = 241 \text{ м/хв.}$ Так само по карті 21 вибирають поправочні коефіцієнт залежно від інструментального матеріалу $K_{Vu} = 1$.

По карті 23 вибираємо поправочні коефіцієнти на швидкість різання чорнової й напівчистової стадій обробки для змінених умов залежно від:

групи оброблюваності матеріалу $K_{Vc} = 1$;

виду обробки $K_{Vo} = 1$;

жорсткості верстата $K_{Vj} = 0,7$;

механічних властивостей оброблюваного матеріалу $K_{Vm} = 1$;

геометричних параметрів різця $K_{V\phi} = 1$;

періоду стійкості ($T=30 \text{ хв}$) ріжучої частини $K_{Vt} = 1$;

наявності охолодження $K_{V\kappa} = 1$.

Значення швидкості для чорнової й напівчистової стадій обробки визначаємо по формулі

$$V = V_T K_{Vu} K_{Vc} K_{Vo} K_{Vj} K_{Vm} K_{V\phi} K_{Vt} K_{V\kappa}. \quad (3.14)$$

З урахуванням поправочних коефіцієнтів швидкість на чорновій і напівчистовій стадіях

					КНУ.КМР.131.25.1-01.03.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

$$V = 241 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,7 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 168,7 \text{ м/хв}$$

Швидкість різання на чистовій стадії обробки вибираємо по карті 22 [6] і вона становить $V_T = 438 \text{ м/хв}$. У цій же карті швидкість різання коректуємо з урахуванням інструментального матеріалу $K_{Vu} = 0,6$.

Коефіцієнти на швидкість різання чистової стадії обробки для змінених умов вибираємо аналогічно чорновій і напівчистовій стадіям обробки по карті 23.

Скоректована швидкість різання становить

$$V = 438 \cdot 0,6 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,7 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 165,5 \text{ м/хв}$$

Частоту обертання шпинделя визначаємо по формулі

$$n = \frac{1000V}{\pi D} \quad (3.15)$$

На чорновій стадії обробки

$$n = \frac{1000 \cdot 168,7}{3,14 \cdot 57,5} = 934 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо частоту обертання $n_\phi = 1000 \text{ об/хв.}$

На напівчистовій стадії обробки

$$n = \frac{1000 \cdot 168,7}{3,14 \cdot 58,5} = 918 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо частоту обертання $n_\phi = 1000 \text{ об/хв.}$

На чистовій стадії обробки

$$n = \frac{1000 \cdot 165,5}{3,14 \cdot 60} = 878 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо частоту обертання $n_\phi = 800 \text{ об/хв.}$

Розраховуємо фактичну швидкість:

для чорнової стадії обробки

$$V_\phi = \frac{3,14 \cdot 58,5 \cdot 1000}{1000} = 184 \text{ м/хв;}$$

для напівчистової стадії обробки

$$V_\phi = \frac{3,14 \cdot 57,5 \cdot 1000}{1000} = 180 \text{ м/хв;}$$

для чистової стадії обробки

$$V_\phi = \frac{3,14 \cdot 60 \cdot 800}{1000} = 150,7 \text{ м/хв.}$$

Для чистової стадії обробки робимо перевірку подачі по забезпеченню необхідної шорсткості. При обробці сталі в діапазоні швидкостей понад 100 м/хв різцем з радіусом вершини $r_b = 0,8 \text{ мм}$ по карті 25 рекомендується подача $S_o = 0,22 \text{ мм/об}$. Коректуючи подачу по шорсткості з урахуванням поправочних коефіцієнтів (карта 26) для змінених умов залежно від:

механічних властивостей оброблюваного матеріалу $K_{Sm} = 1$;

інструментального матеріалу $K_{Su} = 1$;

виду обробки $K_{So} = 1$;

наявності охолодження $K_{Sжс} = 1$;

					КНУ.КМР.131.25.1-01.03.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

одержимо

$$S_o = 0,22 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,22 \text{ мм/об.}$$

Подачі, розраховані для чистової стадії обробки не перевищують цього значення.

Перевірка обраних режимів різання по потужності привода головного руху

Для чорнової й напівчистової стадій обробки потужність різання визначаємо по карті 21 [6] аналогічно вибору швидкості й коректуємо залежно від твердості оброблюваного матеріалу $K_N = 1$ (карта 24 [6]).

Розрахунок потужності, необхідної для різання, робимо по формулі

$$N = N_T \cdot \frac{V_\phi}{V_T} \cdot K_N. \quad (3.16)$$

На чорновій стадії обробки $N_T = 3 \text{ кВт}$;

$$N = 3 \cdot 1 \cdot \frac{180}{241} = 2,2 \text{ кВт.}$$

На напівчистовій стадії обробки $N_T = 3 \text{ кВт}$;

$$N = 3 \cdot 1 \cdot \frac{184}{241} = 2,29 \text{ кВт.}$$

Визначення хвилинної подачі

Хвилинну подачу розраховуємо по формулі

$$S_M = S_o \cdot n_\phi \quad (3.17)$$

Для чорнової стадії обробки

$$S_M = 0,18 \cdot 1000 = 180 \text{ мм/хв.}$$

Для напівчистової стадії обробки

$$S_M = 0,06 \cdot 100 = 60 \text{ мм/хв.}$$

Для чистової стадії обробки

$$S_M = 0,06 \cdot 800 = 48 \text{ мм/хв.}$$

Визначення часу циклу автоматичної роботи верстата по програмі

Для верстата 6902ПМФ2, на якому виробляється обробка деталі, час фіксації револьверної головки $t_{u\phi} = 2,5 \text{ с}$ і час повороту револьверної головки на одну позицію $t_{un} = 1,5 \text{ с}$.

Автоматична робота верстата визначається по формулі

$$T_{ц.а.} = \sum T_o + \sum T_{мд} \quad (3.18)$$

де T_o – основний час, що визначається по формулі

$$T_{oi} = \frac{L_i}{S_M} \quad (3.19)$$

$T_{мд}$ – машинодопоміжний час, що визначається по формулі

$$T_{мд} = \frac{L}{S_{Mx-x}}, \quad (3.20)$$

де S_{Mx-x} – хвилинний час холостого ходу (2500 мм/хв)

$$T_o = \frac{45}{180} + \frac{45}{60} + \frac{45}{4,8} = 10,375 \text{ хв.}$$

					КНУ.КМР.131.25.1-01.03.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		

$$T_{mo} = \frac{3 \cdot 45 + 2 \cdot 70}{2500} = 0,11 \text{ хв.}$$

Тоді

$$T_{ц.а.} = 10,375 + 0,11 = 10,485 \text{ хв.}$$

Визначення норми штучного часу

Норми штучного часу визначаємо по формулі

$$T_{шт} = (T_{ц.а.} + T_{\epsilon}) \cdot \left(1 + \frac{a_{тех} + a_{орг} + a_{отл}}{100} \right). \quad (3.21)$$

Допоміжний час T_{ϵ} визначається по формулі

$$T_{\epsilon} = T_{уст} + T_{в.он} + T_{из}. \quad (3.22)$$

Допоміжний час на установку й зняття деталі $T_{уст} = 0,4$ хв (карта 13 [6]).

Допоміжний час, пов'язаний з операцією $T_{в.он}$, містить у собі час на включення вимикання верстата, перевірку повернення інструмента в задане місце після обробки, установку й зняття щитка, що охороняє від забризкування емульсією (карта 14 Ч. 1 [6]):

$$T_{в.он} = 0,15 + 0,03 = 0,18 \text{ хв.}$$

Допоміжний час на контрольні виміри ($T_{из}$) містить час на вимір нутроміром: $T_{из} = 0,22$ хв.

Сумарний допоміжний час:

$$T_{\epsilon} = 0,4 + 0,18 + 0,22 = 0,8 \text{ хв.}$$

Час на організаційне й технічне обслуговування робочого місця, відпочинок й особисті потреби наведений у відсотках від оперативного часу (ч. I, карта 16 [6]): $a_{тех} + a_{орг} + a_{отл} = 8\%$

Остаточна норма штучного часу дорівнює

$$T_{шт} = (10,485 + 0,8) \cdot (1 + 0,08) = 12,2 \text{ хв.}$$

					КНУ.КМР.131.25.1-01.03.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

4 МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ ОПЕРАЦІЙ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

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

Проводимо розробку верстатно-інструментального налагодження для фрезерної операції з використанням сучасного горизонтально-фрезерного верстата з ЧПК Haas EC-400 (рис. 4.1).



Рисунок 4.1 – Горизонтально-фрезерний верстат з ЧПК Haas EC-400

Haas EC-400 – це горизонтальний обробний центр (НМС) з ЧПК від компанії Haas Automation, призначений для серійного виробництва, де важливі продуктивність, стабільність і здатність працювати в режимі «lights-out» (без нагляду). Має вбудований змінник палет – забезпечує швидку зміну заготовок, що підвищує ефективність виробничого циклу.

Вдосконалене відведення стружки: ремінчастий конвеєр розташований безпосередньо під шпинделем. Креслення й лиття станини були оптимізовані для підвищеної жорсткості.

Технічні характеристики верстата наведено у табл. 4.1, а робочі органи представлено на рис. 4.2.

					КНУ.КМР.131.25.1-01.04.МПОМО					
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата	Моделювання та програмування операцій механічної обробки			Літ.	Арк.	Аркцив
Розроб.		Базаєв								
Перевір.		Рязанцев								
Реценз.								Каф. ТМ, гр. ПМ-24м		
Н. контр.		Нечаєв								
Зав. каф.		Рязанцев								

Таблиця 4.1 – Технічні характеристики верстата Haas EC-400

№	Параметр	Значення
1	Контроль	ЧПК-система Haas
2	Переміщення по осям (X / Y / Z), мм	559 × 635 × 559
3	Максимальна швидкість шпинделя, об/хв	8100
4	Тип шпинделя	40-конус
5	Швидкість подачі, in/min	1 400
6	Максимальна вага заготовки на палеті. кг	400
7	Час обертання палети на 90° (індексування), сек	~ 3
8	Відведення стружки	Ремінчастий конвеєр під шпинделем
9	Магазин інструментів (АТС), шт.	30+1
10	Максимальний діаметр інструмента, мм	64
11	Максимальна довжина інструмента, мм	305
12	Потужність шпинделя, кВт	22,4
13	Вага, кг	7947

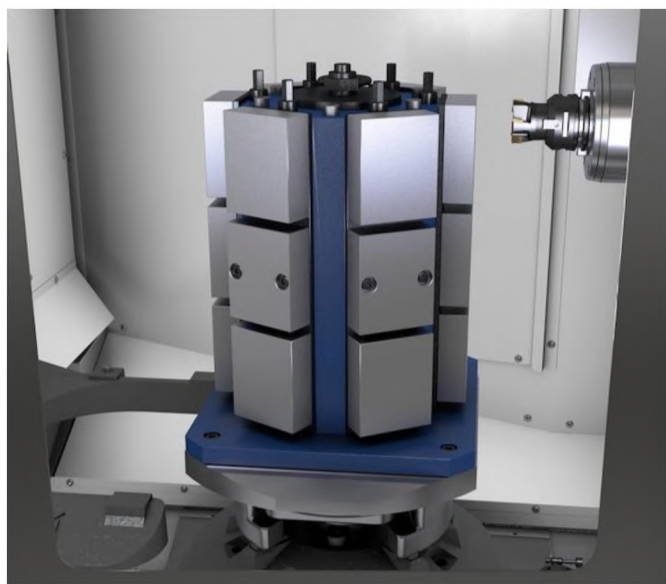


Рисунок 4.2 – Робочі органи верстата Haas EC-400

4.2 Візуалізація та перевірка керуючих програм

На горизонтально-фрезерному верстаті з ЧПК Haas EC-400 застосовується система керування Haas. Керуюча програма для операцій фрезерування та свердління створюється в програмному забезпеченні Autodesk FeatureCAM. У ході опрацювання вихідних даних та формування траєкторії руху інструмента було розроблено й перевірено керуючу програму. Послідовність етапів її розроблення в середовищі FeatureCAM наведено на рисунках 4.3-4.8. Різальний, допоміжний та вимірювальний інструмент було обрано в 3 розділі КМР.

					КНУ.КМР.131.25.1-01.04.МПОМО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

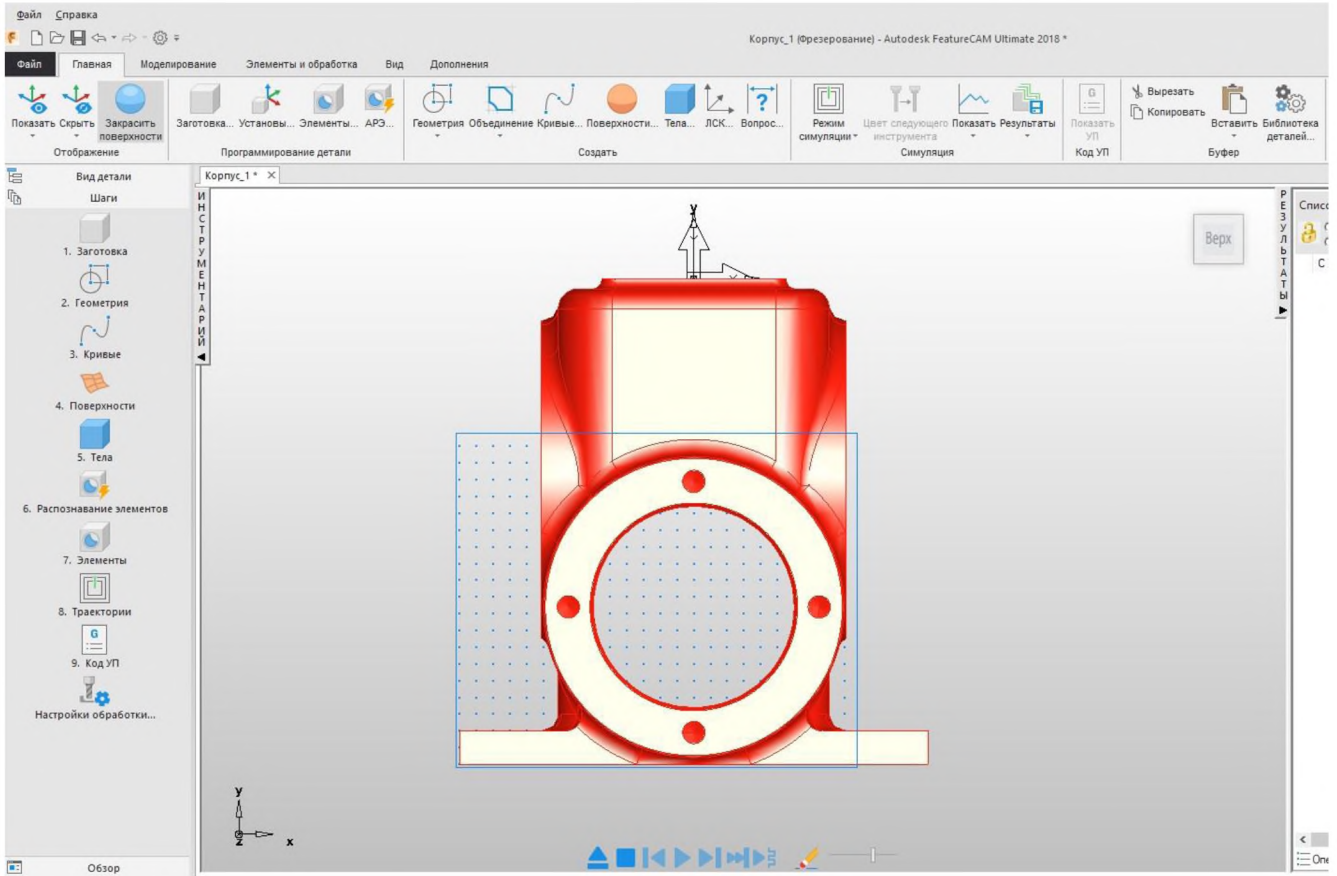


Рисунок 4.3 – Корпус редуктора ЦВ-40 у Autodesk FeatureCAM

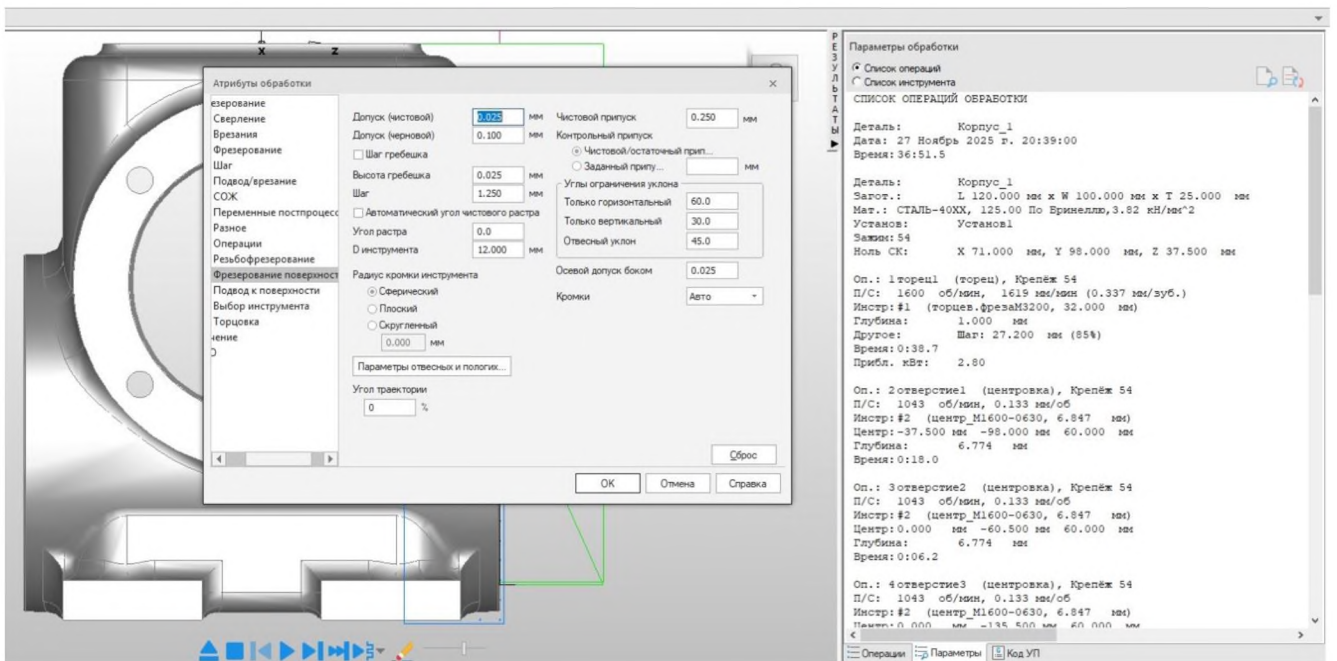


Рисунок 4.4 – Введення атрибутів обробки деталі «Корпус»

					КНУ.КМР.131.25.1-01.04.МПОМО	Арк.
ЗМН.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

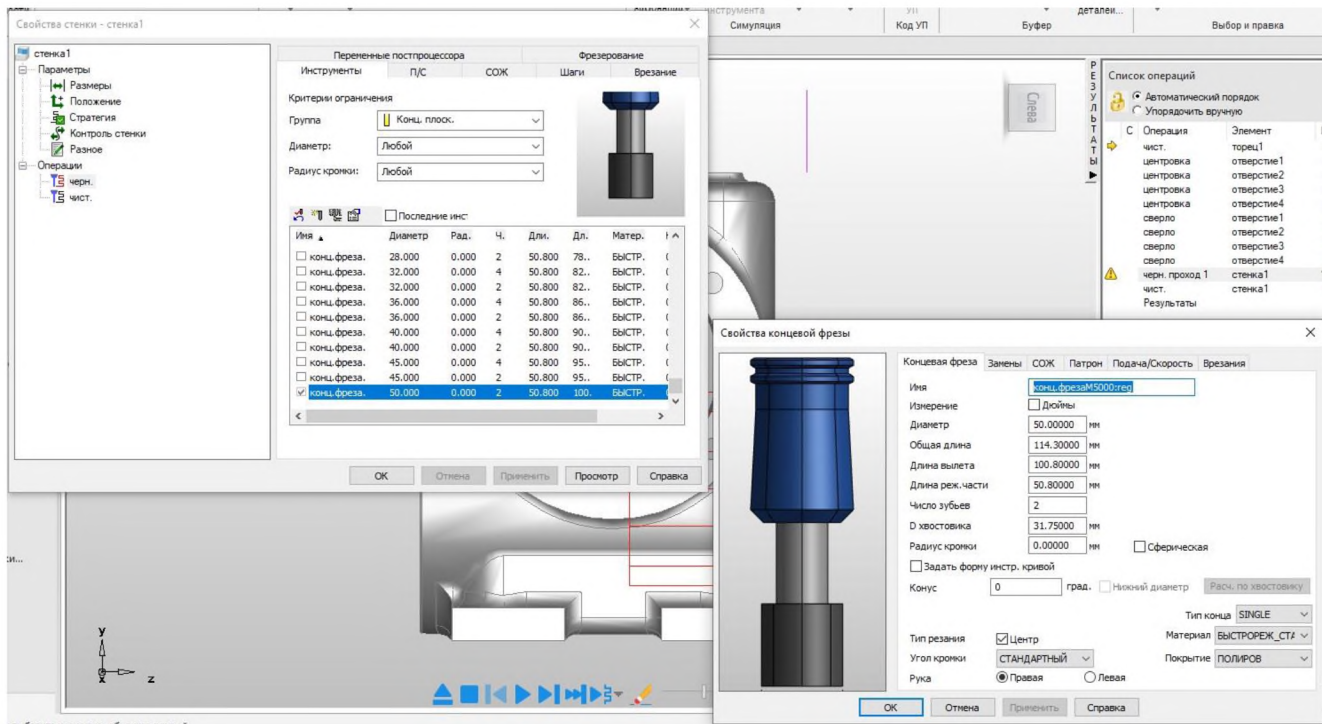


Рисунок 4.5 – Підбір різального інструменту для обробки

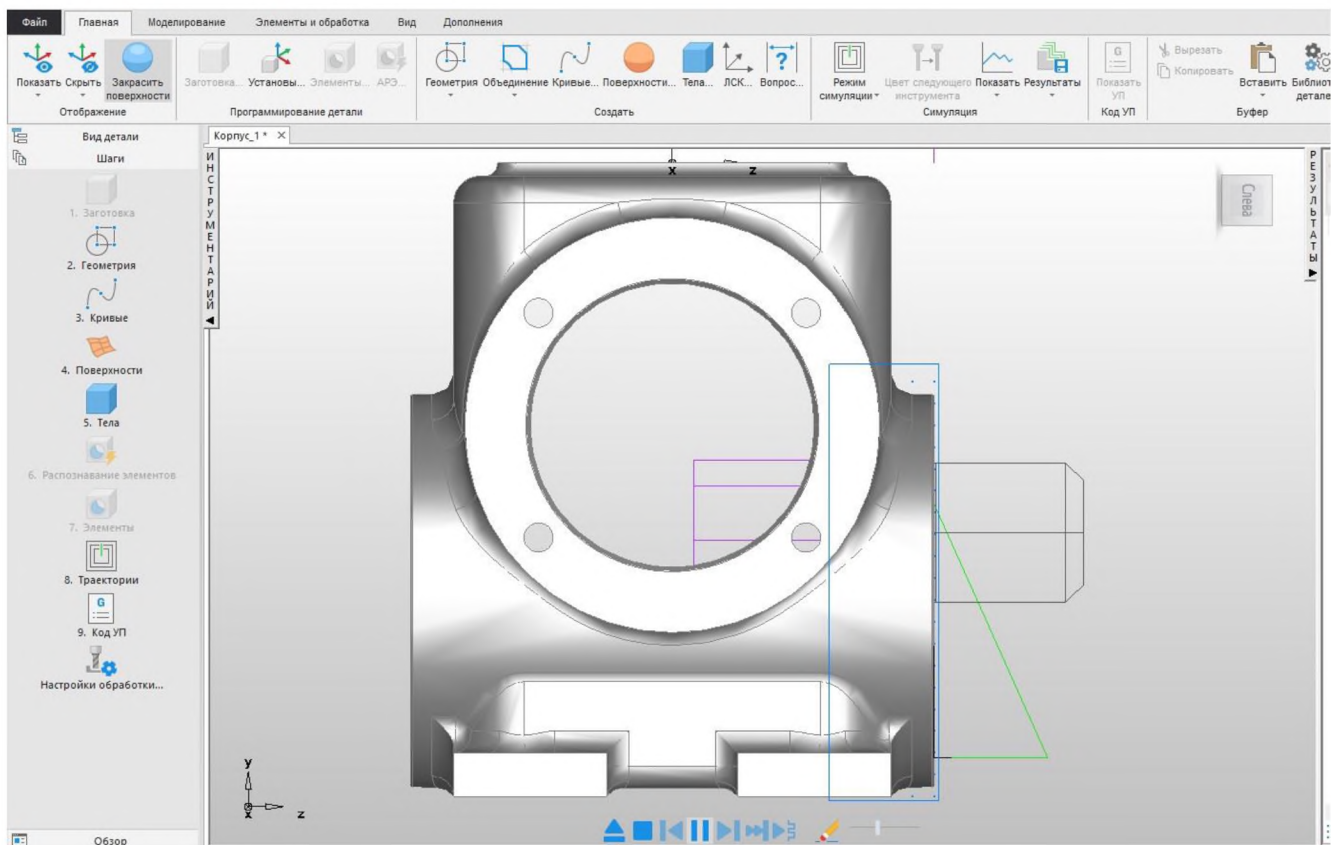


Рисунок 4.6 – Симуляція обробки – фрезерування

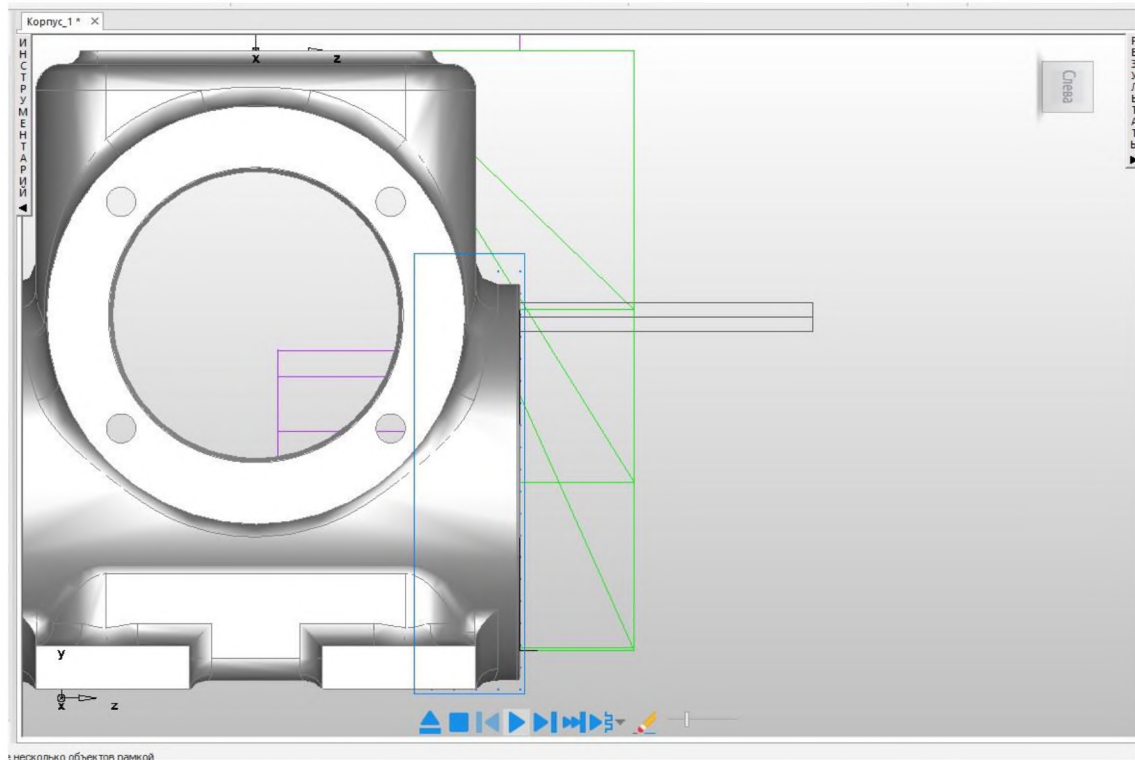


Рисунок 4.7 – Симуляція обробки – свердління

```

Код УП

%
O0001 - ( FEATURECAM - FANUC )
( КОРПУС_1 )
( УСТАНОВ1 - 27.11.2025 - 20:39:34 )
( ESTIMATED MACHINE TIME = 36:51.5 )
N35 G00 G20 G17 G40 G49 G80 G94
N40 G91 G28 Z0

N45 ( FACE FINISH ТОРЕЦ1 )
N50 T1 M6
N55 G00 G54 G90 X2.5591 Y-5.3622 S1600 M03
N60 G43 H1 Z3.3858 M08
N65 Z2.5197
N70 G01 Z2.3622 F63.7
N75 X-3.4252
N80 Y-4.3465
N85 X2.5591
N90 Y-3.3307
N95 X-3.4252
N100 Y-2.315
N105 X2.5591
N110 G00 Z3.3858
N115 M5
N120 G91 G28 Z0 M09
N125 G28 X0 Y0
N130 G49 G90
N135 M01

N140 ( SPOTDRILL ОТВЕРСТИЕ1 )
N145 T2 M06
N150 G94
N155 G00 G54 X-1.4764 Y-3.8583 S1043 M03
N160 G43 H2 Z3.3858 M08
N165 G81 G98 Z2.0955 R2.4803 F5.4
N170 G80
N175 X0. Y-2.3819
N180 G81 G98 Z2.0955 R2.4803 F5.4
N185 G80
N190 Y-5.3346
N195 G81 G98 Z2.0955 R2.4803 F5.4

```

Рисунок 4.8 – Результат симуляції обробки деталі – керуюча програма

					КНУ.КМР.131.25.1-01.04.МПОМО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5 ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОСНАЩЕННЯ

5.1 Проектування верстатного пристосування

Зубофрезерний пристрій призначений для рівномірного та одночасного закріплення одразу двох або більше заготовок зубчастих коліс при фрезеруванні зубчастих венців. Для затиску деталей в конструкції є пневмоциліндр вбудований в корпус 1. Для забезпечення подачі повітря в пневмоциліндр в конструкції передбачений трубопровід з гайкою 25, для точної установки деталей служить оправка 5, та шпонка 12.

Пристосування встановлюється на стіл зубофрезерного верстата, базується по зовнішньому діаметру втулки направляючої 14 і отворів у столі верстата, вивіряється по посадочному діаметру оправки 5 та закріплюється трьома болтами через пази плити 17. Затискання деталі здійснюється при подачі стислого повітря в штокову порожнину пневмоциліндру при цьому шток переміщається вниз і через бистроз'ємну шайбу затискає деталь.

В процесі обробки пристосування обертається спільно з столом верстата, а трубопровід з гайкою 25 залишається нерухомою, що запобігає намотування на пристосування гумових шлангів підводу повітря. Відтиснення деталі відбувається при подачі стислого повітря в без штокову порожнечу циліндра шток 8 переміщується вгору, повітря з штокової порожнечі через розподільний пристрій скидається в атмосферу.

Розрахунок пристосування на зубофрезерну операцію.

Деталь зубчате колесо $m = 3\text{мм}$; $z = 39$; довжина оброблюваної поверхні $L = 40\text{мм}$.

Верстат 5В312 – зубофрезерний.

Параметри столу: зовнішній діаметр 530мм; кількість і розташування пазів: 6 пазів, розташованих під кутом $60^\circ \pm 5'$; параметри паза показно на рис. 5.1.

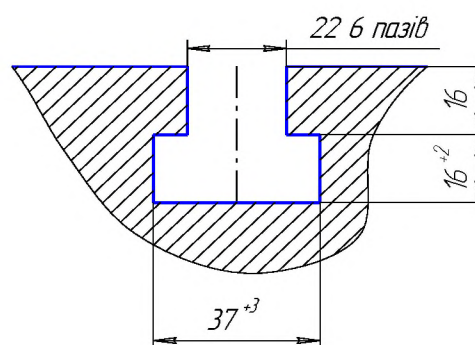


Рисунок 5.1 – Паз верстата 5В312

					КНУ.КМР.131.25.1-01.05.КПВ					
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата						
Розроб.		Базаєв			Конструкторська підготовка виробництва			Літ.	Арк.	Аркциф
Перевір.		Рязанцев								
Реценз.										
Н. контр.		Нечаєв								
Зав. каф.		Рязанцев								
					Каф. ТМ, гр. ПМ-24м					

Ріжучий інструмент – фреза черв'ячна

Модуль 3, точність 7.

Параметри фрези ДСТУ ГОСТ 9324:2006;

Черв'ячна фреза, клас – АА; $\varnothing = 90$; $z = 14$; $L = 90$ мм.

Технічне завдання.

Для комплексу із чотирьох деталей „зубчасте колесо” необхідно розробити верстатний механізований пристрій для обробки зубчастої поверхні $m = 3$, довжина оброблюваної поверхні $L = 40$ мм.

Розробляємо схему базування деталі:

Установна база – торцева поверхня, яка лишає деталь трьох точок вільності.

Напрямна база – внутрішня поверхня, яка лишає деталь двох точок вільності.

Опорна база шпоночний паз.

Вибираємо стандартні опорні елементи.

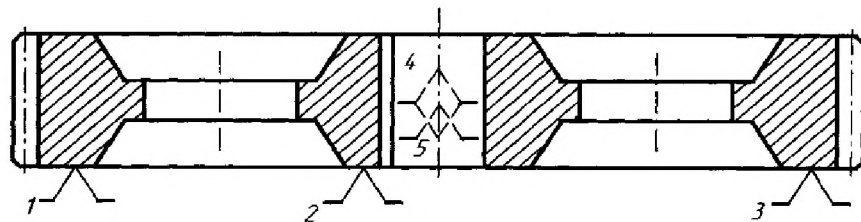


Рисунок 5.2. – Схема базування

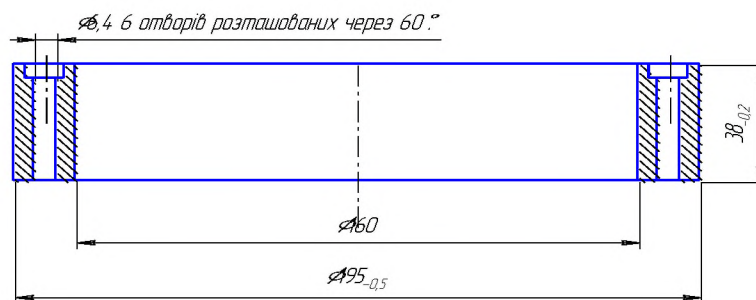


Рисунок 5.3– Опорне кільце

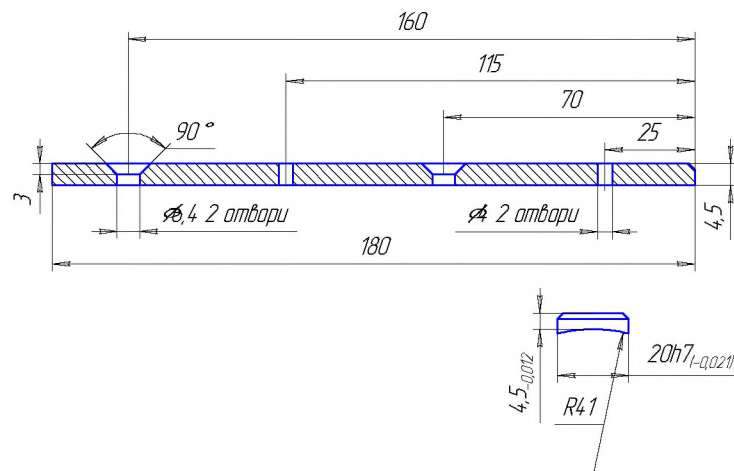


Рисунок 5.4 – Шпонка

					КНУ.КМР.131.25.1-01.05.КПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

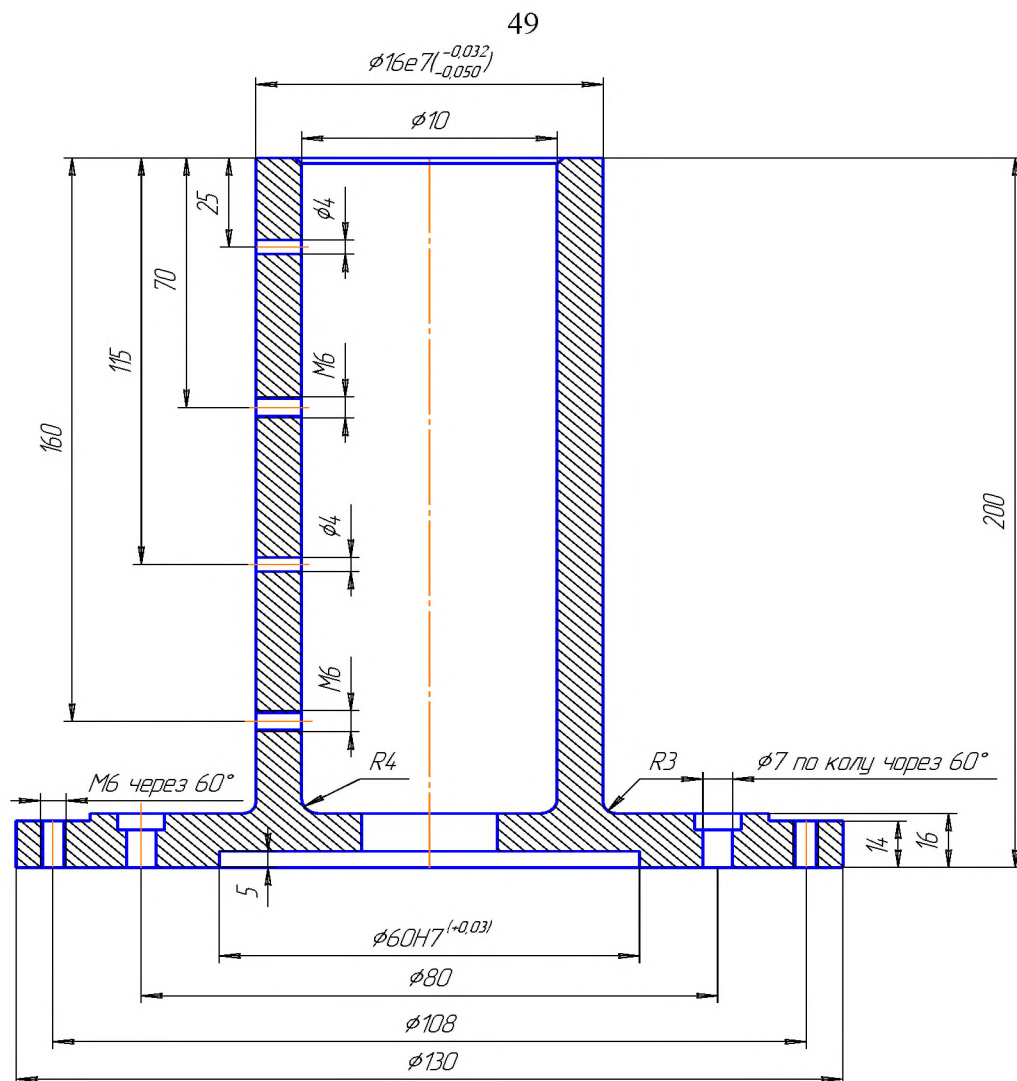


Рисунок 5.5 – Оправка

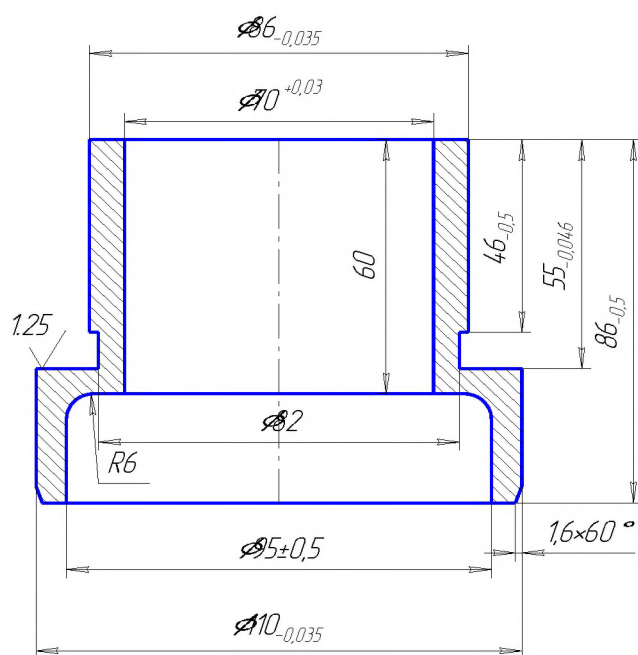


Рисунок 5.6 – Втулка напрямна

					КНУ.КМР.131.25.1-01.05.КПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначаємо похибку базування

$$E_6 = 0,5IT_D + 0,5IT_{dn};$$

$$E_6 = 0,5 * 0,087 + 0,5 * 0,054 = 0,068 \text{ мм.}$$

Вибираємо та розраховуємо схему закріплення.

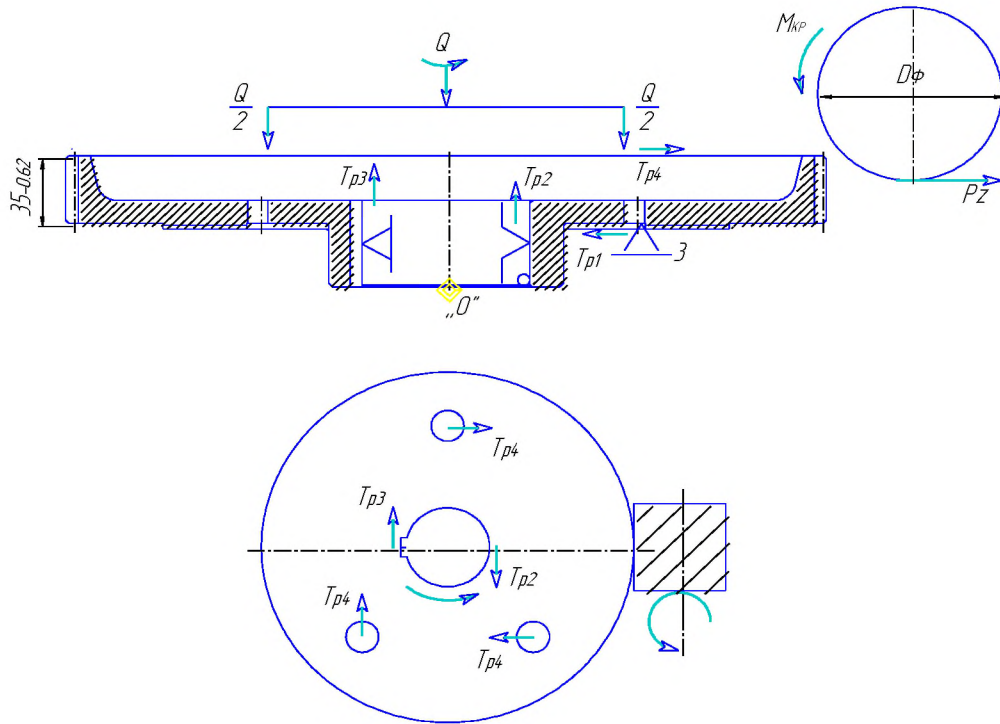


Рисунок 5.7 – Схема закріплення

Силу затиску направляємо перпендикулярно установчим елементам.

$$\Sigma M_0 = 0$$

$$T_{p4} * 100 + T_{p2} * 41 + T_{p3} * 46 + T_{p4} * 100 = \frac{\kappa * P_z * d_\phi}{2};$$

$$Q * f_4 * 100 + Q f_2 * 41 + Q f_3 * 46 + Q f_1 * 100 = \frac{\kappa * P_z * d_\phi}{2};$$

де $f_1 = f_2 = f_3 = f_4 = 0.1 \dots 0.15$

$\kappa = 0,15$

$d_\phi = 90 \text{ мм.}$

$M_{kp} = 2,5 \text{ кГ*м [стор 90-91 таб 48.]}$

$$P_z = \frac{M_{kp}}{\frac{D_\phi}{2}} = 55,4 \text{ кГ};$$

$$Q = \frac{\kappa * P_z * \frac{d_\phi}{2}}{f_4 * 0,1 * f_2 * 0,041 + f_3 * 0,046 + f_1 * 0,1};$$

					КНУ.КМР.131.25.1-01.05.КПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

$$Q = \frac{2.5 * 55.4 * 0.045}{0.1 * 0.1 + 0.1 * 0.041 + 0.1 * 0.046 + 0.1 * 0.1} = 217 \text{ кг}.$$

Проектуємо затискний пристрій для затиску деталі при зубофрезеруванні.
Зусилля затиску осової сили на штоці поршневого привода визначаємо:

$$Q = \left(\frac{\pi}{4} \right) D^2 * \rho * \eta;$$

де $\eta = 0,85 \dots 0,9$;

$\rho = 4 \text{ кгс/см}^2$ – сила стиснення повітря.

D = діаметр поршня назначаємо по стандартному ряду = 150мм.

$$Q = \left(\frac{3.14}{4} \right) * 15.0 * 4 * 0.9 = 630 \text{ кгс};$$

При $\varnothing$ поршня 150мм приймаємо:

- товщина стінки циліндра – 12мм;
- діаметр штока 20мм;
- діаметр шпильок – М16мм;
- кількість шпильок – 4 шт;
- діаметр різьби на штоці – М16мм;

Зусилля на штоці, Мпа.

Штовхаючи – 7,25 МПа;

Тягуче – 6,95 Мпа.

Розрахунок на точність верстатного пристрою.

$$\varepsilon_{\Sigma} = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_{p.n}^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{n.p}^2}$$

де $\varepsilon_{\delta} = 0,068 \text{ мм}$: похибка базування

$\varepsilon_{p.n}$ = похибка розташування пристрою на верстаті.

$\varepsilon_{p.n} = S_{\max} / 2 = 0.0125 \text{ мм}$;

$\varepsilon_3 = 0$ – похибка закріплення

$\varepsilon_{n.p}$ – похибка розташування установочних елементів одночасно оброблюваних поверхонь:

$$\varepsilon_{n.p} = 0,075 / 2 = 0,0375 \text{ мм}.$$

Сумарна похибка пристрою

$$\varepsilon_{\Sigma} = 1.1 \sqrt{0.068^2 + 0.0125^2 + 0.0375^2} = 0.086 \text{ мм};$$

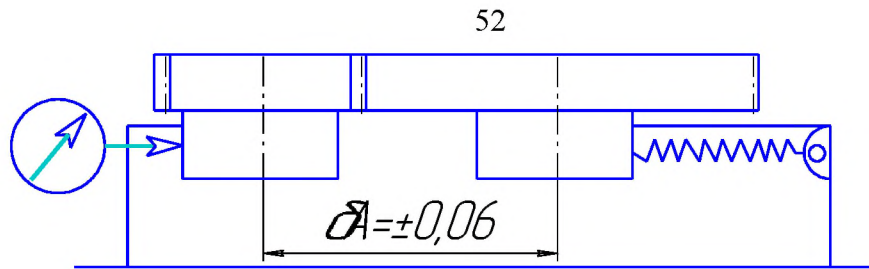
5.2 Проектування контрольного пристрою

Технічне завдання: для деталі зубчасте колесо необхідно розробити пристрій контрольний для контролю міжцентрової відстані. Розмір міжцентрової відстані становить $IT(A) = \pm 0,06 \text{ мм}$.

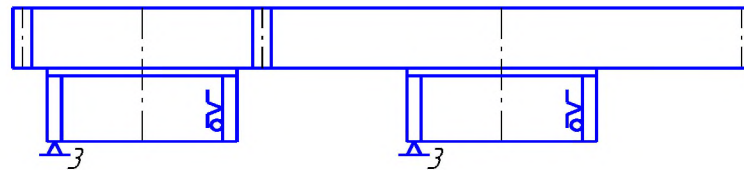
Вибираємо або проектуємо установочні елементи.

Деталь базується на пальці циліндричному зі змінною втулкою та на циліндричній опорі. Проектуємо палець з змінною втулкою.

					КНУ.КМР.131.25.1-01.05.КПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		



а



б

Рисунок 5.8 – Схеми виміру (а) та базування (б)

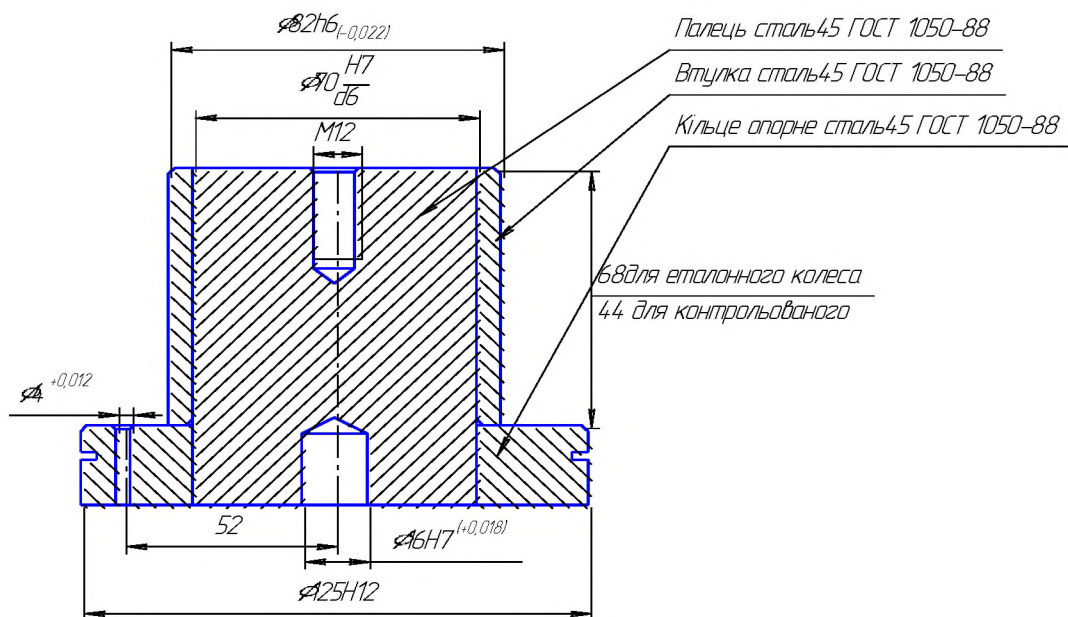


Рисунок 5.9 – Установочні елементи

Вибираємо вимірювальний прилад.

Вимірювальний прилад вибирається в залежності від точності вимірювальної величини. Для контролю необхідно брати вимірювальний прилад на один порядок точнішим.

Механізм вимірювання головка індикаторна 1МИГ.

Ціна ділення – 0,001 мм.

Діапазон вимірювання – 0 – 1 мм.

Похибка, вся шкала – 2,5 мкм, ділення - 2 мкм.

Визначаємо допустиму похибку вимірювання.

Допустима сумарна похибка вимірювання може коливатися від 8% до 30% в залежності від допуску вимірювання.

					КНУ.КМР.131.25.1-01.05.КПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$[\Delta] = (0.08 \dots 0.3) T, \text{ мм}$$

Похибка становить $[\Delta] = 0.25 \cdot 0.12 = 0.03 \text{ мм}$.

Визначаємо сумарну похибку по формулі

$$\Delta_{\Sigma} = \Delta_{л.р} + \Delta_{п.у.} + \Delta_{у.е.} + \sqrt{\Delta_{\delta}^2 + \Delta_{деф}^2 + \Delta_{сп}^2 + \Delta_{з}^2 + \Delta_{інд}^2}$$

де $\Delta_{л.р}$ – похибка лінійних розмірів

$\Delta_{п.у.}$ – похибка передаючих пристроїв.

$\Delta_{у.е.}$ – похибка виготовлення установочних елементів.

Δ_{δ} – похибка базування.

$\Delta_{деф}$ – похибка деформації деталі.

$\Delta_{сп}$ – випадкові похибки.

$\Delta_{з}$ – похибка закріплення.

$\Delta_{інд}$ – похибка вимірюючого пристрою.

На контроль виміру деталі будуть впливати наступні похибки:

Δ_{δ} – похибка базування, $\Delta_{сп}$ – випадкові похибки, $\Delta_{інд}$ – похибка вимірюючого пристрою.

Визначаємо складові сумарної похибки.

$$\Delta_{сп} = 0.03 \cdot 0.12 = 0.0036 \text{ мм},$$

$$\Delta_{інд} = 0.002 \text{ мм};$$

Визначаємо похибку базування.

$$0.03 = \sqrt{\Delta_{\delta}^2 + 0.0036^2 + 0.002^2}$$

$$\Delta_{\delta} = \sqrt{0.03^2 + 0.0036^2 + 0.002^2} = 0.03 \text{ мм}.$$

Дане пристосування зображене на листі графічної частини проекту призначене для комплексного двохпрофільного виміру зубчастих коліс. Його також можна використовувати для настроювання верстатів, на яких нарізають зуби шестерень.

Пристосування працює в такий спосіб:

На корпусі 1 встановлена стійка 2 - положення якої регулюється в осьовому напрямку. Стійка центрується сухарем, що входить в паз корпуса, і може бути встановлена уздовж плити на необхідну міжцентрову відстань $A = 350 - 370 \text{ мм}$. На стійці закріпленний палець 4 зі змінною втулкою 13 для установки одновінцевих зубчастих коліс з отвором що перевіряються. Для перевірки коліс з іншою складальною базою втулка разом з оправленням може бути замінена.

З лівої сторони корпуса на трьох кульках встановлена рухлива каретка 2, ліва сторона якої встановлена на двох кульках 29, розташованих в призматичних пазах корпуса і каретки. Третя кулька 30 (розріз по Б-Б) знаходиться між площинами каретки і корпуса. Кульки 29 фіксують поперечне положення каретки і утримують її від зсуву в цьому напрямку.

При опорі на три кульки каретці забезпечується переміщення з високою точністю без опору. Каретка до кульок притискається пружиною 16. На палець 5 що закріпленний на каретці, встановлюється еталонне колесо 9 для комплексної двухпрофільної перевірки зачеплення одновінцевого зубчастого колеса. Щільне безззорне зачеплення еталонного колеса з колесом що перевіряється забезпечується пружиною 15.

					КНУ.КМР.131.25.1-01.05.КПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Результати комплексного двохпрофільного виміру зубчастого колеса визначають по індикатору 6. Вимірювальний стержень індикатора стикається з упором 17. Для установки стрілки індикатора на нуль, що відповідає номінальній вимірювальній відстані А між осями коліс, на корпусі мається поворотна втулка 10 зі зрізом (розтин Б - Б). У вирізі каретки закріплений гвинт нажимний 18. Набором кінцевих мір встановлюють розрахункову відстань між пальцями 5 і 4, що відповідає номінальній відстані А. У цьому положенні мікрометричним гвинтом 19 фіксують положення гвинта 18, що щільно стикається з втулкою 10, і закріплюють його. Встановлення стрілки індикатора на нуль, а також періодична перевірка проводиться в цьому положенні гвинта нажимного і втулки. Поворот втулки зрізом до упора забезпечує вільне переміщення каретки для уведення в беззазорне зачеплення еталонного колеса з перевіряємим. Переміщення каретки для зняття перевіряємого колеса і фіксації її в крайньому лівому положенні здійснюється важелем 7.

Для одержання повторних вимірів необхідно знімати і встановлювати контрольоване колесо, а також відводити і підводити еталонне колесо для зачеплення з контрольованим.

					КНУ.КМР.131.25.1-01.05.КПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА

6.1 Проектування механоскладального цеху

Проектуємо дільницю по виготовленню деталі корпус, а також дільницю складання попереднього із умови обробки корпусу та кришки редуктору в складеному вигляді. Вихідні дані заносимо до таблиць 6.1 та 6.2.

Таблиця 6.1 – Вихідні дані для проектування дільниці верстатів

Найменування деталі	Річна програма випуску, шт.	T _{шт.к.} , хв.	Вага та габарити деталі	Найменування виробу
Корпус	1750	32,9	4,5 кг 140×145×120	Редуктор
Колесо зубчасте		77,7	1,8 кг Ø122×40	

Таблиця 6.2 – Технологічний процес виготовлення деталей

№ опер.	Найменування операції	Устаткування (модель верстата)	Штучно-калькуляційний час, T _{шт.к.} , хв.
Корпус			
005	Вертикально-фрезерна	Haas EC-400	10,5
010	Фрезерно-свердлильно-розточна з ЧПК	Haas EC-400	22,4
Колесо зубчасте			
005	Токарно-гвинторізна	16K20Ф3	15
010	Токарно-гвинторізна	16K20Ф3	10,2
015	Вертикально-свердлильна	2H150	13
020	Протяжна	7Б53	19,6
025	Зубофрезерна	5В312	2,5
030	Зубошліфувальна	5В833	17,4

6.1.1 Розрахунок трудомісткості виготовлення деталі

$$T_p = \frac{T_{шт.к.} \cdot N}{60}, \text{ год.} \quad (6.1)$$

де T_p - трудомісткість виготовлення деталі, год.;

$T_{шт.к.}$ - штучно-калькуляційний час операції, хв.,

N - програма випуску, шт.

					КНУ.КМР.131.25.1-01.06.0ЕПВ					
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата	Організаційно- економічна підготовка виробництва			Літ.	Арк.	Арх.шіт
Розроб.	Базаєв									
Перевір.	Рязанцев									
Реценз.										
Н. контр.	Нечаєв									
Зав. каф.	Рязанцев									
					Каф. ТМ, гр. ПМ-24м					

$$T_{p.005} = \frac{10,5 \cdot 3000}{60} = 525 \text{ год.}$$

На інші операції проводимо аналогічні розрахунки дані заносимо до таблиці 6.3.

Таблиця 6.3 – Розрахунки трудомісткості виготовлення деталей

Модель верстата	Операція	T _{шт.к.} хв.	T _р , год
Корпус			
Haas EC-400	Вертикально-фрезерна	10,5	525
Haas EC-400	Фрезерно-свердлильно-розточна з ЧПК	22,4	757,8
Колесо зубчасте			
16K20Ф3	Токарно-гвинторізна	15	750
16K20Ф3	Токарно-гвинторізна	10,2	510
2Н150	Вертикально-свердлильна	13	650
7Б53	Протяжна	2,5	125
5В312	Зубофрезерна	19,6	980
5В833	Зубошліфувальна	17,4	870

6.1.2 Визначення складу і кількості технологічного обладнання

6.1.2.1 Розрахунок кількості основного технологічного обладнання

Розрахунок кількості основного технологічного обладнання виконується за формулою:

$$S_p = \frac{T_p}{F_d \cdot m \cdot \eta_3} \quad (6.2)$$

де F_d – річний дійсний фонд роботи обладнання, г

$m = 2030$ год. – при роботі у одну зміну.

η_3 – нормований коефіцієнт навантаження, 0,8.

$$S_{p.005} = \frac{525}{2030 \cdot 0,8} = 0,32.$$

Приймаємо більше найближче ціле число верстатів

$$S_{п}=1.$$

На інші операції розрахунок ведемо аналогічно, данні заносимо до табл. 6.4.

Визначення коефіцієнту завантаження верстатів

$$\eta_{чорн} = \frac{0,32}{1} \cdot 100\% = 32 \%$$

Аналогічно проводимо розрахунки на всі інші операції дані заносимо до таблиці 6.4.

Визначаємо середній коефіцієнт завантаження за формулою:

$$\eta_{ср} = \frac{\sum_{i=1}^n n}{n} \quad (6.3)$$

					КНУ.КМР.131.25.1-01.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 6.4 – Кількість та коефіцієнт завантаження обладнання

Модель верстата	T _{р.} год.	S _р	S _п	η, %	Примітки
1	2	3	4	5	6
Корпус					
Haas EC-400	525	0,32	1	32	
Haas EC-400	757,8	0,466	1	46,6	
Колесо зубчасте					
16K20Ф3	1260	0,775	1	77,5	
2Н150	650	0,4	1	40	
7Б53	125	0,077	1	7,7	
5В312	980	0,6	1	60	
5В833	870	0,536	1	53,6	
Всього	5167,8		7		

По виробленню основної деталі коефіцієнт завантаження дорівнює:

$$\eta_{\text{нб}} = \frac{32 + 46,6 + 77,5 + 40 + 7,7 + 60 + 53,6}{7} = 40,77\%$$

Будуємо графік завантаження основного технологічного обладнання.

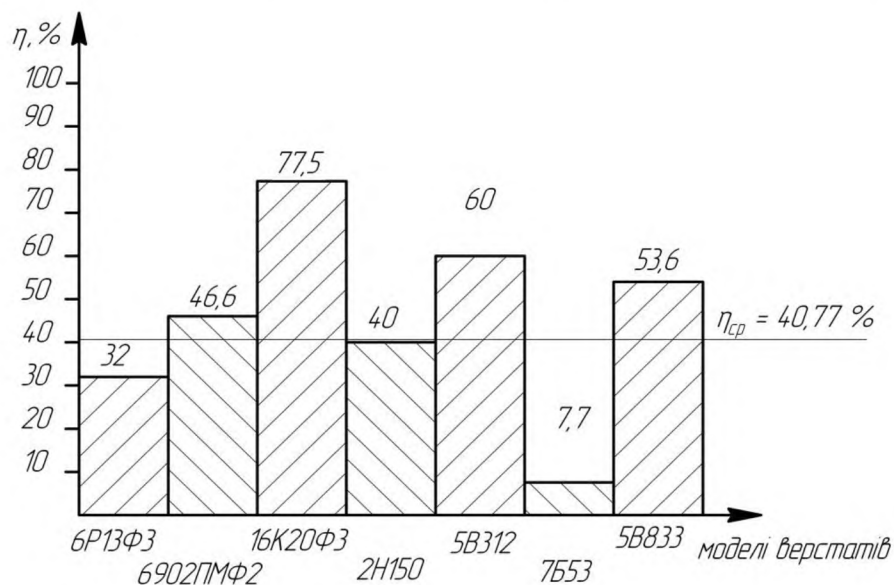


Рисунок 6.1 – Графік завантаження основного технологічного обладнання

Для обробки всіх деталей стрічкового конвеєру необхідне наступне обладнання в такій кількості:

1. Haas EC-400 – 2 шт.
2. 6P13 – 1 шт.
3. 6M82 – 1 шт.
4. Haas EC-400 – 2 шт.
5. 2M55 – 2 шт.
6. 5C286П – 2 шт.

					КНУ.КМР.131.25.1-01.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7. 16K30 – 2 шт.

Всього в проектуємому цеху 19 верстатів.

6.1.3 Визначення трудомісткості складання

Так як виробництво серійне, і є необхідність складання корпусу з кришкою при сумісній обробці отворів визначаємо трудомісткість слюсарно-складальних робіт, яка визначається у відсотковому відношенні від трудомісткості механічної обробки складає 20...40%.

$$T_{\text{ск}} = (20...50\%) \cdot T_{\text{р.мех.}} \quad (6.4)$$

$$T_{\text{ск}} = 0,5 \cdot 5167,8 = 2583,9 \text{ год.}$$

6.1.4 Визначення кількості робочих місць і обладнання по трудомісткості складання

По трудомісткості складання усіх вузлів або виробів, які складають річну програму, знаходимо кількість робочих місць за формулою:

$$M_{\text{ск}} = \frac{T_{\text{ск}}}{F_{\text{д}} \cdot P_{\text{ср}} \cdot K_{\text{з.ср}}}; \quad (6.5)$$

де $T_{\text{ск}}$ - трудомісткість складання, год.;

$F_{\text{д}}$ - дійсний річний фонд робочого місця, год.;

$P_{\text{ср}}$ - середня щільність роботи, під якою розуміють час по робочих, які приходять на одне робоче місце за одну зміну. $P_{\text{ср}}=1$

$M_{\text{ск}}$ - розрахункова кількість робочих місць;

$K_{\text{з.ср}}$ - середній коефіцієнт завантаження одного робочого місця, $K_{\text{з.ср}}=0,75$.

$$M_{\text{ск}} = \frac{2583,9}{2030 \cdot 1 \cdot 0,75} = 1,69.$$

Приймаємо $M_{\text{ск}} - 2$.

6.1.5 Визначення складу і числа працюючих у цеху

6.1.5.1 Розрахунок кількості основних працівників

Розрахунок кількості верстатників даної професії виконується за формулою:

$$R_{\text{o}} = \frac{T_{\text{р}}}{F_{\text{г}} \cdot K_{\text{м}}} \quad (6.6)$$

де $T_{\text{р}}$ - річна трудомісткість робіт для даного типу устаткування;

$F_{\text{г}}$ - дійсний річний фонд часу робітника, год; 1820год;

$K_{\text{м}}$ - коефіцієнт багатOVERстатності

$$R_{\text{O005}} = \frac{525}{1820 \cdot 1} = 0,28 \text{ чол.}$$

Приймаємо $R_{\text{o}}=1$ чол. На всі інші операції веду аналогічний розрахунок, результати заносимо до таблиці 6.6.

					КНУ.КМР.131.25.1-01.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 6.6 – Необхідна кількість верстатників

Верстат	Т _р , год	К _м	Кількість працюючих			
			Розрах.	Прийн.	Професія	Розряд
корпус						
Haas EC-400	525	1	0,28	1	Оператор ЧПК	4
Haas EC-400	757,8	1	0,41	1	Оператор ЧПК	4
колесо зубчасте						
16K20Ф3	1260	1	0,69	1	Оператор ЧПК	4
2Н150	650	1	0,35	1	Сердлувальник	5
7Б53	125	1	0,06	1	Протяжник	5
5В312	980	1	0,538	1	Зубофрезерувальник	5
5В833	870	1	0,47	1	Зубошліфувальник	5

Всього 7

6.1.5.2 Визначення кількості слюсарів-складальників

До виробничих робочих складальної ділянки відносяться слюсарі-складальники, зварювальники, маляра, мийники, випробувачі і т. і. Кількість робочих складального відділення визначаємо по трудомісткості виконуваних складальних робіт.

$$R_{\text{скл}} = \frac{T_{\text{сп}}}{F_r}; \quad (6.7)$$

де F_r - дійсний річний фонд роботи робочого, год.

$$R_{\text{скл}} = \frac{2583,9}{1820} = 1,41 \text{ чол}$$

Приймаємо $R_{\text{скл}} = 2$ чол.

6.1.5.3 Розрахунок чисельності допоміжних працівників

Чисельність допоміжних працівників складає 30% від кількості верстатників та слюсарів складальників.

$$R_{\text{доп}} = \frac{30 \cdot (7 + 2)}{100} = 2,7 \text{ чол.} \quad (6.8)$$

Приймаємо $R_{\text{доп}} = 3$ чол.

Кількість інженерно - технічних робітників складає 10% від загальної кількості основних та допоміжних робочих.

$$R_{\text{ІТР}} = \frac{10 \cdot (7 + 2 + 3)}{100} = 1,2 \text{ чол.} \quad (6.9)$$

Приймаємо $R_{\text{ІТР}} = 2$ чол.

Розрахунки заносимо до таблиці 6.7

					КНУ.КМР.131.25.1-01.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 6.7 – Зведена відомість загальної кількості працюючих у цеху

Категорія службовців		Всього	У % відношенні від кількості основних працюючих	По змінам
				I
Виробничі працівники				
Верстатники		7		7
Слюсарі складальники		2		2
Допоміжні працівники	Контролер ВТК	1	33,3	1
	Наладчик	2		2
ІТП		2	22,2	2
Всього		14		14

6.1.6 Компонування і планування виробничих площ цеху

6.1.6.1 Визначення основної виробничої площі

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

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

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

До підсобної площі відносяться магістральні проїзди та проходи.

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

$$S = n \cdot S_c \quad (6.10)$$

де n – кількість верстатів, шт;

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

До мілких відносяться верстати, які мають габаритні розміри до $1800 \times 800 \text{ мм}$.

До середніх – верстати з габаритами до $4000 \times 2000 \text{ мм}$.

До крупних – верстати з габаритами до $8000 \times 4000 \text{ мм}$.

До особливо крупних – верстати з габаритами до $15000 \times 6000 \text{ мм}$.

Верстати з габаритами більшими за $15000 \times 6000 \text{ мм}$ відносяться до унікальних, для них норми встановлюються для конкретних умов виробництва.

Отже основні площі для даних верстатів будуть дорівнювати:

$$S_1 = 3 \cdot 45 = 135 \text{ м}^2;$$

$$S_2 = 1 \cdot 60 = 60 \text{ м}^2;$$

$$S_3 = 1 \cdot 45 = 45 \text{ м}^2;$$

$$S_4 = 1 \cdot 25 = 25 \text{ м}^2;$$

					КНУ.КМР.131.25.1-01.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		

$$\begin{aligned}
S_5 &= 1 \cdot 30 = 30 \text{ м}^2; \\
S_6 &= 1 \cdot 60 = 60 \text{ м}^2; \\
S_7 &= 1 \cdot 45 = 45 \text{ м}^2; \\
S_8 &= 1 \cdot 30 = 60 \text{ м}^2; \\
S_9 &= 1 \cdot 30 = 30 \text{ м}^2; \\
S_{10} &= 2 \cdot 45 = 90 \text{ м}^2; \\
S_{11} &= 2 \cdot 35 = 70 \text{ м}^2; \\
S_{12} &= 2 \cdot 45 = 90 \text{ м}^2; \\
S_{13} &= 2 \cdot 40 = 80 \text{ м}^2; \\
S_0 &= 820 \text{ м}^2
\end{aligned}$$

Визначення допоміжних площин.

$$S_{\text{ІПК}} = n \cdot H_a = 18 \cdot 2 = 36 \text{ м}^2;$$

$$S_{\text{КП}} = n \cdot H_a = 18 \cdot 2 = 36 \text{ м}^2;$$

$$S_{\text{КА}} = n \cdot H_a = 2 \cdot 2 = 4 \text{ м}^2;$$

$$S_{\text{ЗВ}} = n_{\text{зат}} \cdot S_{\text{зат}} = 1 \cdot 24 = 24 \text{ м}^2;$$

де $n_{\text{зат}} = 0,03 \cdot n = 0,03 \cdot 18 = 0,54$ приймаємо 1; $S_{\text{зат}} = 24 \text{ м}^2$;

$$S_{\text{ВТК}} = 0,03 \dots 0,05 \cdot S_0 = 0,04 \cdot 820 = 36,6 \text{ м}^2;$$

$$S_{\text{МОП}} = 35 \dots 40 = 35 \text{ м}^2;$$

$$S_{\text{МАГ ІП}} = 0,15 \cdot S_0 = 0,15 \cdot 820 = 123 \text{ м}^2;$$

$$S_{\text{ЗАГ}} = 0,1 \cdot S_0 = 0,1 \cdot 820 = 82 \text{ м}^2;$$

$$S_{\text{ГОТ ІП}} = 0,08 \cdot S_0 = 0,08 \cdot 820 = 65,6 \text{ м}^2;$$

$$S_{\text{МЕХ}} = 22 \text{ м}^2;$$

$$S_{\text{ЕНЕРГ}} = 22 \text{ м}^2;$$

$$S_{\text{МАЙСТ}} = 15 \dots 18 = 15 \text{ м}^2;$$

$$S_{\text{СКЛД}} = 0,2 \cdot S_0 = 0,2 \cdot 820 = 164 \text{ м}^2$$

$$S_{\text{ДОП}} = 665,2 \text{ м}^2.$$

Виходячи з цього, розраховуємо технологічну площу цеху.

$$S_{\text{ТЕХН}} = S_{\text{ДОП}} + S_0 = 665,2 + 820 = 1485,2 \text{ м}^2.$$

6.1.6.2 Вибір промислової будівлі

Вибираємо сітку колон 24×6 .

Довжина будівлі 66 м.

Висота будівлі 10,8 м.

Площа промислової будівлі 1584 м^2 .

Будівля одноповерхова, однопрольотна, кранова із світло аераційним фона рем.

6.1.6.2 Планування обладнання цеху

Спосіб розташування обладнання – по ходу технологічного процесу, тобто в порядку виконання операцій. Перевага цього способу в порівнянні зі способом

					КНУ.КМР.131.25.1-01.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

розташування по типах обладнання – скорочення транспортних витрат за рахунок переміщення вантажів, заготовок по найкоротшому шляху.

6.2 Охорона праці та екологія виробництва

Виготовлення корпусних деталей з чавуну залишається одним із наймасштабніших і технічно складних сегментів сучасного машинобудування. Корпусні литі деталі – це серцевина важкого обладнання: редукторів, насосів, компресорів, верстатів, енергоустановок тощо. Використання чавуну забезпечує надійність та стабільність геометричних параметрів, але сам процес їх виробництва пов'язаний із суттєвими екологічними навантаженнями та ризиками для персоналу. Сучасні технології зменшують негативний вплив, однак повністю усунути його не вдалося, тому питання екології та охорони праці залишаються ключовими.

6.2.1 Екологічні особливості плавильних процесів

Плавлення сировини для чавунних відливок – найдискусійніша з екологічної точки зору стадія. Виробництва часто використовують три основні типи печей: купольні, індукційні та електродугові (рідше).

6.2.1.1 Купольні печі

Купольна піч – один із найстаріших та найдешевших способів отримання рідкого чавуну. Її промислове значення тримається на економічній ефективності, але екологічні аспекти є критичними:

- значні викиди CO, SO₂ і NO_x;
- велика кількість пилу (оксиди металів, кварцевий пісок, фракції коксу);
- використання коксу як палива, що збільшує вуглецевий слід;
- складність точного контролю хімічного складу чавуну, що провокує перевитрати сировини.

Середній об'єм газових викидів від купольної печі може перевищувати десятки тисяч м³/год, що вимагає багаторівневих систем газоочистки (циклон → рукавний фільтр → інколи димосос зі скрубєром).

6.2.1.2 Індукційні печі

Індукційне плавлення – сучасніша технологія, що зменшує шкідливі викиди: відсутність горіння палива; нижчий рівень пилогенерації; точний контроль складу чавуну.

Однак є нюанси: високе енергоспоживання; потреба у стабільних електромережах; залишкові викиди від допоміжних процесів (охолоджувальні системи, трансформатори, шихтопідготовка).

Екологічна ефективність індукційних печей напряму залежить від «чистоти» енергетичного міксу держави.

6.2.2 Формування та виготовлення формувальних сумішей

Етап формування визначає як якість лиття, так і обсяг екологічних ризиків.

					КНУ.КМР.131.25.1-01.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6.2.2.1 Піщано-глиняні суміші

Переваги: дешеві, придатні до багаторазового використання.

Недоліки: накопичення пилу SiO_2 ; часткова втрата властивостей після кожного циклу; формування відходів, що складно утилізувати.

Відпрацьований пісок у класичних литейних цехах може становити до 80–90 % твердих промислових відходів.

6.2.2.2 Самотвердіючі суміші (фуранові, ПЕП-системи)

Суттєво покращують точність лиття, але містять токсичні сполуки: феноли; формальдегід; фурфуріловий спирт.

Під час гідратації та термічного руйнування смол виділяються леткі органічні сполуки, що погіршують умови праці та потребують посиленої вентиляції.

6.2.2.3 Перспективні екологічні зв'язуючі

У світі активно впроваджуються: водоскляні суміші з естерамі-активаторами; глиноорганічні композиції; неорганічні зв'язуючі на основі силікатів. Вони зменшують токсичність, проте їхня міцність та термостійкість поки що іноді поступаються традиційним смолам.

6.2.3 Проблематика вибивання, очищення та обробки відливок

Після затвердіння чавуну форму потрібно руйнувати, а литво – очищувати:

- дробеметні установки утворюють інтенсивний пил;
- відокремлення ливникової системи супроводжується шумовими навантаженнями понад 100 дБ;
- дробеструменева очистка сприяє утворенню металевих аерозолів;
- шліфування викликає розсіювання частинок графіту та оксидів.

Екологічно проблемними є дрібнодисперсні частки менше 10 мкм, які легко проникають у легені та накопичуються в організмі.

6.2.4 Водоспоживання, система охолодження та стічні води

Сучасні печі та обладнання потребують інтенсивного водяного охолодження. При недотриманні режиму можливі: забруднення води оксидами заліза; перегрів та аварійні витoki; утворення масляних плівок.

Переходи на замкнуті водяні цикли дозволяють зменшити споживання води в 8-12 разів, що суттєво скорочує екологічний слід виробництва.

6.2.5 Основні виробничі ризики та охорона праці

6.2.5.1 Тепловий фактор

У ливарному цеху температура повітря інколи перевищує 40-45 °С, а теплове випромінювання від рідкого металу становить окрему небезпеку.

Наслідки для персоналу: ризик теплових ударів; інтенсивне зневоднення; порушення серцево-судинної діяльності.

Ефективні заходи: теплові екрани; дистанційне керування ковшами; спеціалізовані термостійкі костюми; корекція режимів праці (перерви в прохолодних приміщеннях).

					КНУ.КМР.131.25.1-01.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6.2.5.2 Хімічний фактор

Основні групи небезпечних речовин: гази, що виділяються при розкладанні смол; фенол і формальдегід; оксиди металів; чадний газ.

При недосконалій вентиляції концентрації можуть досягати рівнів, здатних спричиняти хронічні отруєння.

6.2.5.3 Пиловий фактор

Пил у литєвому виробництві – один із найсерйозніших ризиків. Він містить: кремнезем (кварцовий пил); графіт; металеві частки; оксиди.

Наслідки: силікоз, алергічні реакції, зниження легеневої функції. Через це необхідно встановлювати локальні аспіратори, пиловловлювачі та використовувати ЗІЗ (особливо респіратори класу FFP2–FFP3).

6.2.5.4 Шум і вібрація

Robotic cleaning machines, вибивні решітки, дробеметні установки генерують рівні шуму, що перевищують нормативи у 2-3 рази. Хронічна дія шуму призводить до: втрати слуху; прискореної втоми; порушення нервової системи.

6.2.6 Тенденції екологізації та цифровізації литейного виробництва

Сучасні підприємства переходять до концепцій:

- "чисте плавлення" – мінімізація викидів, перехід на індукційні технології;
- рециркуляція формувальних сумішей – регенерація до 90 % піску;
- замкнуті системи водообігу;
- автоматизація розливання – менше людського контакту з гарячим металом;
- цифровий моніторинг печей та формовочного процесу;
- використання 3D-друку піщаних форм, що зменшує потребу у хімічних смолах.

Окремим напрямком є впровадження екологічних систем енергоменеджменту: рекуперація тепла з димових газів, використання відпрацьованого тепла для опалення приміщень тощо.

6.2.7 Соціальний аспект та управління ризиками

Безпечність виробництва залежить не лише від обладнання, а й від:

- регулярних інструктажів;
- системного навчання персоналу;
- аналізу ризиків (HIRA, HAZOP);
- культури повідомлення про небезпечні ситуації;
- дисципліни використання ЗІЗ.

Успішні підприємства впроваджують принцип "Zero Harm" – нуль виробничих травм шляхом поєднання технологічних, організаційних і психологічних факторів.

Висновки

Виробництво корпусних деталей із чавуну – складний комплекс процесів, кожен з яких має власне екологічне та безпекове навантаження. Плавлення,

					КНУ.КМР.131.25.1-01.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		

формування, вибивання, очищення – усі ці етапи формують цілісну систему ризиків. Зменшення негативного впливу можливе завдяки впровадженню:

- сучасних технологій плавлення та очистки газів;
- регенерації піску і замкнутих водяних циклів;
- малоемісійних формувальних матеріалів;
- автоматизації небезпечних операцій;
- якісної вентиляції та аспірації;
- системного навчання щодо охорони праці.

Комплексний підхід робить виробництво не лише безпечнішим, а й економічно стійкішим, бо знижує витрати на енергію, сировину та утилізацію відходів. Із перспективи сталого розвитку такі модернізації стають не просто бажаними, а стратегічно необхідними.

6.3 Розрахунки ключових техніко-економічних показників

Було проведено економічне дослідження з метою визначення собівартості виготовлення деталі «Вал» за двома варіантами технологічної обробки. У рамках аналізу розглянуто економічну ефективність модернізації виробництва, яка передбачає заміну застарілого обладнання (верстатів 6A12P та 2H118) на сучасний обробний центр з ЧПК Haas EC-400.

Усі розрахунки, включно з оцінкою строку повернення інвестицій, представлені в таблицях 6.8-6.11. Зокрема, у таблиці 6.8 містяться вихідні дані, необхідні для подальших економічних розрахунків.

Таблиця 6.8 – Вихідні дані розрахунків

Вихідні дані			
Дані	Базовий варіант		Новий варіант
	6A12P	2H118	Haas EC-400
Деталь			
Річний обсяг випуску деталей N, шт.	1750		1750
Кількість запусків партій деталей в рік, шт.	20		20
Тривалість випуску деталей Z, рік	3		3
Штучний час обробки деталі $t_{шт}$, хв.	63,3	19,7	32,9
Час наладки верстата, хв.	15	8	20
Розряд:			
	контролера		5
	верстатника		5
	наладчика		2
	3	3	5
	наладчика інструменту		4
Кількість кадрів програми, шт.			230
Вартість заготовки $S_{заг}$, грн.	1155		1155
грн	33000	31000	70000

					КНУ.КМР.131.25.1-01.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 6.8

Середній час налагодження за прибором одного інструменту поза верстатом, хв.	0,5	1	1
Середній період стійкості інструменту, хв.	45	45	120
Середня кількість граней пластинки, шт.	1	1	3
основного часу в штучному k_T	0,083	0,083	0,083
Вартість одного кадру ПК, грн.	8,9		8,9
Вартість розробки ПК $K_{пк}$, грн.	1068		2047
Середньочасова зарплатня робітника, грн:			
верстатника $H_{ст}$	130	120	160
наладчика $H_{нал}$	130	125	150
наладчика інструмента $H_{ін}$	120	115	150
контролера H_k	115		145
Верстати			
Клас точності верстата	П	Н	А
Маса верстата, т	4,2	4,7	7,9
Габарити верстата (довжина x ширина), м.	2,56 x 2,26	2,665 x 1	4,3 x 2,45
Габарити пристрою ЧПК, м	0,5 x 0,5		0,5 x 0,5
Тип пристрою ЧПК			HAAS CNC
Строк служби верстата до капітального ремонту T_{pc} , років	7	7	10
Встановлена потужність всіх електродвигунів головного руху, кВт	10	10	35,5
Категорія складності ремонту верстата ЕРС:			
механічної частини R_M	15	15,6	26,86
електротехнічної частини R_e	9,8	9,2	20,8
Кількість верстатів, що обслуговує один робочий d, шт	1	1	2
Оптова ціна верстата Ц, грн.	450000	185000	7025000
Коефіцієнт завантаження верстата η_z	0,78	0,75	0,95
Площа верстата за габаритами A , м. кв.	5,8	2,7	5,6
Площа пристрою ЧПК A_y , м. кв.	0,25		0,25
Витрати на одну одиницю ЕРС верстата, грн.			
механічної частини H_M	401	401	272
електротехнічної частини H_e	86	86	60
Норматив річних витрат на поточне обслуговування та ремонт ПЧПК Q , грн.	1950	0	1950

					КНУ.КМР.131.25.1-01.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 6.8

Коеф., що враховує додаткову площу верстата, γ	4	4,5	4
Коеф., що враховує клас точності верстата, μ	1,5	1	1,8
Ефективний річний фонд часу роботи верстата $\Phi_{об}$, год	3975	3975	3845
Виробничі та інші площі			
Вартість 1 м. кв. площі механічної $\text{Ц}_{пл.зд.}$, грн	500		500
Вартість 1 м. кв. площі, що займають службово-побутові приміщення $\text{Ц}_{сл. поб.}$, грн	1000		1000
що приходяться на одного робочого A_6 , м. кв.	7		7
Витрати на утримання та амортизаційні витрати на 1 м. кв. цеху $N_{пл.}$, грн.	180	180	180

Таблиця 6.9 – Розрахунок допоміжних показників

Розрахунок допоміжних показників			
Дані	Базовий варіант		Новий варіант
	6A12P	2H118	Haas EC-400
Трудомісткість обробки $T_{шт.}$, год	1846,25	574,5833	1500
Час наладки верстата впродовж року T_n , год	5	2,666667	6,666666667
Час наладки інструмента поза верстатом впродовж року $T_{н.ін.}$, год	21,33444	13,27926	20,00
Час контролю деталей впродовж року T_k , год	153,2388	47,69042	124,5
Кількість верстатників $P_{ст.}$, чол. (розрах.)	0,99	0,31	0,40
(дійсна)	1	1	1
Кількість наладчиків верстатів P_n , чол. (розрах.)	0,0027	0,0014	0,0036
(дійсна)	1	1	1
Кількість наладчиків інструмента поза верстатом $P_{н.ін.}$, чол. (розрахункова)	0,01147	0,007139	0,01075
(дійсна)	1	1	1
Кількість контролерів P_k , чол. (розрах.)	0,082	0,03	0,07
(дійсна)	1	1	1
Додаткова кількість робочих по обслуговуванню верстатів з ЧПК $P_{дод.}$, чол (розрахункова)	0,30	0,00	0,21
(дійсна)	1	0	1
Загальна кількість працівників на річну програму випуску деталей, чол.	8		5
Частка завантаження верстата обробкою деталі в обсязі річного випуску β	0,5971	0,194	0,41

					КНУ.КМР.131.25.1-01.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 6.10 – Результати розрахунків

Собівартість механічної обробки річного випуску деталей																
$C = I_z + I_n + I_{in} + I_{пк} + I_{пр} + I_{усп} + I_a + I_{пл} + I_{сл} + I_p + I_y + I_k$																
де I_z – зарплата верстатника; I_n – зарплата за наладку верстата; I_{in} – зарплата налагоджувальника інструмента поза верстатом; $I_{пк}$ – витрати на підготовку та поновлення керуючої програми; $I_{пр}$ – витрати на ремонт та утримання спеціальних пристосувань; $I_{усп}$ – витрати на прокат універсально-збірних I_a – амортизаційні відрахування на повне відновлення обладнання; $I_{пл}$ – витрати на утримання приміщення, яке займає верстат; $I_{сл}$ – витрати на амортизацію і утримання службово-побутових приміщень; I_p – витрати на ремонт та технічне обслуговування обладнання; I_y – витрати на технічне обслуговування і ремонт ЧПК; I_k – зарплата контролера																
<table><tr><td>C_1 на деталь =</td><td>363,40</td></tr><tr><td>C_2 на деталь =</td><td>208,59</td></tr></table>													C_1 на деталь =	363,40	C_2 на деталь =	208,59
C_1 на деталь =	363,40															
C_2 на деталь =	208,59															
I_z	I_n	I_{in}	$I_{пк}$	$I_{пр}$	$I_{усп}$	I_a	$I_{пл}$	$I_{сл}$	I_p	I_y	I_k					
$C_1 = 513533$	$+ 1546,27$	$+ 4087,25$	$+ 0,61$	$+ 23893,3$	$+ 0$	$+ 2088,36$	$+ 3018,86$	$+ 56000$	$+ 7506,4$	$+ 1164,3$	$+ 23106,85$	$= 635945,04$				
$C_2 = 199454$	$+ 1572,48$	$+ 234,00$	$+ 682,33$	$+ 26133,3$	$+ 0$	$+ 73720,35$	$+ 3024,00$	$+ 35000$	$+ 6350,9$	$+ 804,33$	$+ 18052,50$	$= 365028,62$				
Капітальні вкладення споживача																
$K = K_б + K_{зд} + K_{сл} + K_{нез} + K_{пр} + K_{п.у.}$																
де $K_б$ – балансова вартість верстата, грн; $K_{зд}$ – вартість приміщення, яке займає верстат, грн.; $K_{сл}$ – вартість службово-побутових приміщень, грн.; $K_{нез}$ – обігові кошти в незакінченому виробництві, грн.; $K_{пр}$ – вартість комплексу спеціальних пристосувань, які використовуються на верстатах при обробці деталей, грн.; $K_{п.у.}$ – витрати на створення керуючої програми (КП), грн.																
$K_б$	$K_{зд}$	$K_{сл}$	$K_{нез}$	$K_{пр}$	$K_{п.у.}$											
$K_1 = 334958$	$+ 8386$	$+ 56000$	$+ 277446$	$+ 64000$	$+ 1068$	$= 741858$										
$K_2 = 1390950$	$+ 2120$	$+ 28000$	$+ 119003$	$+ 70000$	$+ 2047$	$= 1612120,67$										

Таблиця 6.11 – Показники приведених витрат, річного економічного ефекту та терміну окупності

Приведені витрати			
$Z_1 =$	$C_1 +$	$E_n \cdot$	K_1
747224	635945	0,15	741858
$Z_2 =$	$C_2 +$	$E_n \cdot$	K_2
606847	365029	0,15	1612121

Річний економічний ефект			
$E =$	$Z_1 -$	Z_2	
140377	747224	606847	

Строк окупності				
$T_{ок} =$	$(K_2 -$	$K_1) /$	$(C_1 -$	$C_2)$
3,21	1612121	741858	635945	365028,6

					КНУ.КМР.131.25.1-01.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Результати дослідження свідчать, що впровадження сучасного ЧПК-верстата замість двох зношених агрегатів дозволяє істотно скоротити тривалість технологічного процесу. Модернізація виробничого обладнання є економічно виправданою: прогнозований період окупності становить 3,21 року, а річна економія коштів сягає 140 377 грн.

					КНУ.КМР.131.25.1-01.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7 КОМПЛЕКСНА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ З ВИКОРИСТАННЯМ ІННОВАЦІЙНО-НАУКОВИХ РЕСУРСІВ

ОГЛЯД МОЖЛИВИХ ВІДМОВ РЕДУКТОРІВ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ

Інтелектуальний електропривод є складною технічною системою (зокрема, і мехатронною системою), яка складається з підсистеми електронного управління, електротехнічної підсистеми (аналоги – механізми електричні виконавчі однооборотні для АЕС – різні типи МЕО, ЕПМ) та підсистеми сенсорів.

Електротехнічна підсистема складається з редуктора та електродвигуна. Працездатність електродвигуна розглядається окремо.

Розглянемо працездатність редуктора, яка визначається відмовами механічних елементів – зубчастих передач, підшипникових вузлів, деталей, що з'єднують редуктор з двигуном (у разі використання мотор-редуктора відсутні).

7.1 Види технічного стану об'єктів

Розрізняють п'ять основних видів технічного стану об'єктів.

1. Справний стан об'єкта – стан об'єкта, при якому він відповідає всім вимогам нормативно-технічної та/або конструкторської (проектної) документації.

2. Несправний стан об'єкта – стан об'єкта, при якому він не відповідає хоча б одній з вимог нормативно-технічної та/або конструкторської (проектної) документації.

3. Працездатний стан об'єкта – стан об'єкта, при якому значення всіх параметрів, що характеризують здатність виконувати задані функції, відповідають вимогам нормативно-технічної та/або конструкторської (проектної) документації.

4. Непрацездатний стан об'єкта – стан об'єкта, при якому значення хоча б одного параметра, що характеризує здатність виконувати задані функції, не відповідає вимогам нормативно-технічної та/або конструкторської (проектної) документації.

5. Граничний стан об'єкта – стан об'єкта, при якому його подальша експлуатація неприпустима або недоцільна, або відновлення його працездатного стану неможливо або недоцільно.

Перехід об'єкта (системи, виробу) з одного вищого технічного стану в нижчий зазвичай відбувається внаслідок подій: пошкоджень або відмов.

Сукупність фактичних станів об'єкта, в даному випадку електроприводу, і подій, що виникають, сприяють переходу в новий стан, охоплює так званий життєвий цикл об'єкта, який протікає в часі і має певні закономірності, що вивчаються в теорії надійності.

Згідно з ISO 2382:1976 [17] відмова – це подія, що полягає в порушенні працездатного стану об'єкта.

					<i>КНУ.КМР.131.25.1-01.07.КОЕПР</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ док.ум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>	<i>Базаєв</i>				<i>Комплексна оцінка ефективності проектних рішень з використанням інноваційно-наукових ресурсів</i>	<i>/літ.</i>	<i>Арк.</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Рязанцев</i>						
<i>Реценз.</i>						<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-24м</i>	
<i>Н. контр.</i>	<i>Нечаєв</i>						
<i>Зав. каф.</i>	<i>Рязанцев</i>						

Пошкодження – подія, що полягає в порушенні справного стану об'єкта при збереженні працездатного стану.

В ISO 8402:1986 [18] введено ще одне поняття, що відображає стан об'єкта – дефект.

Дефектом називається кожна окрема невідповідність об'єкта встановленим нормам або вимогам. Дефект відображає стан, відмінний від відмови.

Відповідно до визначення відмови як події, що полягає в порушенні працездатності, передбачається, що до появи відмови об'єкт був працездатним.

Відмова може бути наслідком розвитку неусунутих пошкоджень або наявності дефектів: подряпин, тріщин, невеликих деформацій (як пластичних, так і пружних).

Дефекти можуть бути прихованими, що визначаються використанням матеріалом, технологією виготовлення та складання елементів редуктора, експлуатаційними умовами (знос (зокрема «холодне зварювання», розвиток мікротріщин у макротріщини), невідповідність реальних умов експлуатації запроєктованим) тощо.

Наприклад, при складанні редуктора використовується такий технологічний прийом, як створення напружено-деформованого стану зачеплення, щоб після припрацювання отримати безлюфтове зачеплення. Той самий прийом використовується при монтажі підшипників. Інакше кажучи, деформації можуть створювати і навмисно.

Одним із прогресивних технологічних прийомів, що застосовуються для підвищення якості зубчастих коліс, є застосування регульованого мікрорельєфу (РМР), суть якого полягає в пластичному деформуванні поверхневого шару робочих поверхонь зубів за допомогою вібронакаткування. Обмеженням для застосування цього прийому є те, що модуль зубчастого колеса повинен бути не меншим за 0,8 мм.

Звичайні редуктори, з'єднані з уніфікованими електродвигунами, є звичайними складними технічними системами, які є ремонтпридатними.

При використанні мотор-редукторів, що мають загальний вал, така конструкція вже вважається неремонтпридатною.

Мехатронний модуль руху, що має інтелектуальне управління, розробляється під певний функціонал і не є за своєю суттю ремонтпридатним, а розрахований на певний ресурс роботи.

Звідси і різний підхід до проектування. Для неремонтпридатних систем потрібен особливий підхід, який повинен врахувати всі можливі варіанти розвитку подій (визначених умов експлуатації).

При проектуванні звичайних редукторів необхідно враховувати, що вони створюються на навантаження, що лежать у шести інтервалах 25...100, 90...300, 270...1000, 900...2500, 2250...10000 Нм (робочий момент на вихідному валу), з частотою обертання вихідного вала 30, 25...50, 20...40, 10 об/хв.

У теорії надійності, як правило, припускається раптова відмова, яка характеризується стрибкоподібною зміною значень одного або декількох параметрів об'єкта.

					КНУ.КМР.131.25.1-01.07.КОЕПР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На практиці доводиться аналізувати й інші відмови, наприклад, ресурсна відмова, в результаті якої об'єкт набуває граничного стану, або експлуатаційна відмова, що виникає з причини, пов'язаної з порушенням встановлених правил або умов експлуатації.

При розрахунках та аналізі надійності широко використовуються терміни «елемент» та «система».

Під елементом розуміють частину складного об'єкта, яка має самостійну характеристику надійності, що використовується при розрахунках, і виконує певну приватну функцію в інтересах складного об'єкта, який по відношенню до елемента представляє собою систему.

Наприклад, підшипник виконує роль елемента в редукторі, а по відношенню до тіл кочення (роликам) підшипник – це система.

З наведеного прикладу видно, що залежно від рівня вирішуваної задачі та ступеня об'єднання аналізованих пристроїв певний об'єкт може в одному випадку бути системою, а в іншому – елементом.

Так, при аналізі підшипника його можна «розкласти» на безліч елементів: кільця (зовнішнє та внутрішнє), сепаратор, тіла кочення (ролики, кульки).

З іншого боку, для редуктора підшипник зручніше представити як елемент, у якого є свої характеристики надійності, нормативно-технічна документація, вимоги до експлуатації.

7.2 Типові дефекти деталей редктора

Розглянемо визначені дефекти як зубчастих передач, так і підшипникових вузлів – усі ці елементи визначають працездатність редуктора.

Широке застосування зубчастих передач у машинах і механізмах різних галузей техніки, включаючи високошвидкісні та важконавантажені передачі, що працюють в умовах низьких і високих температур, впливу агресивних середовищ і радіації, неминуче пов'язане з розвитком пошкоджень їх зубів, обумовлених передаванням навантаженням, швидкістю обертання, термообробкою, умовами виробництва та експлуатації, що в підсумку призводить до відмов редукторної техніки.

Для запобігання можливим пошкодженням зубчастих колів необхідно проведення кваліфікованого аналізу характеру пошкоджень та причин їх виникнення. Стандартизація опису видів пошкоджень зубчастих колів сприятиме кращому взаєморозумінню конструкторів, технологів та експлуатаційників сучасних машин і спільній виробі найефективніших заходів запобігання пошкодженням (фактично відмовам).

У міжнародних стандартах ISO [13], національних стандартах США [11], ФРН [12] та низки інших промислово розвинених країн міститься опис понад 50 видів пошкоджень зубчастих колів, які супроводжуються фотографіями, мікрофотографіями та схемами, що пояснюють розвиток пошкоджень.

Загальним недоліком зазначених стандартів є опис лише зовнішнього прояву різних видів пошкоджень зубів та ступеня їх розвитку з єдиною метою їх класифікації. Вирішення проблем запобігання розвитку того чи іншого виду

					КНУ.КМР.131.25.1-01.07.КОЕПР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

пошкоджень, що, на думку авторів звіту, має бути основним завданням їх аналізу, як правило, виходить за рамки згаданих стандартів.

Чинні стандарти ISO 13372 [14] та ISO 14830-1 [15] містять 10...12 термінів, які можуть бути застосовані для аналізу пошкоджень зубчастих коліс. При цьому ISO 14830-1 вводить нове поняття трибофатика – наука про зносо-втомлених пошкодженнях і руйнуванні систем.

Фотографії-еталонні характерних видів пошкоджень та описи їх проявів відсутні. Те саме можна сказати щодо інших аналогічних нормалей та стандартів.

Серед різних видів виходу з ладу зубчастих передач поломки або руйнування зубів є найстарішими та основними.

Поломка зуба з причини перевантажень статичного характеру відома з XVIII століття. На сталеливарних заводах та залізницях відбувалися великі аварії, причиною яких були саме поломки (руйнування) зубів. У середині XIX століття поломка була описана як така, що проходить стрибкоподібно від поверхні до серцевини. У другій половині XIX століття в опорі матеріалу були введені два коефіцієнти, що характеризують абсолютну поломку та для вигинальних циклічних напружень, через які і відбувається зазначена поломка.

Пізніше було введено поняття – витривалість. На порозі XX століття спостерігалася втомна поломка зуба.

З появою генераторів і парових турбін у середині XIX століття підвищилися вимоги до зносостійкості зубів.

Наприкінці XIX століття з'явився перший ілюстрований альбом, що містить приклади відмов зубчастих передач. Займання зубчастих передач стало відомим із застосуванням зубчастих передач у авіамоторах на початку XX століття і особливо у випадках шліфуваних зубчастих коліс.

Широке використання шліфування у виробництві зубчастих коліс звернуло увагу виробників до проблеми шліфувальних тріщин.

У зв'язку із займанням стали вивчати температуру в зачепленні, яка в середньому становить 250...450 °С, а в деяких випадках сягає 1200 °С.

З появою легованих сталей звернули увагу на напруження, що утворюються у «викружках» зубчастих коліс. Неплавкі переходи (концентратори напружень) та дефекти матеріалу ставали причиною 50 %-ного виходу з ладу зубчастих коліс редукторів.

У 1940-ті роки була розроблена технологічна послідовність обробки зубчастих коліс, яка давала найкращі результати з точки зору їх витривалості (науглецювання-шліфування-загартування).

З метою зміцнення галтелі зуба та запобігання утворення концентраторів напружень з середини 1940-х рр. стали застосовувати фрези з протуберанцем, що дозволяють формувати плавні лінії від робочих поверхонь до перехідних кривин западин зубів.

Втомне викришування відоме з кінця XIX століття, коли вперше було виявлено на доріжках кочення кулькопідшипників.

Як захист від викришування були запропоновані заходи:

- захист передач від перевантажень (предохранительні муфти);
- використання синтетичних олив;

					КНУ.КМР.131.25.1-01.07.КОЕПР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

– перешліфовка коліс для підвищення навантажувальної здатності.

У 1920-ті роки була відкрита корозія, що виникає під дією мастила, а потім і існування корозійної втоми матеріалу за наявності мастила. У ХХІ столітті з'явилися перші дані про біокорозію, яка розвивається при використанні олив (більшою мірою мінеральних, трансмісійних, меншою мірою у синтетичних) і знижує термін їх використання.

У зв'язку з активним використанням термообробки при виготовленні зубчастих коліс, довелося звернути серйозну увагу на загартувальні тріщини.

В даний час з'явилися мехатронні системи, які пред'являють до зубчастих передач особливі вимоги, наприклад, у частині геометрії, наприклад асиметричних зубів [19, 20].

Основні види пошкоджень зубчастих зачеплень наведено на рис. 7.1.

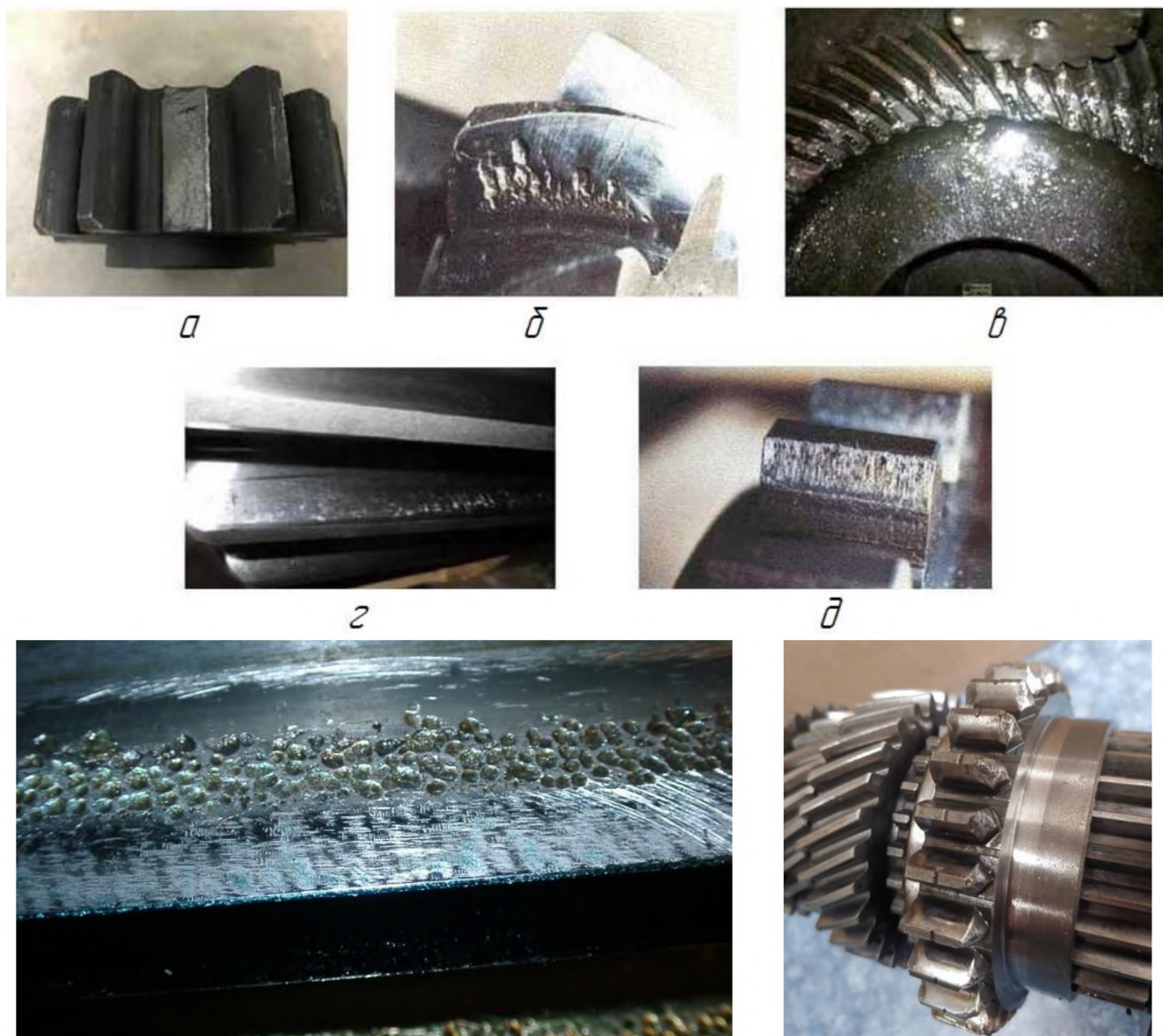


Рисунок 7.1 – Пошкодження зубчастих зачеплень:

а – злам зуба; б – піттинг поверхневих шарів зуб; в – склеювання поверхні зуба;
г – знос поверхні зуба; д – пластична деформація поверхні зуба

					КНУ.КМР.131.25.1-01.07.КОЕПР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Застосування нових технологій виготовлення коліс, наприклад, клейових технологій [20], викликає зміну конструкцій.

Близько 16 % усіх передчасних відмов підшипників пов'язані з неправильним монтажем, викликаним, зазвичай, надмірними зусиллями, і є наслідком відсутності належних інструментів. Для ефективного монтажу та демонтажу підшипників потрібні механічні, гідравлічні або теплові методи.

Незважаючи на те, що застосування так званої ресурсної мастилки підшипників передбачає позбавлення від цих проблем, близько 36 % передчасних відмов підшипників пов'язані саме з неправильним вибором мастильного матеріалу.

В реальності будь-який підшипник, за будь-яких відхилень властивостей мастильного матеріалу від необхідних параметрів, вийде з ладу задовго до досягнення його нормального терміну служби.

Зазначене положення ілюструє наступний приклад. Два підшипники були змащені мастилом Molykote FB-180 і ще два підшипники стандартним мастилом АЗМОЛ-Транссол 200.

При розбиранні підшипників спостерігалася наступна картина: стандартне мастило практично вся висохло і перетворилось на смолисте відкладення (рис. 7.2), мастило ж Molykote FB-180 практично не випарувалось і за зовнішнім виглядом не відрізняється від нового мастила (рис. 7.3).

Внаслідок висихання мастила відбувається вихід підшипника з ладу – відмова підшипника призводить до відмови редуктора, а, отже, і приводу в цілому.



Рисунок 7.2 – Стандартна мастило після тривалої експлуатації практично висохла і відшаровується

					КНУ.КМР.131.25.1-01.07.КОЕПР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

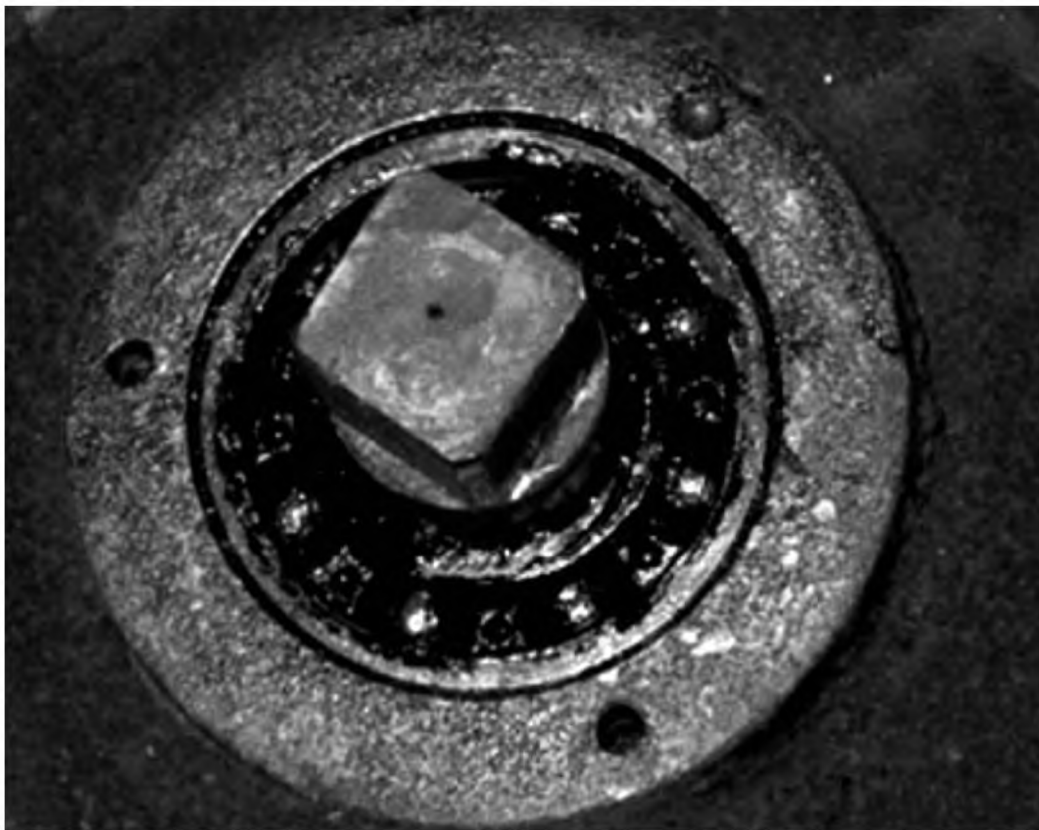


Рисунок 7.3 – Мастило після тривалої експлуатації практично не відрізняється від початкового стану

Оскільки підшипники є важливими деталями машин, неправильне мащення часто призводить до істотних проблем. У тих випадках, де неможливо здійснювати мащення вручну, можна запропонувати оптимальну автоматичну мастильну систему. Впровадження автоматизованого мащення дозволяє зменшити кількість відмов підшипників більш ніж на 50 % порівняно з ручним мащенням.

Підшипники – прецизійні вироби, які не можуть надійно функціонувати в умовах забруднення порожнини підшипника та мастильного матеріалу сторонніми частинками. Оскільки ущільнені і змащені на весь термін служби підшипники складають відносно невелику частку від встановлених в машинах підшипників, принаймні, 14 % їх передчасних відмов пов'язані з проблемами забруднень.

Коли машини перевантажені або неправильно обслуговуються, підшипники виходять з ладу передчасно з причини втом, що є причиною приблизно 34 % від усіх їх передчасних відмов. Такі відмови можна попередити, оскільки пошкоджені та перевантажені підшипники подають «сигнали тривоги», які можна виявити за допомогою приладів для моніторингу стану машин [21]. В асортимент таких приладів входять портативні прилади, стаціонарні системи та програмне забезпечення для періодичного або постійного моніторингу ключових параметрів роботи промислового обладнання.

Основні види пошкоджень підшипників наведено на рис. 7.4.

					КНУ.КМР.131.25.1-01.07.КОЕПР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 7.4 – Пошкодження підшипників:

а – втомне зношування; б – корозія; в – електрична ерозія; г – надмірне осьове попереднє навантаження; д – проковзування тіл кочення; е – розкатування зовнішньої поверхні; ж – погане змащення

					КНУ.КМР.131.25.1-01.07.КОЕПР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7.3 Результати аналізу

У сучасних роботах, присвячених проектуванню як приводів в цілому, так і їх елементів, обов'язково порушуються питання прогнозування та забезпечення якості зубчастих передач.

В даний час йде робота зі стандартизації різноманітних видів дефектів, з дослідження можливості запобігання тим чи іншим дефектам, які можуть призводити до поломок зубчастих коліс, що відповідає відмові всього редуктора і приводу в цілому.

					КНУ.КМР.131.25.1-01.07.КОЕПР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У магістерській випускній роботі виконано комплексне техніко-технологічне дослідження, спрямоване на підвищення ефективності виготовлення деталі «Корпус» редуктора ЦВ-40 шляхом упровадження сучасних систем автоматизації та раціоналізації виробничих процесів. На основі проведених досліджень отримано такі результати та висновки.

Проаналізовано конструкцію та вимоги до редуктора ЦВ-40, виконано розрахунок розмірних ланцюгів, що дозволило визначити необхідні допуски та взаємні положення поверхонь для забезпечення працездатності механізму.

Розроблено технологічний процес виготовлення деталі «Корпус», який враховує особливості чавунного литва, геометрію деталі та вимоги до точності посадкових місць. Запропонована послідовність операцій забезпечує оптимальне поєднання точності, продуктивності та економічності виробництва.

Виконано верстатно-інструментальне налагодження для фрезерної операції на горизонтально-фрезерному верстаті з ЧПК Haas EC-400. Обрано сучасний металорізальний інструмент, розроблено керуючу програму у середовищі FeatureCAM, що забезпечує стабільну якість обробки та підвищує рівень автоматизації процесу. Це дозволяє зменшити тривалість підготовчо-завершальних робіт і підвищити продуктивність.

Спроектовано спеціальне технологічне оснащення для виконання зубофрезерної операції, а також розроблено контрольний пристрій для перевірки міжцентрової відстані.

Спроектовано механоскладальний цех з урахуванням сучасних вимог до організації виробництва. Проведені техніко-економічні розрахунки підтвердили доцільність заміни застарілого обладнання: прогнозований період окупності інвестицій становить 3,21 року, а річна економія коштів – 140 377 грн. Це демонструє економічну ефективність впровадження проєктних рішень та застосування сучасної високоточної техніки. Розроблено комплекс заходів з охорони праці та екологічної безпеки, спрямованих на мінімізацію шкідливого впливу виробничих процесів при механічній обробці чавунних корпусних деталей. Запропоновані рекомендації підвищують рівень безпеки праці та зменшують екологічні ризики виробництва.

У науково-дослідній частині проведено огляд типових відмов редукторів електроприводів, що дозволило визначити критичні елементи та чинники впливу на їхню надійність. Результати огляду можуть бути використані для подальшої оптимізації конструкції та підвищення довговічності виробів.

Загалом, у роботі розроблено комплексне технологічне забезпечення виготовлення корпусу редуктора ЦВ-40. Запропоновані технічні й організаційні рішення забезпечують підвищення якості продукції, зниження собівартості та покращення економічних показників підприємства.

					<i>КНУ.КМР.131.25.1-01.B</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ док-м.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Висновки</i>		
<i>Розроб.</i>		<i>Базаєв</i>					
<i>Перевір.</i>		<i>Рязанцев</i>					
<i>Реценз.</i>							
<i>Н. контр.</i>		<i>Нечаєв</i>					
<i>Зав. каф.</i>		<i>Рязанцев</i>					
						<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>
							<i>Архів</i>
						<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-24м</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. Справочник технолога – машиностроения. В 2 томах/ Косилова А.Г., Мещеряков Р.К., М., 1986г.
3. Атаманюк, В.В. Технологія конструкційних матеріалів: [Текст] Навчальний. посібник / В.В. Атаманюк. – К.: Кондор, 2006. – 528 с.
4. Біленький П.Є. Підвищення якості організації промислового виробництва / П.Є. Біленький. – Львів: Світ, 1990. – 168 с.
5. Боженко, Л.І. Технологія виробництва заготовок у машинобудуванні [Текст] / Л.І. Боженко. – К.: НМК ВО, 1990. – 264 с.
6. Захаркін, О.У. Технологічні основи машинобудування (основні способи обробки поверхонь та технологічні обробляючі системи для їх реалізації): [Текст]: Навчальний посібник / О.У. Захаркін. – Суми: Сумський державний університет, 2011. – 137 с.
7. Мельничук П.П., Боровик А.І., Лінчевський П.А., Петраков Ю.В. Технологія машинобудування [Текст] : Навчальний посібник / ЖДТУ, – Житомир: 2005. – 835 с.
8. Сучасні методи аналізу технологічних процесів у машинобудуванні: [Текст] : Навчальний посібник / В.В. Душинський. – К.: ІСДО, 1994. – 216 с.
9. Технологія конструкційних матеріалів [Текст]; за ред. М.А. Сологуба. – К.: Вища школа, 1983. – 286 с. 20.
10. Дикань С.А. Безпека людини [Текст]: підручник для студ.вищ.закл. / С. А. Дикань, І. О. Іваницька. – Полтава: ТОВ «АСМІ», 2019. – 279 с.
11. Технологія машинобудування. Проектування технологічного спорядження: Посібник / Боженко Л.І.-Львів. Світ, 2001.-296 с.
12. Технологічна оснастка механоскладального виробництва:Підручник / Боровик А.І.- К.: Кондор, 2008. 726 с.
13. Технологічні задачі механоскладального виробництва/ Бондаренко С.Г.- Ніжин.:Спект Поліграф, 2008.-220 с.
14. Технології механоскладального виробництва/ Бондаренко С.Г.- Ніжин.:Спект- Поліграф, 2008. 358 с.
15. Технологія машинобудування Горбатюк Е.О. Мазур М.П.,Зенкін А.С., Каразей В.Д. Навчальний посібник. Львів., Новий світ-2008,-360 с.
16. ДСТУ 3.1001:2014 Єдина система технологічної документації. Загальні положення.

					КНУ.КМР.131.25.1-01.СВД			
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата				
Розроб.		Базаєв			Список використаних джерел			
Перевір.		Рязанцев						
Реценз.								
Н. контр.		Нечаєв						
Зав. каф.		Рязанцев						
					Літ.	Арк.	Аркцшів	
					Каф. ТМ, гр. ПМ-24м			

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. Дусанюк Ж. П. Проектування та виробництво заготовок деталей машин. Литі заготовки : навч. посібник / Ж. П. Дусанюк, О. П. Шиліна, С. В. Репінський, С. В. Дусанюк. – Вінниця : ВНТУ, 2009. – 199 с.

26. Software module for generating control programs for additive manufacturing equipment / M. I. Chizhov, A. V. Lutovin, A. V. Bredihin, V. V. Vetohin // AIP Conference Proceedings, Krasnoyarsk, 29–30 апреля 2021 года / Krasnoyarsk Scientific Centre of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences. Vol. Volume 2402. – Melville, New York, United States of America: AIP Publishing, 2021. – P. 70038. – DOI 10.1063/5.0071393. – EDN MUIHO.

27. Эттель, В. А. Исследование технологии производства деталей сложной конфигурации с помощью аддитивных технологий / В. А. Эттель, А. А. Берг, С. С. Иванов // Академическая наука - проблемы и достижения : Материалы XV международной научно-практической конференции, North Charleston, USA, 26–27 марта 2018 года. Том 2. – North Charleston, USA: CreateSpace, 2018. – С. 41-43. – EDN XQBBRZ.

28. Kheifetz, M. L. From Information and Additive Technologies to Self-Reproduction of Machines and Organisms / M. L. Kheifetz // Advanced Materials and Technologies. – 2018. – No. 1. – P. 22-35. – DOI 10.17277/amt.2018.01.pp.022-035. – EDN XWDLAD.

					КНУ.КМР.131.25.1-01.СВД	Арк.
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

					КНУ.КМР.131.25.1-01.Д		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Додатки		
Розроб.	Базаєв						
Перевір.	Рязанцев						
Реценз.							
Н. контр.	Нечаєв						
Зав. каф.	Рязанцев				Каф. ТМ, гр. ПМ-24м		

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
«Корпус» редуктора ЦВ-40 з використанням систем автоматизації

Виконав магістрант гр. ПМ-24м

(підпис)

Базасєв Т.П.

Керівник КМР

(підпис)

Рязанцев А.О.

Нормоконтроль

(підпис)

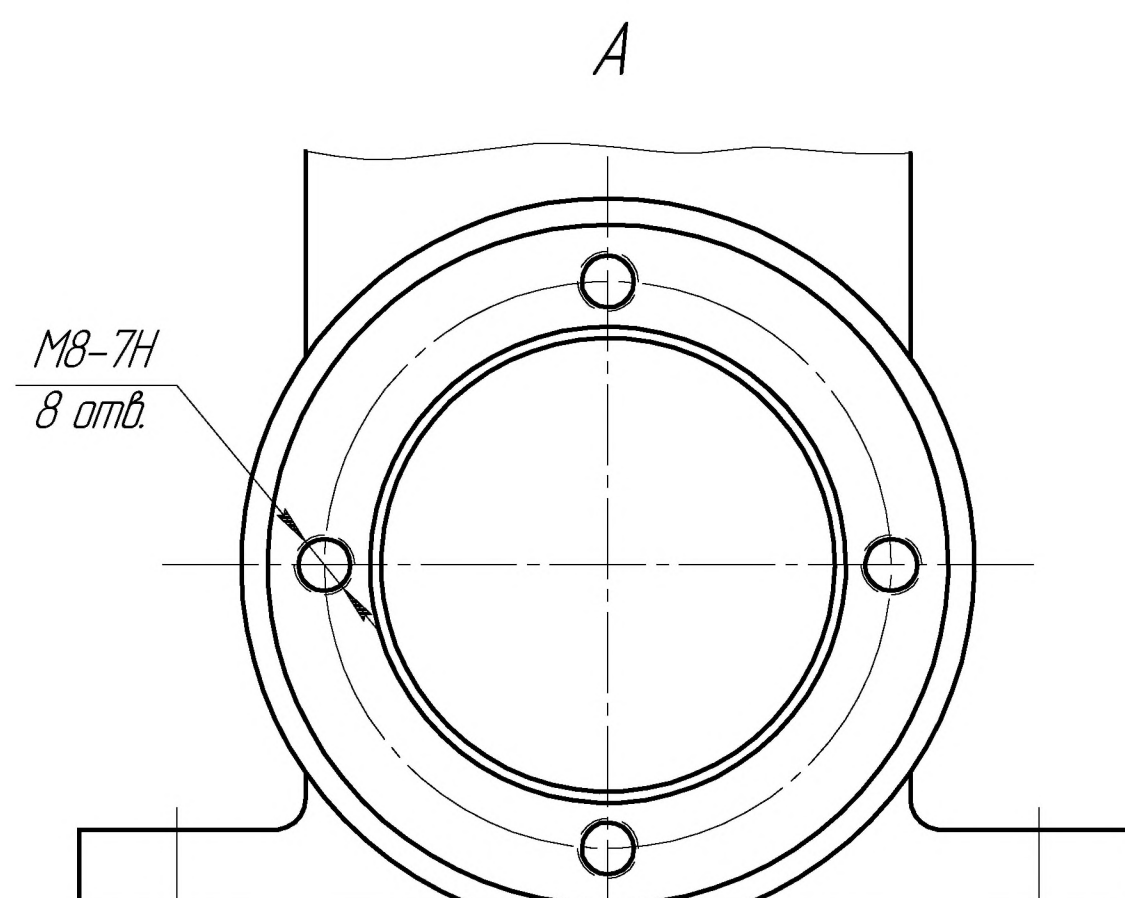
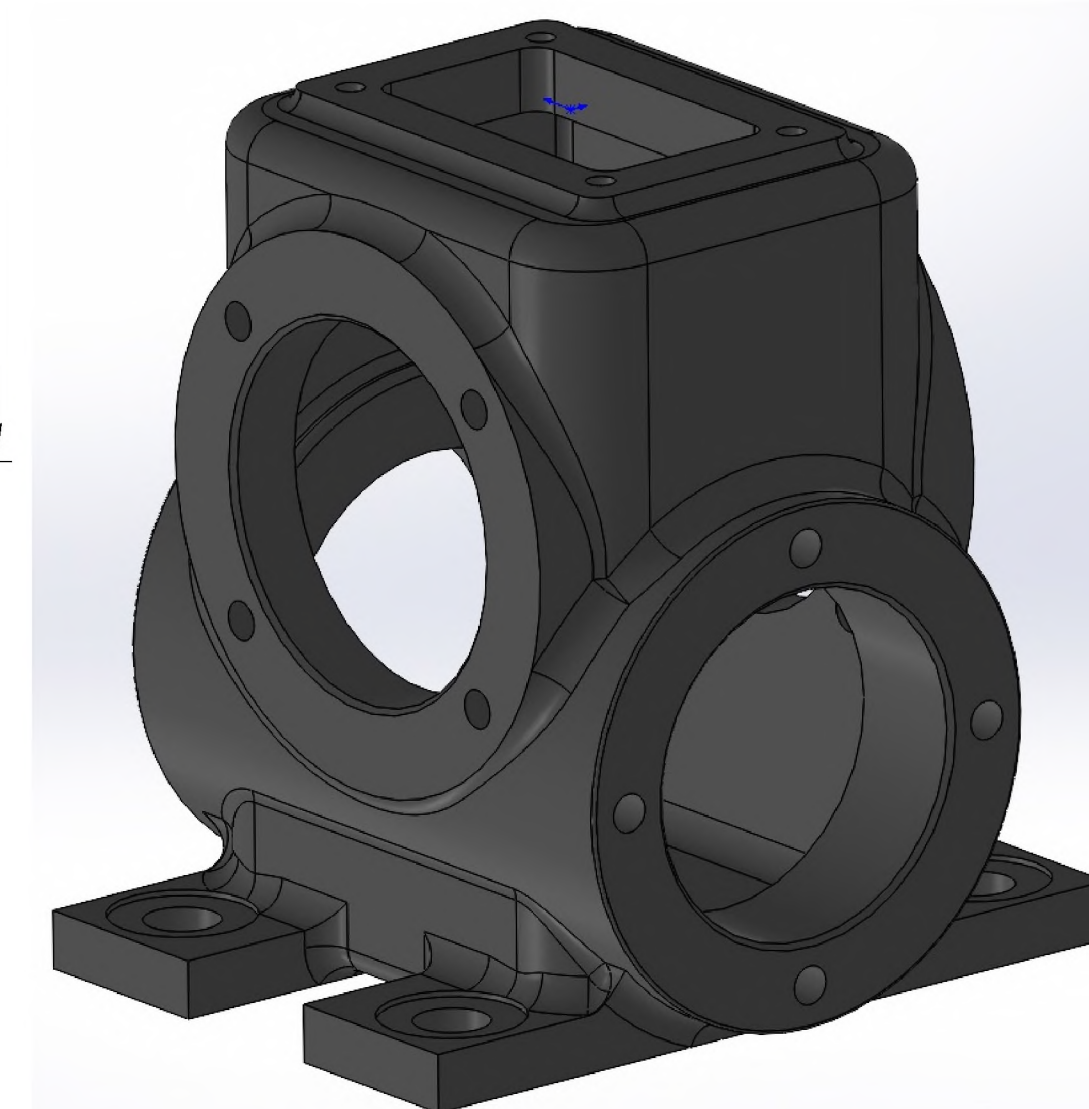
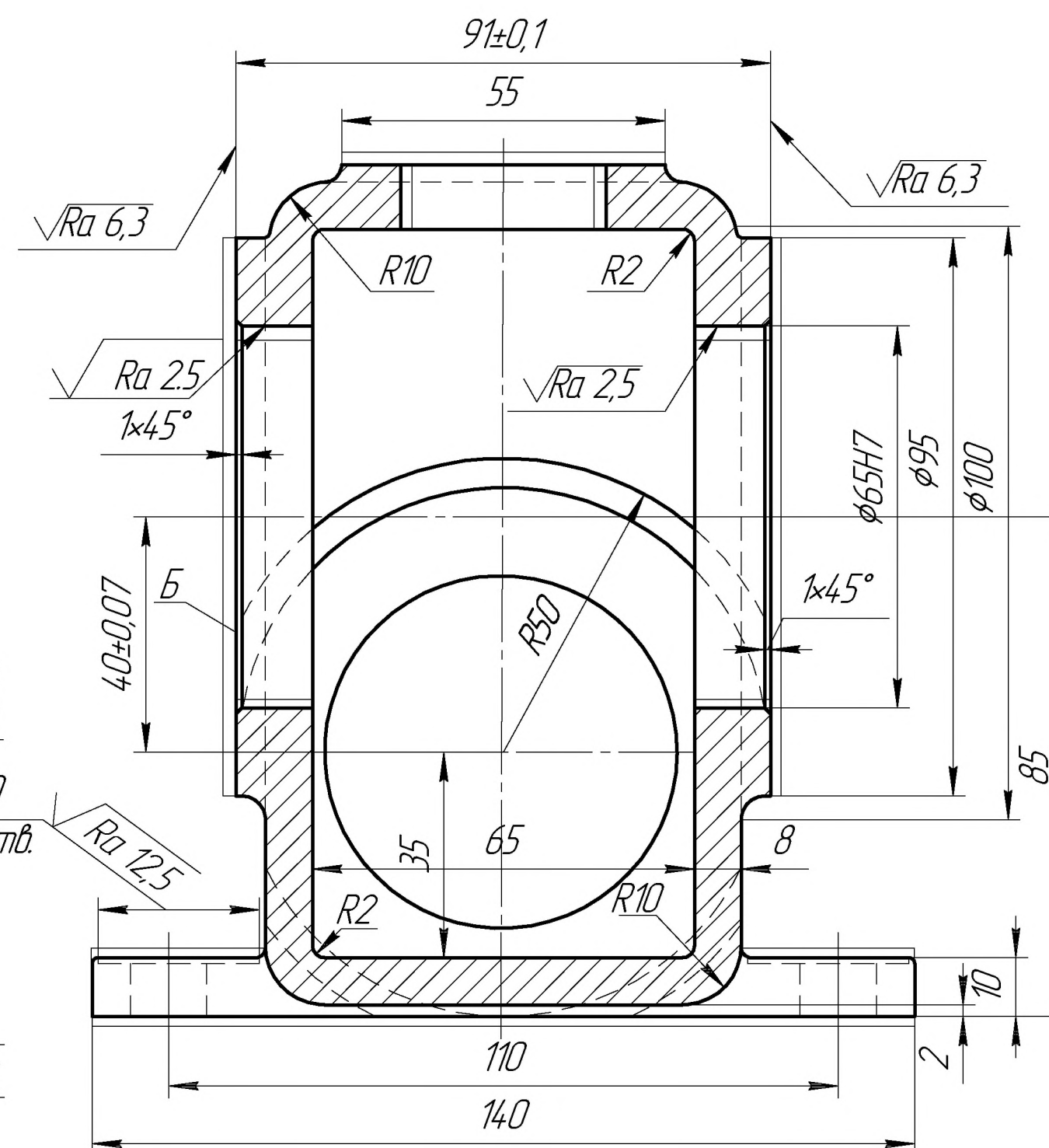
Нечасєв В.П.

Завідувач кафедри

(підпис)

Рязанцев А.О.

Перв. примен.	Справ. №	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание									
						Креслення											
		A2		1	КНУ.КМР.131.25.1-01.РСК	Редуктор ЦВ-40	1										
						(складальне креслення)											
		A2		2	КНУ.КМР.131.25.1-01.К	Корпус	1										
		A1		3	КНУ.КМР.131.25.1-01.ЕО	Ескізи операцій	1										
		A1		4	КНУ.КМР.131.25.1-01.ВІН	Верстатно-інструментальне	1										
						налагодження											
		A2		5	КНУ.КМР.131.25.1-01.ВП	Верстатне пристосування	1										
		A2		6	КНУ.КМР.131.25.1-01.ПК	Пристосування контрольне	1										
Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инв. №	Подп. и дата	КНУ.КМР.131.25.1-01.ПМС	1	План механоскладального цеху									
									A1								
									A2								
									A2								
									A2								
									A2								
									A2								
									A2								
									A2								
									A2								
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. №	КНУ.КМР.131.25.1-01.НДЧ	1	Науково-дослідна частина									
Изм. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. №	Изм. №	Лист	Листов									
									Изм. №	Лист	Листов						
												Изм. №	Лист	Листов			
															Изм. №	Лист	Листов
Разраб.	Базаєв			Відомість креслень та інформаційно-засвідчуючих аркушів КМР	Лит. Н		1										
Пров.	Рязанцев																
Н.контр.	Нечаєв																
Утв.	Рязанцев																
Копировал						Формат А4											



1. Корпус відлити мастилонепроникним і піддати старінню.
2. Допуск на неперпендекулярність осей не більше 0.3 мм на ширині корпусу.
3. Перекіс осей розточок $\phi 60H7$, $\phi 65H7$ кожна не більше 0.02 мм.
4. Неперпендикулярність торцев' Б до осей розточок не більше 0.02мм.
5. Гострі кромки притупити.

					КНУ.КМР.131.24.1-01.К			
					Корпус	Літ.	Маса	Масштаб
Зм. лист	№ докум.	Підпис	Дата				4.5	1:1
Розробив	Базаєв							
Керівник	Рязанцев					Лист	Листів	
					СЧ15 ДСТУ 8833:2018	Кauf. ТМ		
Н.контр.	Нечасів					ПМ-24м		
Затв.	Рязанцев							

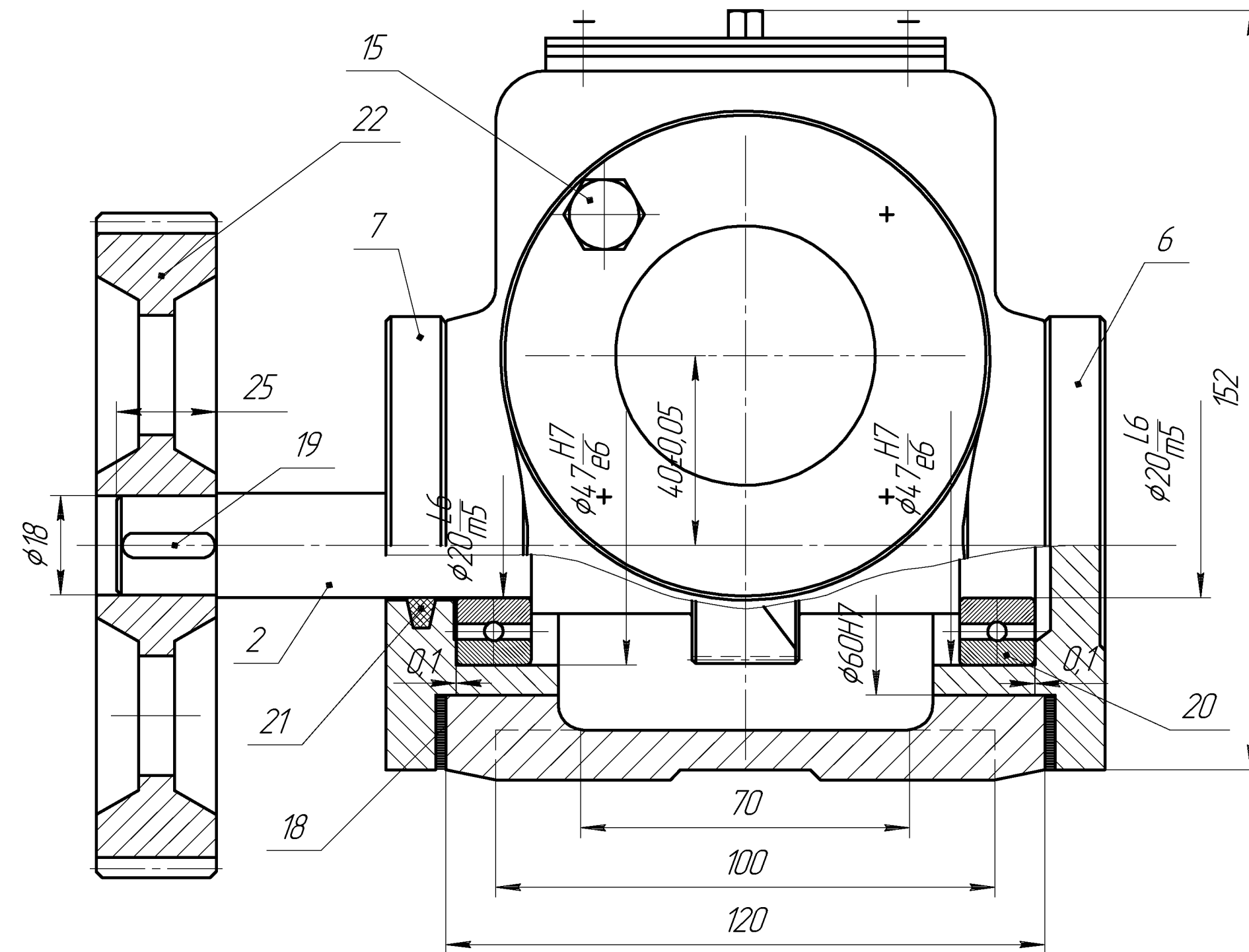
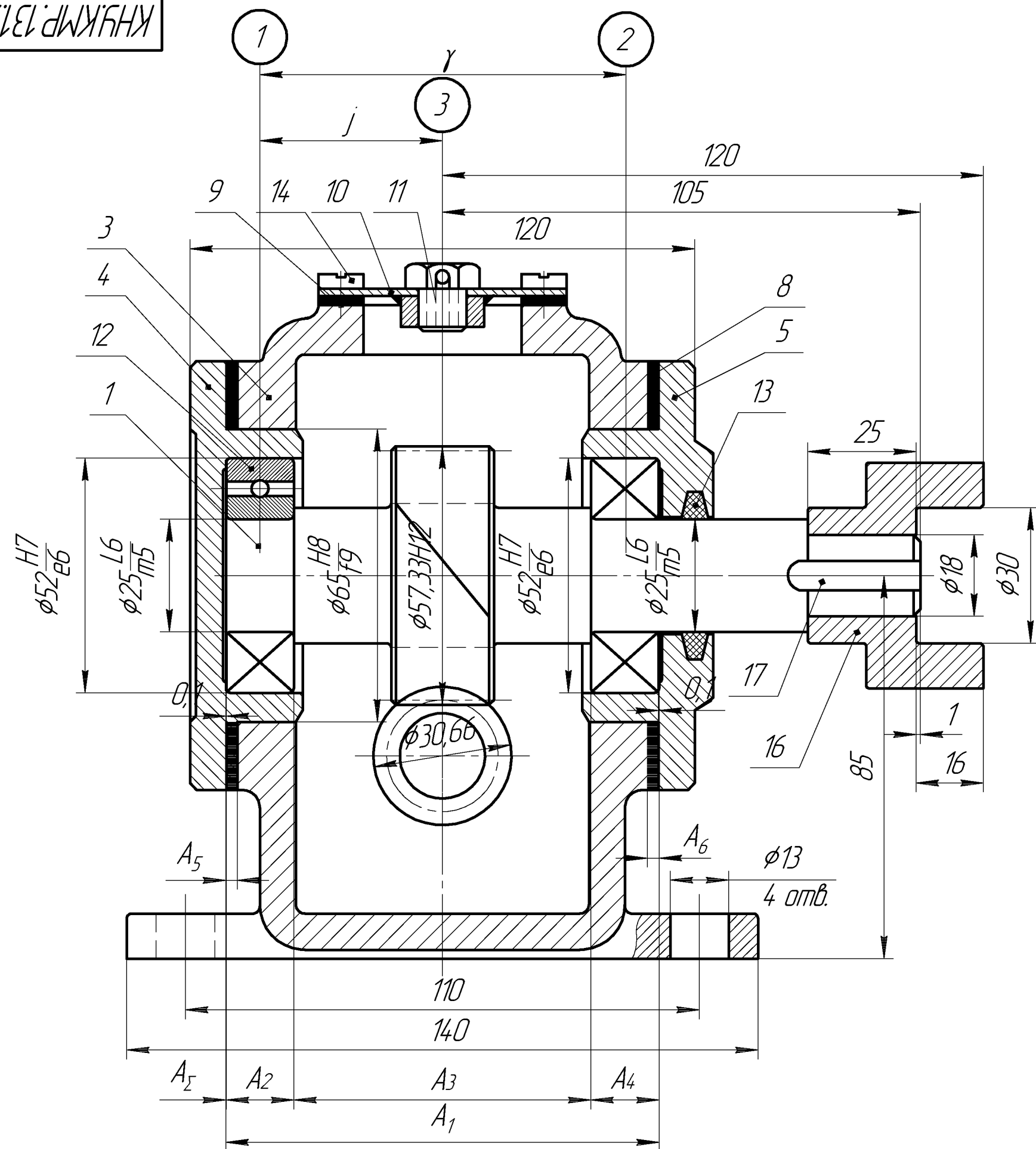
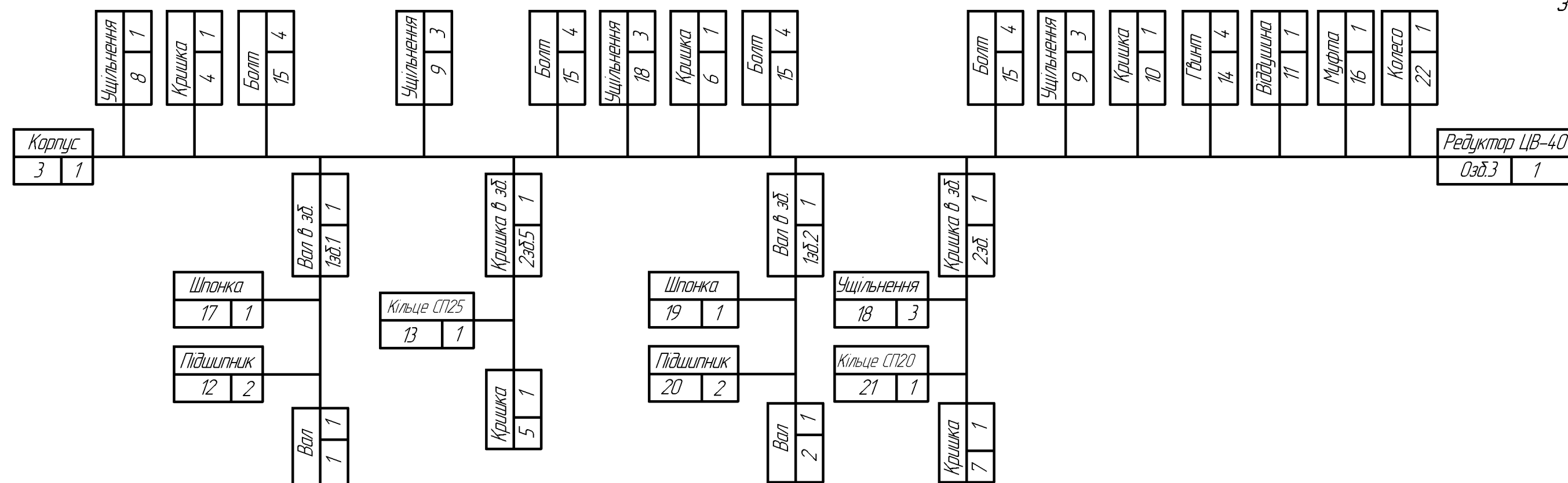


Схема складання вузла



Призначення ланцюга А:
забезпечення зазору між буртом вала та
підшипником при складанні методом компенсації
за рахунок прокладок однакової товщини

Позначення ланки	Розмір
A ₁	110±0.0175
A ₂	15 ^{-0.012}
A ₃	80±0.15/80 ^{+0.875} _{+0.575}
A ₄	15 ^{-0.012}

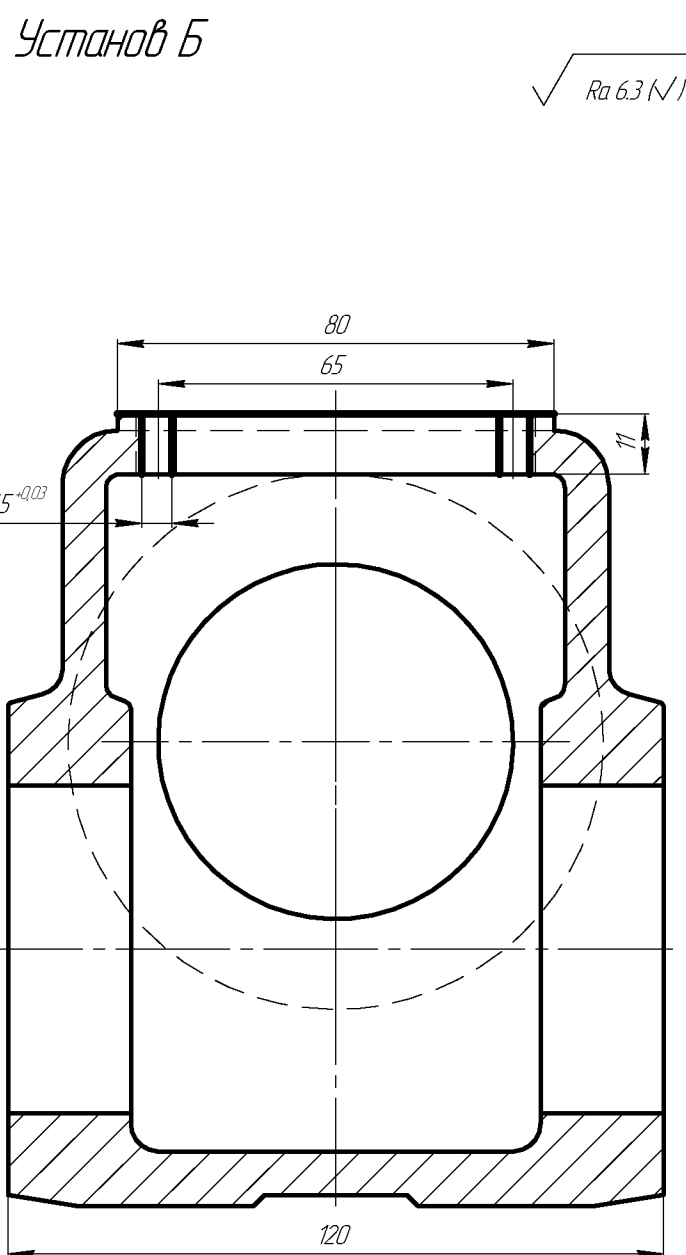
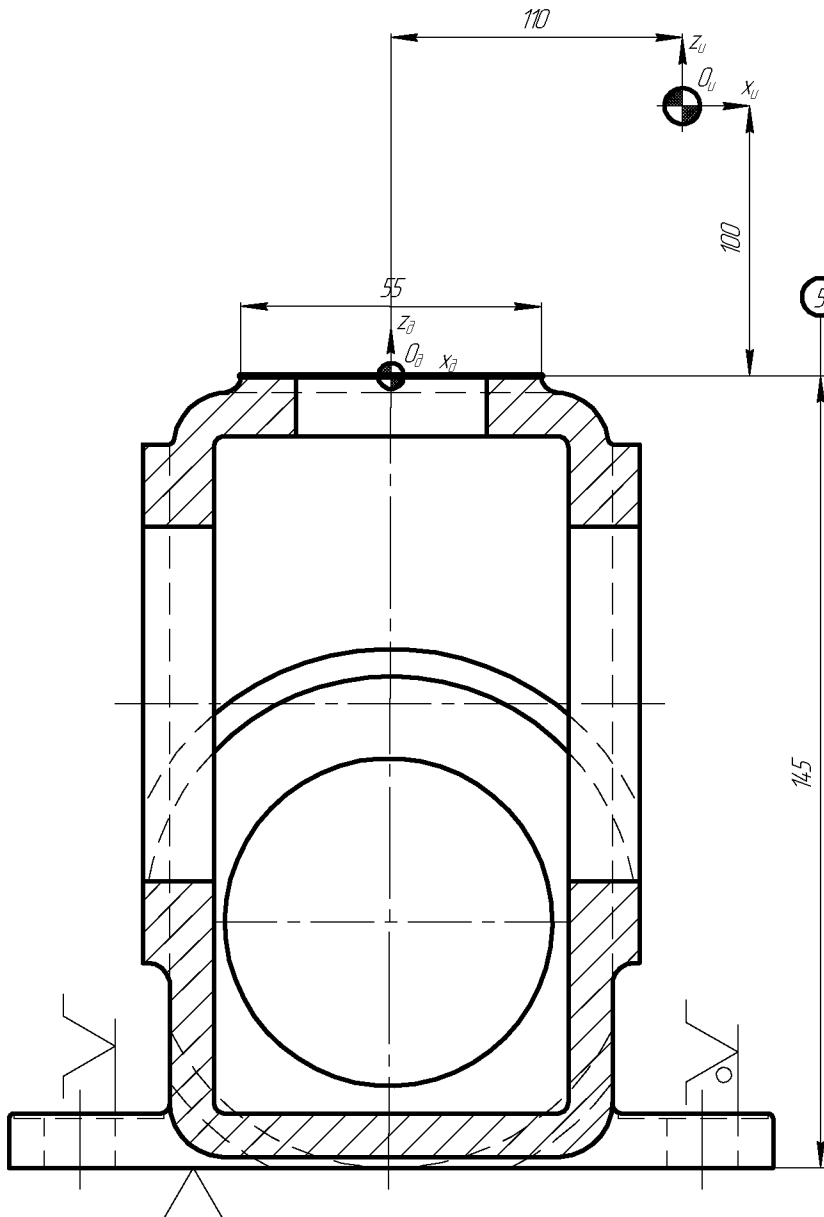
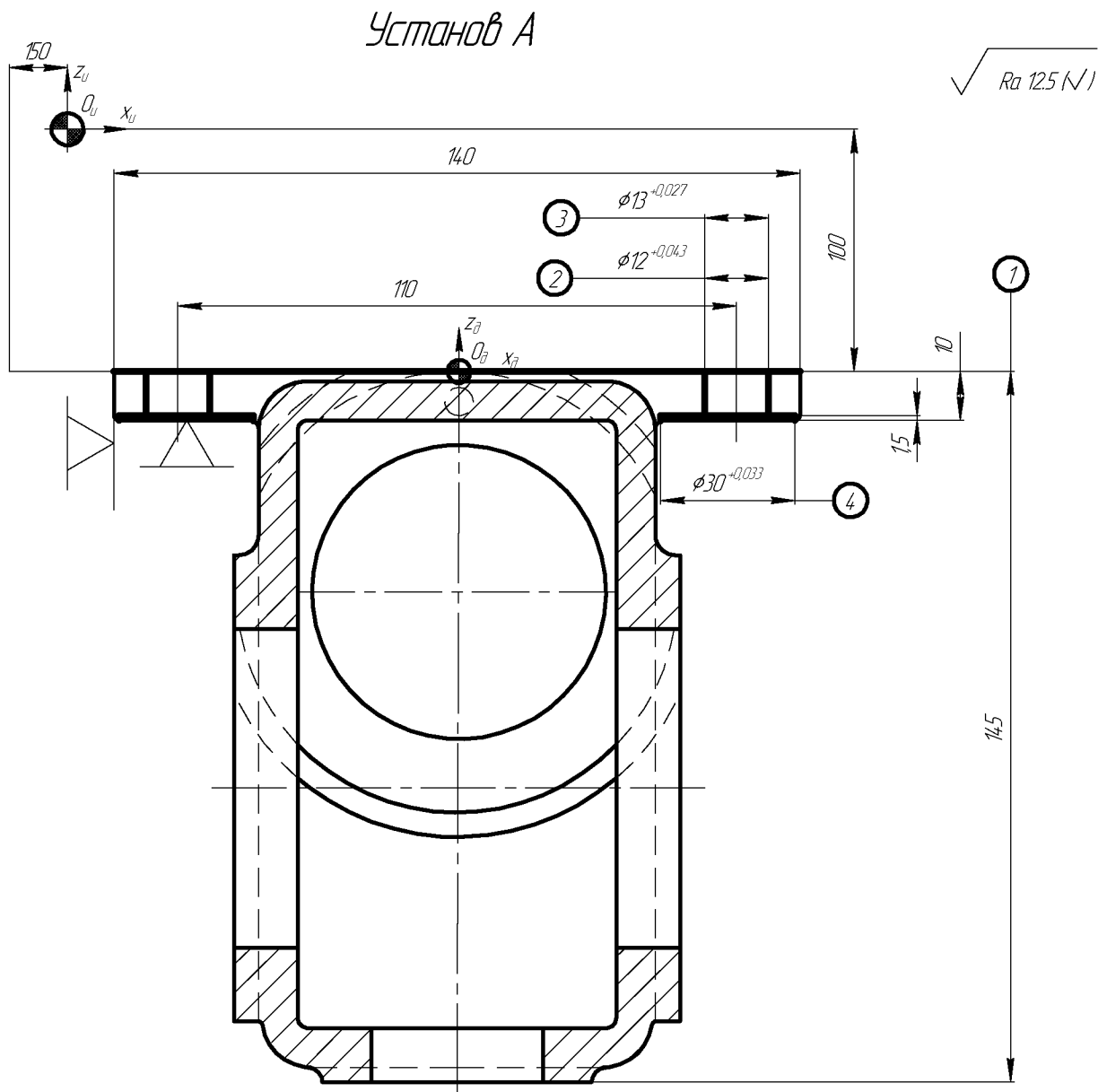
Призначення ланцюга γ:
визначення відносного
зміщення осі вала в розтині 2

Позначення ланки	Розмір
γ	95
j	47.5

						КНУ.КМР.131.24.1-01.РСК				
						Редуктор ЦВ-40 (скляльне скреслення)	Лит.	Маса	Масштаб	
Зм./Лист	№ докум.		Підпис	Дата			Н	10.85	1:1	
Розробив	Базасєв									
Керівник	Рязанцев									
Н.контр.	Нечасєв						Лист			
Затв.	Рязанцев						Листів			
							Каф. ТМ			
							ПМ-24м			

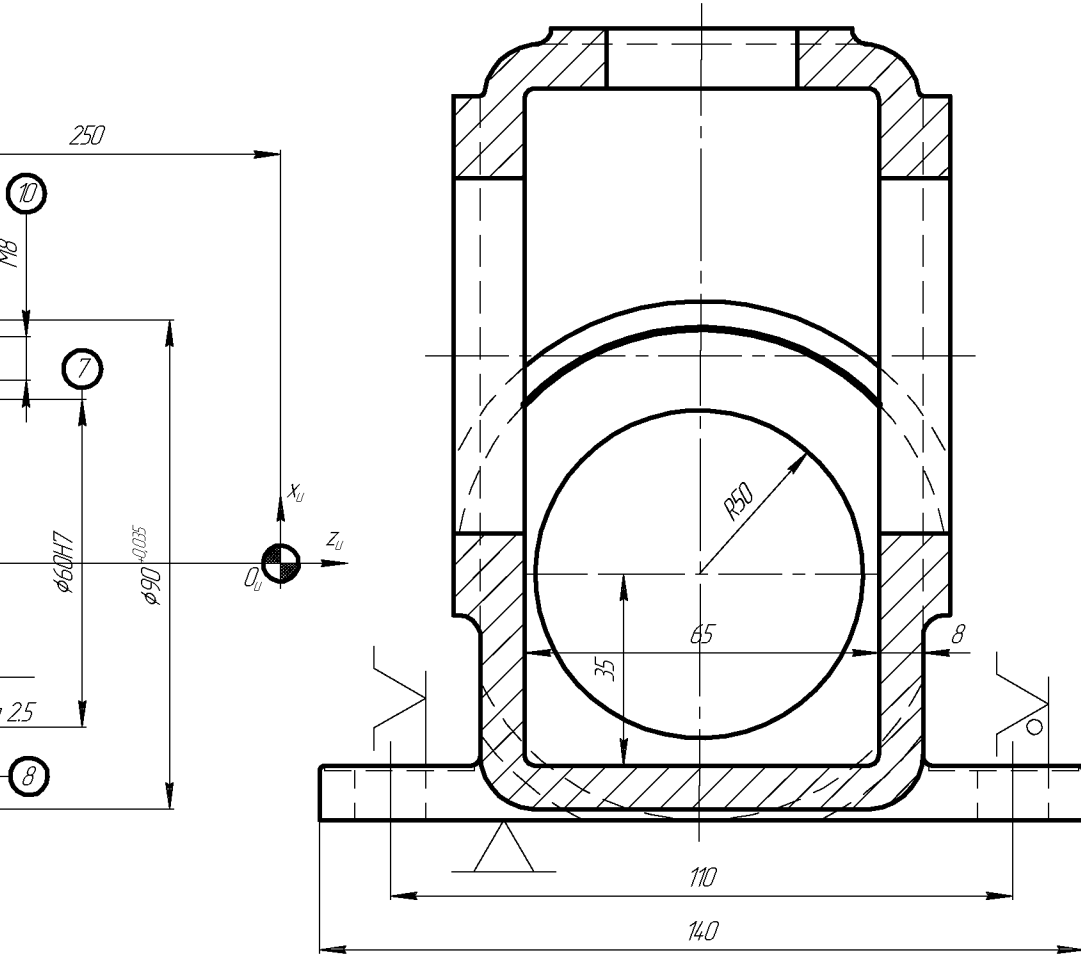
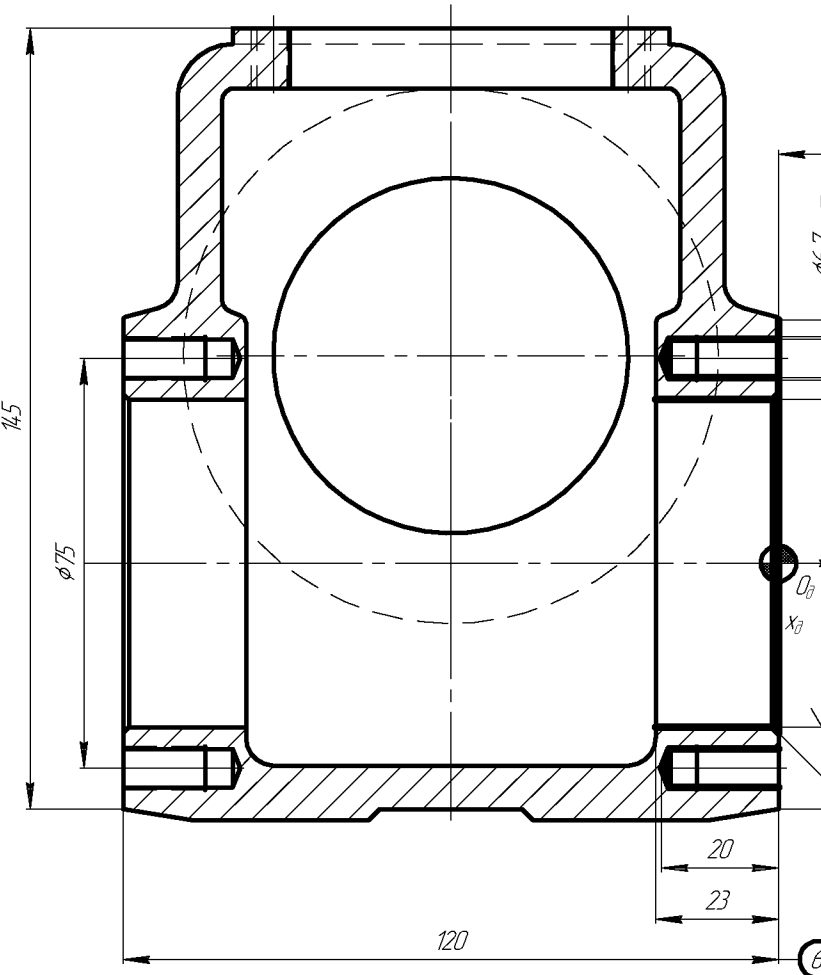
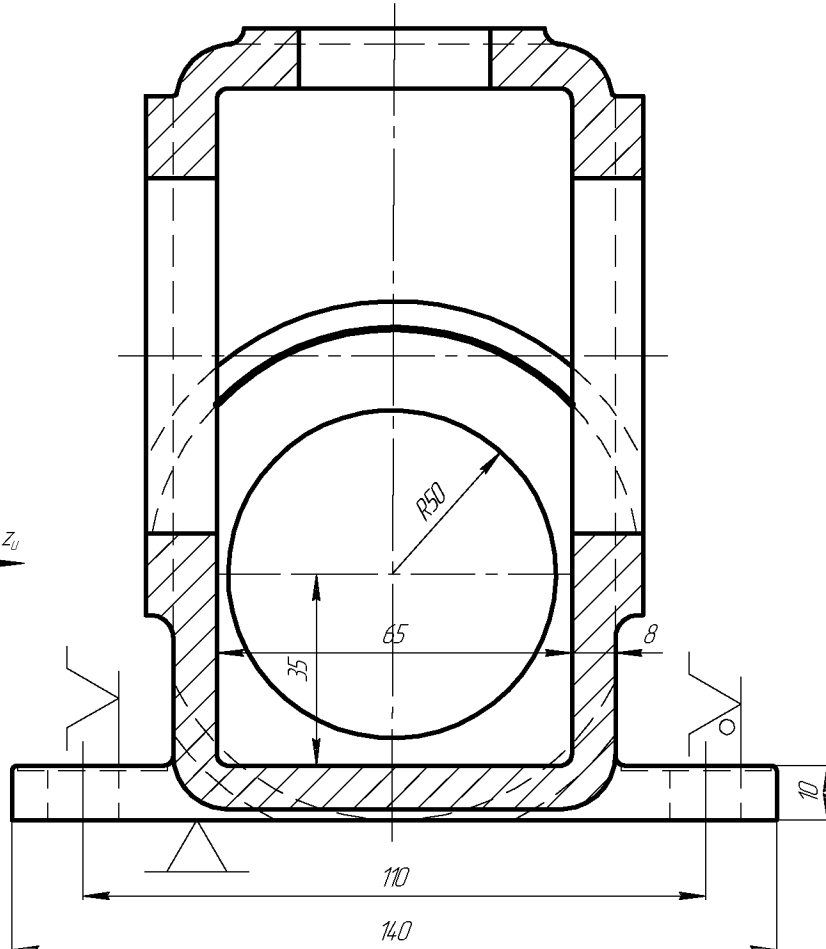
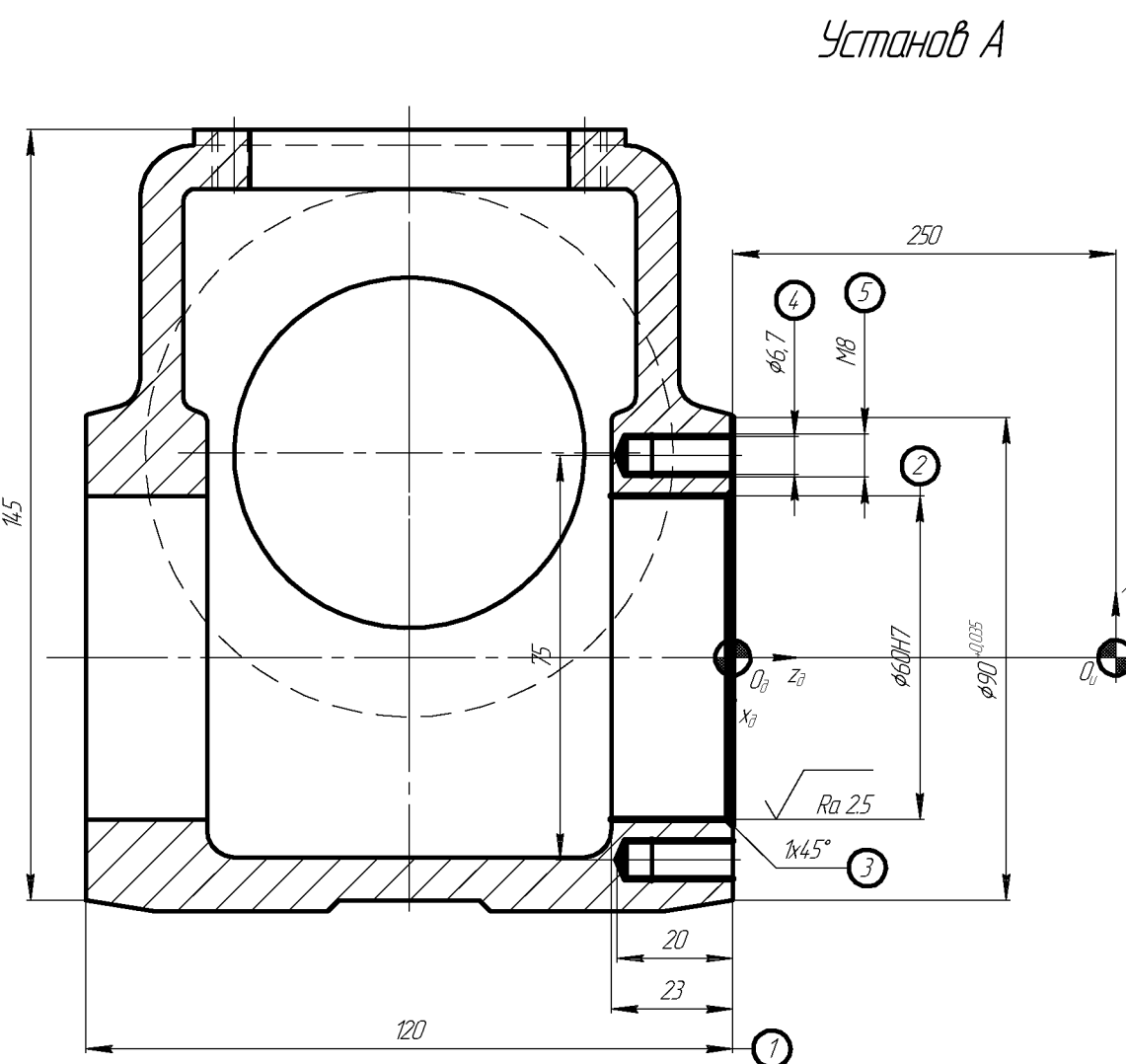
005 – Багатоцильова з ЧПК, верстат HAAS EC-400

Перехід 1



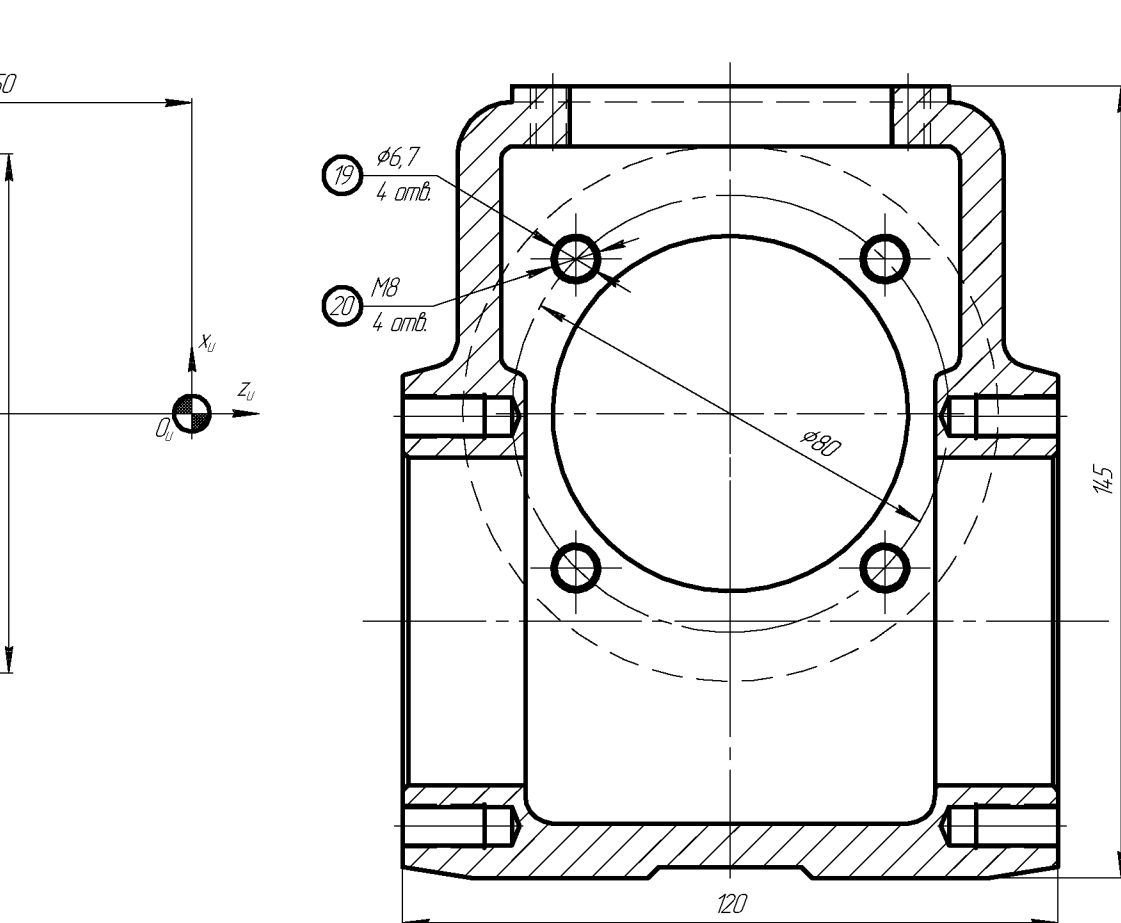
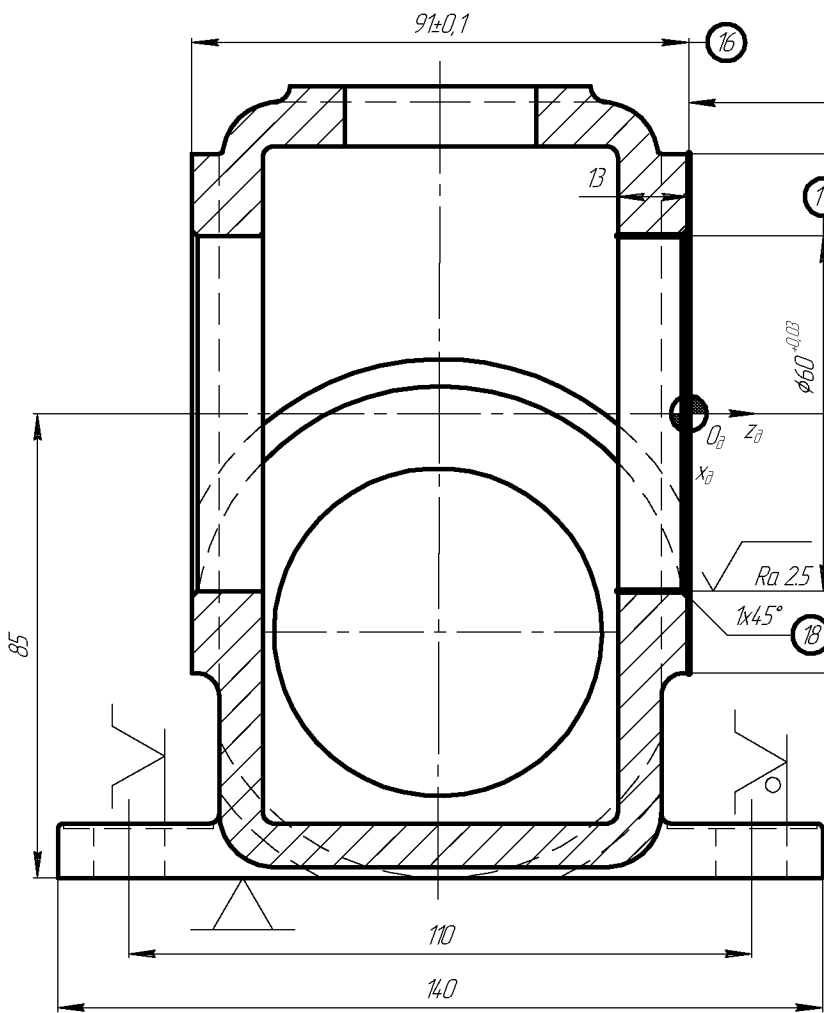
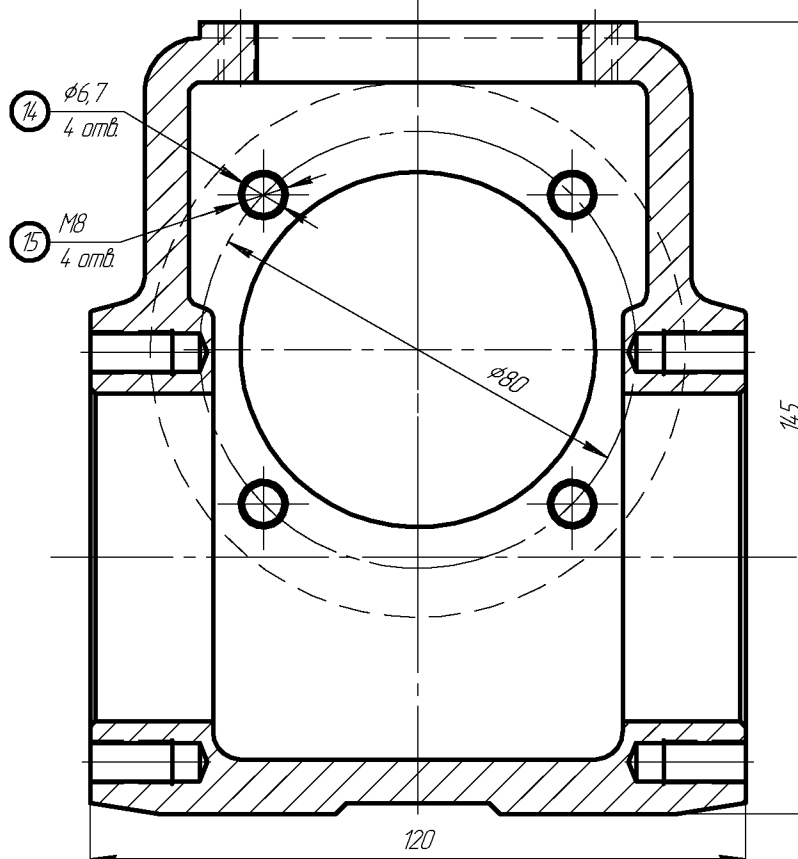
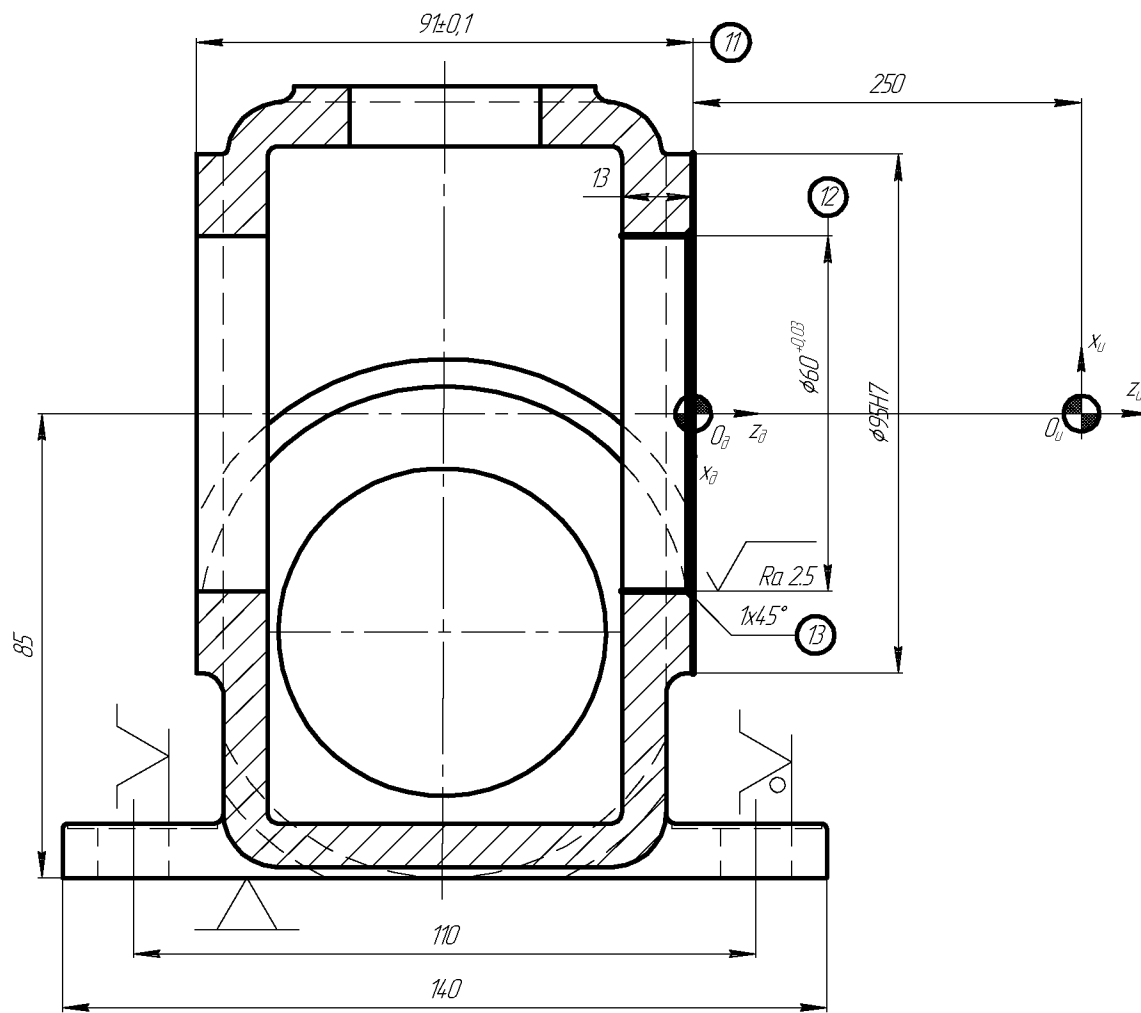
2-й перехід	12	10	6	0.35	376	210	0.52
Свердлити отвір $\phi 12$							
1-й перехід	140	120	25	0.86	100	315	0.84
Фрезерувати площину 120×140 в розеті 1							
Найменування переходу	D, мм	L, мм	t, мм	S, мм/об	V, мм/хв	n, об/хв	T _р , хв

Перехід 2



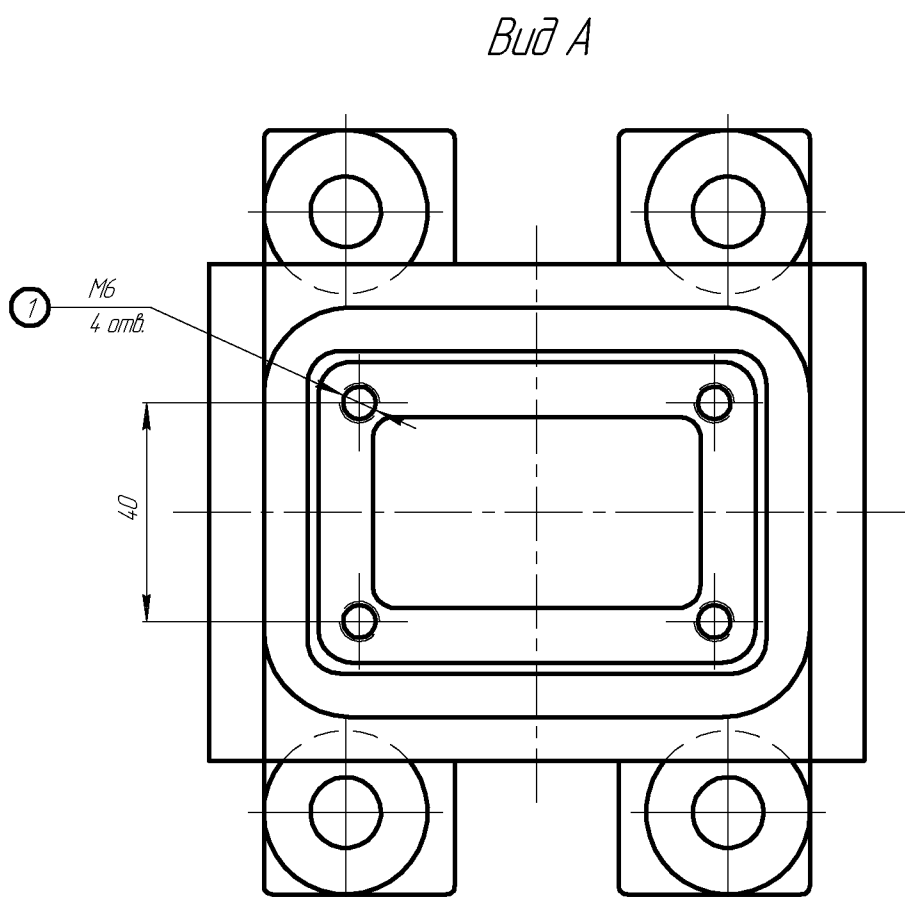
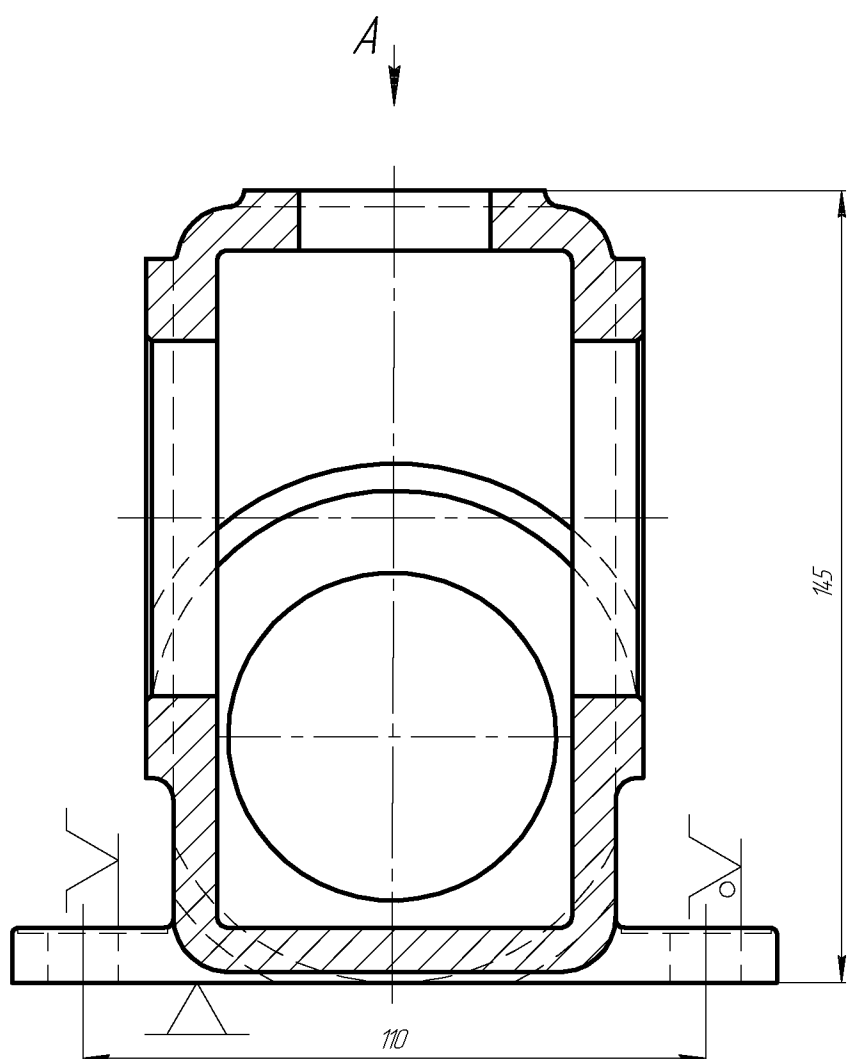
2-й перехід	6	15	13	0.2	30	100	0.08
Нарізати різьбу М8							
1-й перехід	6.7	20	3.37	0.2	34	1600	0.02
Свердлити отвір $\phi 6.7$							
Найменування переходу	D, мм	L, мм	t, мм	S, мм/об	V, мм/хв	n, об/хв	T _р , хв

Установ В



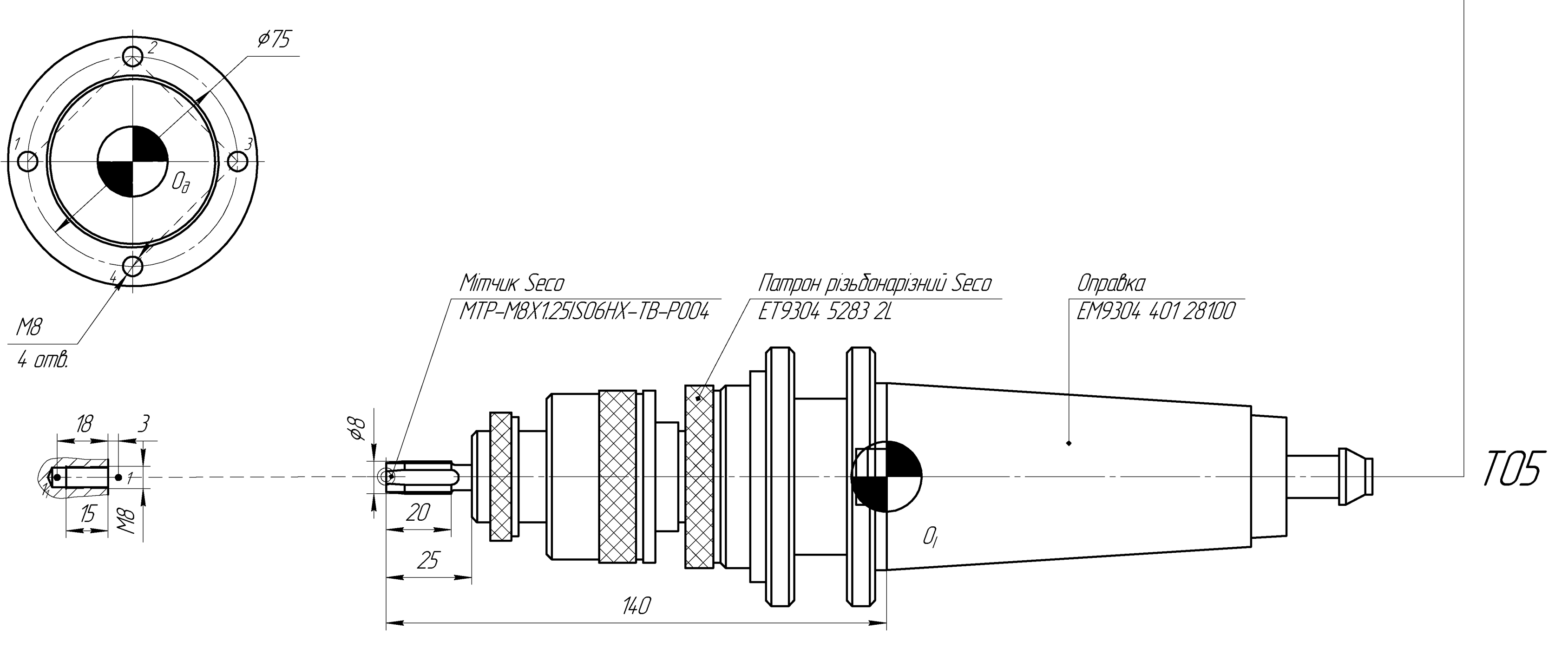
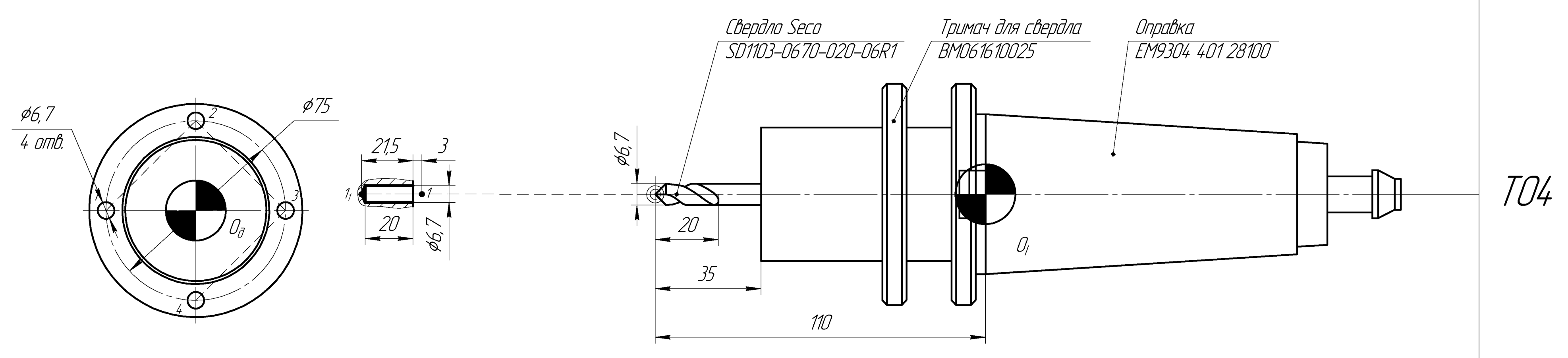
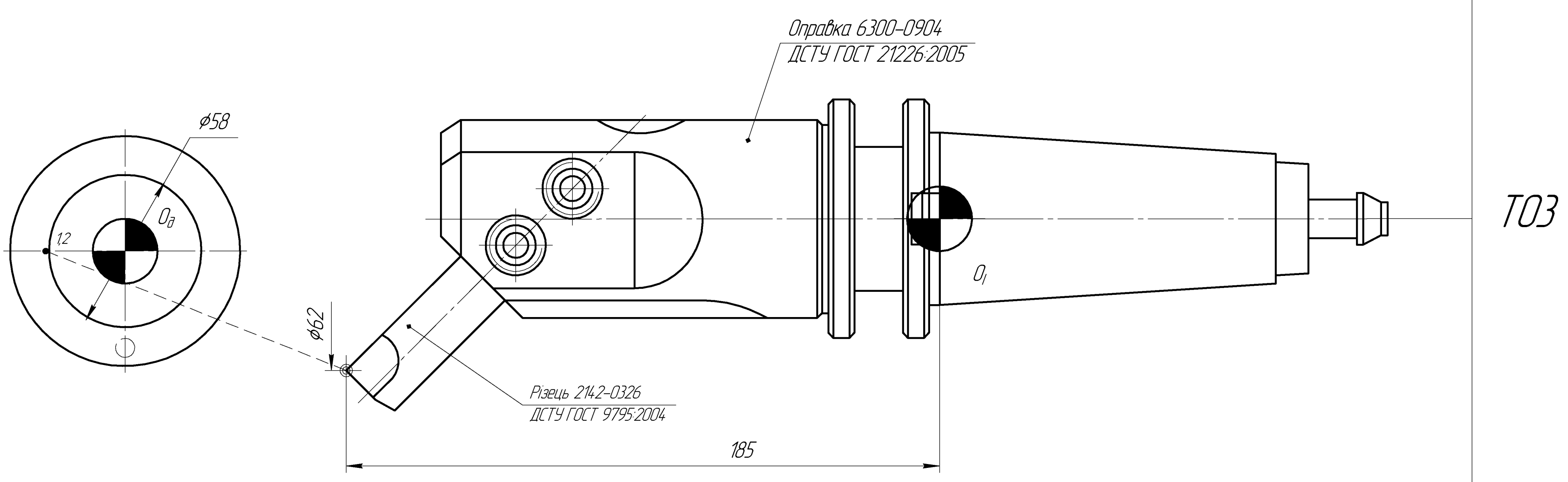
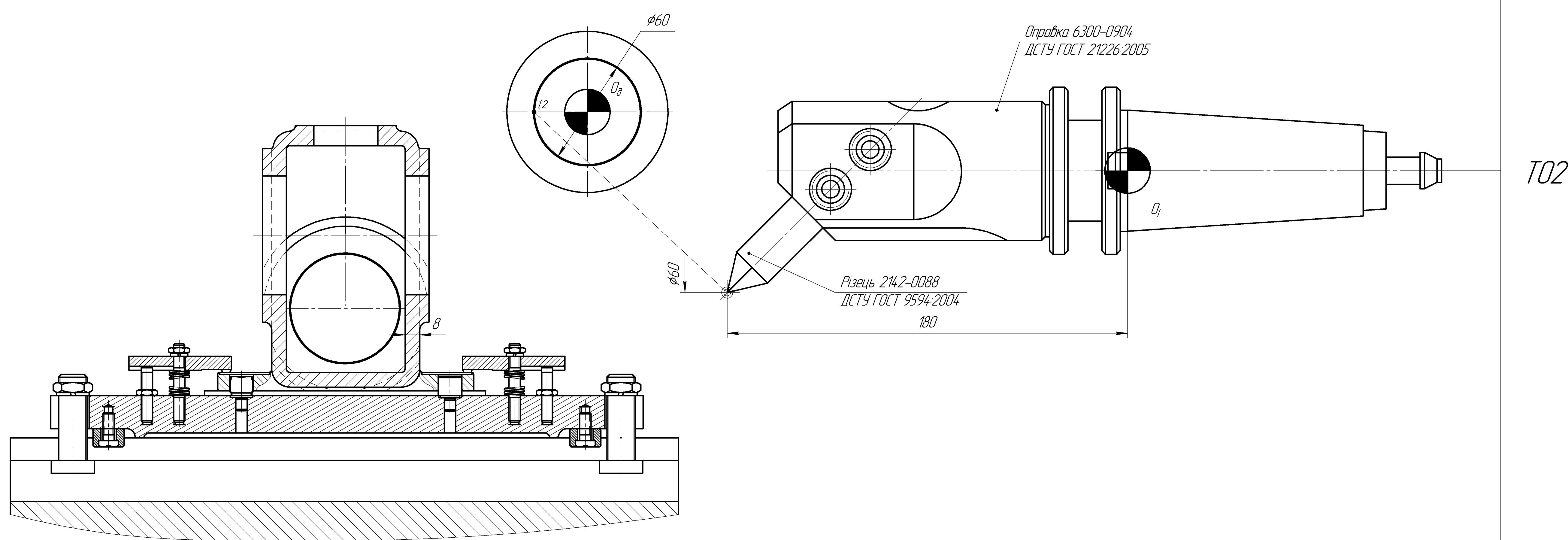
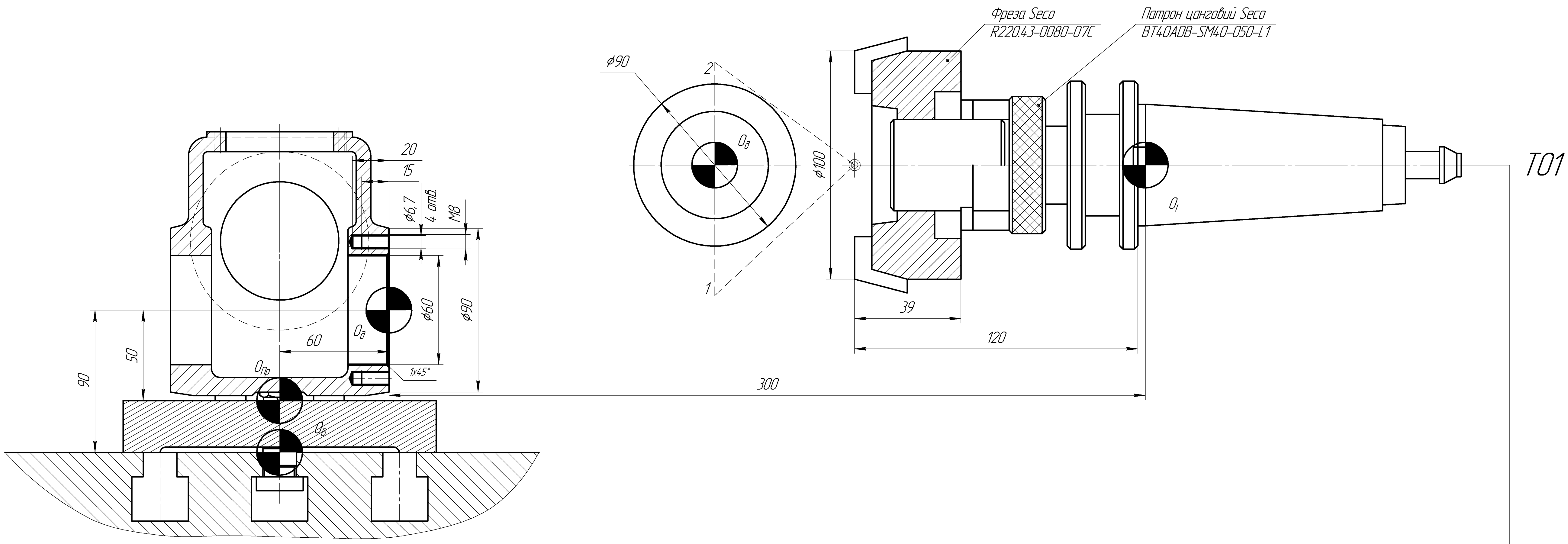
2-й перехід	60	1	2	0.92	60	315	0.03
Точити фаску $1 \times 45^\circ$							
1-й перехід	65	13	3.5	0.28	10	50	0.22
Розточити отвір $\phi 65$							
Найменування переходу	D, мм	L, мм	t, мм	S, мм/об	V, мм/хв	n, об/хв	T _р , хв

010 – Слюсарна (нарізання різьби вручну)

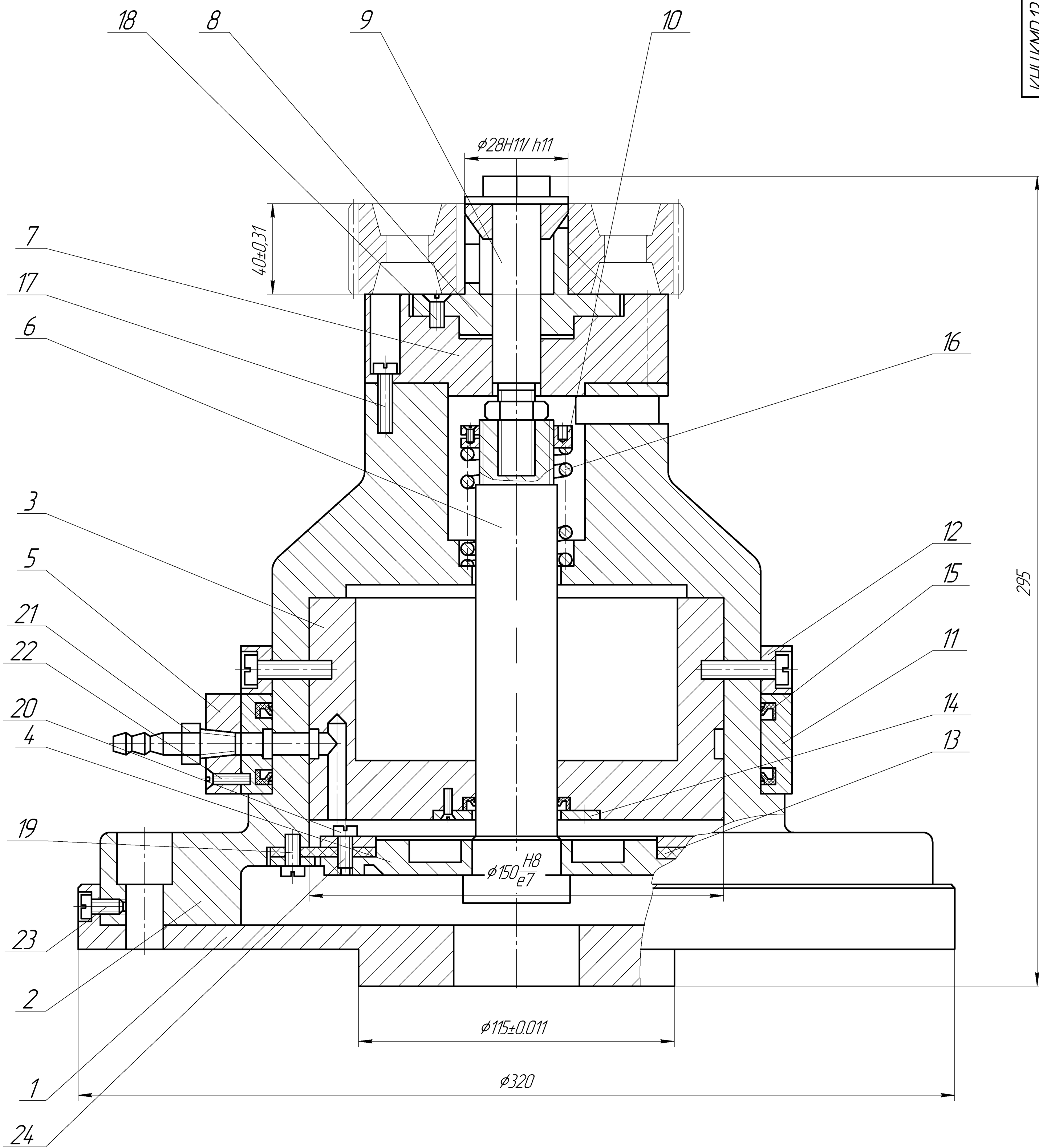


1-й перехід	6	70	1	0.35	9	20	2.05
Найменування переходу	D, мм	L, мм	t, мм	S, мм/об	V, мм/хв	n, об/хв	T _р , хв

КНУКМР.13124.1-01ЕО				Ескізи операцій		
Зм./Лист	№ док.м.	Підпис	Дата	Н	Маса	Масштаб
Розробив	Визначив			Лист	Листів	
Керівник	Резанцев			Каф. ТМ		
Н.контр.	Началь			ПМ-24м		
Затв.	Резанцев					

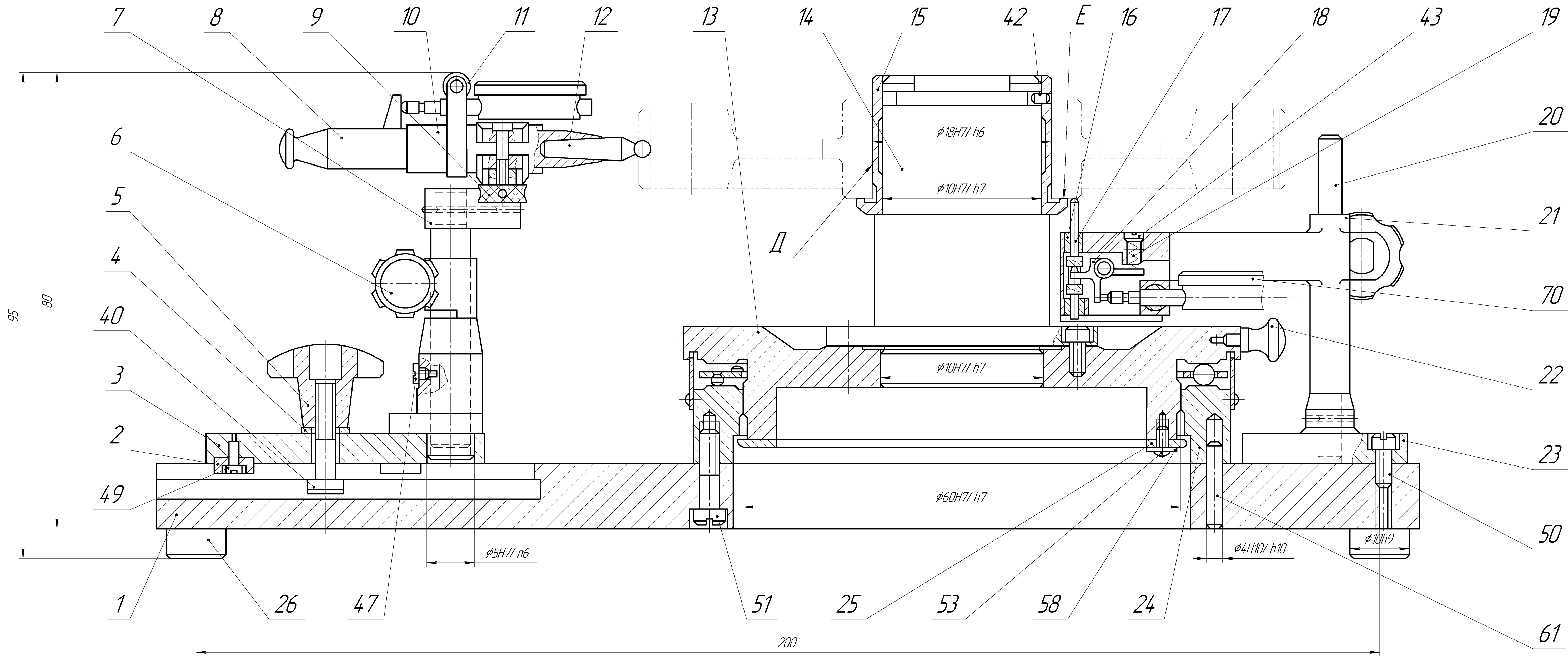


Інструмент	Точка	Координати мм		
		X	Y	Z
T01	1	0	-180	0
	2	0	90	0
T02	1	-30	0	3
	2	-30	0	-25
T03	1	-31	0	-2
	2	-31	0	-1
T04	1	-375	0	3
	1 ₁	-375	0	-215
	2	0	375	3
	2 ₁	0	375	-215
	3	375	0	3
	3 ₁	375	0	-215
	4	0	-375	3
	4 ₁	0	-375	-215
T05	1	-375	0	3
	1 ₁	-375	0	-18
	2	0	375	3
	2 ₁	0	375	-18
	3	375	0	3
	3 ₁	375	0	-18
	4	0	-375	3
	4 ₁	0	-375	-18



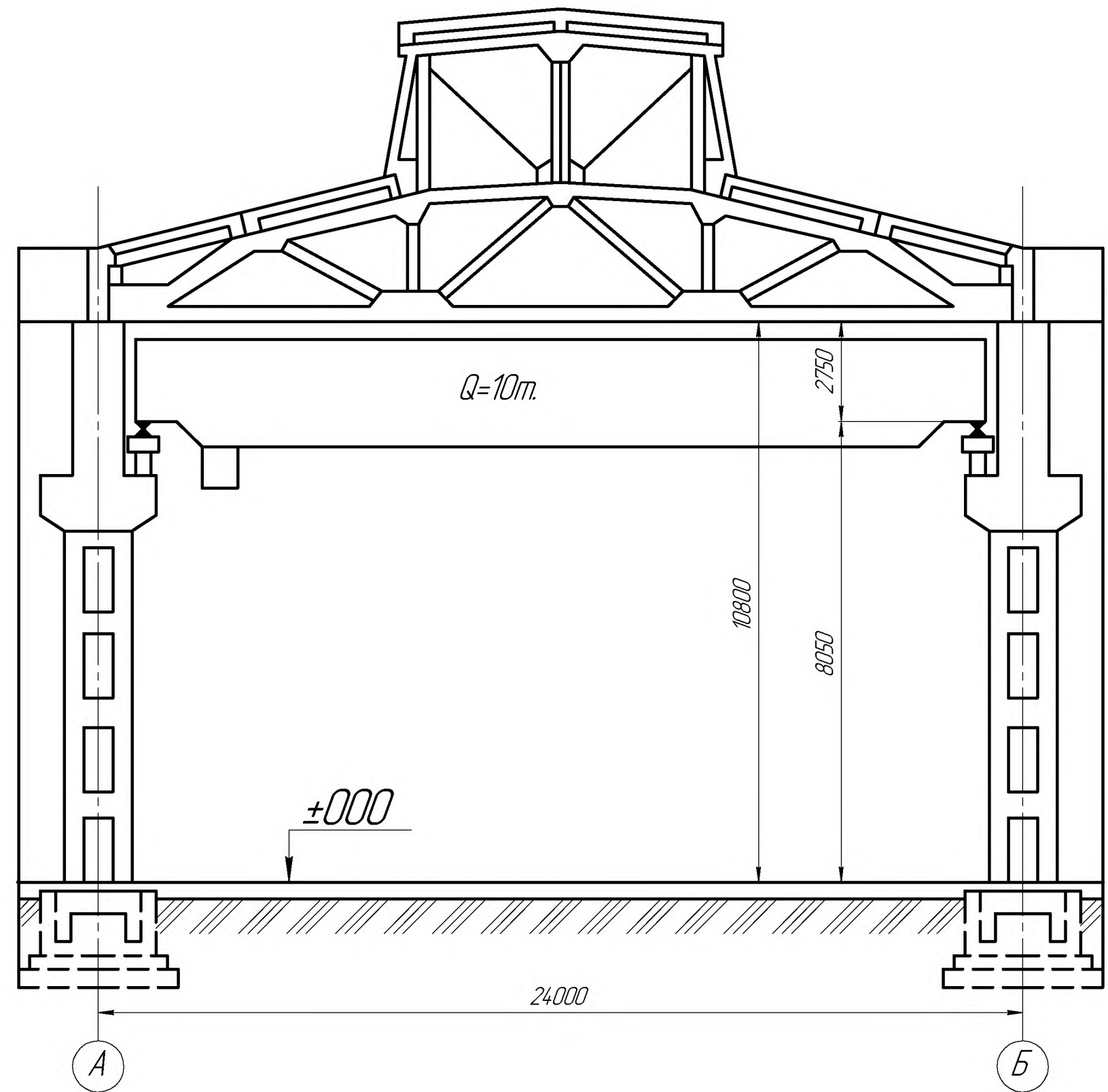
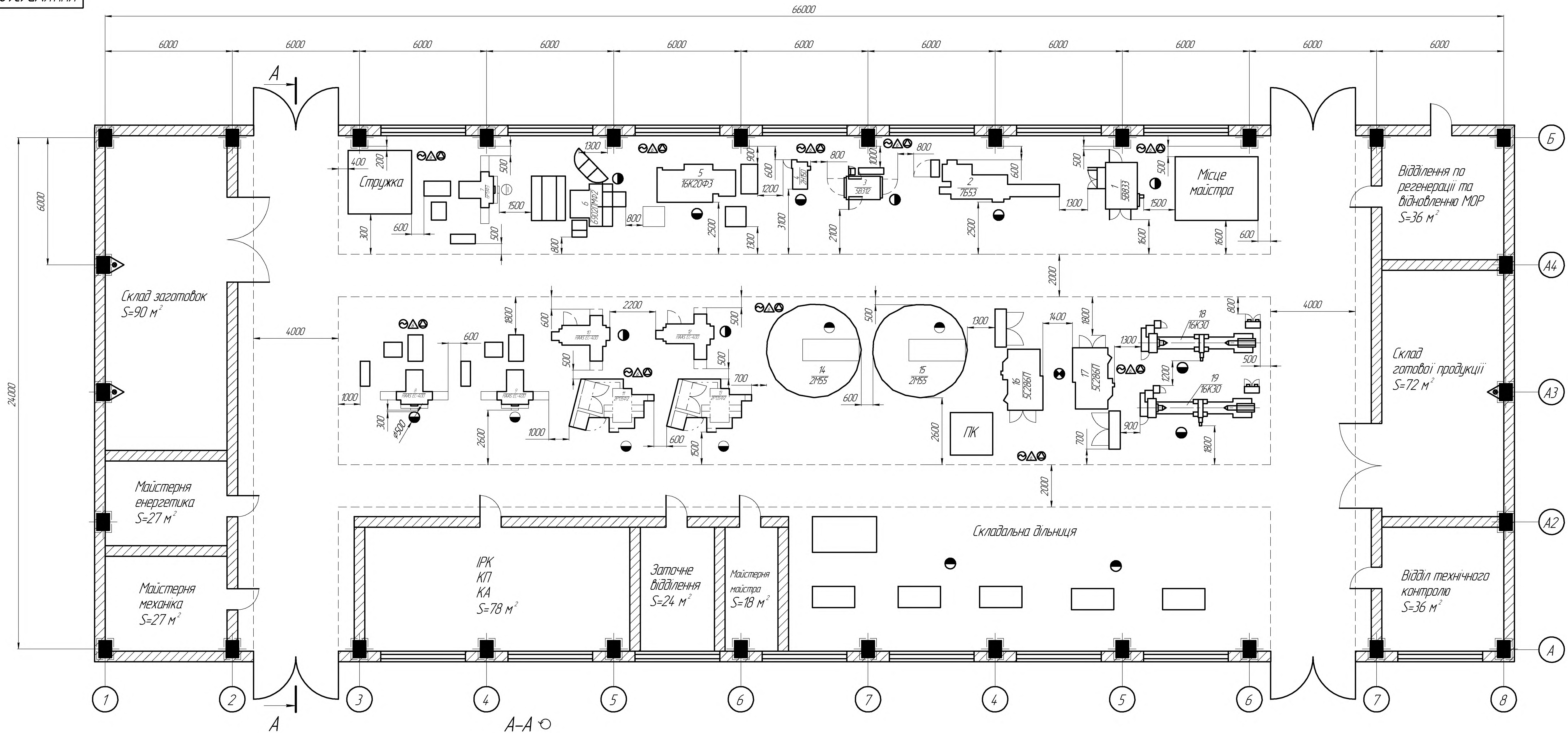
1. * Розмір для справок.
2. Пристосування призначене для нарізання 39 зубів в деталі колеса зучасте на верстаті 5Y312.

					КНУКМР.131.24.1-01.ВР				
Зм. /Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Верстатне пристосування	Лит.		Маса	Масштаб	
					Н			1:1	
					/Лист		/Листів 1		
Н.контр. Затв.	Нечасєв Рязанцев				Каф. ТМ ПМ-24м				



1. Допуск радіального біття поверхні D відносно осі обертання 0.01 мм.
2. Допуск радіального біття поверхні E відносно осі обертання 0.01 мм.
3. Шарики в комплекті не повинні відрізнятись по діаметру більш ніж на 0.005 мм.
4. Гострі кромки не допускаються.

				КНУ.КМР.131.24.1-01.ПК			
Зм. Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Пристосування контрольне			
Розробив	Базилев						
Керівник	Рязанцев			Лист	Н	Маса	Масштаб
					Н	22	1:1
Н.Контр.	Нечасов			Лист	1	Листів	2
Зам.	Рязанцев				Каф. ТМ ПМ-24м		



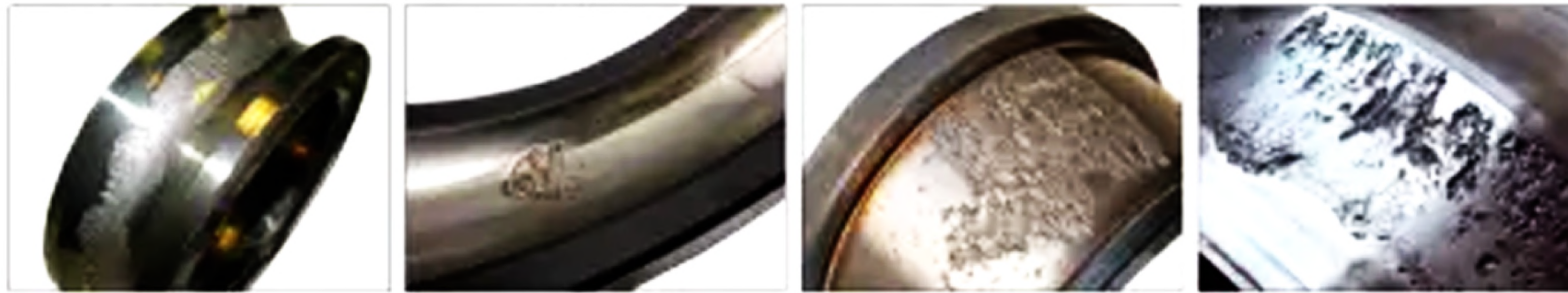
КНУ.КМР.13124.1-01.ПМЦ				План механо-складального цеху		
Зм. Лист	№ док.м.	Підпис	Дата	Лист	Маса	Масштаб
Розробив	Базаров			Н		1:100
Керівник	Рязанцев			Лист	Листів	1
Н.контр.	Нечасов			Каф. ТМ		
Затв.	Рязанцев			ПМ-24м		

ОГЛЯД МОЖЛИВИХ ВІДМОВ РЕДУКТОРІВ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ

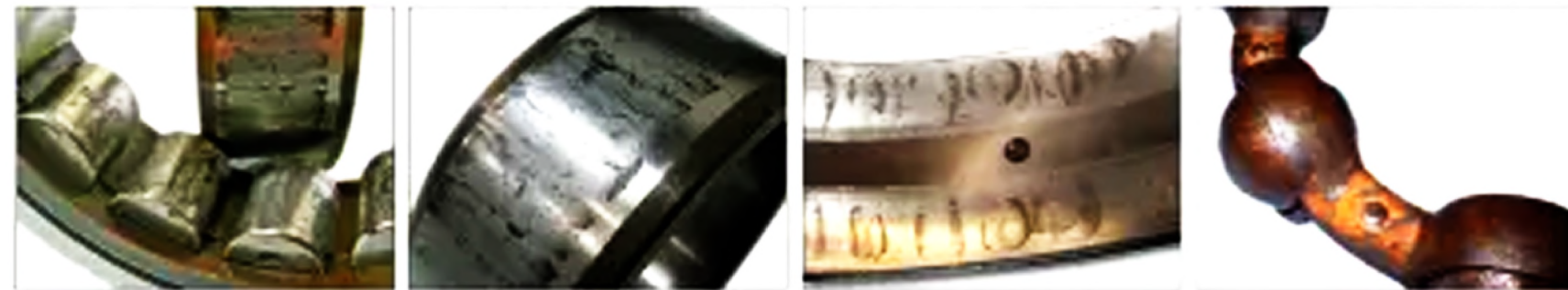
Пошкодження зубчастих зачеплень:

а – злам зуба; б – піттинг поверхневих шарів зуб; в – склеювання поверхні зуба; г – знос поверхні зуба; д – пластична деформація поверхні зуба

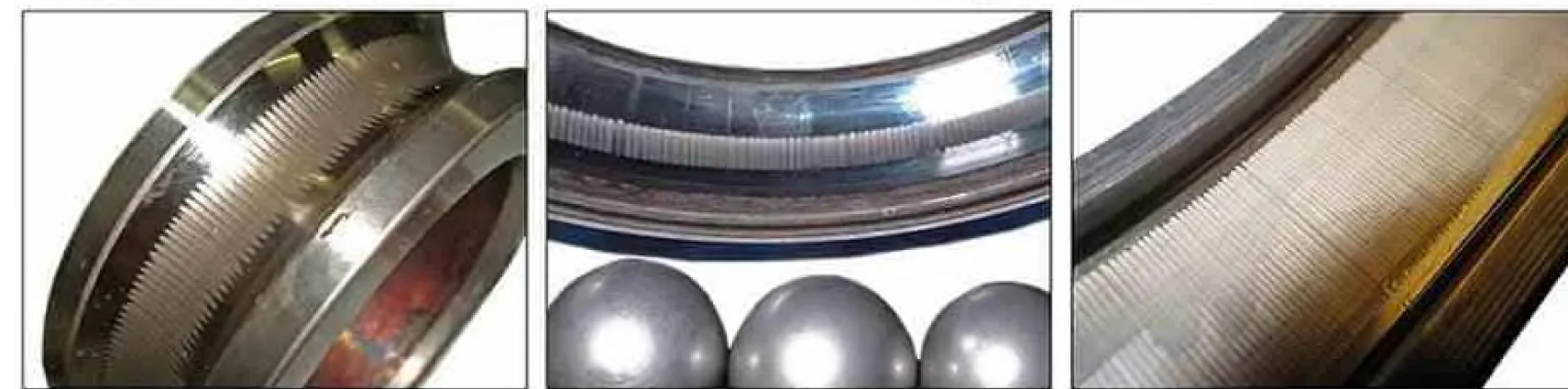
а



б



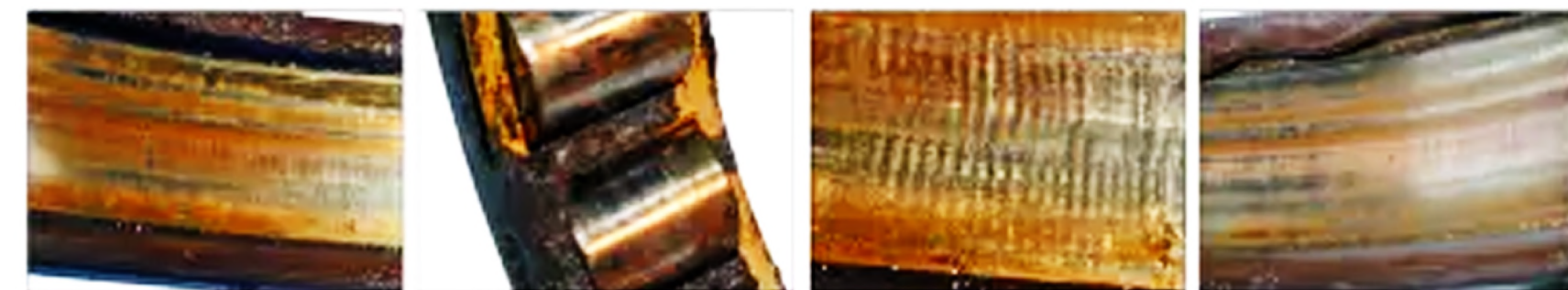
в



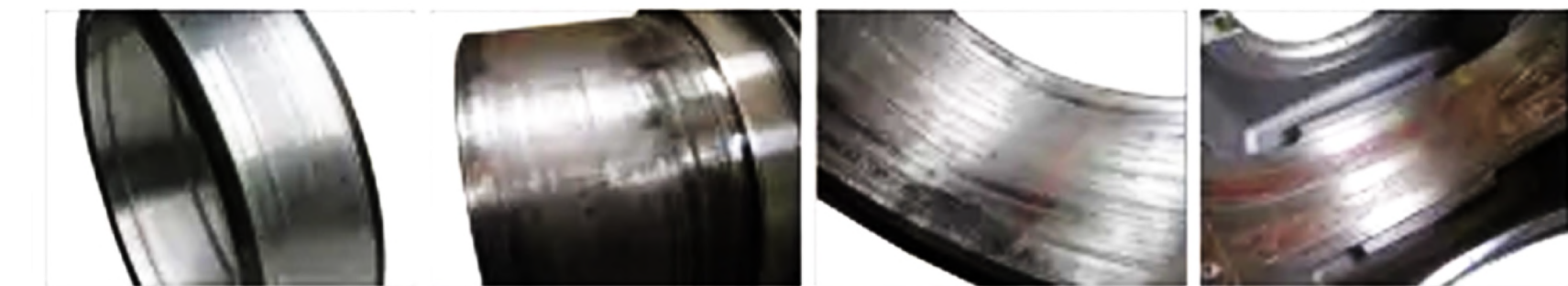
г



д



е



ж



Пошкодження підшипників:

а – втомне зношування; б – корозія; в – електрична ерозія; г – надмірне осьове попереднє навантаження; д – проковзування тіл кочення; е – розкатування зовнішньої поверхні; ж – погане змащення



а



б



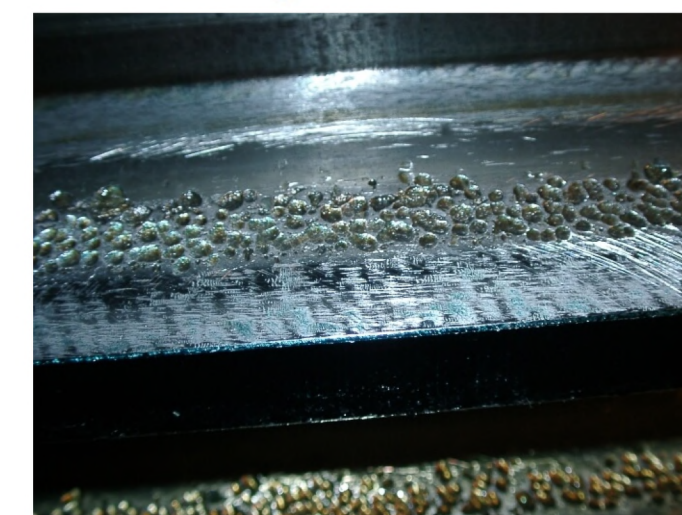
в



г

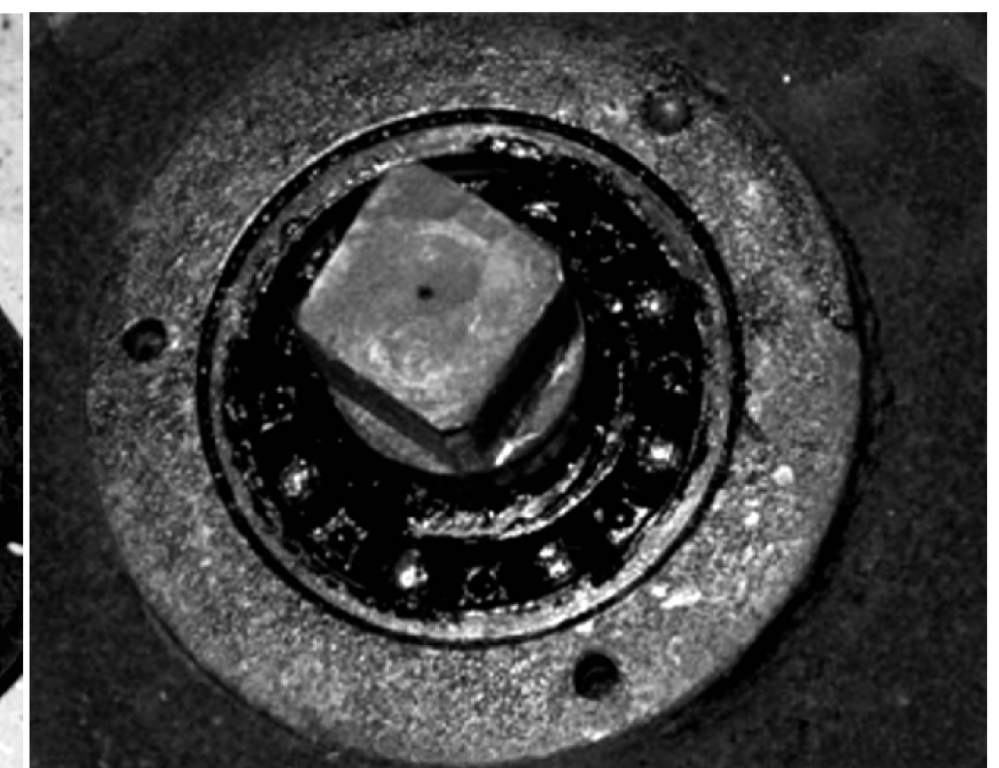


д



Стандартна мастило після тривалої експлуатації практично висохла і відшаровується

Мастило після тривалої експлуатації практично не відрізняється від початкового стану



				КНУ.КМР.131.24.1-01.НДЧ		
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Науково-дослідна частина	Лит.
Розробив	Базалев	Рязанцев				Н
Керівник						Лист
Н.контр.	Нечасев					Листів
Затв.	Рязанцев					Каф. ТМ
						ПМ-24м