

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
«Фланець» редуктора Ц2У-400 з використанням систем автоматизації

Виконав: магістрант
групи ПМ-24м
Швачка І.Р.

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

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

на тему: Розробка технологічного забезпечення виготовлення деталі
«Фланець» редуктора Ц2У-400 з використанням систем автоматизації

Виконав магістрант гр. ПМ-24м

(підпис)

Швачка І.Р.

Керівник КМР

(підпис)

Нечасєв В.П.

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 Швачки Іллі Руслановича

1. Тема: Розробка технологічного забезпечення виготовлення деталі «Фланець» редуктора Ц2У- 400 з використанням систем автоматизації.

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

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 «Фланець». 3. Річна програма випуску деталей

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

5. Перелік графічного матеріалу: 1. Складальне креслення. 2. Фланець. 3. Фланець (поковка). 4. Ескізи операцій. 5. Верстатно-інструментальне налагодження. 6. Технологічне оснащення. 7. Пристрій контрольний. 8. Робоче місце оператора ЧПК. 9. 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

/ Нечаєв В.П./

Завдання отримав

магістрант

/ Швачка І.Р./

[illegible]

РЕФЕРАТ

Тема КМР: «Розробка технологічного забезпечення виготовлення деталі «Фланець» редуктора Ц2У- 400 з використанням систем автоматизації»

Пояснювальна записка до КМР: 82 стор., 38 рисунків, 19 таблиць, комплект карт на 7 стор. на технологічні процеси механічної обробки деталі, 9 листів графічної частини.

Об'єкт дослідження – процес технологічної підготовки виробництва деталей редукторів.

Предмет дослідження – технологічне забезпечення виготовлення деталі «Фланець» редуктора Ц2У-400 із застосуванням систем автоматизації.

Тема роботи присвячена вирішенню комплексу завдань, пов'язаних із проектуванням раціонального технологічного процесу механічної обробки деталі та впровадженням засобів автоматизації в системі CAD/CAM/CAE.

Сучасне машинобудівне виробництво характеризується високими вимогами до точності, надійності та економічності виготовлення деталей. Одним із важливих вузлів редуктора є фланець, що забезпечує з'єднання корпусних елементів, передачу навантаження та герметичність механізму. Низька якість або неточність у його виготовленні призводить до зниження довговічності всієї передачі та підвищення експлуатаційних витрат.

Автоматизація процесів проектування та технологічної підготовки виробництва із застосуванням сучасних CAD/CAM-систем дозволяє значно скоротити час на розробку технологічної документації, оптимізувати режим різання, зменшити собівартість продукції та підвищити конкурентоспроможність підприємства. Саме тому розробка технологічного забезпечення виготовлення фланця редуктора Ц2У-400 із використанням систем автоматизації є актуальною науково-практичною задачею.

У магістерській роботі розглянуто питання технологічного забезпечення виготовлення деталі «Фланець» редуктора Ц2У-400. Проведено аналіз конструкції та умов роботи деталі, визначено вимоги до точності та якості поверхонь. Розроблено оптимальний маршрутний технологічний процес, включаючи вибір заготовки, послідовність операцій і параметри режимів обробки. Особливу увагу приділено використанню систем автоматизованого проектування (CAD/CAM), які дозволили підвищити ефективність технологічної підготовки виробництва.

Результати дослідження підтверджують, що застосування автоматизації при виготовленні фланця редуктора забезпечує скорочення термінів проектування, зменшення виробничих витрат і покращення якості продукції.

ФЛАНЕЦЬ, РЕДУКТОР Ц2У-400, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, CAD/CAM, АВТОМАТИЗАЦІЯ, МЕХАНІЧНА ОБРОБКА, ЗАГОТОВКА, РЕЖИМ РІЗАННЯ, ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ.

					КНУ.КМР.131.25.1-18.Р			
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата				
Розроб.		Швачка			Реферат			
Перевір.		Нечаєв						
Реценз.								
Н. контр.		Нечаєв						
Зав. каф.		Рязанцев						
					Літ.	Арк.	Аркцшів	
					Каф. ТМ, гр. ПМ-24м			

ABSTRACT

Subject: «Development of technological support for the manufacture of the component “Flange” for the IJ2Y- 400 gearbox applying automation systems».

Explanatory note to the Ministry of Interior: 82 pages, 38 figures, 19 tables, a set of maps on 7 pages. on technological processes of mechanical processing of parts, 9 sheets of the graphic part.

Object of the research – the process of technological preparation of production for gearbox component manufacturing.

Subject of the research – technological support for the manufacturing of the “Flange” part of the IJ2Y-400 gearbox using automation systems.

The topic of the work is dedicated to solving a set of tasks related to designing a rational technological process for the mechanical machining of the part and implementing automation tools within CAD/CAM/CAE systems.

Modern mechanical engineering production is characterized by high requirements for accuracy, reliability, and cost-effectiveness in part manufacturing. One of the important components of a gearbox is the flange, which ensures the connection of housing elements, transmission of loads, and sealing of the mechanism. Low quality or insufficient accuracy in its manufacturing leads to reduced durability of the entire gear system and increased operating costs.

Automation of design and technological preparation processes using modern CAD/CAM systems makes it possible to significantly reduce the time required for developing technological documentation, optimize cutting conditions, reduce production costs, and increase enterprise competitiveness. Therefore, the development of technological support for manufacturing the IJ2Y-400 gearbox flange using automation systems is a relevant scientific and practical task.

The master’s thesis examines issues related to the technological support of manufacturing the “Flange” component of the IJ2Y-400 gearbox. An analysis of the part’s design and operating conditions was carried out, and the accuracy and surface quality requirements were established. An optimal routing technological process was developed, including the selection of the workpiece, the sequence of operations, and machining parameters. Special attention was paid to the application of computer-aided design and manufacturing systems (CAD/CAM), which made it possible to increase the efficiency of technological production planning.

The research findings confirm that the use of automation in manufacturing the gearbox flange ensures reduced design time, decreased production costs, and improved product quality.

FLANGE, IJ2Y-400 GEARBOX, TECHNOLOGICAL PROCESS, CAD/CAM, AUTOMATION, MACHINING, WORKPIECE, CUTTING CONDITIONS, ECONOMIC EFFICIENCY.

					KHU.KMP.131.25.1-18.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 проектної задачі	11
1.3 Вимоги до методів проектування, обладнання та технологій	12
2 Проектування технологічного процесу складання	13
2.1 Розрахунок лінійних розмірних ланцюгів	13
2.2 Проектування технологічного процесу складання	17
3 Технологічна підготовка виробництва виробу	21
3.1 Техніко-економічний аналіз вихідних даних для обробки деталі	21
3.2 Проектування технологічного процесу обробки деталі	24
4 Моделювання та програмування операцій механічної обробки	40
4.1 Розробка верстатно-інструментального налагодження та розрахунково-технологічної карти для операції на верстатах з ЧПК	40
4.2 Візуалізація та перевірка керуючих програм	44
5 Конструкторська підготовка виробництва	49
5.1 Проектування верстатного пристосування	49
5.2 Проектування контрольного пристрою	53
6 Організаційно-економічна підготовка виробництва	55
6.1 Розробка плану робочого місця	55
6.2 Охорона праці та екологія виробництва	59
6.3 Розрахунки ключових техніко-економічних показників	61
7 Комплексна оцінка ефективності проектних рішень з використанням інноваційно-наукових ресурсів	67
7.1 Ремонтні рішення для промислових редукторів та використовуваних витратні матеріали	67
7.2 Ремонт і захист редукторів. Усунення дефектів корпусів і кришок	69
7.3 Запобігання провороту кілець підшипника	70
7.4 Ремонт і відновлення поверхні гнізда підшипника	71
7.5 Усунення послаблення та корозії кріпильних деталей редуктора	72
7.6 Усунення пошкодження прокладки роз'ємного фланця редуктора	73
7.7 Фіксація та захист кріпильних деталей кришки редуктора	74
7.8 Герметизація зазорів редуктора	75
7.9 Ремонт кріплення деталей редукторів, що насаджуються на вали	76
7.10 Ремонт послаблення рухомих та нерухомих шліцьових з'єднань	77
7.11 Ремонт зубчастих передач редукторів	78
Висновки	80
Список використаних джерел	81
Додатки	83

					КНУ.КМР.131.25.1-18.3		
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата	Зміст		
Розроб.	Швачка						
Перевір.	Нечаєв						
Реценз.							
Н. контр.	Нечаєв						
Зав. каф.	Рязанцев				Каф. ТМ, гр. ПМ-24м		

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.131.25.1-18.В			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Швачка			Вступ			
Перевір.		Нечаєв						
Реценз.								
Н. контр.		Нечаєв						
Зав. каф.		Рязанцев						
					Літ.	Арк.	Аркциві	
					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 «Фланець» редуктора Ц2У-400 з використанням систем автоматизації» – присвячена вирішенню комплексу завдань, пов'язаних із проектуванням раціонального технологічного процесу механічної обробки деталі та впровадженням засобів автоматизації в системі CAD/CAM. Початкові дані для виконання кваліфікаційної роботи наступні: складальне креслення редуктора Ц2У-400, креслення деталі «Фланець», обсяг випуску заданої деталі – 1500 шт. Габаритні розміри редуктора Ц2У-400 показано на рисунку 1.1.

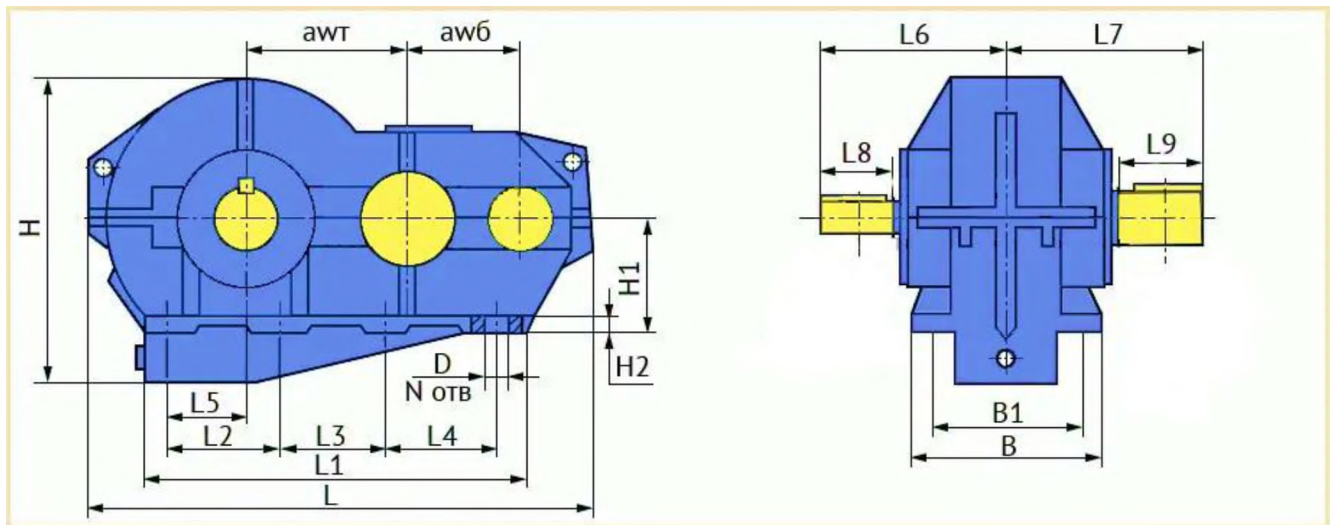


Рисунок 1.1 – Габаритні розміри редуктора Ц2У-400:

awt = 400; awb = 250; H = 800; H1 = 320; H2 = 35; L = 1270; L1 = 830; L2 = 215; L3 = 215; L4 = 215; L5 = 155; L6 = 380; L7 = 500; L8 = 140; L9 = 250; B = 420; B1 = 360; D = 26

Мета дослідження полягає у створенні ефективного технологічного процесу виготовлення деталі «Фланець» редуктора Ц2У-400 з використанням сучасних систем автоматизації та CAD/CAM-інструментів.

Для досягнення мети необхідно вирішити такі завдання:

- проаналізувати конструктивні особливості деталі «Фланець» та умови її експлуатації;
- визначити вимоги до точності, шорсткості та технологічності;
- обґрунтувати вибір заготовки та способу її отримання;
- розробити маршрутний та операційний технологічний процес;

					КНУ.КМР.131.25.1-18.01.РЧТЗ		
Змн.	Арк.	№ доцм.	Підпис	Дата			
Розроб.	Швачка				Розробка та узгодження технічного завдання	Літ.	Арк.
Перевір.	Нечаєв						Архив
Реценз.							
Н. контр.	Нечаєв					Каф. ТМ, гр. ПМ-24м	
Заб. каф.	Рязанцев						

- застосувати системи CAD/CAM для моделювання технології обробки;
- провести аналіз економічної доцільності та ефективності запропонованого рішення.

1.2 Службове призначення об'єкту проєктної задачі

Деталь «Фланець» є складовою одиницею редуктора Ц2У-400 (рис. 1.2), який широко використовується на ПрАТ «АселорМіттал Кривий Ріг». Технічні характеристики заданого редуктора наведені в таблиці 1.1.

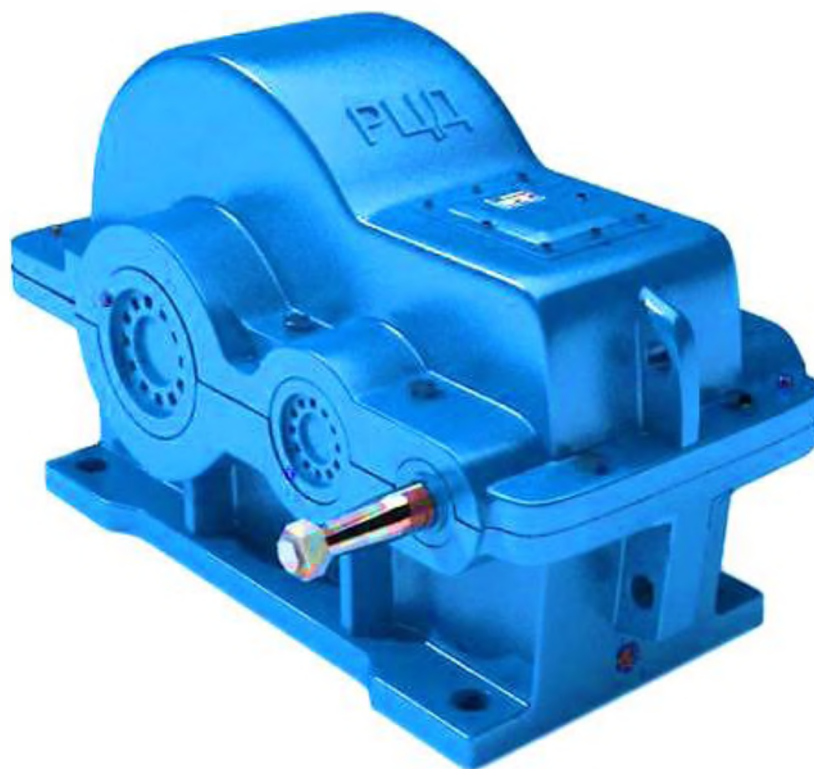


Рисунок 1.2 – Загальний вигляд редуктора Ц2У-400

Таблиця 1.1 – Технічні характеристики редуктора Ц2У-400

Модель			Ц2У-400		
Передаточне число			8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50		
Режим роботи			ПВ-15%	ПВ-25%	ПВ-40%
Крутний момент на виході, Нм		max	15 900	14 600	14 600
		min	18 300	17 700	17 500
Потужність, кВт		max	53	46	46
		min	229	220	222,5
Радіальне консольне навантаження, кН	на виході	max	50 000		
		min	50 000		
	на вході	max	3 150		
		min	7 100		
Вага кг			870		
ККД			0,98		

					КНУ.КМР.131.25.1-18.01.РУТЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Редуктор Ц2У-400 – кранові крательні двоступінчасті циліндричні редуктори вузького типу, що використовуються при повторно-короткочасних та постійних режимах роботи. Основна сфера застосування – це приводи вантажопідіймальних кранів.

Горизонтальний двоступінчастий редуктор Ц2У-400К з циліндричною передачею та картерною системою має занижені осі сходів, порівняно з аналогами. Це робить його незамінним для вітчизняної промисловості. Альтернатив цієї розробки практично немає. На це впливає низька ціна, невеликі терміни виробництва та легкість в обслуговуванні. Цей агрегат може витримувати цілодобові режими з реверсним включенням.

1.3 Вимоги до методів проектування, обладнання та технологій

З огляду на те, що магістерське дослідження орієнтоване на застосування автоматизованих систем проектування, насамперед CAD/CAM-інструментарію, на основі наданого плоского креслення було побудовано тривимірну геометричну модель деталі «Фланець» редуктора Ц2У-400 (рис. 1.3). Отримана 3D-модель у подальшому слугуватиме основою для розроблення та моделювання технологічного процесу обробки в середовищі CAM-системи.

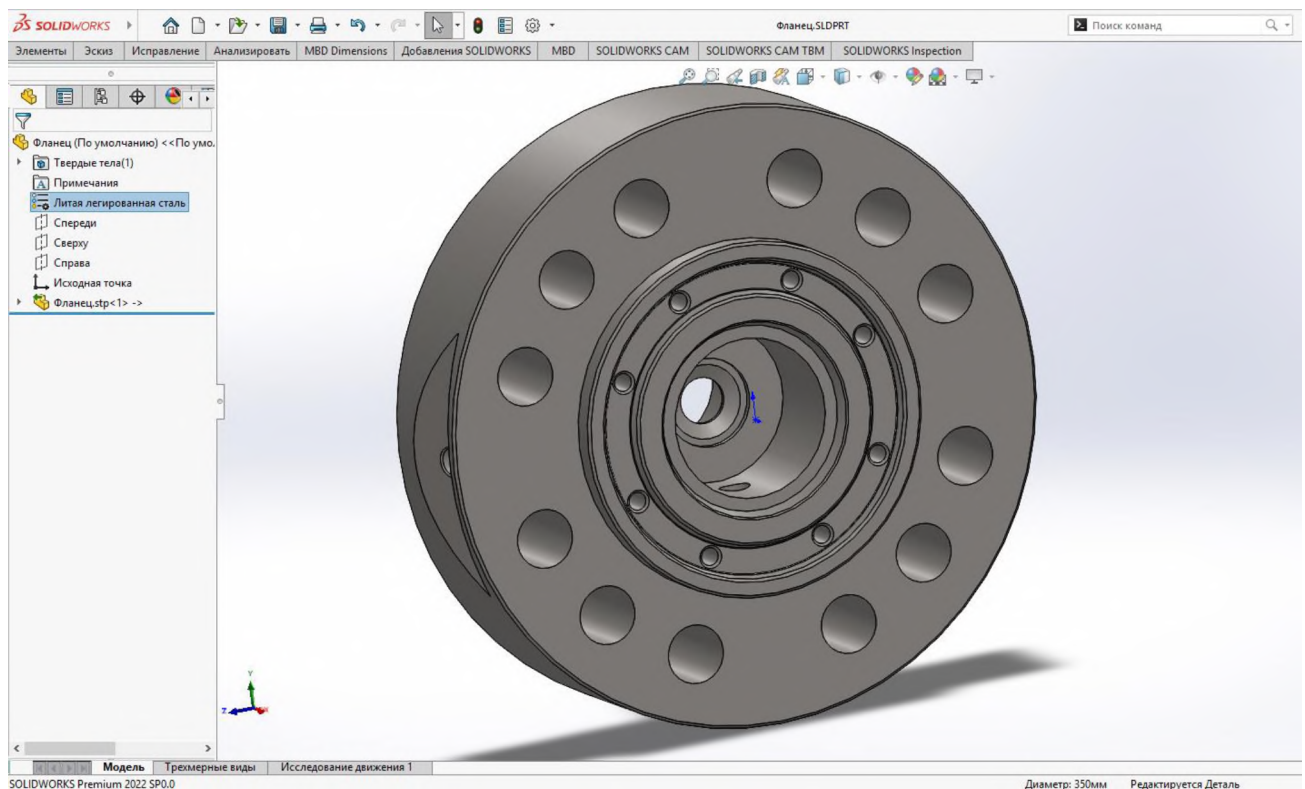


Рисунок 1.3 – Об’ємна модель деталі «Фланець» у SolidWorks

					КНУ.КМР.131.25.1-18.01.РУТЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

2 ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ СКЛАДАННЯ

Розглянутий складальний вузол призначений для передавання обертового моменту, тому під час роботи він має забезпечувати необхідну жорсткість, достатню динамічну міцність і надійне зчеплення зубців.

2.1 Розрахунок лінійних та кутових розмірних ланцюгів

Лінійні розмірні ланцюги розраховують за допомогою методів максимуму-мінімуму, імовірного та методу регулювання.

2.1.1 Виявлення та розрахунок лінійних розмірних ланцюгів

Замикаюча ланка – $A_{\Sigma} = 0^{+2}$.

Допуск замикаючої ланки – $T_{\Sigma} = 2 \text{ мм}$.

Середина поля допуску замикаючої ланки $\Delta C_{\Sigma} = 1 \text{ мм}$.

Назначаємо технологічно досяжні допуски на составні ланцюги, на торцеві биття і відхилення від паралельності по [16] і заносимо до таблиці.

Назначаємо товщину прокладки

$$S = [T_M] = A_{КОМ};$$

$$S = 2 \pm 0,1;$$

Визначаємо допуск і середину поля допуску компенсатора за формулою:

$$T_{КОМ} = es + ei \quad (2.1)$$

$$\Delta I_{КОМ} = (es + ei) / 2 \quad (2.2)$$

де es і ei – відповідно верхнє і нижнє відхилення товщини кільця;

$$T_{КОМ} = 0,1 - (-0,1) = 0,2 \text{ мм}$$

$$\Delta I_{КОМ} = (0,1 + (-0,1)) / 2 = 0 \text{ мм}$$

Визначаємо технологічний допуск замикаючої ланки за формулою:

$$T_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n (T_i + \beta_i) \quad (2.3)$$

де T_i – поле допуску відповідної ланки, мкм;

β_i – биття відповідного ланки, мкм;

$$T_{\Sigma} = 0,07 + 0,12 + 1,55 + 0,12 + 0,07 + 0,4 + 0,7 + 0,35 + 0,25 + 0,048 + 0,4 + 0,97 + 0,03 + 0,03 + 0,03 + 0,074 + 0,74 + 0,19 + 0,2 + 0,3 = 5,526 \text{ мм}$$

Величину компенсатора T_K , визначаємо за формулою:

$$T_K = T_{\Sigma} - 1, \quad (2.4)$$

$$T_K = 5,5526 - 1 = 4,526 \text{ мм}$$

					<i>КНУ.КМР.131.25.1-18.02.ПТПС</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докum.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>	<i>Швачка</i>				<i>Проектування технологічного процесу складання</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Нечаєв</i>						
<i>Реценз.</i>							
<i>Н. контр.</i>	<i>Нечаєв</i>					<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-24м</i>	
<i>Зав. каф.</i>	<i>Рязанцев</i>						

Кількість компенсаторів визначаємо попередньо за формулою:

$$Z = \frac{T_{\kappa}}{[T_{\Sigma}]} , \quad (2.5)$$

$$Z = \frac{4,526}{2,0} \approx 3$$

Приймаємо $Z = 3$ шт.

Визначаємо розмір ланки-компенсатора:

$$A_k = Z \cdot S \quad (2.6)$$

$$A_k = 2 \cdot (2 \pm 0,1) = 4 \pm 0 \text{ мм.}$$

Визначаємо допуск і середину поля допуску нової ланки у розмірному ланцюзі і включаємо в неї ланку S

Визначаємо новий технологічний допуск замикаючої ланки за формулою:

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

$$T_{\Sigma} = 0,07 + 0,12 + 1,55 + 0,12 + 0,07 + 0,4 + 0,6 + 0,35 + 0,25 + 0,048 + 0,4 + 0,97 + 0,03 + 0,03 + 0,03 + 0,074 + 0,074 + 0,19 + 0,2 + 0,3 = 6,126 \text{ мм}$$

Визначаємо нову величину середини поля допуску замикаючої ланки по формулі 2.7.

$$\Delta C_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n (\overrightarrow{\Delta C_i} + \overrightarrow{\Delta \beta_i} / 2) - \sum_{j=1}^m (\overrightarrow{\Delta C_j} + \overrightarrow{\Delta \beta_j} / 2) , \quad (2.7)$$

де $\overrightarrow{\Delta C_j}$ – координата середини поля допуску зменшуючих ланок, мм;

$\overrightarrow{\Delta C_i}$ – координата середини поля допуску збільшуючих ланок, мм;

$$\Delta C_{\Sigma} = (0 + 0,97 / 2) - (0,035 - 0,06 - 0,06 + 0,035 - 0,2 + 0,035 - 0,175 - 0,125 + 0,024 + 0,03 + 0,03 + 0,03 + 0,074 + 0,074 + 0,19 + 0,02 + 0,03) = 0,498 \text{ мм}$$

Величина компенсації розраховується по формулі (2.8):

$$T_{\kappa} = T_{\Sigma} - 1 \text{ мм} \quad (2.8)$$

$$T_{\kappa} = 6,126 - 1 = 5,126$$

Уточнюємо число прокладок у наборі по формулі (2.9):

$$Z = \frac{T_{\kappa}}{[T_{\Sigma}]} + 1 , \quad (2.9)$$

$$Z = \frac{5,126}{2} + 1 = 4$$

Приймаємо $Z = 4$ шт.

Залежною ланкою вибираємо ланку A_1 .

Визначаємо нову координату середини поля допуску $\Delta C_{A_1}'$ залежної ланки A_1 за формулою:

$$\Delta C_{A_1}' = \Delta C_{A_1} + \Delta \quad (2.10)$$

де Δ - виправлення.

Виправлення Δ мм визначаємо за формулою:

					КНУ.КМР.131.25.1-18.02.ПТПС	Арк.
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

$$\Delta = [\Delta C_{\Sigma}] - \Delta C_{\Sigma} + \frac{T_{\Sigma}}{2} + \Delta C_{A_1} - A_{\text{ком}} \quad (2.11)$$

$$\Delta = 1 - 0,498 + 5,526 / 2 - 2 - 0,07 = 1,1$$

Визначаємо граничне відхилення залежної ланки:

$$es_{A_1} = \Delta C_{A_1}' + \frac{T_{A_1}}{2} \quad (2.12)$$

$$ei_{A_1} = \Delta C_{A_1}' - \frac{T_{A_1}}{2} \quad (2.13)$$

$$es_{A_1} = 1,1 + \frac{0,07}{2} = 1,1035$$

$$ei_{A_1} = 1,1 - \frac{0,07}{2} = 1,065$$

Уточнюємо розмір залежної ланки:

$$A_1 = 12_{-1,065}^{+1,1035}$$

Уточнюємо розмір зазору:

$$A_{K_1} = 2 \pm 0,1 \text{ мм}$$

$$A_{K_2} = 4 \pm 0,2 \text{ мм}$$

$$A_{K_3} = 6 \pm 0,3 \text{ мм}$$

2.1.2 Виявлення та розрахунок кутових розмірних ланцюгів

Розрахунок кутового розмірного ланцюга виконуємо імовірним методом.

Призначення кутових розмірних ланцюгів:

1) Забезпечення правильного зубчатого зачеплення, яке досягається за рахунок забезпечення величини міжосьової відстані в границях допуску (відносно зсуву);

2) Повнота контакту зубів, на яку впливає перекіс вісей зубчатого зачеплення.

Визначення відносного зміщення вала.

На рисунку розмір γ – відстань між підшипниками, розмір k – відстань між підшипником та зубчатим колесом. Розмір γ забезпечує відносний зсув і перекіс підшипника кочення.

Розмір k забезпечує відносний зсув і перекіс в зубчатому зачепленні.

Визначаємо зазори S_2 та S_4 між зовнішнім кільцем підшипника та корпусом.

Посадка внутрішнього кільця підшипника на вал буде з натягом без зазору

$$S_2 = S_4 = 130 \frac{H7}{l_0} = 130 \frac{0}{-0,03}^{+0,046}$$

$$S_2^{\max} = S_4^{\max} = 0,076 \text{ мм}$$

$$N_2^{\max} = N_4^{\max} = 0$$

Допуск на зазор:

$$TS_2 = TS_4 = 0,076 \text{ мм}$$

Середину поля допуску em визначаємо за формулою:

$$em = \frac{es + ei}{2} \quad (2.14)$$

					КНУ.КМР.131.25.1-18.02.ПТПС	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Середина поля допуску $H7$:

$$em_{H7} = \frac{0,046+0}{2} = 0,023$$

Середина поля допуску l_0 :

$$em_{l_0} = \frac{0+(-0,03)}{2} = -0,015$$

Середину поля допуску зазору визначаємо за:

$$em_{s_4} = em_{s_2} = \frac{em_{H7} + em_{l_0}}{2} \quad (2.15)$$

$$em_{s_4} = em_{s_2} = \frac{0,023+0,015}{2} = 0,004$$

Радіальне биття вал-шестерні відносно вісі:

$$e_{16} = e_{23} = \frac{0,016}{2} + \frac{0,016}{2} = 0,016$$

Радіальне биття підшипників:

$$e_{18} = e_{21} = \frac{0,03}{2} = 0,015$$

Неспіввісність отворів в корпусі:

$$e_{20} = \frac{0,03}{2} = 0,015$$

Коефіцієнт лінійних (діаметричних) розрахунків: $k_i = 1,22$.

Коефіцієнт відносного зсуву ексцентриситету: $\alpha = 0,1$.

Знаходимо значення вихідного ланцюга:

Зубчасте колесо точності 8с.

Для зубчатого зачеплення 8с та міжосьової відстані між валами $a_w = 300$ мм допуск на міжосьову відстань:

$$Ta_w = 300 \pm 0,07;$$

мінімальний боковий зазор $j_{\min} = 0,052$ мм, замикаючий ланцюг $[Te_{\Sigma}] = 0,05$

Розрахунок ведемо імовірним методом.

Допуск замикаючої ланки Te_{Σ} , мм визначаємо за комплексною формулою:

$$Te_{\Sigma} = \sqrt{0,36 \cdot \sum_{i=1}^n Ts_i^2 + 0,56 \cdot \sum_{j=1}^m e_j^2}, \quad (2.16)$$

$$Te_{\Sigma} = \sqrt{0,36 \cdot 0,076^2 + 0,56 \cdot (0,016^2 \cdot 2 + 0,015^2 \cdot 2 + 0,015^2)} = 0,05238$$

$$Te_{\Sigma} > [Te_{\Sigma}] \quad 0,05238 > 0,05$$

Середину поля допуску замикаючої ланки $em_{e_{\Sigma}}$ визначаємо за формулою:

$$em_{e_{\Sigma}} = \sum_{i=1}^n \left(\overline{em_{s_i}} + \frac{\overline{Te_i}}{2} + 0,05(\overline{Ts_i} + \overline{Te_i}) \right) - \sum_{j=1}^m \left(\overline{em_{s_j}} + \frac{\overline{Te_j}}{2} + 0,05(\overline{Ts_j} + \overline{Te_j}) \right);$$

$$em_{e_{\Sigma}} = [0,004 + 0,5 \cdot (0,016 + 0,008 + 0,015) + 0,05 \cdot (0,076 + 0,016 + 0,08 + 0,015)] -$$

$$-[0,004 + 0,5 \cdot (0,008 + 0,016) + 0,05 \cdot (0,076 + 0,008 + 0,016)] = 0,0085$$

					КНУ.КМР.131.25.1-18.02.ПТПС	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Граничні відхилення замикаючої ланки знаходимо по формулах:

$$es_{e_{\Sigma}} = em_{e_{\Sigma}} + \frac{Te_{\Sigma}}{2},$$

$$ei_{e_{\Sigma}} = em_{e_{\Sigma}} - \frac{Te_{\Sigma}}{2},$$

$$es_{e_{\Sigma}} = 0,00825 + \frac{0,052}{2} = 0,03425; \quad ei_{e_{\Sigma}} = 0,00825 - \frac{0,052}{2} = -0,01775$$

Уточнюємо значення замикаючої ланки:

$$e_{\Sigma} = 0^{+0,03425}_{-0,01775}$$

Розраховуємо перекіс зубчатого колеса.

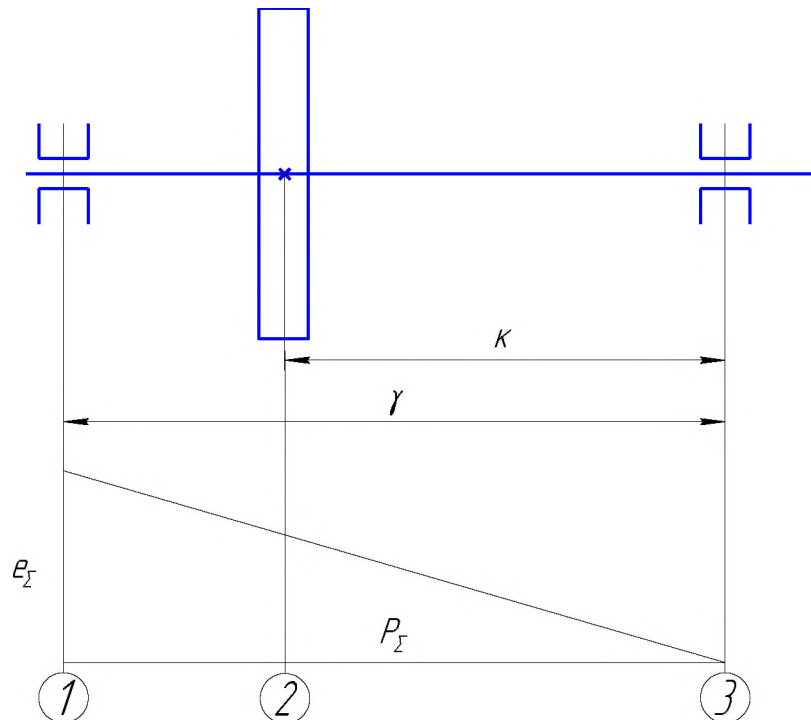


Рисунок 2.1 – Розрахункова схема перекоса

$$\frac{k}{e_{\Sigma}} = \frac{\gamma}{P_{\Sigma}}$$

$$P_{\Sigma} = \frac{\gamma}{k} \cdot e_{\Sigma}$$

$$P_{\Sigma} = \frac{225}{325} \cdot (\pm 0,0025) = 0 \pm 0,017$$

Допуск на перекіс:

$$T_{P_{\Sigma}} = 0,034 < j_{\min} = 0,052 \text{ мм}$$

2.2 Проектування технологічного процесу складання

Складаємо технологічну карту складання вузла і приводимо її в таблиці 2.1.

					КНУ.КМР.131.25.1-18.02.ПТПС	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.1 – Технологічна карта складання

№	Зміст переходу	Техно- логічн. режим	Присто- сування, інструмент	T _о , хв
1	2	3	4	5
1	Взяти вал, оглянути з усіх сторін з необхідним поворотом	R, атм		0,11
2	Взяти шланг. Відкрити вентиль. Обдути деталь, закрити вентиль. Відложити шланг.		Пневмо-апарат	0,2
3	Встановити вал в пристосування. Закріпити рукояткою.		Спецпристо- сування	0,16
4	Взяти шпонку. Протерти деталь. Відложити. Взяти молоток. Закріпити шпонку.		молоток	0,09 0,24
	Відложити молоток. Взяти зубчате колесо. Встановити на вал по шпонці			0,14
5	Взяти напильник та шпонку. Встановити і закріпити шпонку у тиски й обточити напильником. Відкріпити й зняти шпонку. Взяти молоток. Встановити шпонку в паз вала. Відложити молоток.		Тиски Напильник Молоток	1,9
6	Взяти зубчате колесо. Встановити на вал			0,18
7	Взяти підшипник. Звільнити від обгортки.			0,09
8	Нагріти підшипник.	200°C	Масляна ванна	3
9	Взяти підшипник, оправку, молоток. Закріпити деталь. Відложити молоток.		Оправка Молоток	0,29
10	Розкріпити вал. Перевернути. Закріпити. Повторити п/п 7-9.		Спецінстру- мент	0,39
11	Взяти кришку. Оглянути.			3,8
12	Взяти сальник. Оглянути.			0,08
13	Встановити сальник в кришку.			0,08
14	Надіти кришку на вал.			0,12
15	Встановити вузол у корпус.			0,3
16	Взяти кришку упорну. Оглянути.			0,07
17	Встановити кришку у корпус.			0,15
18	Взяти кришку. Оглянути її з усіх сторін.			0,08
19	Взяти гвинт регульовочний. Ввернути на 2-3 нитки вручну. Встановити відкрутку в гвинт. Завернути гвинт.		Відкрутка	0,45
20	Встановити кришку в корпус			0,25
21	Взяти гвинт, шайбу і замок. Встановити шайбу і замок на гвинт.			0,09
22	Взяти гвинт. Ввернути на 2-3 нитки вручну.			0,12

					КНУ.КМР.131.25.1-18.02.ПТПС	Арк.
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5
23	Взяти відкрутку. Відрегулювати підшипник відповідно ТУ з перевіркою легкості обертання вала.		Відкрутка	1,5
24	Встановити відкрутку в шліці гвинта. Завернути гвинт з замком остаточно. Відложити відкрутку.		Відкрутка	0,29
$T_0=14,29$				

Схема складання вузла приведена на рисунку 2.2.

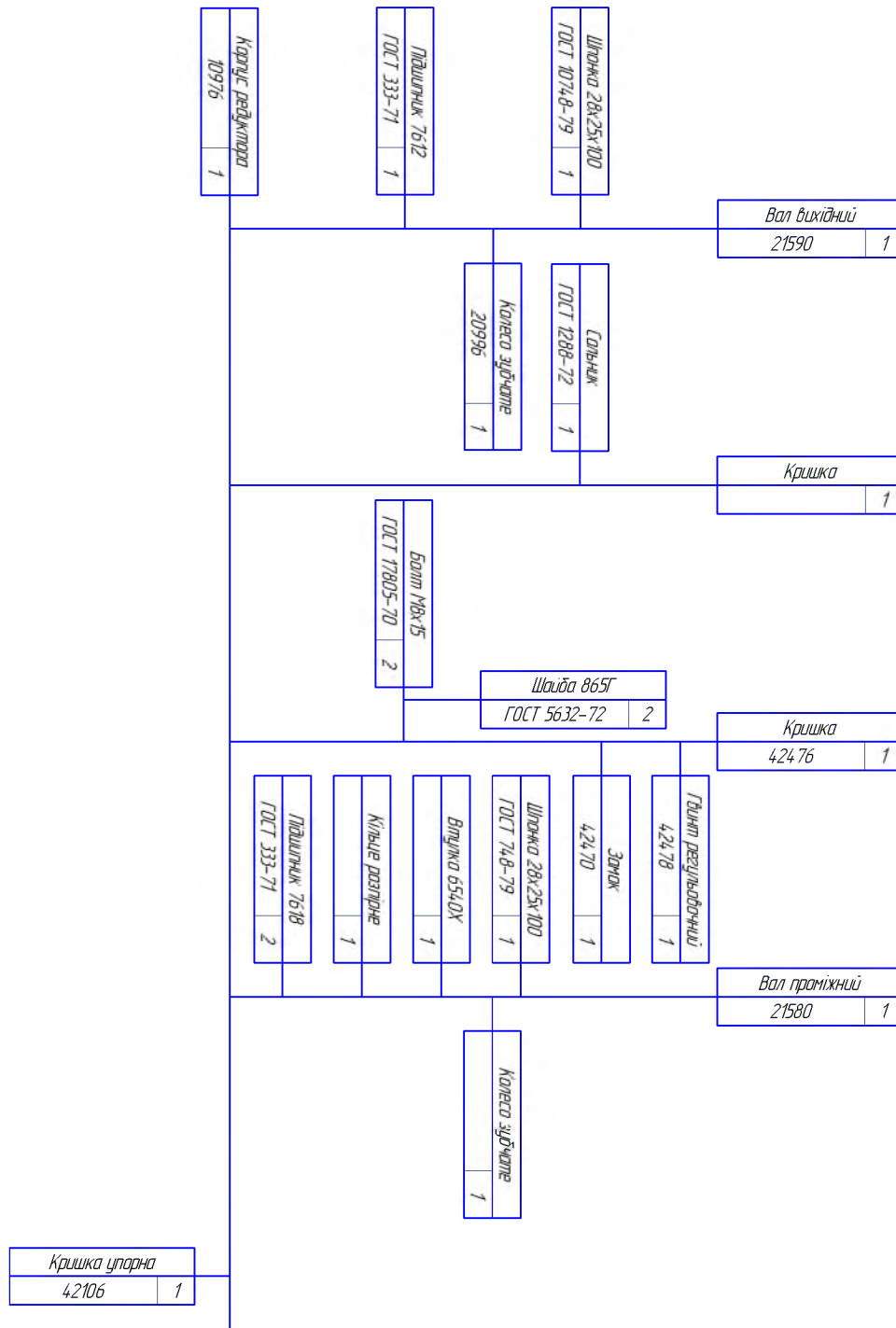
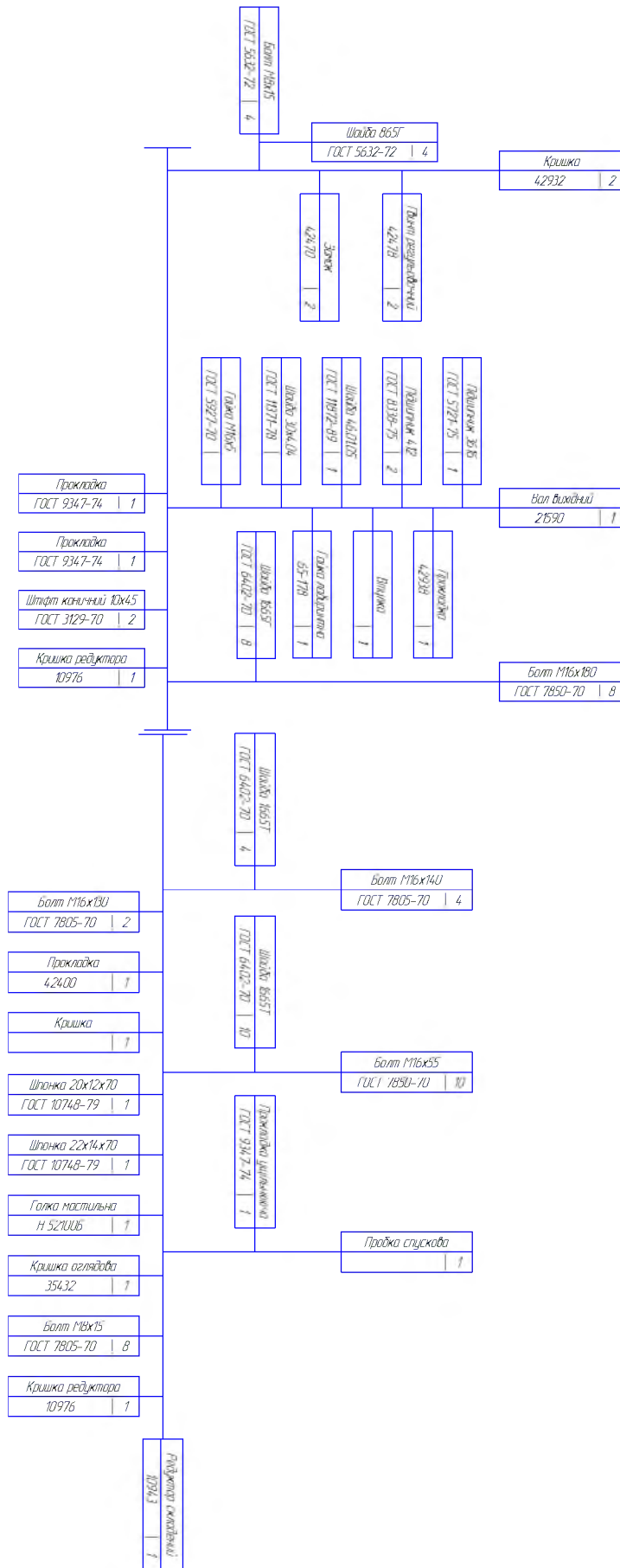


Рисунок 2.2 – Схема складання вузла

Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата	КНУ.КМР.131.25.1-18.02.ПТПС	Арк.
------	------	----------	--------	------	-----------------------------	------



Продовження рисунку 2.2

Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата

КНУ.КМР.131.25.1-18.02.ПТПС

Арк.

3 ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА ВИРОБУ

3.1 Техніко-економічний аналіз вихідних даних для обробки деталі

3.1.1 Службове призначення деталі. Вибір матеріалу і варіантів замін

Деталь «Фланець» являється складовою одиницею редуктора Ц2У- 400 ПрАТ «АселорМіттал Кривий Ріг». Редуктор призначений для зміни обертових моментів за рахунок зменшення частоти обертання вихідного валу.

Умови використання редукторів:

- навантаження постійне та змінне одного напрямку та реверсивне.
- робота тривала або з періодичними зупинками.
- обертання валів в любі сторони.
- частота обертання вхідного валу не повинна перевищувати 1800об/хв.
- атмосфера типів I і II при запилюваності повітря не більше 10 мг /куб.м.;
- кліматичне виконання У, Т для категорії розміщення 1...3 та кліматичне виконання УХЛ і О для категорій розміщення 4.

Основне службове призначення фланців полягає в обмеженні осьового переміщення вала, встановленого на підшипниках у виробі (машині). Це досягається створенням необхідного натягу або гарантованого осьового зазору між торцем фланця та торцем зовнішнього кільця підшипника.

Окрім цього, фланці виконують функцію кришок отворів під вали, забезпечуючи необхідну герметичність з'єднання.

Конструкції фланців можуть мати різні варіанти виконання, проте всі вони кріпляться до корпусу гвинтами, зазвичай із щільними головками.

Основними конструкційними базами таких фланців є посадкова циліндрична поверхня, що відповідає розміру отвору в корпусі, та малий торець центрувального пояса, який безпосередньо (або через проміжне кільце) прилягає до зовнішнього торця підшипникового кільця. Саме цей торець виконує роль установчої бази.

Щоб уникнути перекосу підшипника під час затягування гвинтів і забезпечити необхідний натяг або зазор, допуски на взаємне розташування торцевих поверхонь фланця встановлюються з високою точністю.

Фланці виготовляють із різноманітних матеріалів. Залежно від типу виробництва, як заготовки використовують відливки (чавунні або сталеві), поковки, штамповані заготовки, а також диски, відрізані від сортового прутка.

При великосерійному виробництві литі фланці часто виготовляють за моделями, що виплавляються, з мінімальними припусками на механічну обробку. У таких випадках окремі поверхні, наприклад отвори під кріпильні болти, можуть не піддаватися механічній обробці.

					КНУ.КМР.131.25.1-18.03.ТПВВ					
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата						
Розроб.	Швачка				Технологічна підготовка виробництва виробу			Літ.	Арк.	Арк.шіт
Перевір.	Нечаєв									
Реценз.								Каф. ТМ, гр. ПМ-24м		
Н. контр.	Нечаєв									
Зав. каф.	Рязанцев									

В даних деталях типу фланець матеріал виготовлення 35ХМ, 38ХМА. Данні види матеріалу належать до легованої конструктивної сталі. Вид поставки – сортовий прокат, в тому числі фасонний. 38ХМ – конструкційна легована сталь. Заміна сталі – сталі 40Х, 40ХН, 30ХМ, 35ХГСА. Призначення вали, шестерні, шпинделі, шпильки, фланці, диски та інші відповідальні деталі, які працюють в умовах великих навантажень і швидкостей при температурі до 450 - 500 °С.

Таблиця 3.1– Хімічний склад, % (ДСТУ 7806:2015)

C	Si	Mn	Cr	Mo	S	P	Cu	Ni
					не більше			
0,32-0,40	0,17-0,37	0,40-0,70	0,80-1,10	0,15-0,25	0,035	0,035	0,30	0,30

Таблиця 3.2 – Механічні властивості матеріалів

Стан поставки, режими термообработки	Переріз, мм	σ _B	δ ₅ , (δ ₄)	ψ
		МПа	%	
		не менше		
Пруток. Закалка 850°С, масло. Отпуск 560°С, вода або масло	25	930	12	45

Згідно аналізу хімічного складу та механічних властивостей матеріалів призначаємо матеріал деталі за механічними властивостями приймаємо 38ХМА.

3.1.2 Аналіз якості поверхонь деталей

Пронумеруємо усі поверхні деталі. Визначимо поверхні деталі: основні, допоміжні, вільні. Визначимо вимоги до точності, шорсткості, відхилення форми та відносного розташування основних і допоміжних поверхонь і визначити їх норми точності. На кресленні перевіримо наявність баз. Дані про поверхні деталі внести до таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Характеристика поверхонь деталі

№ пов.	Розмір, мм	Ra	IT	T, мкм	Відхилення форми і розташування поверхонь
1	3	4	5	6	7
1	Ø200	3,2	h12	0,45	
2	Ø200	12,5	h12	0,45	
3	Ø90	12,5	H12	0,35	
4	Ø110	3,2	H12	0,35	
5	Торець Ø119	12,5	IT14	0,87	
6	Торець Ø90	12,5	IT14	0,87	 0,2 Д
7	Канавка a=23,4	12,5	H14	0,5	
8	Ø 350	12,5	h14	1,35	
13	Торець Ø200	12,5	IT14	0,4	

					КНУ.КМР.131.25.1-18.03.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 3.3

1	3	4	5	6	7		
9	Торець Ø350	12.5	IT14	1		0,15	Д
10	Торець Ø350	12,5	IT14	1		0.05	Д
11	Торець Ø200	12.5	IT14	1		0,2	Д
12	торець Ø 50	12.5	IT14	0,4			
14	Торець Ø84	12.5	IT14	0,4			
15	M90 x3-6g	12,5	H12	0,430			
16	Ø 84	3,2	H14	0,350			
17	M72x2-6H	12,5	H9	0,4			
18	Ø60H9	1,6	H14	0,42			
19	Торець Ø60H9	12,5	IT14	0,42			
20	Ø50H12	1,6	H14	0,8			
21	Торець Ø50	12,5	IT14	0,4			
22	Ø26H12	12,5	H14	0,52			
23	Фаска 8x45°	12,5	IT14	0,36			
24	Канавка а=4	12,5	H9	0,25			
25	Отв. K1/2 -8H	3,2	H14	0,032			
26	12 отв. Ø33	12,5	H14	0,52			
27	8 отв. M24-6H	12,5	H14	0,4			
28	Фаска 4x45 ⁰	12,5	IT14	0,36			
29	M20-7H	12,5	H14	0,4			
30	Ø6	12,5	H14	0,2			
31	Канавка а=6	12,5	IT14	0,36			

Основні поверхні деталі: базова поверхня деталі: з Ø60H9мм, Ø90мм, торці деталі пов.9, 10, 11, 13,14.

Допоміжні поверхні деталі: Отв. K1/2 -8Нмм, 8 отв. M24-6H, 12 отв. Ø33, M90 x3-6g., пов.24, 7.

3.1.3 Технічний контроль робочого креслення

Деталь «Фланець» на кресленні подана головним виглядом, виглядом зліва та виносними видами А, Б, В, Г, чого цілком достатньо для визначення її конфігурації та характеру поверхонь. На креслення деталі проставлені проставлені всі необхідні розміри з відповідними допусками, зазначено шорсткість оброблюваних поверхонь і допустимі відхилення їх взаємного положення. Незазначені граничні відхилення наведені в технічних вимогах креслення: для отворів по H14; для валів – по h14; для лінійних розмірів – по IT12/2.

Додатково на кресленні міститься вся необхідну інформація, а саме: масштаб (1:2); матеріал деталі – 38ХМА ДСТУ 7806:2015; технічні вимоги (вид заготовки, твердість поверхонь)

					КНУ.КМР.131.25.1-18.03.ТПВВ		Арк.
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата			

3.1.4 Вибір типу виробництва. Задачі проектування. Пропозиції щодо удосконалення

Аналіз технологічного процесу комплексної деталі ведемо по типовому технологічному процесу, який складається із наступних технологічних операцій.

005 Токарна	16K20
010 Термічна	
015 Токарний з ЧПК	16K20Ф3
020 Вертикальна – свердлильна ЧПК	2P135Ф2
025 Вертикальна – свердлильна ЧПК	2P135Ф2
030 Вертикальна – свердлильна ЧПК	2P135Ф2
035 Внутрішньошліфувальна	3K228

Основні задачі проектування:

1. Вибір та розробка інструментального забезпечення для технологічного процесу деталі з використанням сучасних різальних інструментів.

2. Впровадження ефективного обладнання з ЧПК у технологічний процес обробки деталі з метою зменшення штучно-калькуляційного часу, а також розроблення технологічного процесу із застосуванням верстатів з числовим програмним керуванням.

Провівши коригування типового базового технологічного процесу, отримано такі результати:

- змінено обсяг виробництва з одиничного на середньосерійний – 1500 шт/рік, що дало можливість підвищити продуктивність обробки;
- верстат 1K62 замінено на токарний верстат із ЧПК Comak 400x1000, а 2P135Ф2 на більш сучасний Comak MILL1042, що дозволило скоротити штучно-калькуляційний та підготовчий час, зменшити собівартість виготовлення деталі та підвищити зручність роботи операторів;
- конкурентоспроможність і якість деталі залишилися на попередньому рівні.

3.2 Проектування технологічного процесу обробки деталі

3.2.1 Вибір, техніко-економічне обґрунтування та проектування заготовок

Згідно аналізу якості поверхонь та форми деталі, матеріалу призначаємо метод одержання заготовки: перший метод поковка штампована и другий метод прокат.

Для отримання заготовки з мінімальними витратами призначаємо метод одержання заготовки штамповка. Тип заготівельного обладнання та розрахунок заготовки поковка ведемо за ДСТУ 9182:2022.

Вихідні дані: креслення комплексної деталі фланець. Матеріал: сталь 38ХМА ДСТУ 7806:2015, маса деталі 32 кг.

Маса поковки – 51,2 кг

Розрахунковий коефіцієнт – $K_p=1,6$;

$32 \times 1,6 = 51,2$ кг;

Клас точності – Т4;

Група сталі – М2;

					КНУ.КМР.131.25.1-18.03.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

Ступінь складності – С3;

Конфігурація поверхонь роз'ємну штампа – П (плоска);

Вихідний індекс – 18.

Призначаємо припуск та кувальні напуски:

Ø350 – Ra 12,5; припуск 3,8;

Ø200 – Ra 3,2; припуск 2,8;

Ø90 – Ra 12,5; припуск 2,4;

Ø60 – Ra 1,6; припуск 3,0;

Ø72 – Ra 12,5; припуск 3,0;

Ø84 – Ra 3,2; припуск 3,0.

Товщина - 15 мм – Ra 12,5; припуск 2,5;

Товщина - 70 мм – Ra 12,5; припуск 2,5;

Товщина - 100 мм – Ra 12,5; припуск 2,6;

Товщина - 130 мм – Ra 12,5; припуск 2,6;

Товщина - 60 мм – Ra 1,6; припуск 3,0;

Товщина - 29 мм – Ra 12,5; припуск 2,2;

Товщина - 150 мм – Ra 12,5; припуск 2,6;

Штамповка нахили зовнішні 7° внутрішній 10°.

Розміри поковки та їх допустимі відхилення:

Ø350 +2(6,3+ 3,8)=370,2≈ 370 мм;

Ø200+2(5,6+2,8)=216,8≈217 мм;

Ø90+2(4,5+2,4)=103,8≈104 мм;

Ø90-2(4,5+2,4)=76,2≈76 мм;

Ø60-2(4,5+3,0)=45 мм;

Ø72-2(4,5+3,0)=57 мм;

Ø84+2(4,5+3,0)=99 мм;

150+ (5,0+2,6)2=165,2≈165 мм;

15+ (4,0+2,2)=21,2≈21 мм;

70- (4,5+2,4)=63,1≈63 мм;

100+ (5,0+2,6)=107,6≈107 мм;

130+ (5,0+2,6)=137,6≈137 мм;

60 - (4,5+3,0)=52,5≈52 мм;

29- (4,0+2,2)=20,6≈20 мм;

Радіус закруглення зовнішні 2 мм, внутрішні 6 мм.

Допустимі відхилення розмірів:

Ø350^{+4,2}_{-2,1}

Ø200^{+3,7}_{-1,9}

Ø90^{+3,0}_{-1,5}

Ø60^{+3,0}_{-1,5}

Ø72^{+3,0}_{-1,5}

Ø84^{+3,0}_{-1,5}

товщина 15^{+2,7}_{-1,3}

товщина 70^{+3,0}_{-1,5}

					КНУ.КМР.131.25.1-18.03.ТГВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

товщина $100^{+3,3}_{-1,7}$

товщина $130^{+3,3}_{-1,7}$

товщина $60^{+3,0}_{-1,5}$

товщина $29^{+2,7}_{-1,3}$

товщина $150^{+3,3}_{-1,7}$

Допустима величина остаточного облою 1,6 мм

Допустиме відхилення від плоскості 1,6 мм

Допустимі відхилення від концентричності пробивного отвору відносно зовнішнього контуру поковки – 2,0 мм.

Допустиме зміщення по площинні з'єднання штампів – 1,4 мм.

Масу вихідної заготовки визначаємо за формулою:

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

де $V_{\text{заг}}$ $V_{\text{пок}}$ – об'єми заготовки і поковки, см^3 ;

δ_y – угар металу, %;

ρ – щільність металу, кг/м^3 (г/см^3).

Об'єм поковки, см^3 ,

$$V_{\text{пок}} = V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n,$$

де V_1 , V_2 і т.д. – об'єми елементарних фігур, складові поковки, см^3 .

При розрахунку об'єму поковки необхідно до номінальних розмірів її додати половину додатнього допуску.

Об'єм відходу без врахування угару, см^3 ,

$$V_{\text{отп}} = V_3 + V_{\text{пер}} + V_{\text{кл}},$$

де V_3 – об'єм заусенця, см^3 ;

$V_{\text{пер}}$ – об'єм перемички, см^3 ;

$V_{\text{кл}}$ – об'єм клещевини, см^3 (відходи на клещевину при штампівці одиничній заготовці, утримуючий в клещах).

Угар металу при нагріванні вихідної заготовки в газовій печі становить 2%.

Об'єм заготовки з урахуванням втрат на заусенці і угар (без клещевини), см^3

$$V_{\text{заг}} = V_{\text{п.з}} \frac{100 + \delta_y}{100}$$

де сумарний об'єм поковки і заусенця, $V_{\text{п.з}} = V_{\text{пок}} + V_3$, см^3

Площа поперечного перерізу поковки з урахуванням заусенців та угару, см^2

$$F_{\text{п.з.}} = F_{\text{пок}} + 2k' \cdot S_3$$

де $F_{\text{пок}}$ - площа поперечного перерізу поковки, см^2 ;

S_3 - площа поперечного перерізу заусеничної канавки, см^2 ;

k' - коефіцієнт заповнення канавки.

$$F_{\text{пок}} = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

					КНУ.КМР.131.25.1-18.03.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		

$$F_{\text{нок}} = \frac{3,14 \cdot 350^2}{4} = 96 \text{ см}^2$$

$$k' = 0,6$$

$$S = 104 \text{ мм}^2$$

$$F_{\text{н.з.}} = 96 + 2 \cdot 0,6 \cdot 104 = 220,8 \text{ см}^2$$

$$V_{\text{пок}} = (V_1 + V_2 + V_3)(V_1 + V_2 + V_3)$$

$$V_1 = \frac{\pi D^2}{4} H = \frac{3,14}{4} \frac{76^2}{8.4} = 380.869 \text{ см}^3$$

$$V_2 = \frac{3,14}{4} \frac{57^2}{3.2} = 81.61 \text{ см}^3$$

$$V_3 = \frac{3,14}{4} \frac{4.5^2}{2.0} = 31.79 \text{ см}^3$$

$$V_1 = \frac{3,14}{4} \frac{37.0^2}{10.7} = 1149.89 \text{ см}^3$$

$$V_2 = \frac{3,14}{4} \frac{21.7^2}{2.1} = 776.26 \text{ см}^3$$

$$V_3 = \frac{3,14}{4} \frac{10.4^2}{21} = 178.38 \text{ см}^3$$

$$V_{\text{пок}} = 2105 \text{ см}^3$$

$$\sigma_{\text{заг}} = \frac{100 + \delta_y}{100} \rho \cdot 10^3$$

$$\sigma_{\text{заг}} = \frac{100 + 2}{100} 7,85 \cdot 10^3 = 2,269 \text{ кг}$$

$$V_{\text{заг}} = (V_{\text{п}} + V_{\text{в.дх.}}) \frac{100}{100} \sigma = 2105 \cdot 1,02 = 2,90,2 \text{ см}^3$$

$$D_{\text{заг}} = 1,08 \sqrt[3]{\frac{2105}{1,6}} = 12.5 \text{ см}$$

$$\text{Приймаємо } D_{\text{заг}} = 15 \text{ см}$$

$$L_{\text{заг}} = \frac{V_{\text{заг}}}{F_{\text{заг}}} = \frac{2105}{177} = 11,89 \text{ см} \approx 12 \text{ см}$$

$$F = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{3.14}{4} \frac{15^2}{4} = 177 \text{ см}$$

Перевірка:

$$\frac{L}{D} = \frac{12}{15} = 0,8 \leq 2,5$$

Умова виконується.

Ескіз розрахованої заготовки зображено на рисунку 3.1.

					КНУ.КМР.131.25.1-18.03.ТГБВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

3.2.1.1 Вибір штампової оснастки для заготівельного обладнання

Активне впровадження КГШП пояснюється низкою технологічних та експлуатаційних переваг порівняно з процесами штампування на молотах.

- забезпечується висока точність поковок, особливо за розміром по висоті.
- припуски на механічну обробку значно менші, ніж при роботі на молотах; штампувальні ухили також зменшені завдяки використанню виштовхувачів. Це дозволяє економити метал і скорочувати обсяг подальшої механічної обробки.

- енергоспоживання преса нижче: ККД КГШП приблизно вчетверо більший, ніж у молотів.

- надійність КГШП вища порівняно з молотами.

- обслуговування преса простіше, оскільки немає потреби регулювати енергію удару.

					<i>КНУ.КМР.131.25.1-18.03.ТПВВ</i>	Арк.
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Недоліки штампування на КГШП:

- менша універсальність процесу: на відміну від молотів, на пресах неможливо виконати операції протяжки та підкатки.
- заготовки перед штампуванням необхідно очищати від окалини.
- штампи для КГШП мають складнішу конструкцію та потребують точнішого регулювання.
- вартість штампа для преса у 3-4 рази перевищує вартість штампа для молота.

Визначаємо кількість переходів та типи штампових рівчаків, в залежності від складності поковки, згідно прийнятого заготівельного обладнання.

За ступенем складності поковка за ДСТУ 9182:2022 має індекс С1. Типи штампових рівчаків визначаємо за показником С1.

Типи штампових рівчаків такі:

- чистові (чистовий та напівчистовий);
- площадка для осаджування.

Для вибору параметрів заготівельного обладнання, визначаємо зусилля штампа.

Визначаємо параметри заготівельного обладнання та приводимо його технічну характеристику.

Визначаємо зусилля штампа за формулою :

$$P = 100kF, \text{ МН} \quad (3.1)$$

де k – коефіцієнт, що враховує складність поковки ($k = 6,4 \dots 7,3$)

F – площа проекції поковки з облойною канавкою, м^2 .

$$P = 100 \cdot 7,3 \cdot 96,17 = 7020 \text{ МН}$$

Приймаємо прес, який має номінальне зусилля 20000кН.

Основні параметри та розміри КГШП

Хід повзуна – 250мм.

Число ходів повзуна хв. – 90хв.

Відстань між столом та підштамповою плитою повзуна в його крайньому нижньому положенні, мм – 560мм.

Відстань стола, зліва на право (В), спереду назад (L); $V \times L = 1200 \times 1400 \text{ мм}$.

Розміри повзуна, зліва на право (В), спереду назад (L); $V \times L = 1070 \times 1120 \text{ мм}$.

3.2.2 Вибір і обґрунтування послідовності обробки поверхонь

Послідовність обробки деталі для умов серійного виробництва наступна:

005 Токарна чорнова Comak 400x1000;

015 Токарна чистова Comak 400x1000;

020 Свердлильна Comak MILL1042;

025 Термічна;

030 Внутрішньошліфувальна 3К28А.

Технологічними базами на технологічних операціях таких як, токарна, та шліфувальна будуть поверхні 6; 11 та торцеві поверхні 1 та 13. Принцип єдності баз виконується на чистових операціях.

Послідовність обробки поверхонь деталі «Фланець» представлено в таблиці 3.4.

					КНУ.КМР.131.25.1-18.03.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.4 – Послідовність обробки деталі

№ пов.	Розмір, мм	Послідовність технологічних переходів обробки	Точність, IT	Допуск, Т	Шорсткість, Ra
1	2	3	4	5	6
1	Ø200	точіння чорнове	h12	0,45	3,2
2	Ø200	точіння чорнове	h12	0,45	12,5
3	Ø90	точіння чорнове	H12	0,35	12,5
4	Ø110	точіння чорнове	H12	0,35	3,2
5	Торець Ø119	підрізка торця чорнова	IT14	0,87	12,5
6	Торець Ø90	підрізка торця чорнова	IT14	0,87	12,5
7	Канавка а=23,4	точіння чорнове	H14	0,5	12,5
8	Ø 350	точіння чорнове	h14	1,35	12,5
9	Торець Ø350	підрізка торця чорнова	IT14	1	12,5
10	Торець Ø350	підрізка торця чорнова	IT14	1	12,5
11	Торець Ø200	підрізка торця чорнова	IT14	1	12,5
12	торець Ø 50	підрізка торця чорнова	IT14	0,4	12,5
13	Торець Ø200	підрізка торця чорнова	IT14	0,4	12,5
14	Торець Ø84	підрізка торця чорнова	IT14	0,4	12,5
15	M90x3-6g	свердління нарізання різьби	H12 6g	0,430	12,5
16	Ø84	розточування чорнове	H14	0,350	3,2
17	M72x2-6H	нарізання різьби	6H	0,4	6,3
18	Ø60H9	розточування чорнове розточування напівчистове розточування чистове шліфування	H12 H11 H10 H9	0,3 0,19 0,12 0,074	12,5 6,3 3,2 1,6
19	Торець Ø60H9	підрізка торця чорнова	IT14	0,42	12,5
20	Ø50H12	розточування чорнове	H14	0,8	1,6
21	Торець Ø50	підрізка торця чорнова	IT14	0,4	12,5
22	Ø26H12	свердління	H14	0,52	12,5
23	Фаска 8x45°	точіння чорнове	IT14	0,36	12,5
24	Канавка а=4	розточування чорнове	H14	0,25	12,5
25	Отв. K1/2 -8H	свердління нарізання різьби	H14 8H	0,032	3,2
26	12 отв. Ø33	свердління	H14	0,52	12,5
27	8 отв. M24-6H	свердління нарізання різьби	H14 6H	0,4	12,5
28	Фаска 4x45 ⁰	точіння чорнове	IT14	0,36	12,5
29	M20-7H	свердління нарізання різьби	H14 7H	0,4 0,2	12,5 12,5
30	отв. Ø6	свердління	H14	0,2	12,5
31	Канавка а=6мм	точіння чорнове	IT14	0,36	12,5

					КНУ.КМР.131.25.1-18.03.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

3.2.3 Розробка маршруту обробки деталі

Маршрут обробки деталі вносимо до таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Маршрут обробки деталі

№ оп.	Найменування операції	№ оброблюваної поверхні	№ базової поверхні	Тип, модель верстата
1	2	3	4	5
005	Токарна з ЧПК	9,2,13,7,8,4,3,6,20,21 10,11,15,16,14,17,18, 19,23,22,24,1	16, 14 2, 13	Токарний верстат з ЧПК Cormak 400x1000
015	Токарна з ЧПК	5 18,16,1	14,16; 2,13	Токарний верстат з ЧПК Cormak 400x1000
020	Свердлильна з ЧПК			Оброблювальний центр з ЧПК CORMAK MILL1042
	Установ А	25	16,14	
	Установ Б	12,29,30	16,14	
	Установ В	27,26	16,14	
025	Термічна	—	—	—
030	Внутрішньо-шліфувальна	18	2,13	Внутрішньо-шліфувальний верстат 3K228A

3.2.4 Розробка технологічної операції

Розробляємо операції та технологічні переходи деталі на підставі таблиць 3.4 та 3.5. Призначаємо тип пристрою та різального інструменту на кожну технологічну операцію. Дані занесено до таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 – Послідовність виконання технологічних операцій та вибір устаткування

№ оп.	1.Найменування операції 2.Тип, модель верстата 3. Зміст технологічних переходів	Тип пристрою	Тип різального інструмента
1	2	3	4
005	1.Токарна з ЧПК 2. Токарний верстат з ЧПК Cormak 400x1000. 3. Установ А точити пов.9 точити пов.2 точити пов.13 точити пов.7 точити пов.8	3-х кулачковий патрон Cormak	Різець для зовнішнього контурного точіння з механічним кріпленням пластини «SECO» Різець для зовнішньої обробки канавки «SECO MDT» зі вставкою «Secoloc»

					КНУ.КМР.131.25.1-18.03.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 3.6

1	2	3	4
005	розточити пов.4 розточити пов.3 розточити пов.6 розточити пов.20 розточити пов.21 Установ Б Точити пов.10 Точити пов.11 Точити пов.15 Точити пов.16 Точити пов.14 розточити пов.17 розточити пов.18 розточити пов.19 розточити пов.23 свердлити пов.22 розточити канавку пов.24	3-х кулачковий патрон Cormak	Різець різбовий для зовнішньої обробки з механічним кріпленням пластини «SECO» Різець для внутрішньої обробки канавки «SECO MDT» зі вставкою «Secoloc» Різець різбовий для внутрішньої обробки з механічним кріпленням пластини «SECO» Різець для внутрішнього контурного точіння з механічним кріпленням пластини «SECO» Свердло Ø26мм зі змінними пластинами «SECO»
015	1. Токарна з ЧПК 2. Токарний верстат з ЧПК Cormak 400x1000. 3. Установ А розточити пов.5 Установ Б розточити пов.18 точіння пов.16 точіння пов.1	3-х кулачковий патрон Cormak	Різець для внутрішнього контурного точіння з механічним кріпленням пластини «SECO» Різець для зовнішнього контурного точіння з механічним кріпленням пластини «SECO»
020	1. Вертикально – свердлильна 2. Оброблювальний центр з ЧПК CORMAK MILL 1042 3. Установ А свердлити пов.25 нарізати різьбу 25 Установ Б фрезерувати пов.12 свердлити пов.30 свердлити пов.29 нарізати різьбу пов.29	Спеціальний пристрій	Свердло Ø17мм зі змінними пластинами компанії «SECO» Мітчик K ½ мм цільний твердосплавний компанії «K Kennametal» Фреза Ø50 мм «SECO» Свердло Ø6 для глибокого свердління «GUHRING» Свердло Ø18,25мм цільне твердосплавне «SECO» Мітчик M20 мм цільний твердосплавний компанії «K Kennametal»

					КНУ.КМР.131.25.1-18.03.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 3.6

1	2	3	4
020	Установ В свердлити 8 отворів пов.27 нарізати різьбу пов.27. свердлити 12 отворів пов.26	Спеціальний пристрій	Свердло 1 - Ø12мм зі змінними пластинами «SECO» Свердло 2 - Ø21 мм зі змінними пластинами «SECO» Мітчик M24 мм цільний твердосплавний «NAREX/ZDANICE» Свердло 1 - Ø15мм зі змінними пластинами «SECO» Свердло 2 - Ø33 мм зі змінними пластинами «SECO»
040	1. Внутрішньо- шліфувальна операція 2. Внутрішньо шліфувальний верстат 3K228A 3. Шліфування внутрішньої пов. 18	3-х кулачковий патрон ДСТУ ГОСТ 24351:2015	Шліфувальний круг ПП40x10x30 24A 25 CM-1-7-K 35 ДСТУ ISO 603-4:2019

3.2.5 Вибір типорозміру різальних інструментів та призначення режимів різання

Обираємо типорозміри стандартних металорізальних інструментів з урахуванням виду обробки, типу інструмента, параметрів різальної частини і габаритів, визначених за умовою міцності.

Призначаємо матеріал різальної частини за державним та міжнародним стандартами ISO в залежності від границі міцності оброблюваного матеріалу та якості поверхні [9-13].

Визначити або розрахувати основні розміри стандартних різальних інструментів враховуючі параметри оброблюємих поверхонь та посадочні місця для закріплення інструментів на верстатах[9-13].

Вибір різальних інструментів здійснюємо за каталогами фірм SECO (Швейцарія), KENNAMETAL (США), GUHRING (Німеччина), «NAREX/ZDANICE» (Чехія).

Вибір інструментів здійснюємо до кожної поверхні деталі.

Пов.5,4,3,6,20,28,21,19,23,18,17

Різець розточний з механічним кріпленням пластини вибираємо за каталогами фірми SECO.

Шифр державки: S25T-PDUNR11

Пластины:

Пластина для чорнової обробки: DNMG150404-M5

Режими різання: Швидкість – 300м/хв. Подача – 0,2-0,6мм/об.

Пластина для напівчистої обробки: DNMG110404-M3

Режими різання: Швидкість – 390м/хв. Подача – 0,2-0,4мм/об.

Пластина для чистої обробки: DNMG150404-MF2

					КНУ.КМР.131.25.1-18.03.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Режими різання: Швидкість – 450м/хв. Подача – 0,2-0,3мм/об.

Пов.22

Свердло 26мм зі змінними пластинами вибираємо за каталогами фірми SECO.

Шифр свердла: SD503-26-78-32R7

Пластини:

Центральна: SPGX0703-C1, сплав T400

Переферійна: SPGX070308-P2, сплав T1000

Пов.1,16,15,11,10,8,9,2

Різець для зовнішньої обробки вибираємо за каталогами фірми SECO.

Шифр державки: DCLNR2525M12

Пластини:

Пластина для чорнової обробки: CNMG120408-M5

Режими різання: Швидкість – 300м/хв. Подача – 0,2-0,6мм/об.

Пластина для напівчистої обробки: CNMG120408-M3

Режими різання: Швидкість – 390м/хв. Подача – 0,2-0,4мм/об.

Пластина для чистої обробки: CNMG120408-MF2

Режими різання: Швидкість – 450м/хв. Подача – 0,2-0,3мм/об.

Пов. 31. Канавка зовнішня.

Різець для зовнішньої обробки канавки вибираємо за каталогами фірми SECO MDT вставка Secoloc.

Шифр державки: CFIR2525M06

Пластина:

Пластина для чорнової обробки: LCGN160610-0200R-D76, сплав CP500.

Режими різання: Швидкість – 300м/хв. Подача – 0,2-0,6мм/об.

Пов.15 Різьба метрична зовнішня

Різець різбовий для зовнішньої обробки вибираємо за каталогами фірми SECO

Шифр державки: CFIR2525M06

Пластина:

Пластина для чорнової обробки: LCGN1603-G60, сплав CP500.

Режими різання: Швидкість – 145м/хв. Подача – 0,1-0,5мм/об.

Пов.24 канавка внутрішня

Різець для внутрішньої обробки вибираємо за каталогами фірми SECO

Шифр державки: A40T-CGGR04

Пластина:

Пластина для чорнової обробки: LCGN1606-0200R-D76, сплав CP500.

Режими різання: Швидкість – 145м/хв. Подача – 0,1-0,5мм/об.

Пов.17 Внутрішня різьба метрична

Різець різбовий для внутрішньої обробки вибираємо за каталогами фірми SECO

Шифр державки: A40T-CGGR04

Пластина:

Пластина для чорнової обробки: LCGN1603-G60, сплав CP500.

Режими різання: Швидкість – 145м/хв. Подача – 0,1-0,5мм/об.

					КНУ.КМР.131.25.1-18.03.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

Пов.26 – отв.Ø33мм.

I - Свердло 33мм зі змінними пластинами вибираємо за каталогами фірми SECO.

Шифр свердла: SD503-33-99-40R7

Пластини:

Центральна: SPGX11T3-C1, сплав T400

Переферійна: SPGX09T308-P2, сплав T1000

II - Свердло 15мм зі змінними пластинами вибираємо за каталогами фірми SECO.

Шифр свердла: SD503-15-90-40R7

Пластини:

Центральна: SPGX08T3-C1, сплав T400

Переферійна: SPGX06T308-P2, сплав T1000

Пов.25

Свердління отвору та нарізання різьби K1/2мм.

Свердло 17мм вибираємо за каталогами фірми SECO.

Шифр свердла: SD207A-17.0-130-18R1

Режими різання: Швидкість – 100м/хв. Подача – 0,25-0,3мм/об.

Мітчик вибираємо по каталогу фірми «KKENNAMETAL»

Шифр мітчика: T320NC05.000-13R3B

Режими різання: Швидкість – 60м/хв. Подача – 0,2мм/об.

Пов.27

Свердління 8 отворів та нарізання різьби M24мм. Вибір інструментів вибираємо за каталогами фірми SECO та чеської компанії «NAREX/ZDANICE».

I - Свердло 12мм з напайними пластинами вибираємо за каталогами фірми SECO.

Шифр свердла: SD30-12.00-37-16R5

Режими різання: Швидкість – 70м/хв. Подача – 0,15мм/об.

II - Свердло 21мм з напайними пластинами вибираємо за каталогами фірми SECO.

Шифр свердла: SD30-21.00-64-25R5

Режими різання: Швидкість – 70м/хв. Подача – 0,25мм/об.

Мітчик вибираємо по каталогу чеської компанії «NAREX/ZDANICE».

Шифр мітчика: 3660.M.240.x.300.R6H

Режими різання: Швидкість – 60м/хв. Подача – 0,2мм/об.

Пов.29

Свердління отвору 18,25мм та нарізання різьби M20мм. Вибір інструментів вибираємо за каталогами фірми SECO та «KKENNAMETAL»

Свердло Ø18,25мм

Шифр свердла: SD207A-71-20R5

Режими різання: Швидкість – 130м/хв. Подача – 0,38мм/об.

Мітчик вибираємо за каталогом чеської компанії «NAREX/ZDANICE».

Шифр мітчика: T620.M.200.x.250.R6HX-D6.

Режими різання: Швидкість – 60м/хв. Подача – 0,2мм/об.

					КНУ.КМР.131.25.1-18.03.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		

Пов.30

Свердло для глибокого свердління вибираємо за каталогом фірми GUHRING

Шифр свердла: RT100N -06.00 -160-06R5.

Режими різання: Швидкість – 50м/хв. Подача – 0,01мм/об.

Пов.12

Фрезерування площини в розмір 50мм. Фрезу вибираємо за каталогом фірми SECO.

Фреза з вертикальним врізанням .

Шифр фрези: R220.79 -0050-12F.

Пластини: SCET 120612N- M11T350M

Режими різання: Швидкість – 190- 225м/хв. Подача – 0,14...0,22мм/об.

Пов.18

Круг шліфувальний ПП40х10х30 24А 25 СМ-1-7-К 35 ДСТУ ISO 603-4:2019.

3.2.6 Вибір допоміжних інструментів

Обираємо допоміжний інструмент із необхідними конструктивними параметрами, враховуючи розміри посадочного місця шпинделя верстату та посадочних розмірів прийнятого стандартного чи спеціального різальних інструментів [14,15]. Дані занесено до таблиці 3.7.

Вибір допоміжних інструментів виконуємо за каталогами фірм SECO та допоміжний інструмент для токарних верстатів з ЧПК компанії «ІРЛЕН ІНЖИНІРІНГ».

Таблиця 3.7 – Вибір допоміжного інструмента

Тип, модель металорізального верстата	Різальний інструмент, шифр інструмента	Допоміжний інструмент, шифр інструмента
1	2	3
Токарний верстат з ЧПК Comak 400х1000	Різець розточний з механічним кріпленням пластини SECO. Шифр державки: S25T-PDUNR11 Пластини: Пластина для чорнової обробки: DNMG150404-M5 Пластина для напівчистої обробки: DNMG110404-M3 Пластина для чистої обробки: DNMG150404-MF2	Осьовий різцетримач E2-50х25 DIN1809 допоміжний інструмент для токарних верстатів з ЧПК «ІРЛЕН ІНЖИНІРІНГ»

					КНУ.КМР.131.25.1-18.03.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 3.7

1	2	3
Токарний верстат з ЧПК Cormak 400x1000	Свердло 26мм зі змінними пластинами SECO. Шифр свердла: SD503-26-78- 32R7 Пластини: Центральна: SPGX0703-C1, сплав T400 Переферійна: SPGX070308-P2, сплав T1000	Держак для свердел E1- 50x32 допоміжний інструмент для токарних верстатів з ЧПК «ІРЛЕН ІНЖИНІРІНГ»
	Різець для зовнішньої обробки канавки SECO MDT вставка Secoloc. Шифр державки: CFIR2525M06 Пластина: Пластина для чорнової обробки: LCGN160610-0200R-D76, сплав CP500.	Радіальний різцетримач B1-50x25 DIN1809 допоміжний інструмент для токарних верстатів з ЧПК «ІРЛЕН ІНЖИНІРІНГ»
	Різець для зовнішньої обробки SECO. Шифр державки: DCLNR2525M12 Пластини: Пластина для чорнової обробки: CNMG120408-M5 Пластина для напівчистої обробки: CNMG120408-M3 Пластина для чистої обробки: CNMG120408-MF2	Радіальний різцетримач B1-50x25 DIN1809 допоміжний інструмент для токарних верстатів з ЧПК «ІРЛЕН ІНЖИНІРІНГ»
	Різець різбовий для зовнішньої обробки SECO Шифр державки: CFIR2525M06 Пластина: Пластина для чорнової обробки: LCGN1603-G60, сплав CP500.	Радіальний різцетримач B1-50x25 DIN1809 допоміжний інструмент для токарних верстатів з ЧПК «ІРЛЕН ІНЖИНІРІНГ»
	Різець для внутрішньої обробки канавки SECO Шифр державки: A40T-CGGR04 Пластина: Пластина для чорнової обробки: LCGN1606-0200R-D76, сплав CP500.	Осьовий різцетримач E2-50x25 DIN1809 допоміжний інструмент для токарних верстатів з ЧПК «ІРЛЕН ІНЖИНІРІНГ»

					КНУ.КМР.131.25.1-18.03.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 3.7

1	2	3
Токарний верстат з ЧПК Cormak 400x1000	Різець різбовий для внутрішньої обробки SECO Шифр державки: A40T-CGGR04 Пластина: Пластина для чорнової обробки: LCGN1603-G60, сплав CP500.	Осьовий різцетримач E2- 50x25 DIN1809 допоміжний інструмент для токарних верстатів з ЧПК «ІРЛЕН ІНЖИНІРІНГ»
Оброблювальний центр з ЧПК CORMAK MILL1042	I - Свердло 33мм зі змінними пластинами SECO. Шифр свердла: SD503-33-99-40R7 Пластини: Центральна: SPGX11T3-C1, сплав T400 Переферійна: SPGX09T308-P2, сплав T1000 II - Свердло 15мм зі змінними пластинами SECO. Шифр свердла: SD503-15-90-40R7 Пластини: Центральна: SPGX08T3-C1, сплав T400 Переферійна: SPGX06T308-P2, сплав T1000	Держак з боковим затиском E9306 584 40 120
	Свердло 17мм SECO. Шифр свердла: SD207A-17.0-130- 18R1 Мітчик машинний «KKENNAMETAL» Шифр мітчика: T320NC05.000- 13R3B	Держак з боковим затиском E9306 584 18 100 Мітчиковий патрон E9306 5865 32 130
	I - Свердло 12мм з напайними пластинами фірми SECO. Шифр свердла: SD30-12.00-37- 16R5 II - Свердло 21мм з напайними пластинами фірми SECO. Шифр свердла: SD30-21.00-64- 25R5 Мітчик машинний «NAREX/ZDANICE». Шифр мітчика: 3660.M.240.x.300.R6H	Держак з боковим затиском E9306 584 16 100 Держак з боковим затиском E9306 584 25 160 Мітчиковий патрон E9306 5865 32 130

					КНУ.КМР.131.25.1-18.03.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 3.7

1	2	3
Оброблювальний центр з ЧПК CORMAK MILL1042	Свердло Ø18,25мм фірми SECO Шифр свердла: SD207A-71-20R5 Мітчик машинний «NAREX/ZDANICE». Шифр мітчика: T620.M.200.x.250.R6HX-D6.	Держак з боковим затиском E9306 584 20 100 Мітчиковий патрон E9306 5865 32 130
	Свердло для глибокого свердління GUHRING Шифр свердла: RT100N -06.00 - 160-06R5.	Держак з боковим затиском E9306 584 0680
	Фреза Ø 50мм. фірми SECO. Фреза з вертикальним врізанням. Шифр фрези: R220.79 -0050-12F. Пластини: SCET 120612N-M11T350M	Держак торцевих фрез E9304 5545 2250
Внутрішньо шліфувальний верстат 3K228A	Круг шліфувальний ПП40x10x30 24A 25 CM-1-7-K 35 ДСТУ ISO 603-4:2019	Спеціальна оправка

					КНУ.КМР.131.25.1-18.03.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

Розробка верстатно-інструментального налагодження виконується на оброблювальний центр з ЧПК CORMAK MILL1042.



Рисунок 4.1 – Загальний вигляд оброблювального центру з ЧПК CORMAK MILL1042

Технічна характеристика оброблювального центру з ЧПК CORMAK MILL104 наведена в табл. 4.1. Загальний вид верстата та його робочі органи показані на рисунках 4.1- .

Деталь встановлюється в пристрої спеціальний який базується двома шпонками по пазам столу верстата, та закріплюється за допомогою гвинт – гайка.

Базовими поверхнями деталі будуть торець деталі та внутрішня поверхня.

Обробка поверхонь: пов.26 - 12 отворів Ø 33мм та пов.27 -8 отворів М24мм.

Етапи обробки 12 отворів Ø 33мм: свердління і розсвердлювання.

Етапи обробки 8 отворів М24 мм : свердління, нарізання різьби.

					КНУ.КМР.131.25.1-18.04.МПОМО				
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата	Моделювання та програмування операцій механічної обробки		Літ.	Арк.	Архiвiв
Розроб.		Швачка							
Перевір.		Нечаєв							
Реценз.							Каф. ТМ, гр. ПМ-24м		
Н. контр.		Нечаєв							
Зав. каф.		Рязанцев							

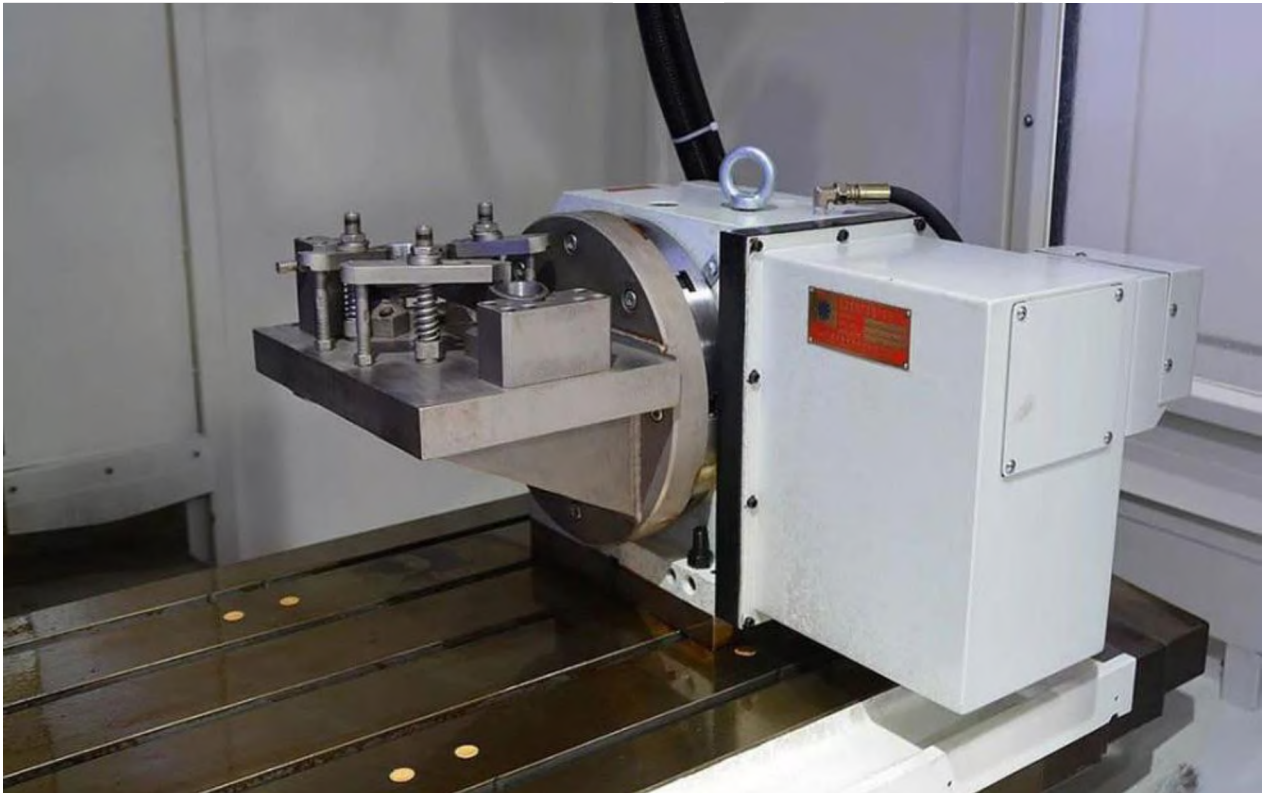


Рисунок 4.2 – Стіл оброблювального центру з ЧПК CORMAK MILL1042

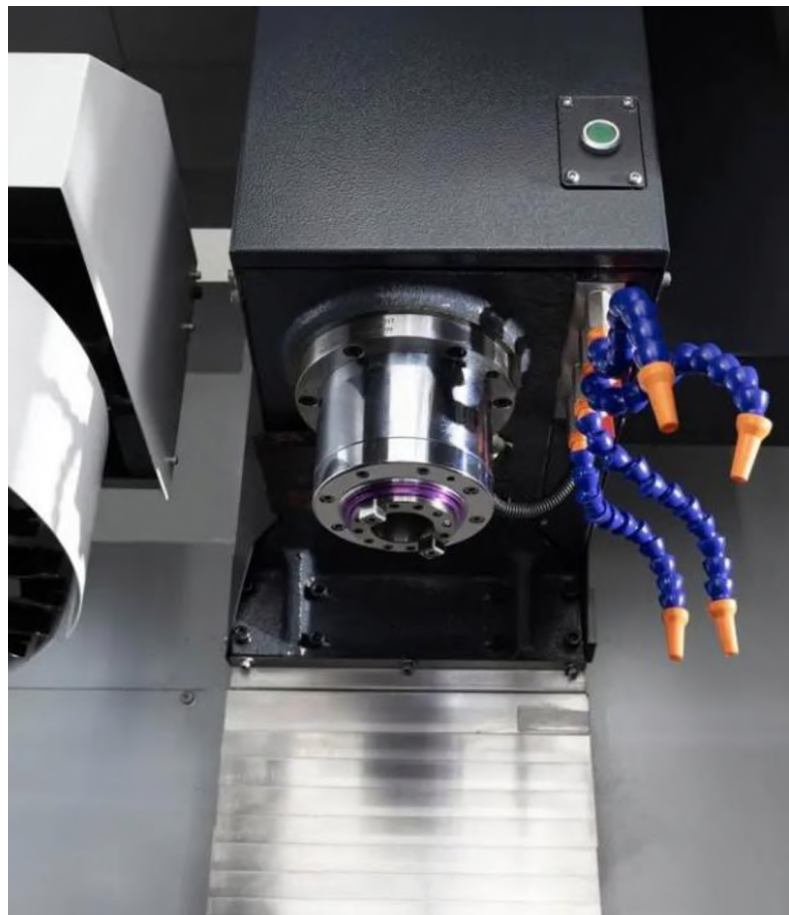


Рисунок 4.3 – Робочі органи верстату

					КНУ.КМР.131.25.1-18.04.МПОМО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.1 – Технічні характеристики верстата

Характеристика	Значення
Швидкість шпинделя, об/хв	100-10000
Конус шпинделя	BT40
Прискорена швидкість подачі по осі X/Y/Z, м/хв	24/24/12
Рух по осі X/Y/Z, мм	1000x400x500
Точність позиціювання X / Y / Z, мм	0,008/0,008/0,008
Повторюваність по осям X / Y / Z	0,005/0,005/0,005
Макс. навантаження на стіл, кг	500
Потужність основного двигуна, кВт	5,5
Крутний момент шпинделя, Нм	
Розмір столу, мм	1090x440
Кількість інструментів, шт	16
Максимальна довжина інструменту, мм	300
Кількість пазів/ розмір/ відстань, мм	5/18/115
Вага верстата, кг	3700
Габаритні розміри (Д/Ш/В), мм	3200x2200x2500
Керування (система ЧПК)	SINUMERIK 808D

4.1.1 Підбір різального інструменту

Розглянемо детально раніше підібраний металорізальний та допоміжний інструмент (рис. 4.4-4.5), який буде використано для розробки інструментального налагодження. Таблиця 4.2 містить інформацію про кодування технологічної операції.

Різальний інструмент:

пов.26 - 12 отворів Ø 33мм :

I – перше свердло SD503-33-99-40R7

Пластини:

Центральна – SPGX11T3-C1

Периферійна – SCGX09T308-P2

II – друге свердло SD503-15-99-40R7

Пластини:

Центральна – SPGX08T3-C1

Периферійна – SCGX06T308-P2

пов.27 -8 отворів M24мм

I – перше свердло SD30-12.00-37-16R5

II – друге свердло SD30-21.00-64-25R5

Мітчик – 3660.M.240.X.300.R.6H

Вибір допоміжних інструментів здійснюємо враховуючи посадочні місця хвостовиків осевих інструментів та посадочного номера шпинделя верстату CORMAK MILL1042.

Допоміжні інструменти:

I - Свердло 33мм зі змінними пластинами SECO.

Шифр свердла: SD503-33-99-40R7

					КНУ.КМР.131.25.1-18.04.МПОМО	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Пластины:

Центральна: SPGX11T3-C1, сплав T400

Переферійна: SPGX09T308-P2, сплав T1000

II - Свердло 15мм зі змінними пластинами SECO.

Шифр свердла: SD503-15-90-40R7

Пластины:

Центральна: SPGX08T3-C1, сплав T400

Переферійна: SPGX06T308-P2, сплав T1000

Для свердла 33мм – допоміжний інструмент – держак з боковим затиском E9306 584 40 120 (рис. 4.4).

Тип 584 - Держатели с боковым зажимом, Weldon - DIN 1835 Форма B / DIN 6535 Форма HB

HSK-A / ISO 12164-1-A



- Прямое бачило 3 μm максимум.
- Weldon d 16, 20, 25, 32 и 40 со шлифованным торцом (Seco-Weldon совместимый).

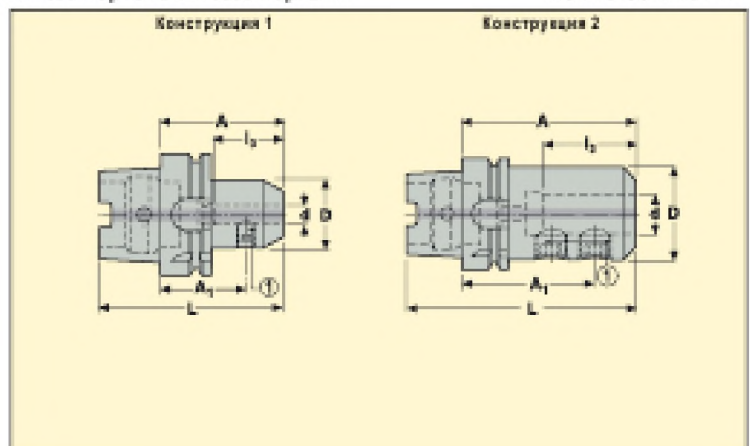


Рисунок 4.4 – Патрон HSK-A з боковим затиском, Weldon – DIN 6535

Тип 5865 - ER метчиковые патроны для синхронизированного нарезания резьб - DIN 6499

HSK-A / ISO 12164-1-A



- Прямое бачило 5 μm максимум.
- Без компенсации.

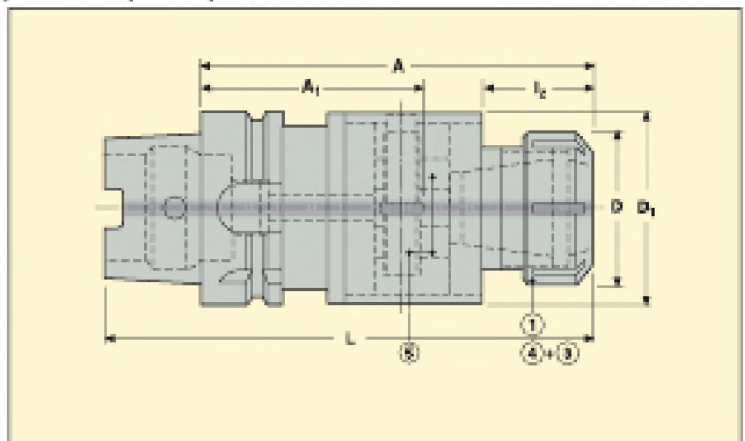


Рисунок 4.5 – Патрон для синхронізації нарізування різьби HSK-A, тип 5865 – DIN 6499

Для свердла 15мм – допоміжний інструмент – патрон з боковим затиском E9306 584 40 120.

8 отворів M24мм:

I – перше свердло SD30-12.00-37-16R5

					КНУ.КМР.131.25.1-18.04.МПОМО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

II – друге свердло SD30-21.00-64-25R5

Мітчик – 3660.M.240.X.300.R.6H

Для свердла 12мм – допоміжний інструмент – патрон з боковим затиском E9306 584 16 100

Для свердла 21мм – допоміжний інструмент – патрон з боковим затиском E9306 584 25 160.

Для мітчика M24мм – допоміжний інструмент – патрон мітчиковий E9306 5865 32 130 (рис. 4.5).

4.2 Візуалізація та перевірка керуючих програм

Для токарної операції проведемо розробку керуючої програми у Autodesk FeatureCAM. Обробка проводиться на токарному верстаті з ЧПК Cormak 400x1000 (рис. 4.6). Технічна характеристика верстата наведена в табл. 4.2.



Рисунок 4.6 – Токарний верстат з ЧПК Cormak 400x1000

Таблиця 4.2 – Технічні характеристики верстата з ЧПК Cormak 400x1000

№	Характеристика	Значення
1	Хід по осі X, м/хв	8
2	Хід по осі Z, м/хв	10
3	Хід пінолі задньої бабки, мм	120
4	Максимальний розмір тримача інструменту, мм	25x25
5	Максимальний діаметр обробки над станиною, мм	1000
6	Максимальний діаметр обробки над супортом, мм	400
7	Потужність двигуна, кВт	7,5
8	Кількість інструментів, шт	8
9	Конус задньої бабки	MT4
10	Проліт шпинделя, мм	72
11	Швидкість обертання шпинделя, об/хв	1-2000
12	Вага, кг	1800
13	Габаритні розміри, мм	2640x1500x1766

					КНУ.КМР.131.25.1-18.04.МПОМО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На верстаті Cormak 400x1000 використовується система управління SINUMERIK 808D. Під час обробки даних, визначення траєкторії руху інструментів було згенеровано (отримано) та перевірено керуючу програму (КП). Етапів розробки КП у FeatureCAM наведено на рисунках 4.7-4.11.

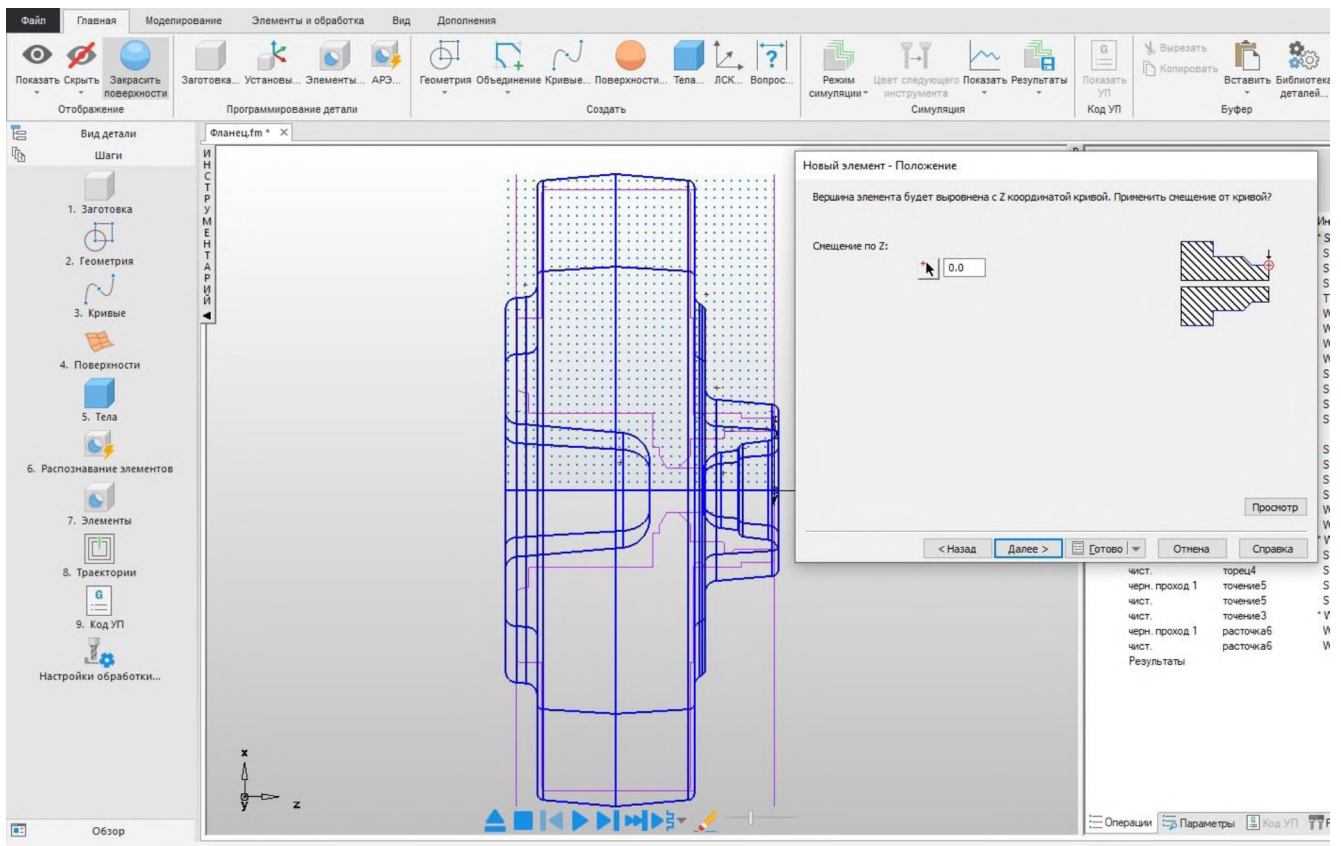


Рисунок 4.7 – Розпізнавання елементів деталі «Фланець»

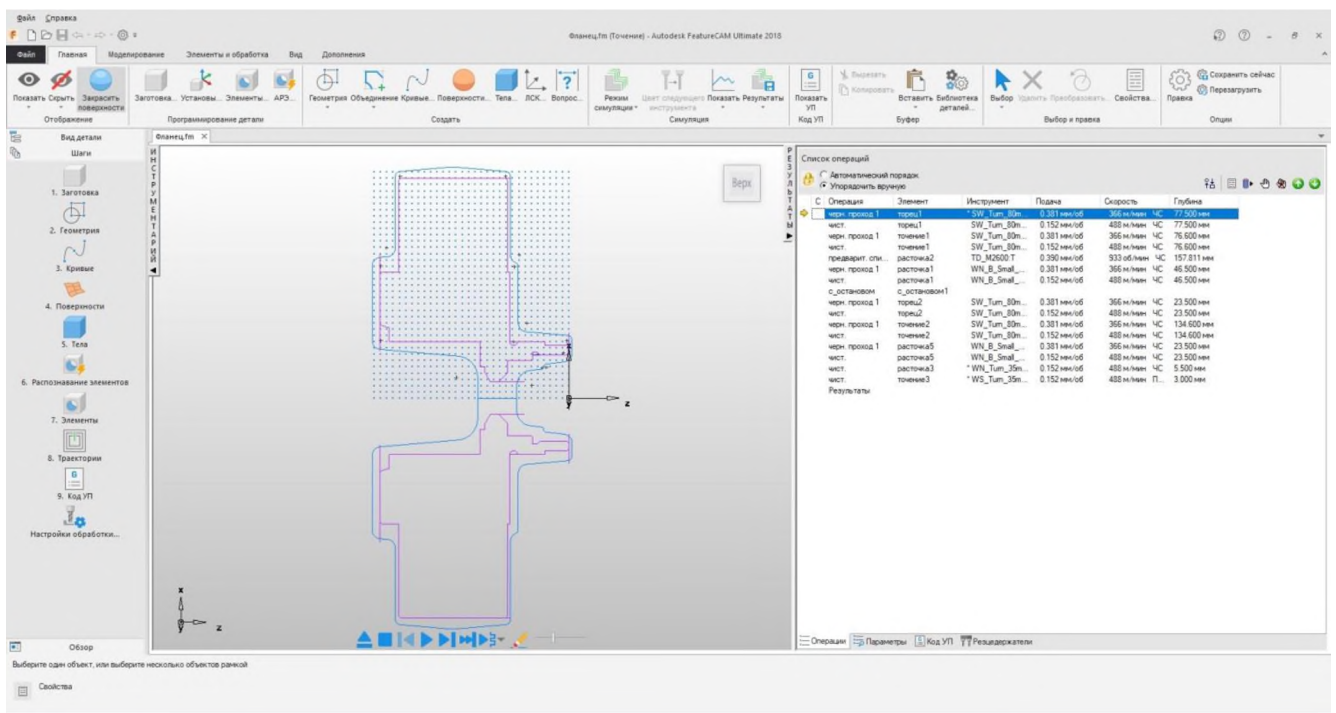
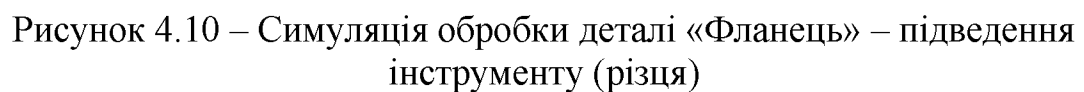


Рисунок 4.8 – Зміст переходів обробки деталі «Фланець»



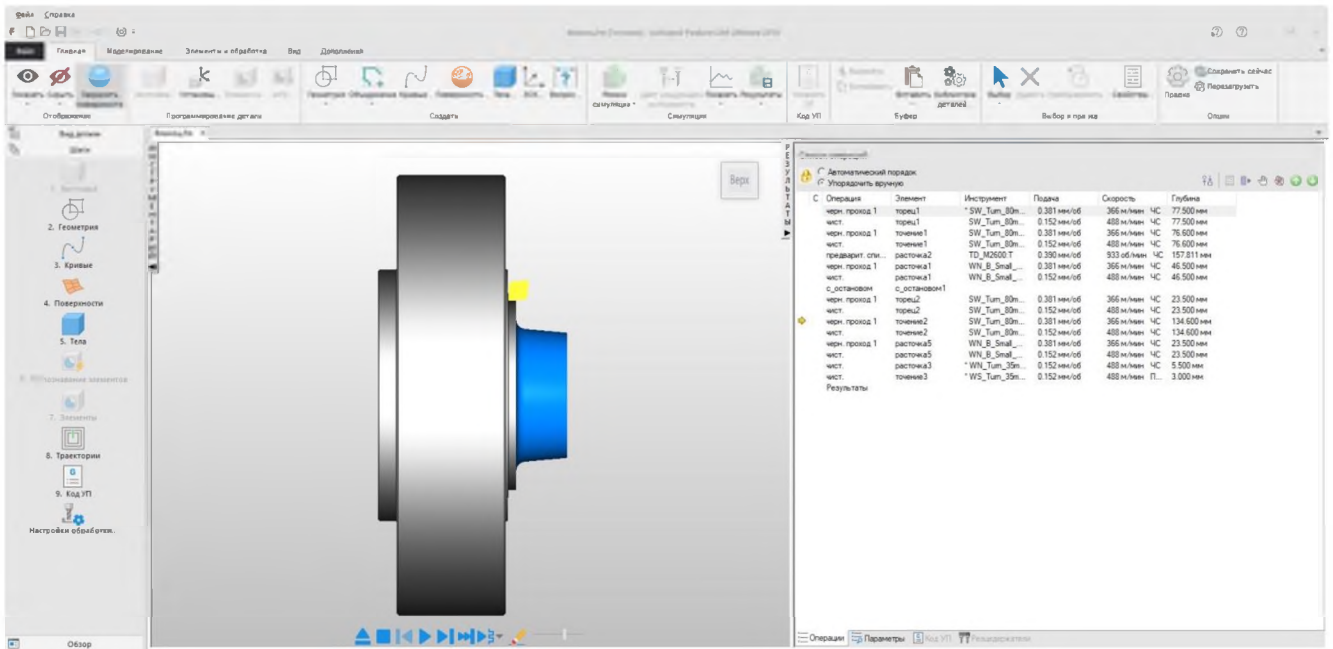


Рисунок 4.11 – Симуляція обробки деталі «Фланець» – точіння

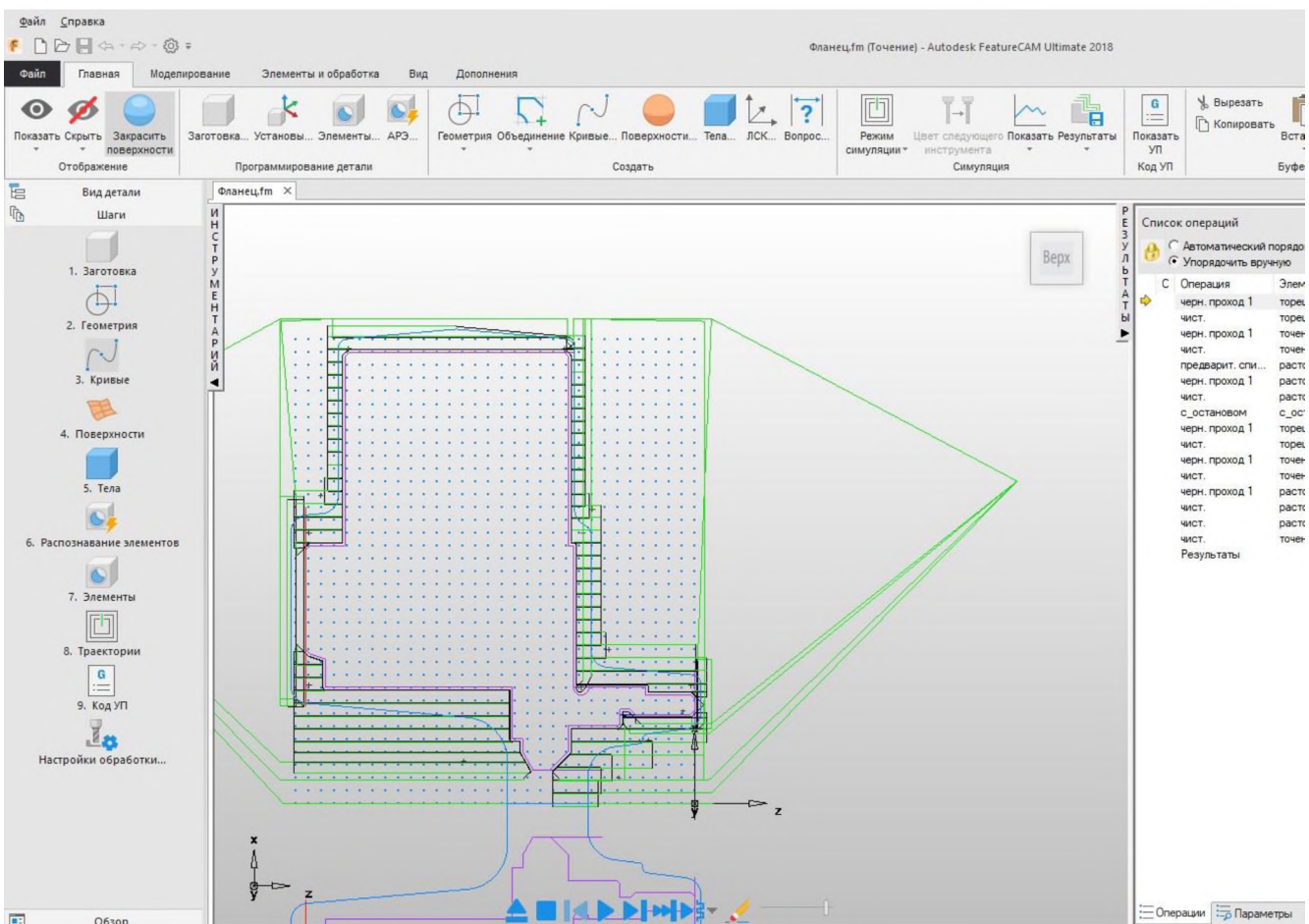


Рисунок 4.12 – Траєкторія руху всіх інструментів

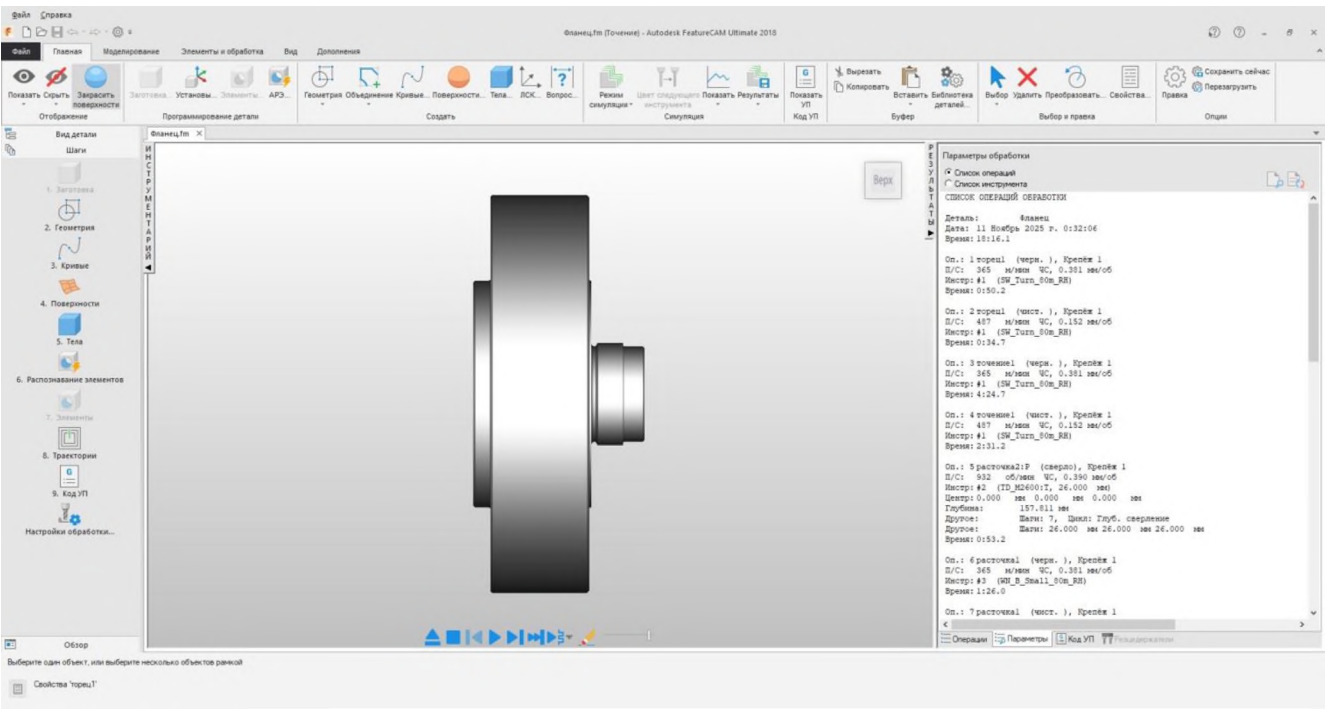


Рисунок 4.13 – Перелік виконаних операцій обробки та готова деталь «Фланець»

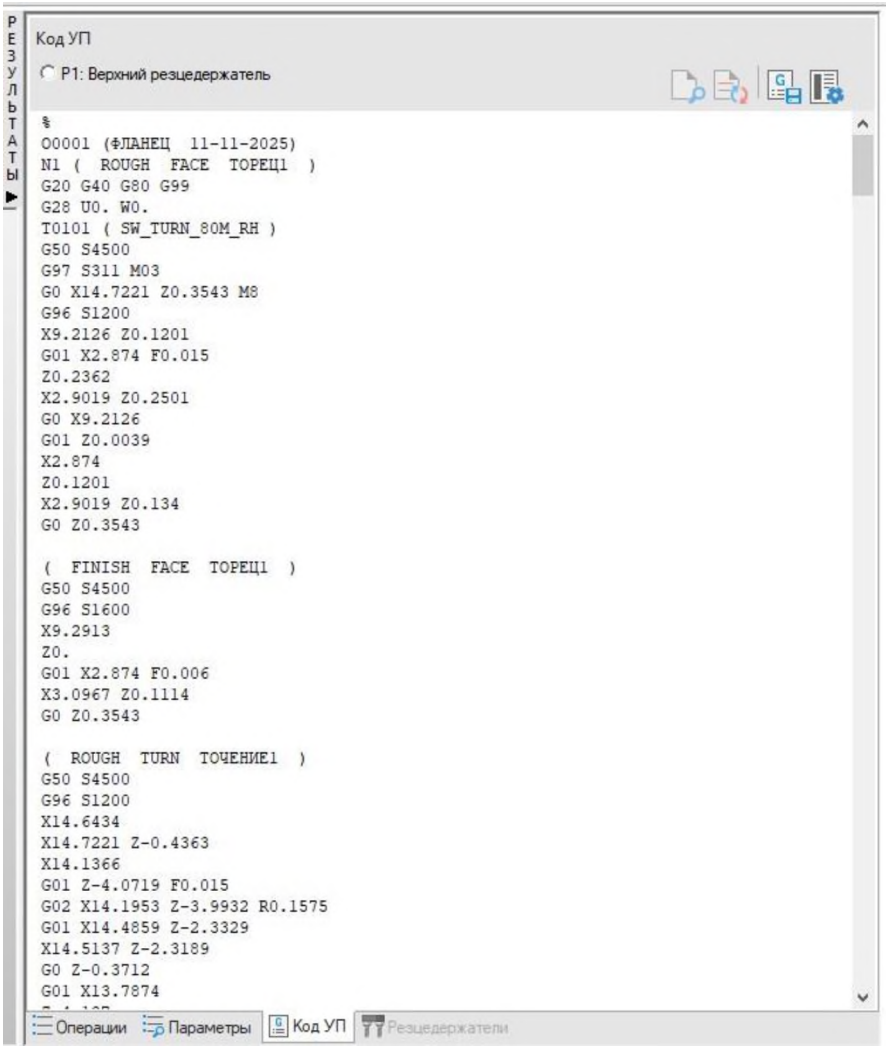


Рисунок 4.14 – Фрагмент КП обробки деталі «Фланець»

5 ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОСНАЩЕННЯ

5.1 Проектування верстатного пристосування

5.1.1 Технічне завдання

Розробити верстатний пристрій для обробки отвору діаметром та нарізання різьби K1/2 NPTF деталі «Фланець».

Довжина оброблюваної поверхні 130мм;

Ріжучий інструмент свердло спіральне.; $D = 18,25$; $L = 160$ мм; каталог «GUHRING».

Режими різання: Обертний момент $M_{кр} = 3$ кг·м.

Сила осьова різання:

$$P_z = \frac{M_{кр}}{D_c / 2}, \text{кГ} \quad (5.1)$$

$$P_z = \frac{3}{0,045} = 67 \text{ кГ}$$

Обробка здійснюється на верстаті CORMAK MILL1042.

5.1.2 Обґрунтування способу установки деталі

Установча база – торцева поверхня деталі діаметра 84мм, яка лишає деталь трьох точок вільності. Направляюча база – направляюча внутрішня поверхня діаметром 60Н9 мм, яка лишає двох точок вільності. Розробляємо схему базування.

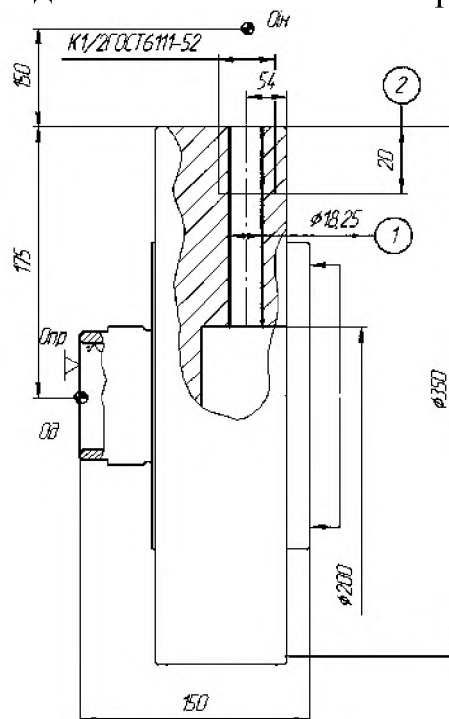


Рисунок 5.1 – Схема базування

					КНУ.КМР.131.25.1-18.05.КПВ					
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата						
Розроб.		Швачка			Конструкторська підготовка виробництва			Лит.	Арк.	Аркцшів
Перевір.		Нечаєв								
Реценз.								Каф. ТМ, гр. ПМ-24м		
Н. контр.		Нечаєв								
Зав. каф.		Рязанцев								

5.1.3 Вибір стандартних установчих елементів пристрою

Згідно схеми базування установчі елементи будуть стандартні циліндричні пальці у кількості трьох штук, які виконують функцію направляючих елементів та позбавляють деталь двох ступеней вільності. Торцева поверхня встановлюється на три циліндричні опори які позбавляють деталь трьох ступеней вільності

5.1.4 Розраховуємо похибки базування

Похибка базування даного пристосування розраховується за формулою:

$$\varepsilon_{\bar{6}} = 0,5 \cdot \text{IT}_{\text{д}} + 0,5 \cdot \text{IT}_{\text{дн}} \quad (5.2)$$

$$\varepsilon_6 = 0,5 \cdot 0,039 + 0,5 \cdot 0,016 = 0,0275 \text{ MM}$$

5.1.5 Розробка схеми закріплення деталі

Розробляємо схему закріплення деталі (рис. 5.2).

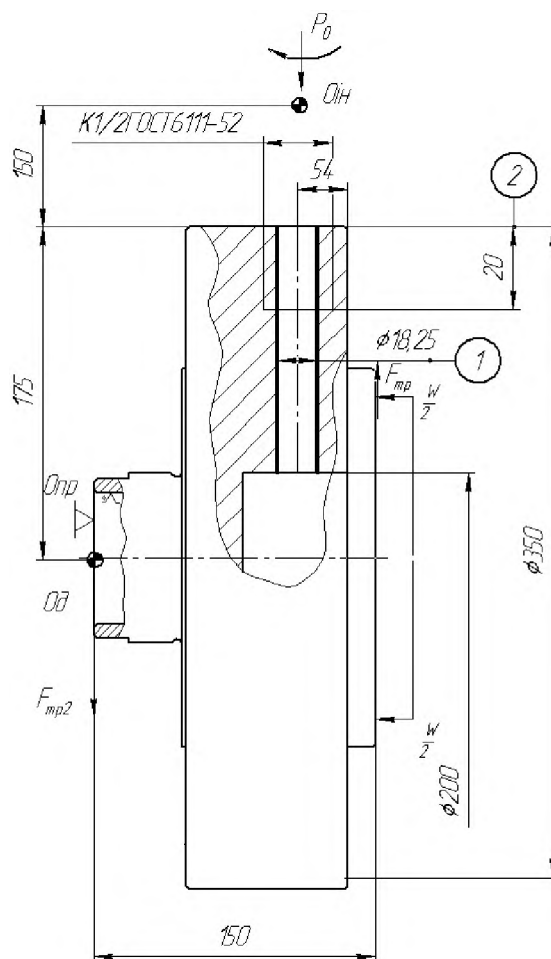


Рисунок 5.2 – Схема закріплення деталі

$$\Sigma M_0 = 0$$

$$T_{p_4} \cdot 15 + T_{p_2} \cdot 20,5 + T_{p_3} \cdot 18,5 + T_{p_1} \cdot 25 = \frac{k \cdot P_z \cdot d_{\varphi}}{2}$$

$$Q \cdot f_4 \cdot 15 + Q \cdot f_2 \cdot 20,5 + Q \cdot f_3 \cdot 18,5 + Q \cdot f_1 \cdot 25 = \frac{k \cdot P_z \cdot d_\phi}{2}$$

					КНУ.КМР.131.25.1-18.05.КПВ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $f_1 = f_2 = f_3 = f_4 = 0,1 \dots 0,15$

$k = 2,5$ – коефіцієнт запасу,

$d_\phi = 90$ мм,

$M_{кр} = 3$ кг·м.

Сила різання визначаємо за формулою:

$$P_z = \frac{M_{кр}}{D_\phi / 2} = 67 \text{ кг}$$

$$W = \frac{k \cdot P_z \cdot d_\phi / 2}{f_4 \cdot 0,015 + f_2 \cdot 0,0205 + f_3 \cdot 0,0185 + f_1 \cdot 0,025} \quad (5.3)$$

$$W = \frac{2,5 \cdot 67 \cdot 0,045}{0,1 \cdot 0,015 + 0,1 \cdot 0,0205 + 0,1 \cdot 0,0185 + 0,1 \cdot 0,025} = \frac{7,5}{0,0079} = 949,3 \text{ кг}$$

5.1.6 Вибір стандартного затискного пристрою

Стандартний затискний пристрій зображено на рис. 5.3.

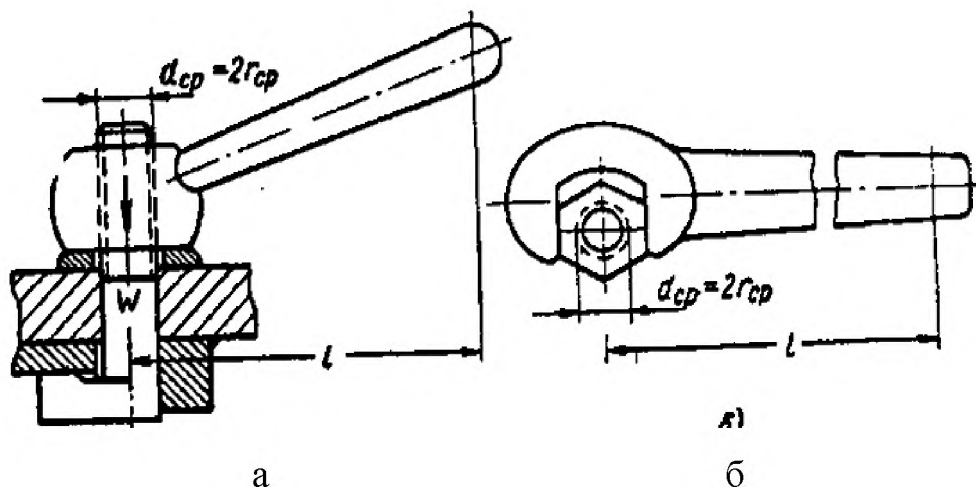


Рисунок 5.3 – Схеми визначення зусилля затиску:

а – предавального гайкою з рукояткою; б – предавального гайкою з ключем

Сила Q , прикладена на рукоятці або на ключі різьбового затискача:

$$Q = \frac{W \cdot r_{cp} \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + 0,33f \frac{D_n^3 - D_g^3}{D_n^2 - D_g^2}}{l} \quad (5.4)$$

де Q – сила на рукоятці гайки або ключі, що прикладає робітником, у Н;
 W – потрібна сила затискача деталі; ця сила визначається по наведеній вище методиці;

l – довжина рукоятки гайки або ключа в мм;

r_{cp} – середній радіус різьблення гвинта в мм;

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

					КНУ.КМР.131.25.1-18.05.КПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

φ – наведений кут тертя в різьбовій парі ($\varphi \approx 6^\circ 30'$);
 f – коефіцієнт тертя при плоскому контакті двох деталей, що сполучають, (на нижньому торці гайки або гвинта $f=0,1 \dots 0,15$);

r – радіус циліндричної частини нижнього кінця гвинта в мм;

D_n – зовнішній діаметр опорного торця гайки в мм;

D_e – внутрішній діаметр опорного торця гайки в мм.

По потрібній силі затискача W і допускаємим напругам, що, визначається номінальний діаметр d гвинта з рівності:

$$W = 0.64 \cdot \pi d^2 / 4 \cdot \sigma = 0.5 d^2 \sigma \quad \text{Н},$$

де σ – допустиме напруження розтягання матеріалу гвинта ($\sigma \approx 800 \text{ кг/см}^2$), звідки:

$$d = \sqrt{W / 0.5 \sigma}, \text{ см.}$$

$$d = \sqrt{\frac{949.3}{0.5 \cdot 800}} = 1/5 \text{ см.}$$

$$\frac{949,3 \cdot \text{tg} 9^\circ + 0,33 \cdot 0,1 \cdot 38}{300} = 4 \text{ Н}$$

5.1.7 Розрахунок верстатного пристрою на точність

Виконуємо розрахунок на точність верстатний пристрій.

Спосіб встановлення пристрою на стіл здійснюється за шпоночним з'єднанням в Т-подібні пази столу верстату та болтовому з'єднанні пристрою зі столом верстату. Похибка виникає при встановленні пристрою на стіл при наявності зазору в шпонковому з'єднанні та перекосу між шпонковою парою в пазу стола верстату.

Похибка сумарна пристрою визначаємо за формулою:

$$\delta_{\Sigma} = k \sqrt{\delta_{\sigma}^2 \delta_{p.n}^2 \delta_s^2 \delta_{n.p}^2 \delta_{nn}^2} \quad (5.5)$$

$\varepsilon_{\sigma} = 0,0275 \text{ мм}$ похибка базування;

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

$$\varepsilon_{p.n} = S_{\max} / 2 = 0,035 - 0,1 = 0,0125 \text{ мм}$$

$\delta_{n.n.}$ - похибка розташування робочої кондукторної втулки відносно опорних елементів пристрою.

$$\delta_{n.n.} = \delta_k + \delta_{em} + \delta_s,$$

де δ_k - похибка розміру від опорного елементу до осі нерухомої втулки;

δ_{em} - похибка ексцентриситету робочої (швидкозмінної) втулки;

δ_s - похибка максимального зазору між нерухомою втулкою і швидкозмінною;

δ_k - похибка складає $1/3 \dots 1/5$ розміру від опорного елементу до осі нерухомої втулки;

					КНУ.КМР.131.25.1-18.05.КПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

$\delta_{вт} = 2 \cdot \varepsilon_{вт}$ - ексцентриситет зовнішньої поверхні втулки по відношенню до отвору не повинен перебільшувати 5 мкм.

 $\varepsilon_3 = 0$ - похибка закріплення

$\varepsilon_{п.р}$ - похибка розташування установчих елементів відносно оброблюваних поверхонь дорівнює: $\varepsilon_{п.р} = S_{\max} / 2$; $\varepsilon_{п.р} = 0,075 / 2 = 0,0375 \text{ мм}$

Сумарна похибка пристрою:

$$\varepsilon_{\Sigma} = 1,1\sqrt{0,0275^2 + 0,0125^2 + 0,0375^2 + 0,0156^2} = 0,25\text{MM.}$$

5.2 Проектування контрольного пристрою

Проводиться проєктування контрольного пристосування для перевірки торцевого биття чотирьох поверхонь, допустиме значення якого не повинно перевищувати 0,05 мм, відносно бази А, якою є циліндричний отвір Ø54H9.

Базування деталі виконується за внутрішню циліндричну поверхню Ø54Н9. Контрольна операція здійснюється на верстаті Сормак 400х1000. Індикатор підводять до поверхні, що контролюється, після чого деталь, закріплену в цанговій розтискній оправці шпинделя, обертають. У процесі обертання індикатор фіксує значення радіального та торцевого биття відповідних поверхонь.

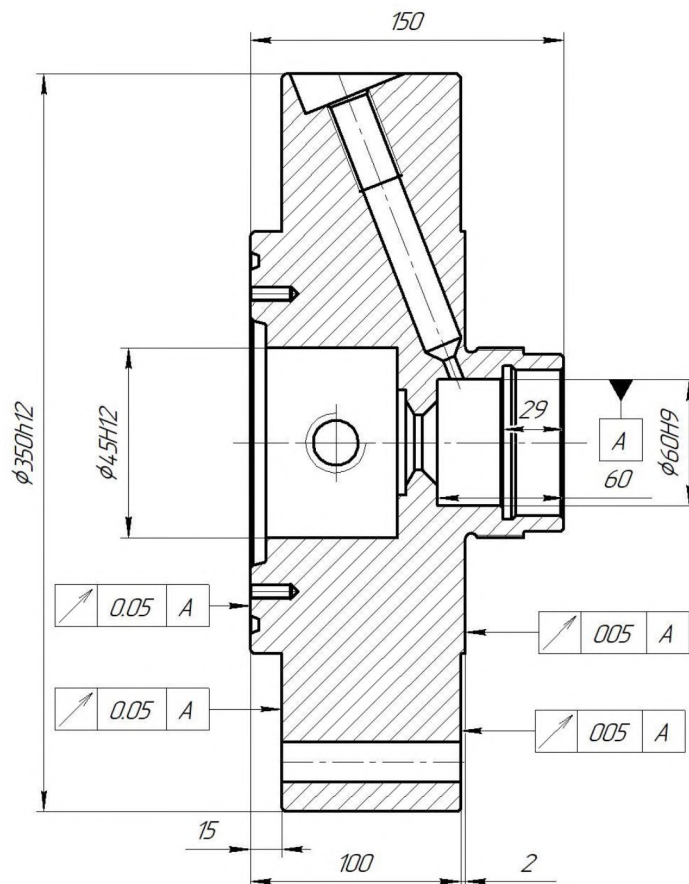


Рисунок 5.4 – Ескіз деталі зі зазначенням відхилення форми та розташування поверхні деталі «Фланець»

					КНУ.КМР.131.25.1-18.05.КПВ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Застосовуємо індикатор електронний МІКРОТЕХ (Україна) TABLET 1МИГТ-25, що зображений на рисунку 5.5, а його технічні характеристики наведено в таблиці 5.1.

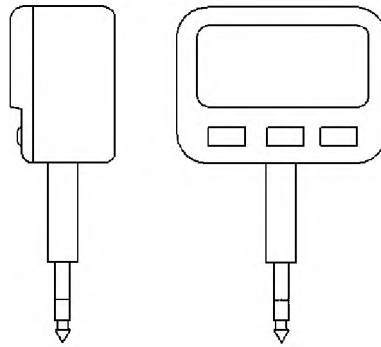


Рисунок 5.5 – Індикатор електронний МІКРОТЕХ TABLET 1МИГТ-25

Таблиця 5.1 – Технічні характеристики індикатора електронного МІКРОТЕХ TABLET 1МИГТ-25

Параметр	Значення
Похибка КТ 0, мм	$\pm 0,003$
Похибка КТ 00, мм	$\pm 0,002$
Похибка, мм	LAB: $\pm 0,0016$
Дискретність відліку, мм	0,0001
Діапазон вимірювання ,мм	0-25.4

Фланець встановлюється в розтискній цанговій шпindelній оправці (рис. 5.6).

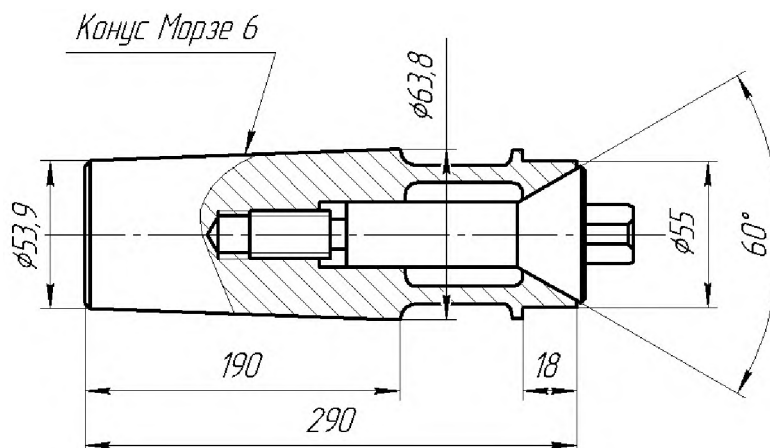


Рисунок 5.6 – Розтискна цангова шпindelна оправка

Точність контрольного пристосування буде складати: $T=0,016\text{мм}=16\text{мкм}$.

Компоновку контрольного пристосування представлено на відповідному кресленні (КНУ.КМР.131.25.1-18.КП).

					КНУ.КМР.131.25.1-18.05.КПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

6 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА

6.1 Розробка плану робочого місця

Програма випуску – 10000 штук;

Маса і габарити виробу – $m=32$ кг; $\varnothing 350 \times 150$ мм.

Сама точна поверхня деталі $\varnothing 60H9$ з шорсткістю $Ra1,6$ мкм.

Обробка буде проводитись на базовому (заводському) обладнанні, а саме на 2550МФ2.

6.1.1 Аналіз технологічного процесу виготовлення заданої деталі

Періодичність випуску – 2 раз на місяць;

$N_{\text{зат}} = 10000 / 24 = 417 \text{ шт}$ - обробляється деталей за один запуск.

Серійність випуску виробу – серійне механізоване;

Рівень механізації й автоматизації виробничих процесів – 4б;

6.1.2 Визначити засоби та способи транспортування деталей у цеху

Враховуючи маса габаритні показники виробів, тип та вид виробництва, визначити засоби та способи транспортування деталей в цеху та засоби для переміщення виробів в межах запланованого робочого місця : ящики та ручні возики.

6.1.3 Визначення площі, необхідної для зберігання та накопичення заготовок та оброблених деталей на робочому місці

Враховуючи маса габаритні показники деталей, а також партій запуску вибрати або спроектувати тару з уніфікованими елементами для зберігання та транспортування деталей.

Площу необхідну для зберігання деталей и заготовок на робочому місці знаходимо за формулою:

$$S_1 = 3 \cdot S \cdot k \quad (6.1)$$

$$S_1 = 3 \cdot 0,06 \cdot 1,3 = 0,234 \text{ м}^2$$

де S – площа в плані яку займає тара, м^2

k – коефіцієнт площі необхідний для завантаження – розвантаження тари,
 $k = 1,3$

6.1.4 Визначення площ для зберігання інструментів та технологічного оснащення на робочому місці

Оберемо тумбочку інструментальну для збереження інструмента, прийомний стіл для розміщення деталей та заготівель, також стіл виробничий для оснащення робочого місця верстатника.

					<i>КНУ.КМР.131.25.1-18.06.0ЕПВ</i>		
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата	Організаційно- економічна підготовка виробництва		
Розроб.		Швачка					
Перевір.		Нечаєв					
Реценз.							
Н. контр.		Нечаєв					
Зав. каф.		Рязанцев			Каф. ТМ, гр. ПМ-24м		

Обираємо прийомний стіл марки СД3702,13Б. Габаритні параметри приведені в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Габаритні параметри прийомного стола

Вантажопід'ємність, кг	Габарити, мм	Вага, кг
3000	850×630×820	31

Обираємо тумбочку інструментальну для збереження інструмента моделі СМ3746.05 Габаритні параметри приведені в таблиці 6.2.

Таблиця 6.2 – Габаритні тумбочки інструментальної

Вантажопід'ємність, кг		Ход ящика, мм	Габарити, мм
тумбочки	ящика		
240	30	575	500×630×800

Обрати виходячи з умов організації підприємства, кількість змін, маса габаритних показників деталей, а також її технологічності і параметри потрібного допоміжного обладнання для збереження інструментів і технологічної оснастки.

Площу необхідну для його розміщення можна визначити за формулою:

$$S_2 = S_{\text{ст}} \cdot k_1 + S_{\text{ст.пр.}} \cdot k_2 \quad (6.2)$$

$$S_2 = 0,54 \cdot 1,1 \cdot 2 + 0,72 \cdot 2 = 2,034 \text{ м}^2,$$

де $S_{\text{ст}}$ - площа в плані стола приймального, м^2 ;

k_1 коефіцієнт площі, яку займає приймальний стіл;

$$k_1 = 1,1;$$

$S_{\text{ст.т.}}$ – площа в плані інструментальної тумби, м^2 ;

k_2 - коефіцієнт займаємою площею інструментальною тумбою;

$$k_2 = 2.$$

6.1.5 Розрахунок площ та вибір обладнання для допоміжних технологічних цілей

Визначити зміст всіх допоміжних процесів пов'язаних з обслуговуванням верстата (приготування ЗОР, збір та транспортування стружки, прибирання робочого місця.)

Система обслуговування являє собою сукупність взаємопов'язаних функцій обслуговування для забезпечення нормального технологічного процесу.

Від організації обслуговування залежить продуктивність праці та його ефективність.

Площа для допоміжних технологічних цілей визначається:

$$S_3 = k_4 \cdot (S_{\text{ос}} + S_1 + S_2) \quad (6.3)$$

$$S_3 = 0,5 \cdot (5,7456 + 0,234 + 2,034) = 4 \text{ м}^2$$

					КНУ.КМР.131.25.1-18.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $S_{об}$ – площа в плані станка, m^2

k_4 – коефіцієнт займаємою площею для обслуговування робочого місця ($k_4 = 0,05$).

6.1.6 Розрахунок загальної площі робоче місце

Площа для проектованого робочого місця визначаємо:

$$S_{P.M} = S_{об} + S_p + S_1 + S_2 + S_3 \quad (6.4)$$

$$S_{P.M} = 5,74 + 4,5 + 0,234 + 2,034 + 4 = 16,508 m^2$$

де S_p – площа робочого місця станочника ($S_p = 4,5 m^2$).

6.1.7 Компоновка робочого місця

Компоновка здійснюється з урахуванням габаритів обладнання, допоміжних площ, вимог техніки безпеки по забезпеченню робочого місця.

На робочому місці розташовують: основне технічне обладнання, допоміжне обладнання, під'ємно-транспортне обладнання і пристрої, тара та інструмент.

Знаходження оптимального варіанту організації робочого місця розробляють за допомогою спеціальної системи оцінки різних варіантів.

Робоче місце поділяють на зони в залежності від трудових рухів (переміщення предметів праці до місця установки та назад).

Бальна система оцінки робочих місць за часом маніпуляції. Вона побудована таким чином, що зі зменшенням затрат часу на маніпуляції з предметом праці або інструментом число балів зростає.

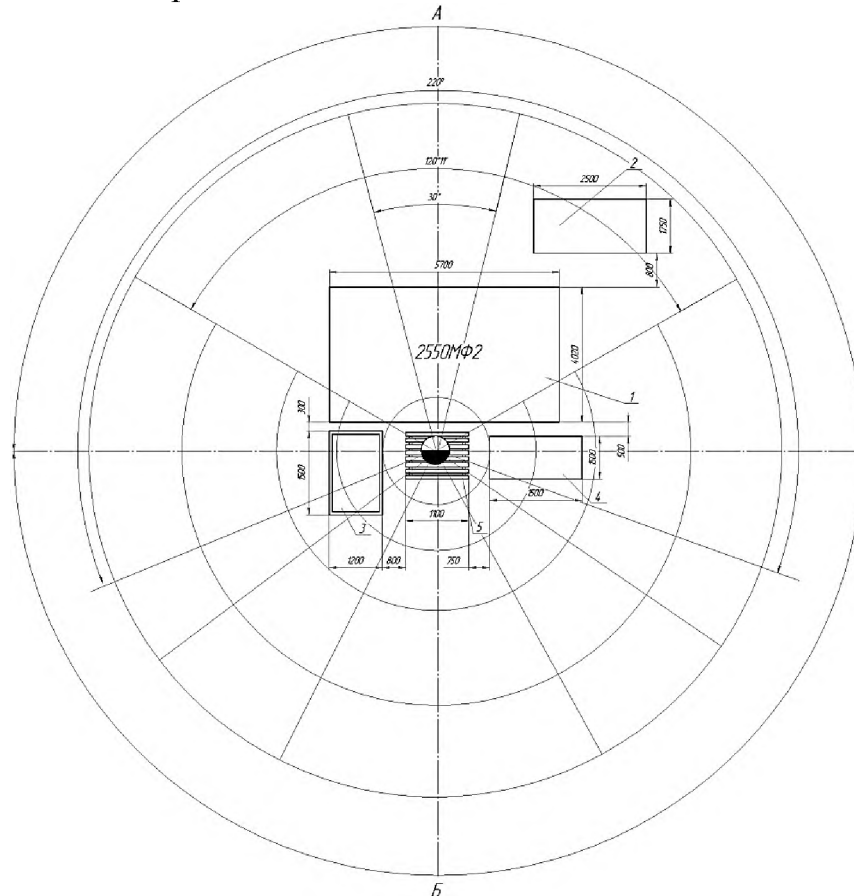


Рисунок 6.1 – Схема зон розташування робочого місця

					КНУ.КМР.131.25.1-18.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для даного робочого місця визначаємо бальну оцінку робочого місця виходячи з розташування на ньому предметів праці і технологічного оснащення:

$$Б = \frac{K_{\Pi} \cdot Б_{\Pi} + K_{И} \cdot Б_{И}}{K_{\Pi} + K_{И}} \quad (6.5)$$

де $Б_{\Pi}$ та $Б_{И}$ - бальна оцінка розташування предметів праці та інструментів на робочому місці;

K_{Π} - кількість установки та зняття деталей, виконаних за зміну;

$K_{И}$ - кількість прийомів, пов'язаних з користуванням інструментами, за зміну.

Заготовки на приймальному столі:

$$Б - 1 - 2 - 1 - \Pi = 18$$

Деталі в тарі на столі:

$$А - 1 - 2 - 1 - \Pi = 19$$

Середнє 18,5

Інструмент на столі:

$$А - 1 - 2 - 1 - О = 18$$

$$А - 1 - 0,5 - 1 - \Pi = 25$$

Середнє 21,5

$$Б = \frac{400 \cdot 18,5 + 1200 \cdot 21,5}{400 + 1200} = 20,75$$

Висновок: За один бал - 0,1 сек економія на обробку однієї деталі.

6.1.8 Розробка схеми встановлення та кріплення верстата. Розрахунок фундаменту

В цеху заводу верстатне обладнання встановлюють на фундаменті відповідно конструкції та розмірам опорної площі кожного верстата. Мало та середньо габаритні верстати встановлюють на загальну бетонну плиту підлоги цеху та при необхідності закріплюють болтами. Розрахунок фундаменту проводять на питомий тиск.

Висоту фундаменту приймаємо 0,5-0,6м для верстатів вагою до 10 т., а для важких 1 – 15м.

Вагу фундаменту знаходимо за формулою:

$$G_{\Phi} = Q \cdot q = F \cdot h \cdot q = 5 \text{ т} \quad (6.6)$$

$$G_{\Phi} = 18,126 \cdot 0,5 \cdot 5 = 45,315 \text{ т}$$

де Q – об'єм фундаменту плити $18,136 \text{ м}^3$,

q - вага 1 м^3 бетону 5 т.

Загальне навантаження на ґрунт знаходимо

$$P_p = G_{\Phi} + G_{\text{ст}} + G_d \quad (6.7)$$

$$P_p = 45,126 + 6,300 + 0,0015 = 51,42 \text{ т}$$

$G_{\text{ст}}$ - вага верстата 6,3 т.

G_d - вага заготовки 0,0015 т.

					КНУ.КМР.131.25.1-18.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Розрахунок фундаменту ведемо за формулою:

$$P_2 = p \cdot F \quad (6.8)$$

$$P_2 = 51,42 \cdot 2,5 = 128,55$$

p – питомий тиск на ґрунт при статичному навантаженні, для міцних ґрунтів $p = 343 - 588 \text{ кН/м}^2$.

$$P_p < P_2.$$

Ґрунт витримає устаткування верстата разом з фундаментною плитою.

6.2 Охорона праці та екологія виробництва при ремонті промислових редукторів

Ремонт промислових редукторів є невід’ємною складовою технічного обслуговування машинобудівного та енергетичного обладнання. У сучасних умовах підвищеної уваги до екологічної безпеки та охорони праці значно зростає потреба у комплексному аналізі впливу ремонтних процесів на довкілля та умови праці персоналу. Екологічні ризики, техногенні фактори, а також вимоги чинних стандартів зумовлюють необхідність удосконалення технологій ремонту та впровадження системного підходу до безпеки виробничого середовища.

6.2.1 Екологічні аспекти ремонтних процесів

Екологічний вплив ремонтного виробництва визначається характером утворюваних відходів, використанням мастильних матеріалів, шумовим навантаженням і рівнем енергоспоживання.

6.2.1.1 Відпрацьовані мастильні матеріали

Відпрацьовані трансмісійні масла, що видаляються під час демонтажу редукторів, містять продукти зносу, дрібнодисперсні частинки металу та хімічні домішки. Потрапляння таких відходів у ґрунт або водні ресурси становить загрозу локального забруднення. Рациональна організація збору і зберігання мастильних матеріалів передбачає застосування герметичних контейнерів, маркованих відповідно до вимог екологічного законодавства, та подальшу передачу на регенерацію або спеціалізовану утилізацію.

6.2.1.2 Металеві відходи та вторинна переробка

У ході відновлювальних операцій утворюються металеві відходи: стружка, зношені зубчасті колеса, вали, корпусні деталі. Їх сортування за видами сплавів та передавання на переробку зменшує техногенне навантаження та сприяє економії природних ресурсів. Вторинна металургія є важливим елементом циркулярної економіки, що підвищує загальну ресурсоефективність підприємств.

6.2.1.3 Шумове та вібраційне навантаження

Процеси шліфування, нарізання зубчастих передач і випробування редукторів супроводжуються рівнями шуму, що перевищують гранично допустимі нормативи. Тривалий вплив таких факторів становить ризик

					КНУ.КМР.131.25.1-18.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

порушення здоров'я, а також формує акустичне навантаження на території за межами підприємства. Застосування шумопоглинальних кожухів, огорожень та оптимальна організація робочих зон дають змогу суттєво знизити даний вплив.

6.2.1.4 Енергоефективність ремонтного виробництва

Сучасні ремонтні підприємства впроваджують енергоощадне обладнання, включаючи частотно-регульовані приводи стендів та світлодіодні системи освітлення. Оптимізація енергоспоживання зменшує викиди парникових газів, що безпосередньо впливає на загальний екологічний баланс виробництва.

6.2.2 Охорона праці при ремонті промислових редукторів

Процеси демонтажу, діагностики та відновлення редукторів характеризуються низкою потенційно небезпечних виробничих факторів, що потребують комплексних організаційно-технічних заходів.

6.2.2.1 Вантажопідіймальні операції

Маса промислових редукторів часто перевищує декілька сотень кілограмів, що вимагає застосування кран-балок, тельферів та стропів з регламентованими характеристиками. Порушення правил стропування, а також експлуатація несправних вантажопідіймальних механізмів створюють ризик падіння вантажів. Тому обов'язковими є інструктажі, допуски та періодичний технічний огляд обладнання.

6.2.2.2 Механічна обробка та шліфувальні операції

Під час шліфування та токарної обробки деталей редукторів виникають механічні ризики, пов'язані з відлітанням абразивних часток, утворенням стружки та підвищеною запиленістю. Застосування захисних кожухів, аспіраційних систем, а також засобів індивідуального захисту (окуляри, респіратори, рукавиці) суттєво знижує вплив шкідливих чинників.

6.2.2.3 Робота з мастильними та мийними матеріалами

Мастила, розчинники та мийні склади можуть містити хімічно небезпечні компоненти. Тому працівники повинні дотримуватися правил поведінки з легкозаймистими та токсичними речовинами, використовувати хімічностійкі рукавиці та працювати у зонах з ефективною припливно-витяжною вентиляцією. Недотримання цих вимог підвищує ризик отруєнь та уражень шкіри.

6.2.2.4 Електробезпека на випробувальних стендах

Під час приймально-здавальних випробувань редукторів застосовуються електроприводи та вимірювальні системи, що працюють під напругою. Ненормативний стан кабельних ліній або відсутність заземлення створюють небезпеку ураження електричним струмом. Тому персонал повинен мати відповідну групу з електробезпеки та виконувати роботи згідно з регламентованими інструкціями.

					КНУ.КМР.131.25.1-18.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6.2.2.5 Організація виробничого середовища

Рациональне планування робочого простору — чітке маркування проходів, достатній рівень освітлення, впорядковане розташування інструменту — запобігає виробничим травмам та підвищує загальну ефективність ремонтних операцій.

6.2.3 Інтегровані системи управління екологічною безпекою та охороною праці

На підприємствах, що спеціалізуються на ремонті редукторів, дедалі ширше впроваджуються інтегровані системи менеджменту, побудовані на вимогах ISO 14001 (екологічний менеджмент) та ISO 45001 (менеджмент охорони праці та безпеки). Їх застосування забезпечує такі переваги:

- скорочення промислових ризиків і зменшення аварійності;
- підвищення рівня екологічної відповідності виробництва;
- формування системи безперервного моніторингу та покращення;
- оптимізація роботи персоналу через підвищення кваліфікації та систематичні тренінги.

Впровадження таких систем сприяє підвищенню продуктивності праці, зниженню затрат на ліквідацію наслідків аварій та поліпшенню репутації підприємства.

Висновки

Ремонт промислових редукторів пов'язаний із значним техногенним впливом та низкою небезпечних виробничих факторів, що зумовлює необхідність комплексного підходу до екологічної безпеки та охорони праці. Скорочення негативного впливу на навколишнє середовище можливе завдяки впровадженню системи поводження з відходами, енергоощадних технологій та засобів шумозниження. Забезпечення охорони праці передбачає дотримання вимог техніки безпеки, нормативів електробезпеки, застосування засобів індивідуального захисту та раціональну організацію робочих місць.

Комплексне впровадження екологічних та безпекових практик формує умови для сталого функціонування ремонтних підприємств і підвищує якість виконуваних робіт, що є необхідною складовою сучасного виробництва.

6.3 Розрахунки ключових техніко-економічних показників

Проведено економічний аналіз та обчислено собівартість виготовлення деталі «Фланець» для двох альтернативних варіантів технологічної обробки. У рамках дослідження оцінено економічну ефективність модернізації виробничого процесу шляхом заміни застарілого обладнання (верстатів моделі 16K20 та 16K20Ф3) на сучасний токарний верстат з ЧПК Cormak 400x1000.

Усі результати аналізу, включно з розрахунками строку окупності інвестицій, наведено у таблицях 6.3-6.6. У таблиці 6.3 подано початкові дані, використані для подальших розрахунків.

					КНУ.КМР.131.25.1-18.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 6.3 – Вихідні дані розрахунків

Вихідні дані				
Дані	Базовий варіант		Новий варіант	
	16K20	16K20ФЗ	Cormak	
Деталь				
Річний обсяг випуску деталей N, шт.	1000		1000	
Кількість запусків партій деталей в рік, шт.	20		20	
Тривалість випуску деталей Z, рік	3		3	
Штучний час обробки деталі tшт , хв.	48	15,2	59,3	
Час наладки верстата, хв.	16	20	20	
Розряд: контролера верстатника наладчика наладчика інструменту				
	5		5	
	4	3	2	
	3	3	5	
	4	4	4	
Кількість кадрів програми, шт.		200	300	
Вартість заготовки Sзаг, грн.	4255		4255	
Вартість комплекту спец. пристосувань Kпр, грн	50000	65000	70000	
Оптова ціна на прокат одного УСП Цусп, грн				
Середній час налагодження за прибором одного інструменту поза верстатом, хв.	1,5	1,5	1	
Середній період стійкості інструменту, хв.	45	120	120	
Середня кількість граней пластинки, шт.	1	3	3	
Коефіцієнт, що враховує питому вагу основного часу в штучному kт	0,083	0,083	0,083	
Вартість одного кадру ПК, грн.			8,9	
Вартість розробки ПК Kпк, грн.		1780	2670	
Середньочасова зарплатня робітника, грн: верстатника Нст наладчика Ннал наладчика інструмента Нін контролера Нк				
	130	130	130	
	135	135	135	
	120	120	120	
	115		115	

					КНУ.КМР.131.25.1-18.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 6.3

Верстати			
Клас точності верстата	Н	Н	А
Маса верстата, т	6,875	6,875	1,8
Габарити верстата (довжина x ширина), м.	5,545 x 2,01	5,545 x 2,01	2,6 x 1,45
Габарити пристрою ЧПК, м		0,5 x 0,5	0,5 x 0,5
Тип пристрою ЧПК			Sinumerik 808D
Строк служби верстата до капітального ремонту T_{pc} , років	7	7	10
Встановлена потужність всіх електродвигунів головного руху, кВт	17	17	7,5
Категорія складності ремонту верстата ЕРС:			
механічної частини R_m	18,6	18,6	26,86
електротехнічної частини R_e	13,4	13,4	18,8
Кількість верстатів, що обслуговує один робочий d, шт	1	2	2
Оптова ціна верстата Ц, грн.	295000	405000	1911000
Коефіцієнт завантаження верстата η_z	0,3	0,5	0,85
Площа верстата за габаритами А, м. кв.	9,0	9,0	3,8
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.	0	0	1950
Коеф., що враховує додаткову площу верстата, γ	4	3,5	3,5
Коеф., що враховує клас точності верстата, μ	1	1	1,8
Ефективний річний фонд часу роботи верстата $\Phi_{об}$, год	4055	3975	3935

					КНУ.КМР.131.25.1-18.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 6.3

Виробничі та інші площі			
Вартість 1 м. кв. площі механічної Ц _{пл.зд} , грн	500		500
Вартість 1 м. кв. площі, що займають службово-побутові приміщення Ц _{сл. поб} , грн	1000		1000
Площа службово-побутових приміщень, що приходяться на одного робочого А _б , м.	7		7
Витрати на утримання та амортизаційні витрати на 1 м. кв. цеху Н _{пл} , грн.	180	200	200

Таблиця 6.4 – Розрахунок допоміжних показників

Розрахунок допоміжних показників			
Дані	Базовий варіант		Новий варіант
	16K20	16K20Ф3	Cormak
Трудомісткість обробки Т _{шт} , год	400	500	1200
Час наладки верстата впродовж року Т _н , год	5,33333	6,666667	6,666666667
Час наладки інструмента поза верстатом впродовж року Т _{н.ін} , год	0	0,00	20,00
Час контролю деталей впродовж року Т _к , год	33,2	41,5	99,6
Кількість верстатників Р _{ст} , чол. (розрах.)	0,22	0,13	0,32
(дійсна)	1	1	1
Кількість наладчиків верстатів Р _н , чол. (розрахункова)	0,0029	0,0036	0,0036
(дійсна)	1	1	1
Кількість наладчиків інструмента поза верстатом Р _{н.ін} , чол. (розрахункова)	0	0,0000	0,01075
(дійсна)	0	0	1
Кількість контролерів Р _к , чол. (розрах.)	0,02	0,02	0,05
(дійсна)	1		1

					КНУ.КМР.131.25.1-18.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 6.4

Додаткова кількість робочих по обслуговуванню верстатів з ЧПК Р _{до д} , чол (розрахункова)	0,00	0,13	0,18
(дійсна)	0	1	1
Загальна кількість працівників на річну програму випуску деталей, чол.	6		5
Частка завантаження верстата обробкою деталі в обсязі річного випуску β	0,33	0,18	0,36

Таблиця 6.5 – Результати розрахунків

Собівартість механічної обробки річного випуску деталей											
$C = I_3 + I_n + I_{in} + I_{пк} + I_{пр} + I_{усп} + I_a + I_{пл} + I_{сл} + I_r + I_y + I_k,$											
де I_3 – 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_r – витрати на ремонт та технічне обслуговування обладнання; I_y – витрати на технічне обслуговування і ремонт ЧПК; I_k – зарплата контролера											
										C_1 на деталь = 252,84 C_2 на деталь = 234,03	
I_3	I_n	I_{in}	$I_{пк}$	$I_{пр}$	$I_{усп}$	I_a	$I_{пл}$	$I_{сл}$	I_r	I_y	I_k
$C_1 = 139501 + 2547,42 + 0,00 + 593,33 + 42933,3 + 0 + 8938,08 + 3315,02 + 42000 + 4419,1 + 0 + 8590,50 = 252838,25$											
$C_2 = 129645 + 1415,23 + 234,00 + 890,00 + 26133,3 + 0 + 20054,03 + 3024,00 + 35000 + 5476,8 + 703,49 + 11454,00 = 234030,23$											
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 комплекту спеціальних пристосувань, які використовуються на верстатах при обробці деталей, грн.; $K_{п.у.}$ – витрати на створення керуючої програми (КП), грн.											
$K_б$	$K_{зд}$	$K_{сл}$	$K_{нез}$	$K_{пр}$	$K_{п.у.}$						
$K_1 = 188312 + 8885 + 42000 + 337279 + 115000 + 1780 = 693256$											
$K_2 = 378378 + 1266 + 28000 + 236089 + 70000 + 2670 = 716403,12$											

					КНУ.КМР.131.25.1-18.06.0ЕПВ					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Таблиця 6.6 – Показники приведених витрат, річного економічного ефекту та терміну окупності

Приведені витрати				
Z_1	=	C_1	+	$E_n \cdot K_1$
356827		252838		0,15 · 693256
Z_2	=	C_2	+	$E_n \cdot K_2$
341491		234030		0,15 · 716403

Річний економічний ефект				
E	=	Z_1	-	Z_2
15336		356827		341491

Строк окупності				
$T_{ок}$	=	$(K_2 - K_1)$	/	$(C_1 - C_2)$
1,23		716403 - 693256		252838 - 234030,2

За підсумками дослідження встановлено, що заміна двох морально та технічно застарілих верстатів на один сучасний верстат із ЧПК дозволяє значно скоротити час обробки деталей. Запропоновані заходи модернізації є економічно виправданими: їх орієнтовний строк окупності становить 1,23 року, а річний економічний ефект дорівнює 15336 грн.

					КНУ.КМР.131.25.1-18.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

ТЕХНОЛОГІЯ РЕМОНТУ ПРОМИСЛОВИХ РЕДУКТОРІВ

Проблема працездатності редукторів машин, здається, є невичерпною. Спочатку їй присвячені фундаментальні дослідження авторів [16], пізніше роботи редукторів як механізмів, обладнаних зубчастими передачами, присвячені роботи авторів з мотор-редукторів, а також діяльність фірм Bauer, Nord, SEW Eurodrive тощо. Серед методів ремонту редукторів незначну увагу приділено методам їх ремонту із застосуванням сучасних відновлювальних ремонтних матеріалів фірми LOCTITE [17], хоча в зарубіжній практиці це нове завдання обговорювалося неодноразово [18]. У зв'язку з цим технологіям ремонту промислових редукторів із застосуванням ремонтних матеріалів фірми LOCTITE [19] присвячено цей розділ.

7.1 Ремонтні рішення для промислових редукторів та використовувані витратні матеріали

Промислові редуктори є однією з основних частин виробничого та ремонтного обладнання. Їхні характеристики повинні відповідати найрізноманітнішим вимогам сучасної промисловості, а надійність — забезпечувати їхню тривалу експлуатацію з мінімальними витратами на технічне обслуговування та ремонт (рис. 7.1).

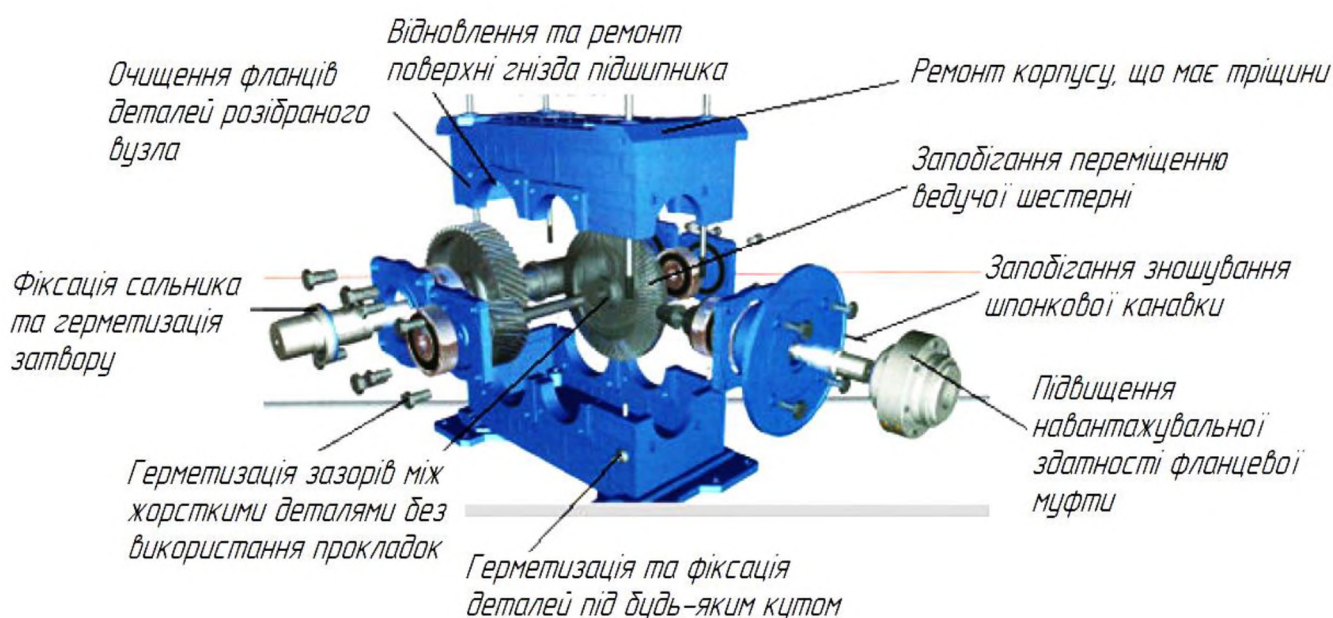


Рисунок 7.1 – Характер ремонтних рішень промислового редуктора

					КНУ.КМР.131.25.1-18.07.КОЕПР		
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата	Комплексна оцінка ефективності проектних рішень з використанням інноваційно-наукових ресурсів		
Розроб.	Швачка						
Перевір.	Нечаєв				Каф. ТМ, гр. ПМ-24м		
Реценз.							
Н. контр.	Нечаєв						
Зав. каф.	Рязанцев						

Основні ремонтні матеріали фірми LOCTITE представлені в табл. 7.1.

Таблиця 7.1 – Основні ремонтні матеріали фірми LOCTITE

Вид дефектів	Продукти LOCTITE	Характеристика матеріалу	Застосування
1	2	3	4
Усунення тріщин	LOCTITE Hyso 34711 A&B (двокомпонентний)	Епоксидна шпаклівка з вмістом сталі	Корпусні деталі
	LOCTITE 290 Різьбовий фіксатор	Капілярний, наноситься після збірки вузла	
Запобігання провороту підшипника	LOCTITE 603 Вал-втулковий фіксатор	Висока міцність, нечутливий до мастила	Корпусні деталі
	LOCTITE 640 Вал-втулковий фіксатор	Високоміцний, термостійкий, повільний	
Ремонт/відновлення поверхні гнізда підшипника	LOCTITE Hysol 3478 Superior Metal	Епоксидний склад на основі феро-силіконового карбіду, висока міцність	Корпусні деталі
Фіксація кріпильних деталей роз'ємного корпусу редуктора, монтажні кріпильні деталі	LOCTITE 243 Різьбовий фіксатор	Середня міцність, нечутливий до мастила	Корпуси та кришки в зборі
Запобігання пошкодженню прокладки роз'ємного корпусу	LOCTITE 5910 Фланцевий герметик	Універсальний, зазори до 0,25 мм	Корпуси та кришки в зборі
Фіксація кріпильних деталей кришки	LOCTITE 243 Різьбовий фіксатор	Середня міцність, нечутливий до мастила	Корпуси та кришки в зборі
Герметизація зазорів між закладними кришками та корпусом	LOCTITE 5910 Фланцевий герметик	Висока адгезія, зазори від 0,25	Корпуси та кришки в зборі
	LOCTITE 518 Фланцевий герметик	Універсальний, зазори до 0,25	
Різьбові з'єднання системи мащення та системи охолодження	LOCTITE 572 Різьбовий герметик	Повільна полімеризація	Корпуси та кришки в зборі

					КНУ.КМР.131.25.1-18.07.КОЕПР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 7.1

1	2	3	4
Герметизація зазорів між сальником і корпусом	LOCTITE 435 Миттєвий клей	Прозорий, підсилений, швидкий	Сальники валів
Запобігання провороту підшипника, ремонт зношеного вала під зубчастим колесом і напівмуфтою	LOCTITE 603 Вал-втулковий фіксатор	Висока міцність, нечутливий до мастила	Деталі, що насаджуються на вали, шпонки, зубчасті пари, муфти
	LOCTITE 660 Вал-втулковий фіксатор	Висока міцність, зазори до 0,25 мм	
Ремонт валів, що мають осьові задири, усунення люфту в шпонковому з'єднанні, відновлення зубів зубчастих коліс	LOCTITE Hysol 3478 Superior Metal	Епоксидний склад на основі феро-силіконового карбїду, висока міцність на стиск	Деталі, що насаджуються на вали, шпонки, зубчасті пари, муфти

Для фахівців промислових підприємств, що експлуатують машини, обладнані редукторами, метою є досягнення максимальної продуктивності праці, забезпечення запланованих обсягів виробництва та надійності обладнання, чому можуть служити фактори активного технічного обслуговування редукторів машин, які знизять втрати часу на ремонт обладнання, підвищать його надійність і дозволять досягти значної економії коштів.

7.2 Ремонт і захист редукторів. Усунення дефектів корпусів і кришок

Такі дефекти утворюються через те, що корпусні деталі редуктора можуть мати пори. А також корпусні деталі та кришки редуктора можуть отримати пошкодження в експлуатаційних умовах або при проведенні ремонту чи технічного обслуговування (рис. 7.2).

Насамперед необхідно заповнити пори (до 0,05 мм) клеєм зниженої в'язкості LOCTITE 290. Для цього ретельно очищають деталі складом для очищення та обезжирення LOCTITE 7063 і висушують деталі.

Необхідно переконатися, що в порах немає олії. Далі наносять склад LOCTITE 290 на поверхню так, щоб він заповнив пори, після чого дають складу полімеризуватися (зазвичай для цього потрібно 3 год) і в завершення видаляють зайвий склад. Тріщини в корпусних деталях усувають за допомогою епоксидного складу з вмістом металу LOCTITE Hysol 3471, для чого спочатку ретельно очищають деталі складом для очищення та обезжирення LOCTITE 7063 і висушують деталі, а також переконуються, що на пошкодженій поверхні немає олії, після чого склад LOCTITE Hysol 3471 наносять на поверхню, що відновлюється, і дають складу полімеризуватися до досягнення функціональної міцності (зазвичай для цього потрібно 12 год). За необхідності обробляють деталь

					КНУ.КМР.131.25.1-18.07.КОЕПР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

до потрібних розмірів. У результаті вказаних вище дій отримують швидке відновлення працездатності редуктора, а також зниження витрат на утилізацію та на відновлення старих корпусу та кришки редуктора.

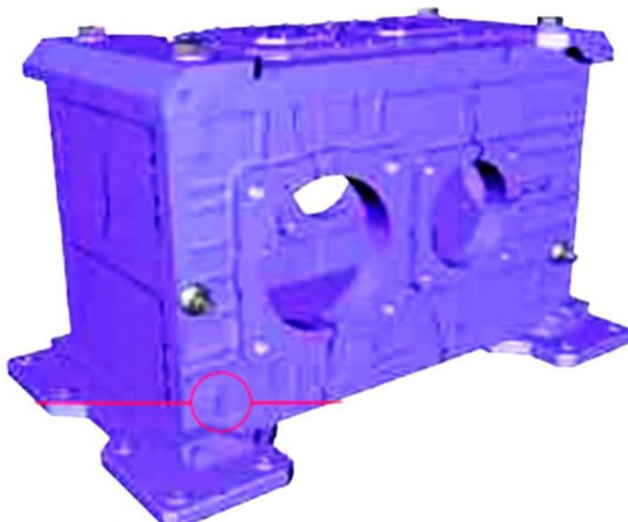


Рисунок 7.2 – Технічне обслуговування та захист корпусу і кришки редуктора

7.3 Запобігання провороту кілець підшипника

До одного з неминучих дефектів редукторів слід віднести проворот кілець підшипників, а також корозію та пошкодження їхніх посадкових поверхонь, для чого проводять фіксацію кілець та захист їхніх посадкових поверхонь (рис. 7.3).

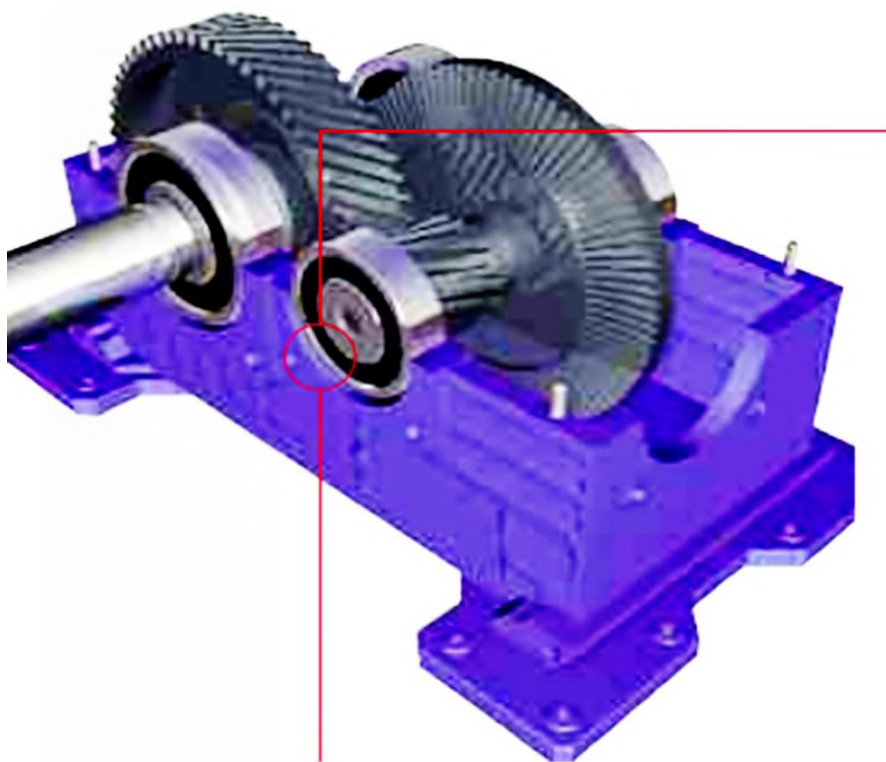


Рисунок 7.3 – Запобігання провороту кілець підшипника

					КНУ.КМР.131.25.1-18.07.КОЕПР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Такі проблеми відбуваються найчастіше через те, що зовнішні кільця підшипників схильні до провороту в своїх гніздах (незалежно від виду посадки підшипника), що призводить до пошкодження останніх, а також наявності повітря в зазорі між підшипником і його гніздом, що веде до утворення в цій області іржі та викликає фретинг-корозію, призводить до пошкодження деталей. Для вирішення цих проблем рівномірно наносять вал-втулковий фіксатор LOCTITE 641, що має середню міцність, на зовнішній діаметр підшипника, що дозволяє надалі легко розбирати цей вузол при проведенні наступних ремонтів. Замість вищевказаного складу можна застосовувати LOCTITE 603 для високоміцних з'єднань або LOCTITE 640 для з'єднань, розрахованих на тривалу роботу без розбирання. Далі очищають контактуючі поверхні складом для очищення та обезжирення LOCTITE 7063, при цьому враховують, що LOCTITE 603 допускає наявність на поверхні певної кількості олії, і для нього допускається зниження якості очищення. Після чого рівномірно наносять вал-втулковий фіксатор LOCTITE на зовнішній діаметр підшипника і з'єднують деталі звичайним способом. При цьому функціональна міцність з'єднання досягається при кімнатній температурі за 6 год. У результаті досягають виключення переміщення підшипника. При цьому сам підшипник може бути легко демонтований за допомогою стандартного інструменту. Крім того, при цьому відбувається запобігання корозії, оскільки закривається доступ повітря в зазор між підшипником і корпусом.

7.4 Ремонт і відновлення поверхні гнізда підшипника

Відомо, що проворот кілець підшипників призводить до необхідності ремонту та відновлення поверхонь гнізд підшипників.

Такі проблеми відбуваються через те, що знос деталей веде до появи мікропереміщень в зазорі, що утворюється, що призводить до ще більшого зносу, а наявне навантаження, особливо в редукторах з косозубими зубчастими колесами, створює осьові сили, які, як правило, перевищують розрахункові. Також відбувається проворот підшипника внаслідок заїдання або перевищення максимально допустимого навантаження.

Для відновлення гнізда підшипника на розточувальному верстаті проточують пошкоджену ділянку гнізда на глибину до 1,5 мм чорною обробкою і далі очищають деталь складом для очищення та обезжирення LOCTITE 7063. Після чого наносять на проточену поверхню склад LOCTITE Hysol 3478 SuperiorMetal і вдавлюють його в нерівності поверхні. Наносять склад так, щоб залишився достатній припуск на подальшу чистову обробку. Після виконаної роботи дають складу полімеризуватися протягом 12 год при кімнатній температурі. Далі приступають до обробки поверхні до необхідних розмірів (зазвичай до розмірів, необхідних для пресової посадки) за допомогою алмазного ріжучого інструменту та очищають відновлену поверхню та зовнішнє кільце підшипника складом LOCTITE 7063. Після чого фіксують зовнішнє кільце підшипника в гнізді складом LOCTITE 2701 (рис. 7.4).

					КНУ.КМР.131.25.1-18.07.КОЕПР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

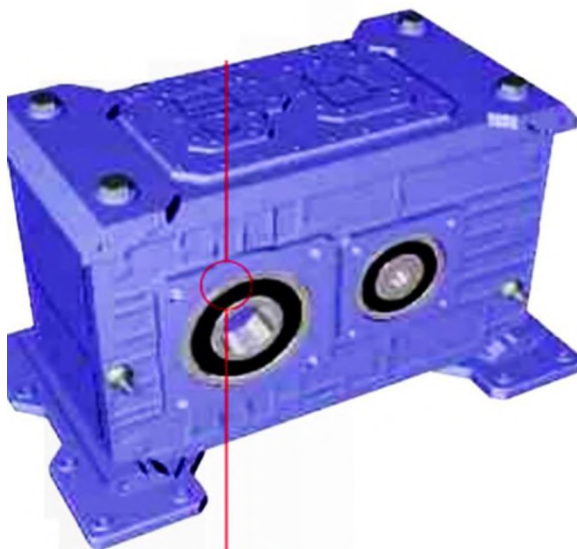


Рисунок 7.4 – Ремонт і відновлення поверхні гнізда підшипника

Після виконаного ремонту вузол відновлено та підготовлено до роботи без проведення масштабного ремонту. Порівняно з іншими способами ремонту, цей спосіб є найшвидшим і найменш трудомістким. При цьому місце з'єднання корпусу та зовнішнього кільця підшипника посилено анаеробним клеєм LOCTITE.

7.5 Усунення послаблення та корозії кріпильних деталей редуктора

Порушення надійної герметизації зазору між корпусом і кришкою редуктора та корозія і заїдання установчих штифтів відбувається через те, що кріпильні деталі слабшають під впливом крутного моменту, вібрації, температурного розширення та знакозмінних навантажень, у міру послаблення знижується попереднє монтажне навантаження на прокладку, що згодом призводить до її пошкодження. Поряд з цим установчі штифти можуть кородувати та заїдати в відповідній деталі, що робить розбирання корпусу редуктора вкрай складним.

Для вирішення цієї проблеми на кріпильну деталь наносять різьбовий фіксатор середньої міцності LOCTITE 243 або 248, якщо кріпильна деталь зазнає великих навантажень; використовують LOCTITE 2701, якщо вона виготовлена з нержавіючої сталі або оцинкована. Перед збіркою очищають різьбові поверхні та установчі штифти складом для очищення та обезжирення LOCTITE 7063 і наносять на них тонкий шар протизадирного мастила LOCTITE 8009. При цьому враховують, що якщо передбачається застосування рідкого утворювача прокладок, то шар протизадирного мастила LOCTITE 8009 має бути якомога тоншим. Після чого різьбовий фіксатор середньої міцності LOCTITE 243 наносять на нижню третину різьби глухого отвору. Якщо кріпильні деталі виготовлені з нержавіючої сталі, використовують різьбовий фіксатор підвищеної міцності LOCTITE 2701. Далі збирають вузол і з динамометричним контролем затягують різьбові з'єднання (рис. 7.5).

					КНУ.КМР.131.25.1-18.07.КОЕПР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

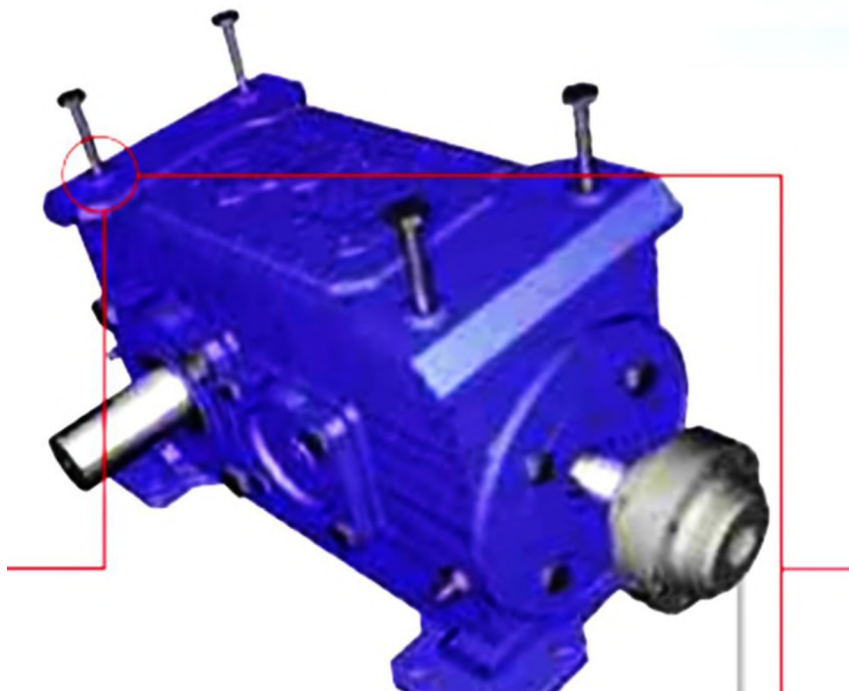


Рисунок 7.5 – Запобігання послаблення та корозії кріпильних деталей редуктора для забезпечення надійної герметизації зазору між корпусом і кришкою

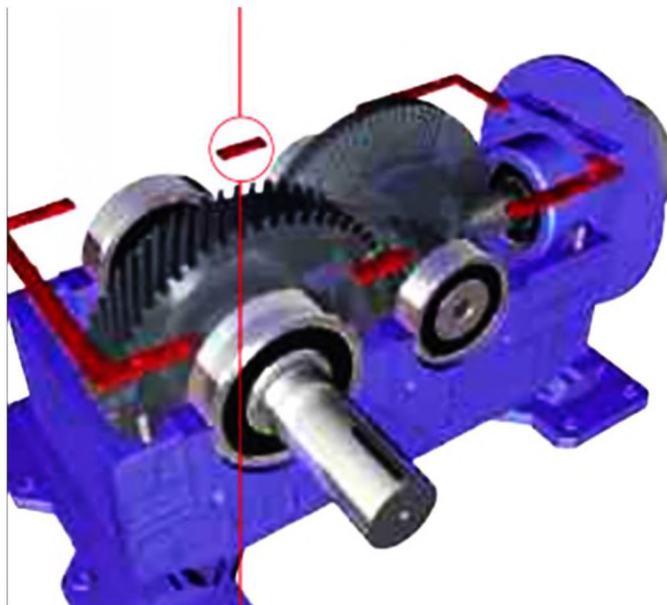
У результаті отримують запобігання корозії та заїдання близько розташованих деталей, а також можливість простої та послідовної розбірки, а також запобігання самовідгвинчуванню кріпильних деталей.

7.6 Усунення пошкодження прокладки роз'ємного фланця редуктора

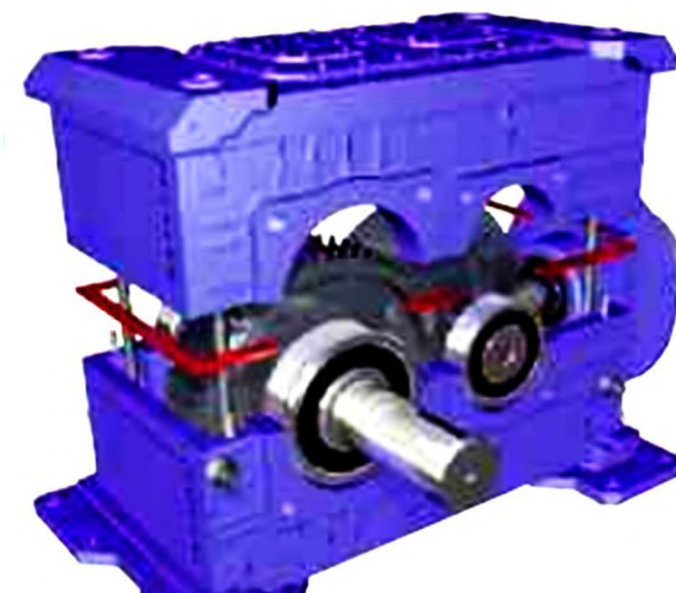
Ця проблема виникає через витік мастильної рідини, що проходить через зазори в роз'ємному з'єднанні. При цьому пошкоджений кріпідж фланців також може бути причиною витоків, обумовлених недостатньою герметичністю Т-подібних з'єднань корпусних деталей там, де контактують три деталі (верхня та нижня частини корпусу та кришка) (рис. 7.6).

Для вирішення цієї проблеми використовують фланцевий герметик LOCTITE 518 для редукторів звичайних розмірів або фланцевий герметик LOCTITE 128068 для редукторів великих розмірів. Оптимальна жорсткість з'єднання деталей означає, що взаємні переміщення деталей будуть мінімальними. Для початку видаляють матеріал старої прокладки та застигли залишки проникаючого мастила, а також інші сторонні забруднення за допомогою складу для видалення прокладок LOCTITE 7200. Після чого очищають обидва фланці складом для очищення та обезжирення LOCTITE 7063 і наносять безперервний валик фланцевого герметика LOCTITE 518. За можливості огинають отвори під болти. Якщо розміри фланців досить великі, використовують фланцевий герметик LOCTITE 128068, що має низьку швидкість полімеризації, що призводить до більш тривалої збірки. Далі з'єднують деталі корпусу редуктора, затягують різьбові з'єднання з необхідним контрольованим моментом. На завершення дають складу герметика полімеризуватися (див. рис. 7.6).

					КНУ.КМР.131.25.1-18.07.КОЕПР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



а



б

Рисунок 7.6 – Усунення пошкодження прокладки роз'ємного фланця редуктора:
а – установка ремонтної прокладки; б – з'єднання корпусу і кришки

У результаті заполімеризований склад LOCTITE 518, що має високу міцність на відрив, здатний передавати навантаження з однієї корпусної деталі на іншу. При цьому, крім того, досягають надійної герметизації картера редуктора.

7.7 Фіксація та захист кріпильних деталей кришки редуктора

Крім кріпильних болтів роз'ємного з'єднання корпусу та кришки редуктора, схильні до виходу з ладу кріпильні деталі кришок оглядових люків, кришок підшипників та фланців вхідних/вихідних валів через заклинювання та корозію кріпильних деталей, що вимагає проведення додаткових робіт, пов'язаних з висвердлюванням болтів та обробкою отворів, ускладнює проведення технічного обслуговування редукторів. Кріпильні деталі також можуть послабитися під

					КНУ.КМР.131.25.1-18.07.КОЕПР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

впливом крутного моменту, вібрації, температурного розширення та знакозмінних робочих навантажень від крутного моменту (рис. 7.7).

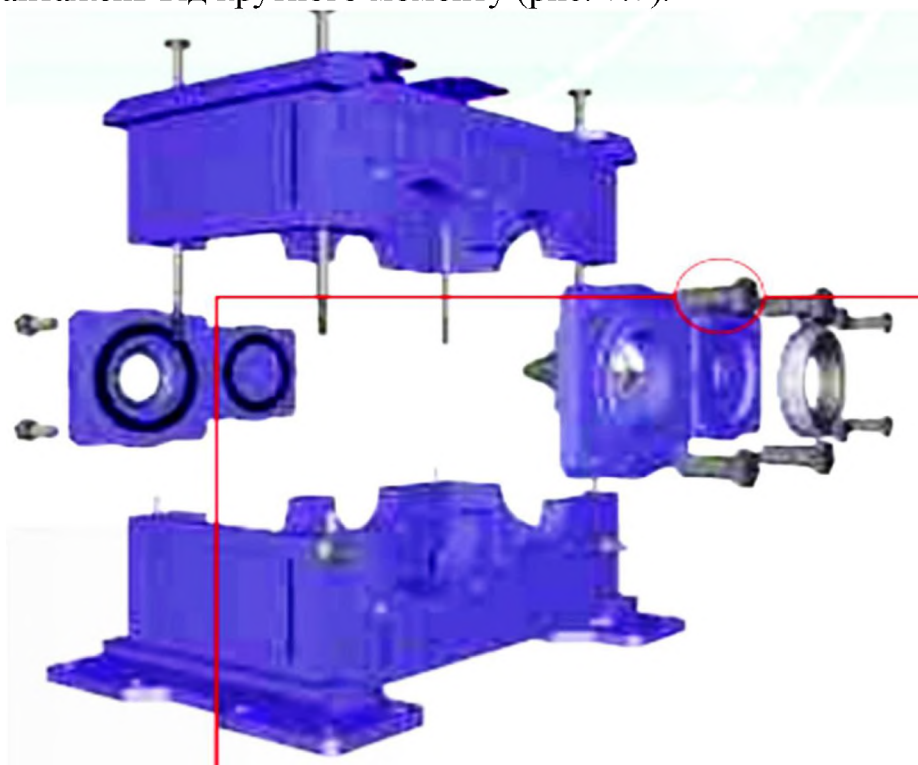


Рисунок 7.7 – Усунення корозії та послаблення кріпильних болтів некорпусних деталей редукторів

Технологія захисту кріпильних деталей полягає в нанесенні різьбового фіксатора середньої міцності LOCTITE 243 або 248 на кріпильну деталь, використовують LOCTITE 2701, якщо кріпильна деталь зазнає великих навантажень, виготовлена з нержавіючої сталі або оцинкована. Якщо фіксація кріпильних деталей не потрібна, використовують протизадирне мастило LOCTITE 8009. Послідовність технологічних дій передбачає очищення різьбових поверхонь установчих штифтів складом для очищення та обезжирення LOCTITE 7063 і нанесення на кріпильну деталь різьбового фіксатора середньої міцності LOCTITE 243 або 248. Якщо кріпильні деталі виготовлені з нержавіючої сталі або оцинковані, використовують різьбовий фіксатор підвищеної міцності LOCTITE 2701. Після чого збирають вузол і затягують різьбові з'єднання з динамометричним контролем (див. рис. 7.7).

7.8 Герметизація зазорів редуктора

Герметизація зазорів у редукторах потрібна між кришкою оглядового отвору/кришками підшипників/фланцями вхідного-вихідного вала та корпусом, а також у місцях витоків через різьбові з'єднання систем мащення (пробки зливного отвору, трубки підведення олії, системи картера, масляного насоса, масляного фільтра та скляного індикатора рівня олії) та охолодження (герметизація насоса системи охолодження, блоків контролю тиску та температури, а також усіх трубопроводів). В умовах герметизації зазорів слід враховувати, що звичайні

					КНУ.КМР.131.25.1-18.07.КОЕПР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

різьбові герметики не забезпечують достатньої герметичності зазорів через постійний тиск та зміну температури всередині редуктора, які можуть посилити будь-яку течу, крім того, вібрація між редуктором та системою охолодження/мащення веде до пошкодження трубопроводів та їхніх з'єднань.

В умовах ремонту розрізняють герметизацію зазорів між жорсткими та еластичними фланцями. Для цього в обох випадках видаляють зношені прокладки та наносять на елементи корпусу та кришки, відповідно, фланцеві герметики LOCTITE 518 та 5910, за можливості огинаючи отвори під кріпильні болти. Тут слід враховувати, що при використанні складу LOCTITE 5910 з'єднувати деталі слід протягом 10-хвилинного періоду плівкоутворення, після чого дати складам полімеризуватися.

7.9 Ремонт кріплення деталей редукторів, що насаджуються на вали

Зазвичай відновлення з'єднань підшипників, зубчастих шестерень та коліс з валами при зазорах до 0,05 мм здійснюється з використанням вал-втулкових фіксаторів (див. табл. 7.1 і рис. 7.8).

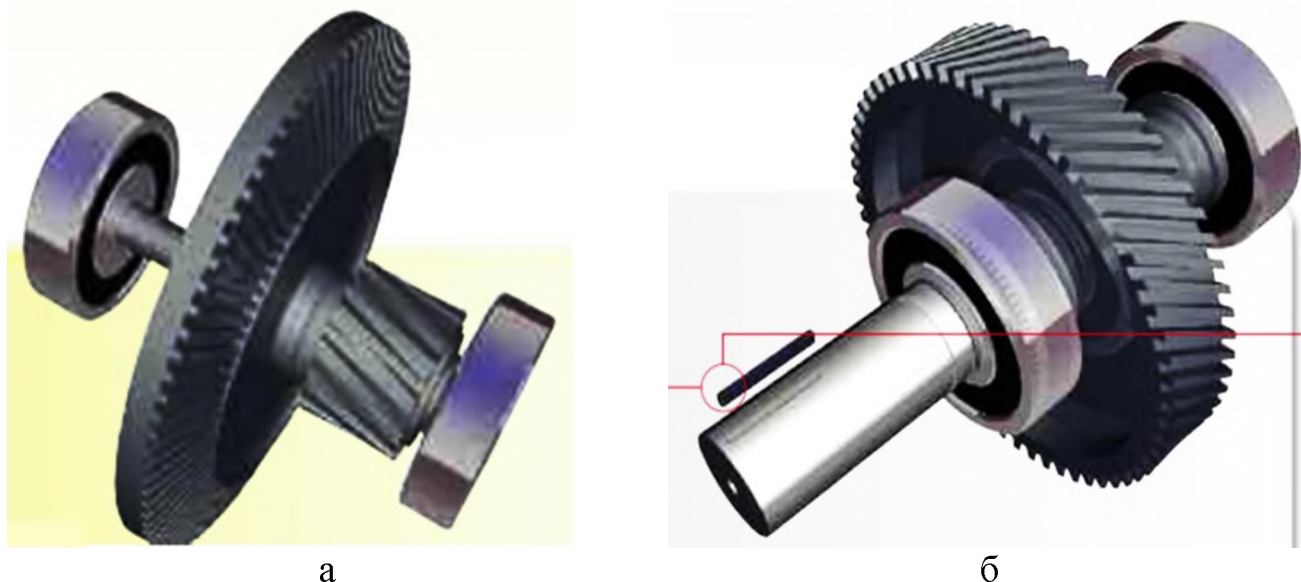


Рисунок 7.8 – Відновлення з'єднань деталей, що насаджуються на вал:
а – підшипників при зазорах до 0,05 мм; б – зубчастих коліс

При усуненні зазорів під підшипниками використовують склад LOCTITE 603, як відомо, високоміцний та стійкий до впливів олій, або LOCTITE 641 середнього рівня міцності (що є перевагою для легкої розбірки вузла), для чого очищають деталі складом для очищення та обезжирення LOCTITE 7063 і наносять валик LOCTITE 603 або 641 по окружності вала. Далі звичайним способом встановлюють підшипник на вал. Прибирають надлишки продукту і дають складу полімеризуватися протягом 6 год.

Кріплення зубчастих коліс безпосередньо на вал здійснюють за допомогою вал-втулкового фіксатора високої міцності LOCTITE 648, при цьому аналогічно очищають деталі складом для очищення та обезжирення LOCTITE 7063 і наносять валик LOCTITE 648 по окружності вала.

					КНУ.КМР.131.25.1-18.07.КОЕПР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Далі звичайним способом напресовують зубчасте колесо на вал і прибирають надлишки продукту. Склад полімеризується протягом 6 год (див. рис. 7.8).

7.10 Ремонт послаблення рухомих та нерухомих шліцевих з'єднань

Знос шліців з'являється там, де є тертя та взаємне переміщення, для запобігання зношуванню яких використовують молибденову пасту LOCTITE 8012, яка знижує тертя та уповільнює зношування. На практиці контактуючі поверхні шліців очищають складом LOCTITE 7063 і покривають молибденовою пастою LOCTITE 801, після чого з'єднують деталі (рис. 7.9).

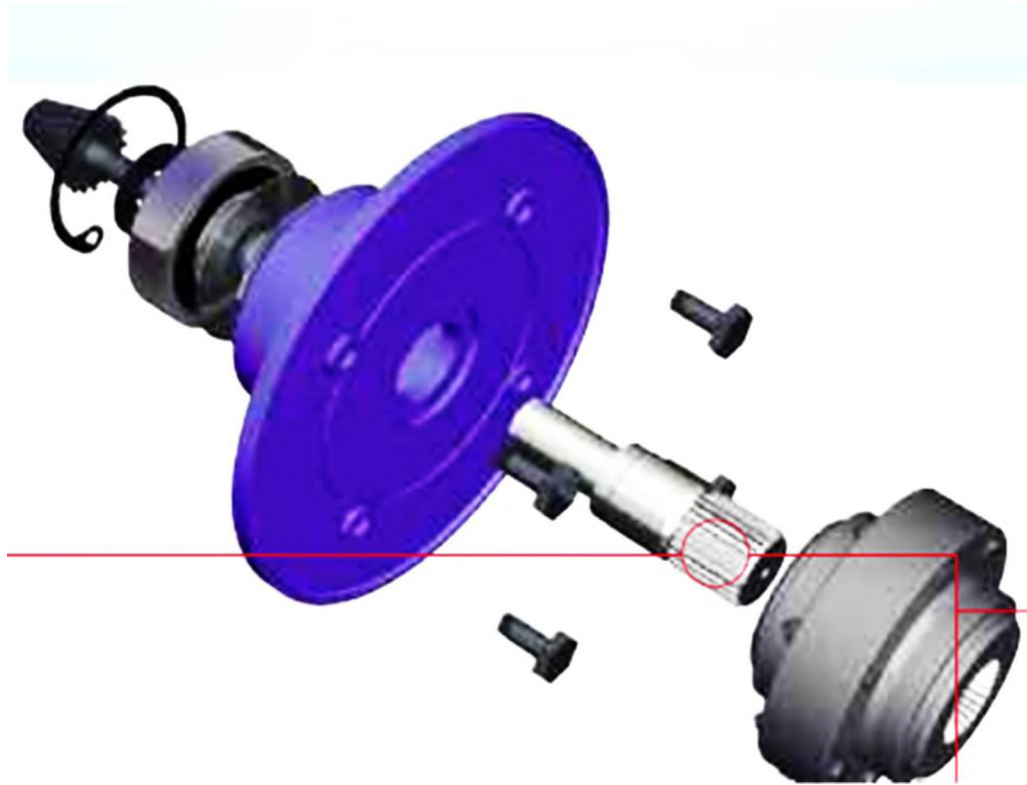


Рисунок 7.9 – Ремонт рухомих та нерухомих шліцевих з'єднань

Ремонт нерухомих шліцевих з'єднань спрямований на усунення люфтів у шліцевих з'єднаннях, запобігання їхньому зношуванню та відновлення шліців, причиною яких, як правило, є вібрації в умовах знакозмінних крутних моментів.

Усунення дефектів традиційно починається з очищення деталей складом для очищення та обезжирення LOCTITE 7063. Далі слід переконатися, що на шліцевій поверхні немає зламаних ділянок. Після чого наносять склад LOCTITE Hysol 3478 Superior Metal і розподіляють продукт рівномірно по всій окружності вала. Якщо знос шліців не перевищує 0,25 мм, то для відновлення рекомендується використовувати вал-втулковий фіксатор LOCTITE 660 у поєднанні з активатором LOCTITE 7649. Відразу після цього вставляють шліцевий вал у втулку і видаляють зайвий склад. Перед початком навантаження вузла дають складу повністю полімеризуватися протягом 6 год.

					КНУ.КМР.131.25.1-18.07.КОЕПР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7.11 Ремонт зубчастих передач редукторів

Ремонт та відновлення зубчастих передач є найбільш трудомісткою та важливою за умовами експлуатаційної безпеки технологією. Колеса зі зруйнованими зубами (рис. 7.10) бракуються, але за можливості піддаються відновленню застосуванням наплавлення зон зносу та руйнування [10], для чого зубчасте колесо зі зношеними зубами випалюють при температурі 850–900 °С, після чого під однією з западин зуба ставлять мітку для правильної установки з метою подальшого його фрезерування.

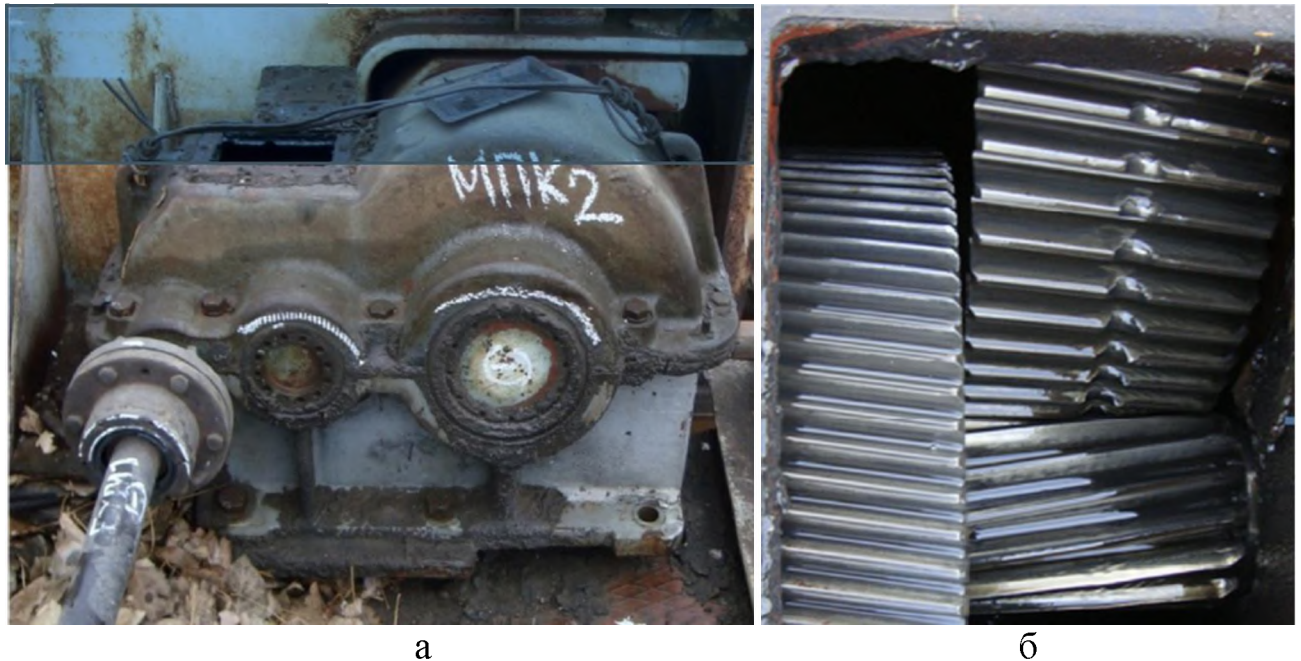


Рисунок 7.10 – Руйнування зубів зубчастого колеса редуктора механізму переміщення мостового крана 15 т: а – загальний вигляд; б – руйнування зубів

Зуби наплавляють газовим або електродуговим зварюванням із застосуванням присадочного матеріалу сталі 40 Х або 45 ХН. Наплавлення в зоні руйнування зубів (рис. 7.11) здійснюють з припуском 2–3 мм для подальшого фрезерування, після якого ремонтване зубчасте колесо (шестерню) піддають нормалізації (нагріву до температури 850-900 °С). Потім фрезерують зуби і обкатують колесо в парі з спряженою шестернею. Після обкатки відремontоване колесо загартовують і відпускають. Для наплавлення зношених зубів застосовують також тверді сплави: сормайт, сталініт та стеліт.

Якщо процес зносу за товщиною зубів не перевищує допустимий (15 %) (рис. 7.11), то за наявності викришування бічних поверхонь зубів їх відновлюють нанесенням складу LOCTITE Hysol 3478 Superior Metal, передбачивши всі технологічні процедури очищення, ремонту, подальшої механічної обробки та обкатки зубчастої пари.

					КНУ.КМР.131.25.1-18.07.КОЕПР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 7.11 – Часткове вигинне руйнування та викришування зубів «бетової» шестерні портального крана КПП 5/30

Висновок

Завдяки своїй універсальності редуктори успішно використовуються не лише у підйомно-транспортних машинах, але й у багатьох інших видах техніки, зокрема лісозаготівельних машинах, металургійному та вугледобувному обладнанні, енергомашинобудуванні, будіндустрії, нафтовій та газодобувній промисловості, сільськогосподарському та переробному машинобудуванні тощо.

Зокрема, керівництва по ремонту промислових редукторів повинні включати предписання по організації ремонту, прийманню в ремонт та зберіганню ремонтного фонду, демонтажу та подальшій розбиранні редуктора, підготовці до дефектації та ремонту, технічні вимоги та нормативні обмеження, а також на ремонт деталей та нероз'ємних складових частин редуктора.

					КНУ.КМР.131.25.1-18.07.КОЕПР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У магістерській випускній роботі виконано повний комплекс інженерно-технологічних досліджень, спрямованих на підвищення ефективності виготовлення та ремонту вузлів промислових редукторів. У ході роботи:

Виконано розрахунок розмірних ланцюгів редуктора Ц2У-400, що дозволило визначити необхідні допуски та посадки для забезпечення заданої точності складання. Проведений аналіз підтвердив коректність конструктивних рішень і дав можливість сформулювати вимоги до технологічних операцій.

Розроблено раціональний технологічний процес виготовлення деталі «Фланець», який охоплює усі стадії механічної обробки та забезпечує досягнення необхідної точності, шорсткості та експлуатаційної надійності елемента редуктора.

Виконано верстатно-інструментальне налагодження свердлильної операції на оброблювальному центрі з ЧПК CORMAK MILL1042. Обрано сучасний металорізальний інструмент, що гарантує стабільну якість та високу продуктивність обробки.

Окремо розроблено керуючу програму у FeatureCAM для токарної операції на верстаті з ЧПК, що забезпечує автоматизоване, точне та повторюване виготовлення фланця.

Спроектовано спеціальне технологічне оснащення: пристосування для виконання свердлильної операції; контрольне пристосування для перевірки торцевого биття поверхні фланця. Розроблене оснащення підвищує точність обробки й скорочує допоміжний час.

Побудовано план робочого місця для верстата 2550МФ2 відповідно до вимог ергономіки та безпеки праці. Проведені техніко-економічні розрахунки довели доцільність модернізації виробництва: строк окупності новітнього обладнання становить 1,23 року; річний економічний ефект – 15336 грн. Крім того, сформовано пропозиції щодо охорони праці й екологічної безпеки під час ремонту промислових редукторів.

У науково-дослідній частині виконано аналіз сучасних технологій ремонту редукторів із використанням матеріалів фірми LOCTITE. Доведено ефективність адгезивних ремонтних складів для відновлення посадкових поверхонь, ущільнення, фіксації різьбових з'єднань і підвищення ресурсу відремонтованих вузлів.

Підсумовуючи, у роботі сформовано комплексне технологічне забезпечення виготовлення деталі «Фланець» редуктора Ц2У-400 із застосуванням сучасних засобів автоматизації, CAD/CAM-систем і інструментального оснащення. Отримані результати сприяють підвищенню продуктивності, якості та економічної ефективності виробництва, а також можуть бути використані у практиці ремонтних та машинобудівних підприємств.

					КНУ.КМР.131.25.1-18.В					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Висновки			Літ.	Арк.	Аркциф
Розроб.		Швачка								
Перевір.		Нечаєв								
Реценз.										
Н. контр.		Нечаєв								
Зав. каф.		Рязанцев								
					Каф. ТМ, гр. ПМ-24м					

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.131.25.1-18.СВД				
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата					
Розроб.		Швачка			Список використаних джерел		Літ.	Арк.	Аркцшів
Перевір.		Нечаєв							
Реценз.									
Н. контр.		Нечаєв							
Зав. каф.		Рязанцев							
					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.131.25.1-18.СВД	Арк.
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

					КНУ.КМР.131.25.1-18.Д			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Швачка				Додатки	Літ.	Арк.	Архів
Перевір.	Нечаєв							
Реценз.								
Н. контр.	Нечаєв					Каф. ТМ, гр. ПМ-24м		
Зав. каф.	Рязанцев							

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
«Фланець» редуктора Ц2У-400 з використанням систем автоматизації

Виконав магістрант гр. ПМ-24м

(підпис)

Швачка І.Р.

Керівник КМР

(підпис)

Нечасів В.П.

Нормоконтроль

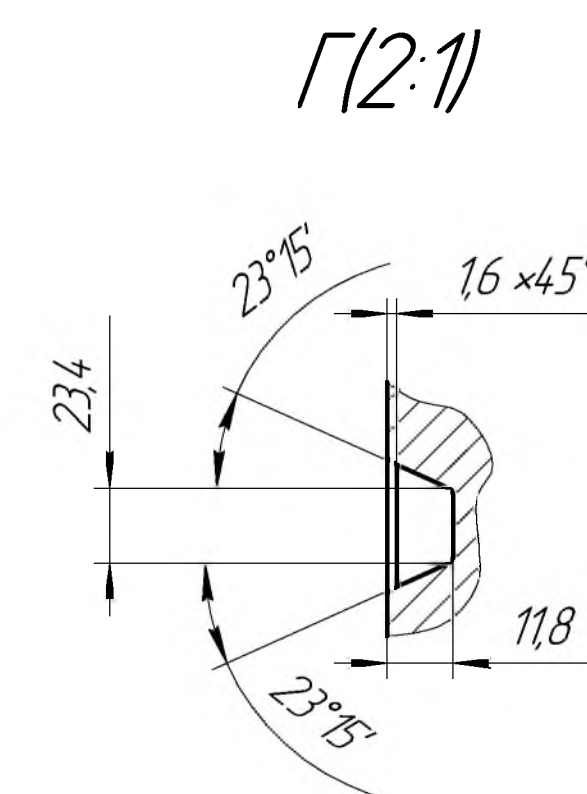
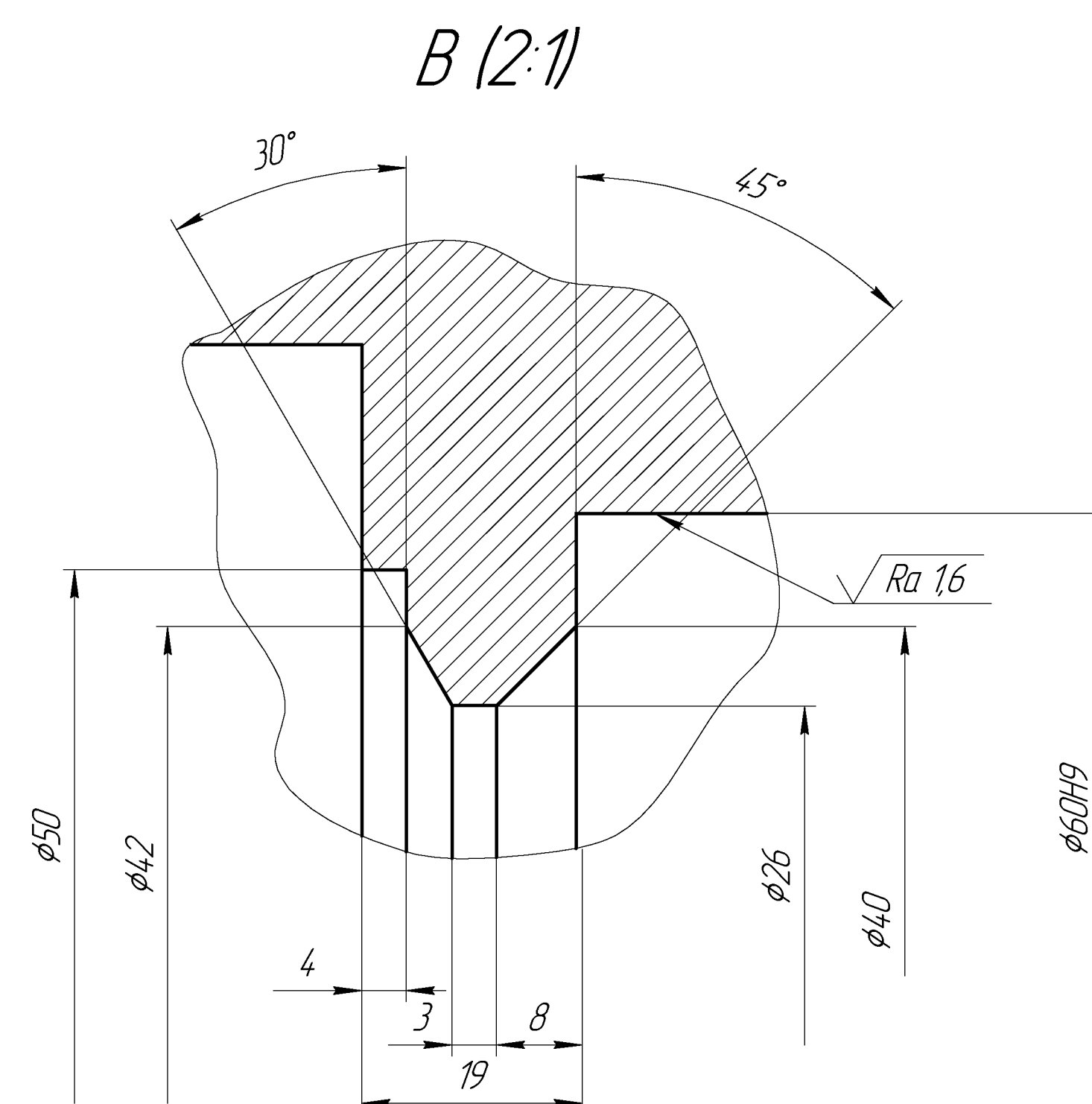
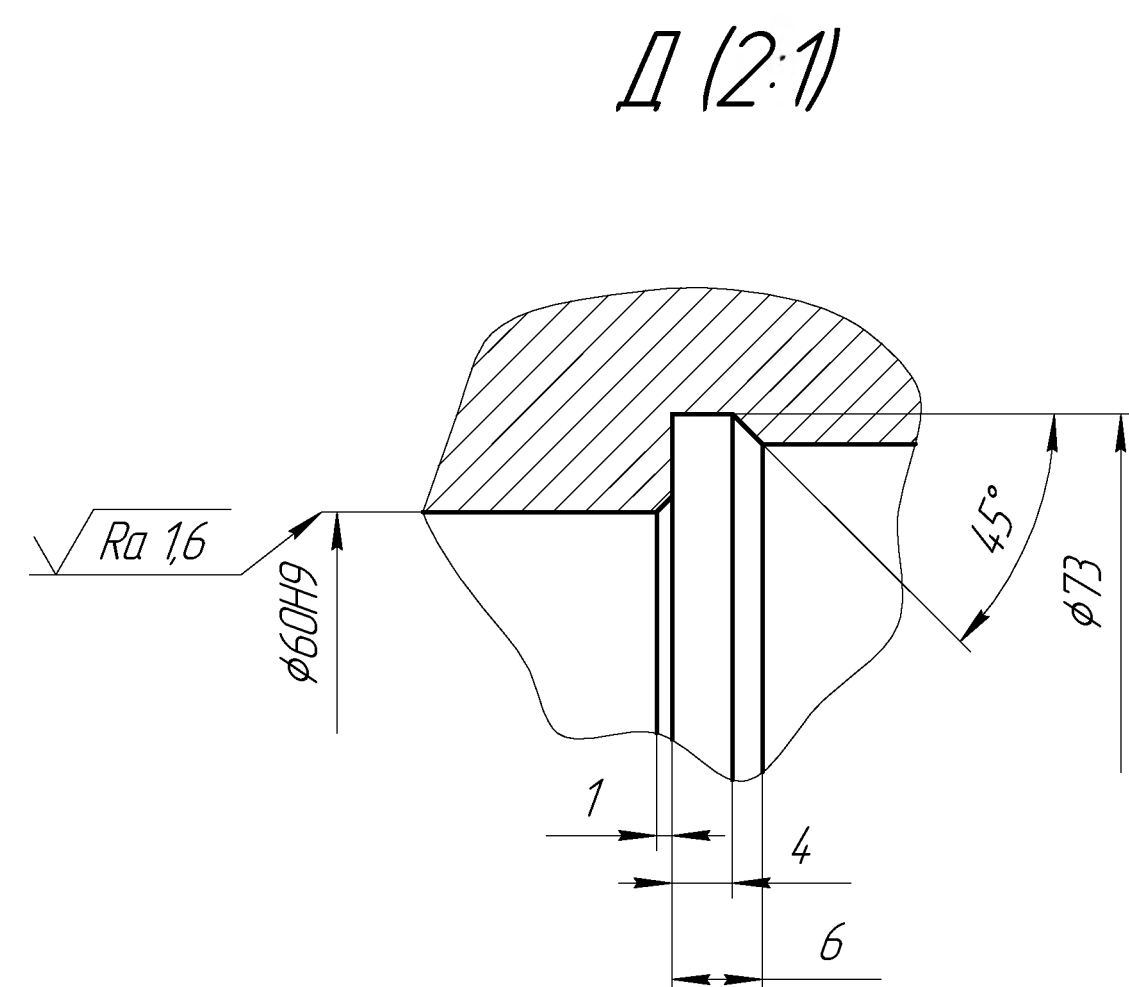
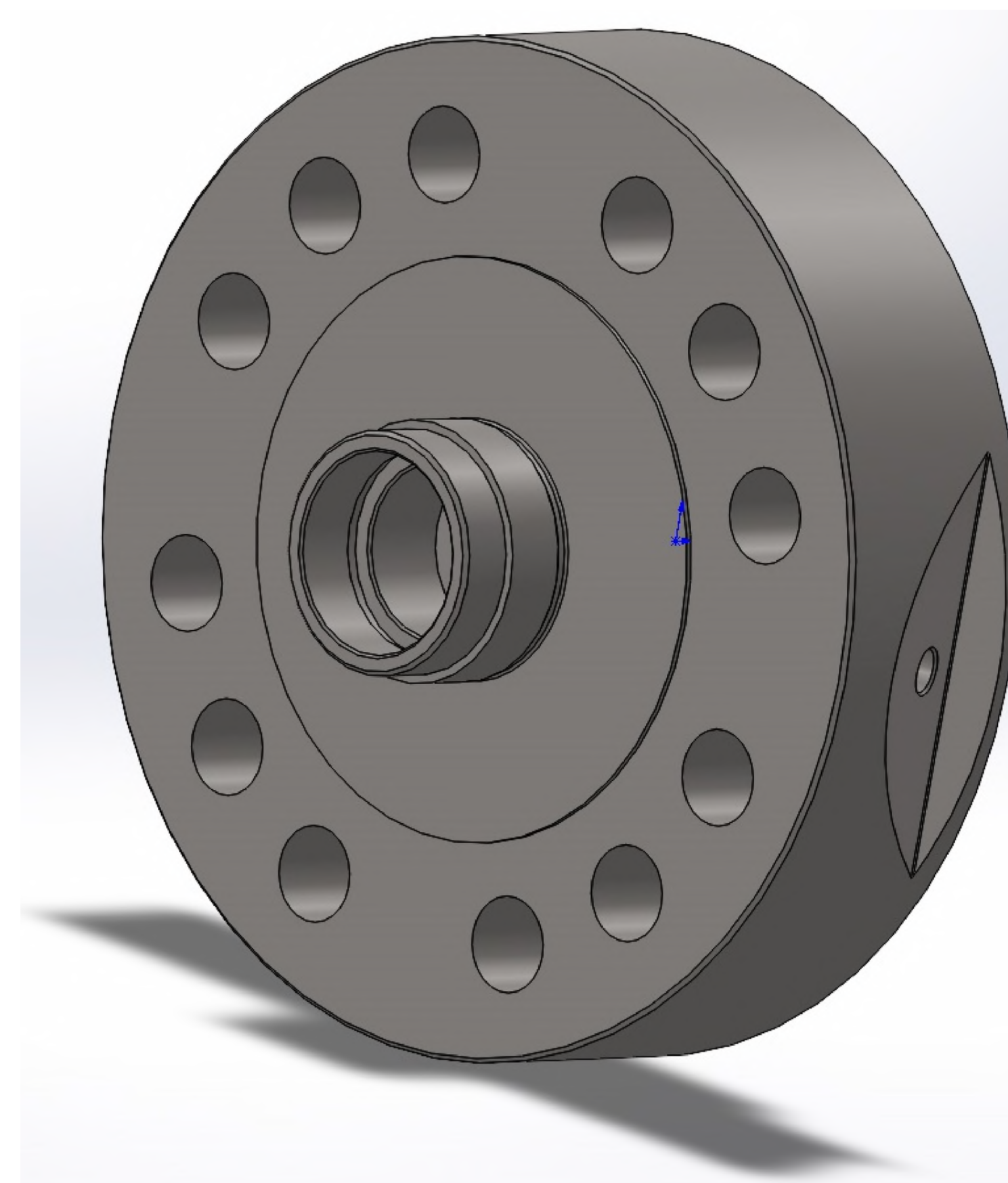
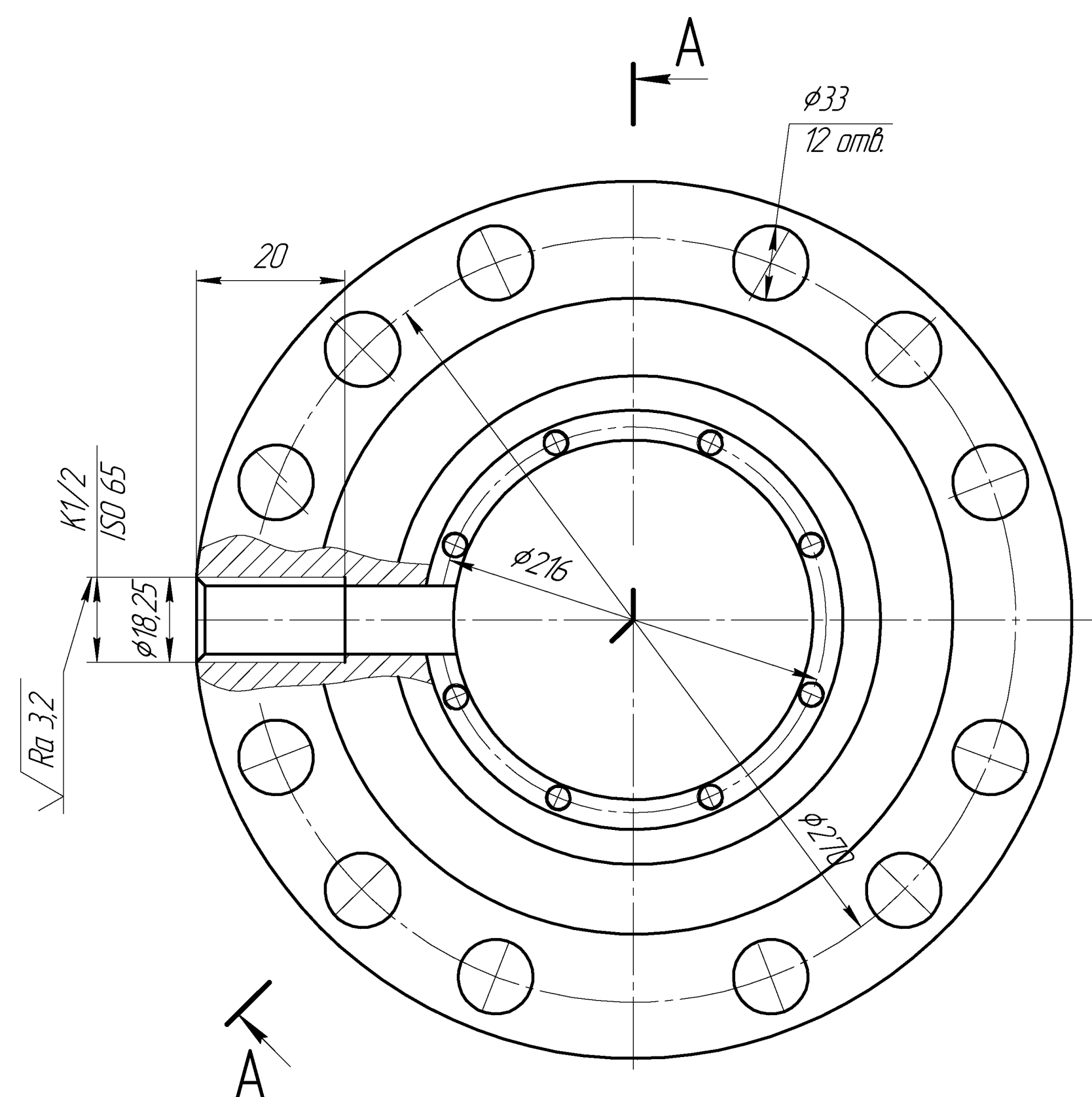
(підпис)

Нечасів В.П.

Завідувач кафедри

(підпис)

Рязанцев А.О.



1. Покладка Гр IV-КП90 ДСТУ 9182:2022.
2. Заготовку піддати ультразвуковій дефектоскопії. Тріщини, волосовини та інші дефекти не допускаються.
3. Твердість поверхонь 212-248 НВ.
4. Допускається виготовлення із сталі 30ХМА ДСТУ 7806:2015.
5. Розмір забезпечується інструментом.
6. Навказані граничні відхилення $H14, h14, \pm \frac{IT}{\sqrt{2}}$.
7. Фланець випробувати на міцність гідравлічним тиском $P=105$ МПа протягом 10 хв. Видими остаточною деформації не допускаються.

					КНУКМР.131.24. 1-18 Ф		
Эк. Лист	№ докум.	Подпис	Дата	Фланецъ	Лит	Маса	Масштаб
Разработчик	Швачка				Н	32	1:2
Керманик	Нечасов				Лист	Листов	
Нконтр. Зилб	Нечасов			38 ХМА ДСТУ 7806:2015	кафедра ТМ гр. ПМ-24м		
	Развинец						

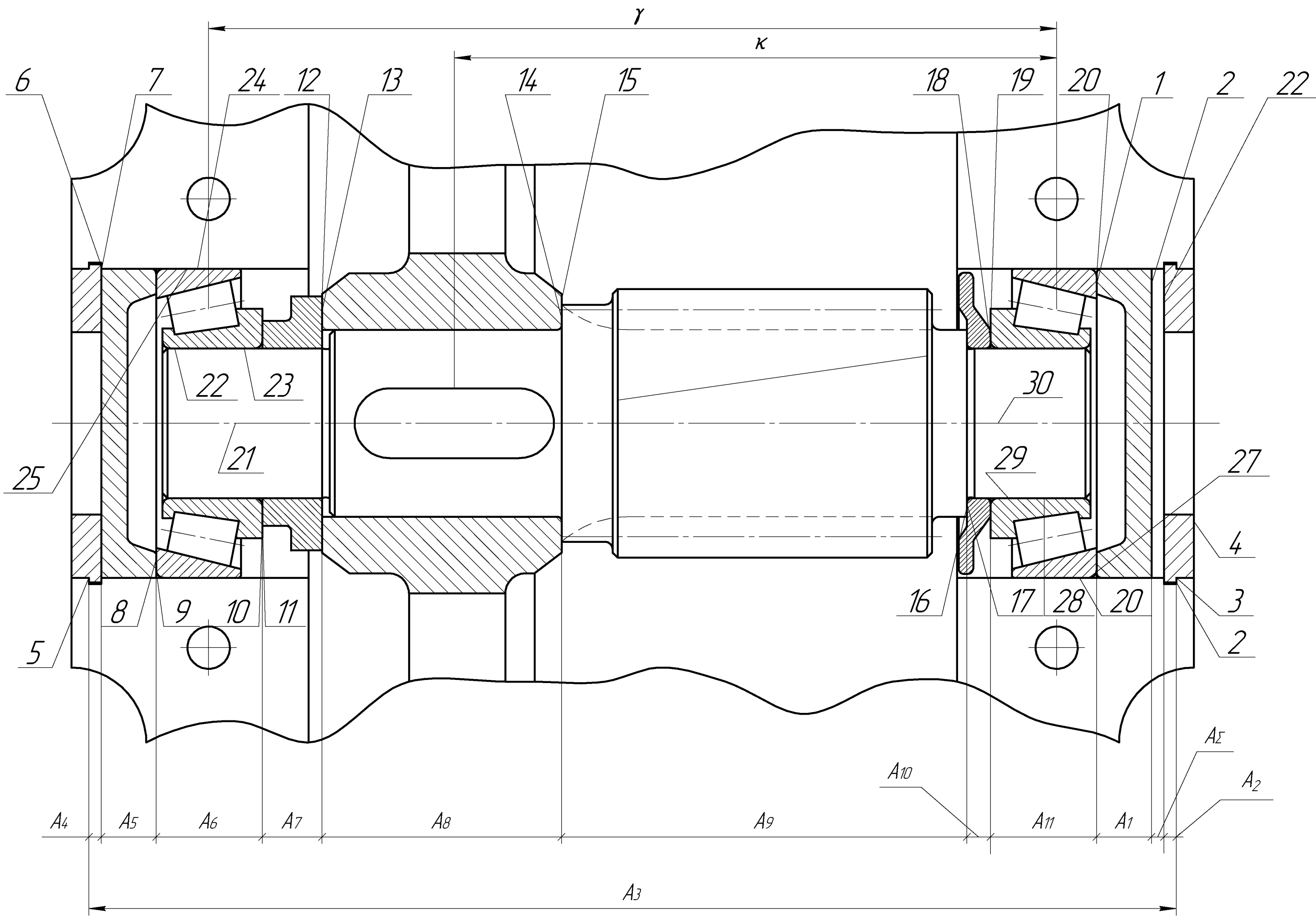
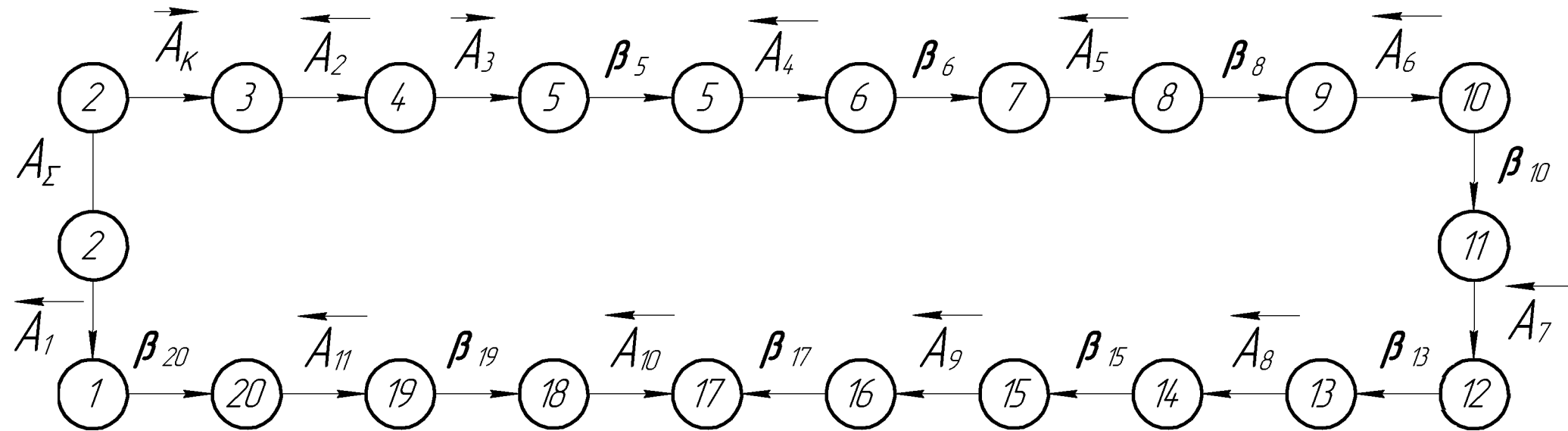
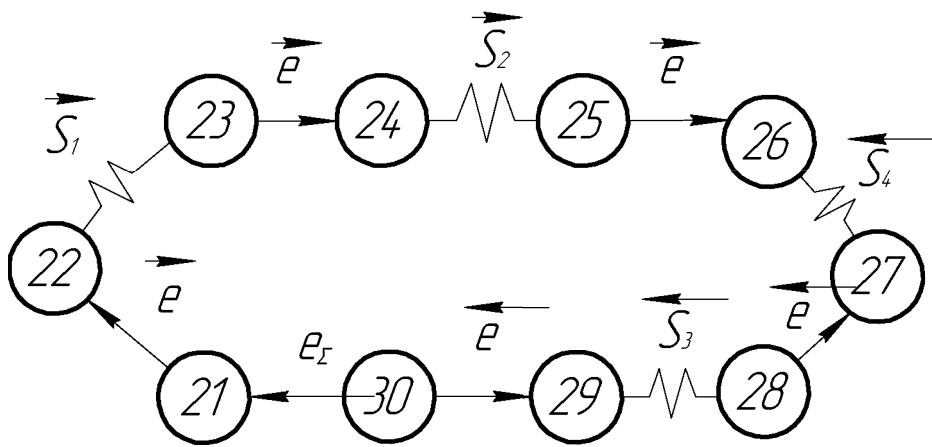


Схема лінійного розмірного ланцюга

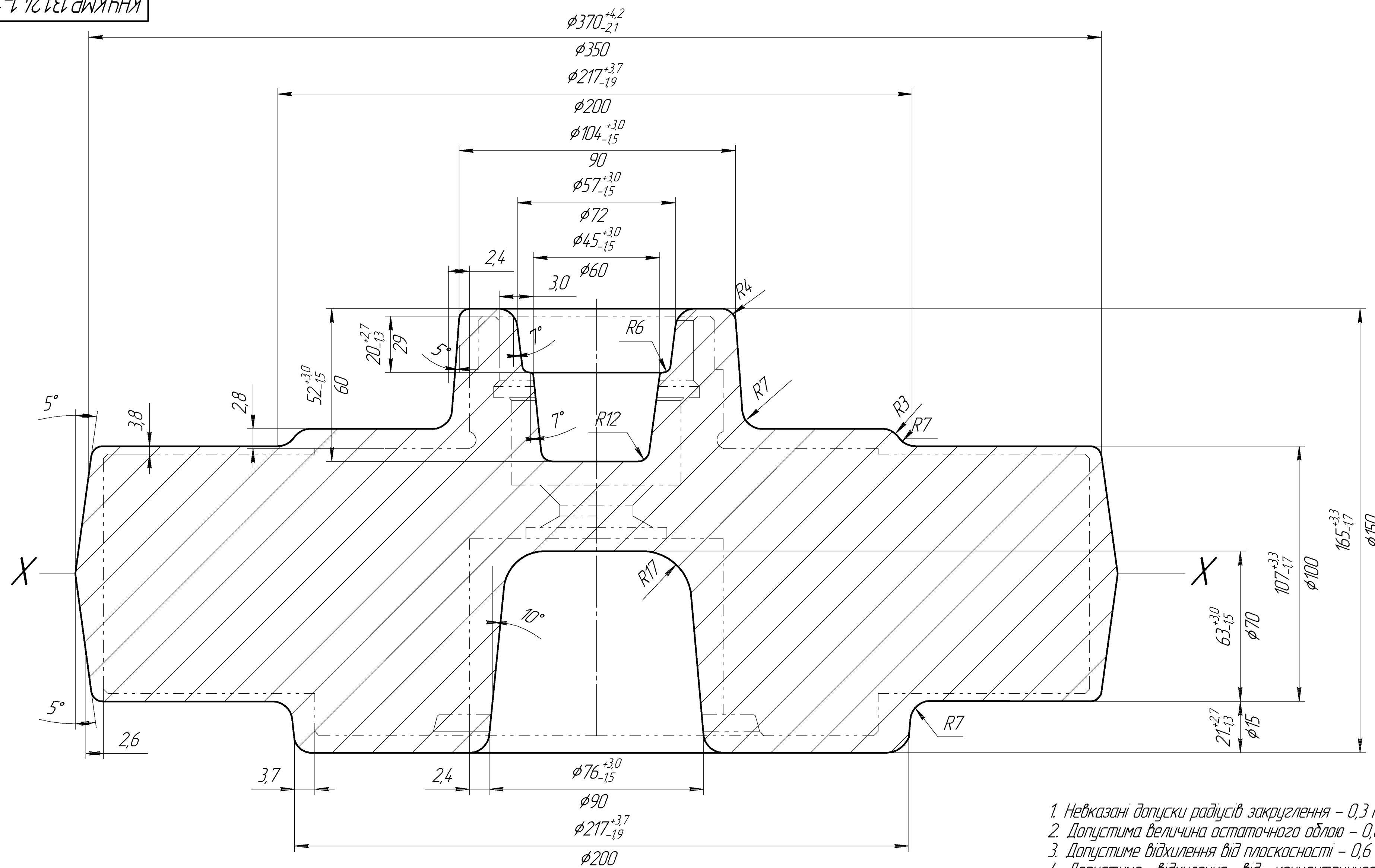


Звено	Найменування	Величина
$\overrightarrow{A_1}$	Ширина распорної втулки	$12^{+0,07}$
$\overrightarrow{A_2}$	Відстань між распорною втулкою і поверхнею корпусу	$5_{-0,12}$
$\overrightarrow{A_3}$	Відстань між боковими поверхнями корпусу	$431 \pm 0,775$
$\overrightarrow{A_4}$	Ширина кришки	$5_{-0,12}$
$\overrightarrow{A_5}$	Ширина распорної втулки	$12^{+0,07}$
$\overrightarrow{A_6}$	Ширина підшипника	$65_{-0,4}$
$\overrightarrow{A_7}$	Ширина распорної втулки	$12_{-0,07}$
$\overrightarrow{A_8}$	Ширина ступиці зубчатого колеса	$90_{-0,35}$
$\overrightarrow{A_9}$	Відстань між торцевими поверхнями вал-шестерні	$160_{-0,25}$
$\overrightarrow{A_{10}}$	Ширина распорного кільця	$2,5^{+0,048}$
$\overrightarrow{A_{11}}$	Ширина підшипника	$65_{-0,4}$
A_{Σ}	Зазор між распорною втулкою і кришкою	
β_5	Непаралельність бокових торців корпусу	970
β_6	Торцеве диття зовнішнього кільця підшипника	30
β_8	Торцеве диття распорної втулки	30
β_{10}	Торцеве диття внутрішнього кільця підшипника	30
β_{13}	Торцеве диття внутрішнього кільця підшипника	74
β_{15}	Торцеве диття зовнішнього кільця підшипника	74
β_{17}	Торцеве диття распорного кільця	190
β_{19}	Торцеве диття внутрішнього кільця підшипника	20
β_{20}	Торцеве диття зовнішнього кільця підшипника	30
Σ		1448

Схема кутових розмірних ланцюгів



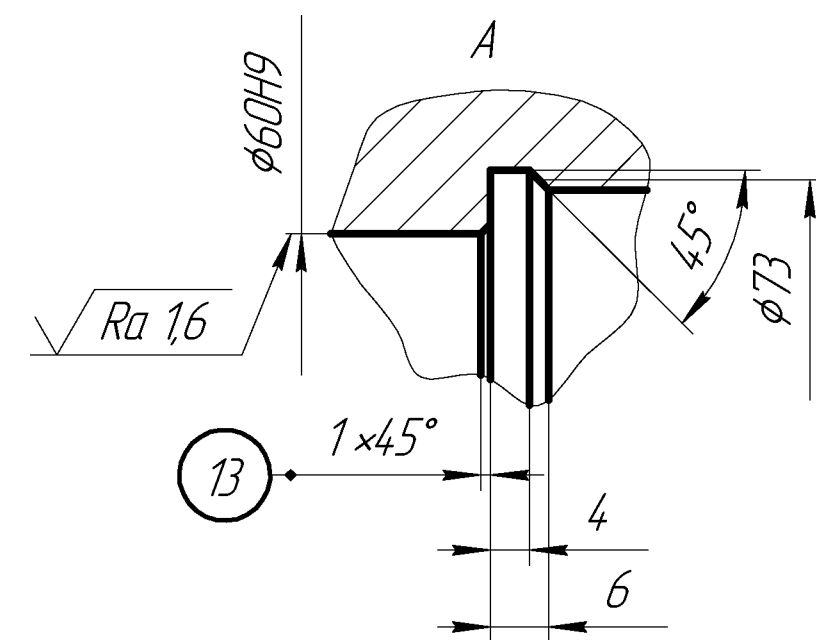
Звено	Найменування розміру або посадки	Величина
$\overrightarrow{S_1}$	Посадка підшипника на вал	$60_{\text{п6}}^{H7} \left(\begin{smallmatrix} +0,02 \\ -0,005 \end{smallmatrix} \right)$
$\overrightarrow{S_2}$	Посадка підшипника в корпус	$130_{\text{п7}}^{H7} \left(\begin{smallmatrix} +0,046 \\ -0,003 \end{smallmatrix} \right)$
$\overrightarrow{S_3}$	Посадка підшипника на вал	$60_{\text{п6}}^{H7} \left(\begin{smallmatrix} +0,02 \\ -0,005 \end{smallmatrix} \right)$
$\overrightarrow{S_4}$	посадка підшипника в корпус	$130_{\text{п7}}^{H7} \left(\begin{smallmatrix} +0,046 \\ -0,003 \end{smallmatrix} \right)$
$\overrightarrow{e}$	Радіальне диття підшипника	0,015
$\overrightarrow{e}$	Неспіввідність отворів в корпусі	0,015
$\overrightarrow{e}$	Радіальне диття підшипника	0,015
$\overrightarrow{e}$	Неспіввідність посадочних шийок вала	0,0156
$\overrightarrow{e}$	Неспіввідність посадочних шийок вала	0,016



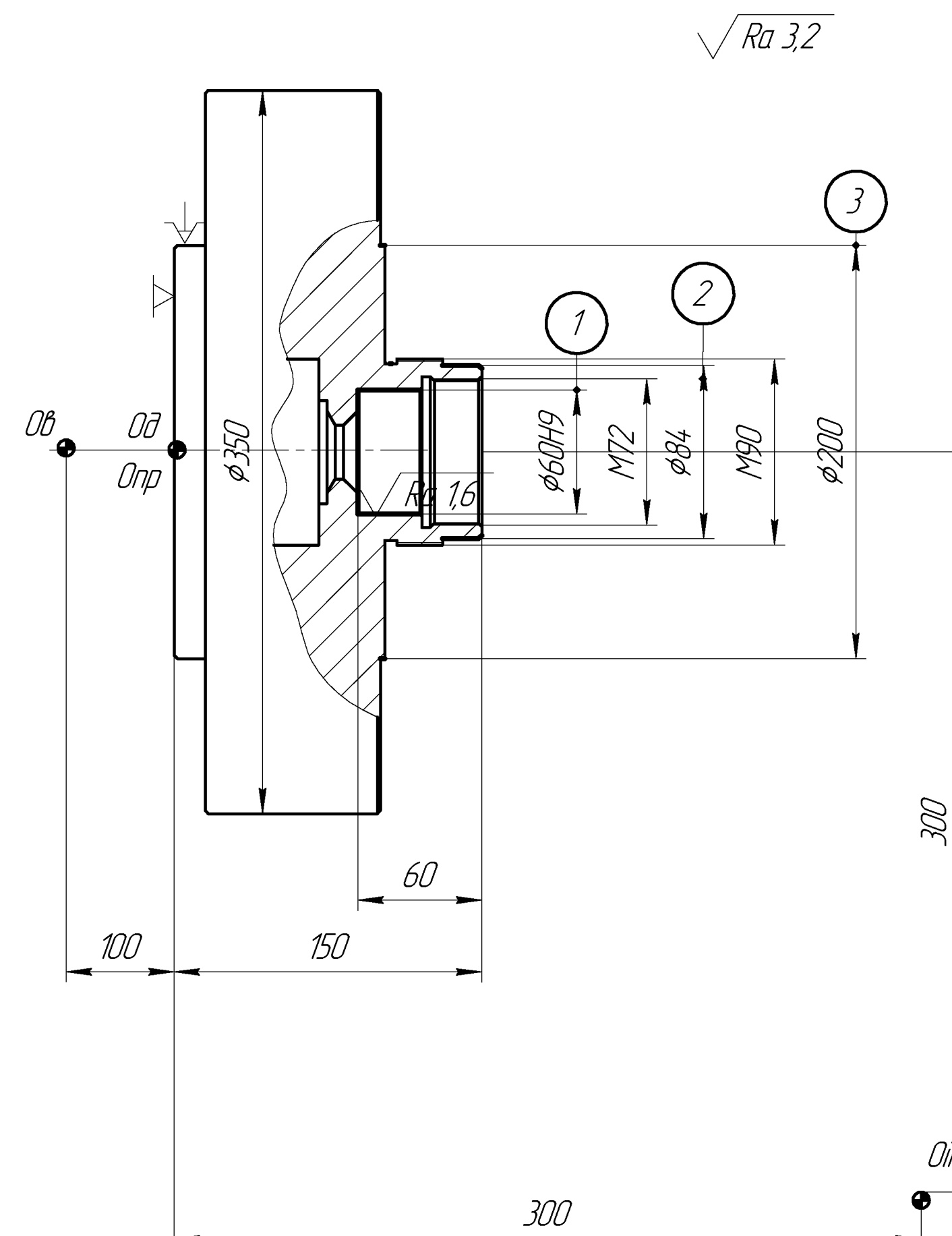
1. Невказані допуски радіусів закруглення – 0,3 мм;
2. Допустима величина остаточного облою – 0,8 мм;
3. Допустиме відхилення від плоскості – 0,6 мм;
4. Допустиме відхилення від концентричності пробитого отвору відносно зовнішнього контуру паковки – 0,8 мм;
5. Допустиме зміщення по поверхні роз'єму штамплу 0,6 мм;
6. Допустима величина висоти заусенця 3 мм.

					КНУ.КМР.131.24.1-18.ФП			
Зм. Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Фланець (поковка)		Лит	Маса	Масштаб
Розробив	Швачка					Н	51,2	1:1
Керівник	Нечаєв					Лист	Листів	
Н.контр.	Нечаєв					Кафедра ТМ гр. ПМ-24м		
Затв.	Рязанцев							

Установ Б



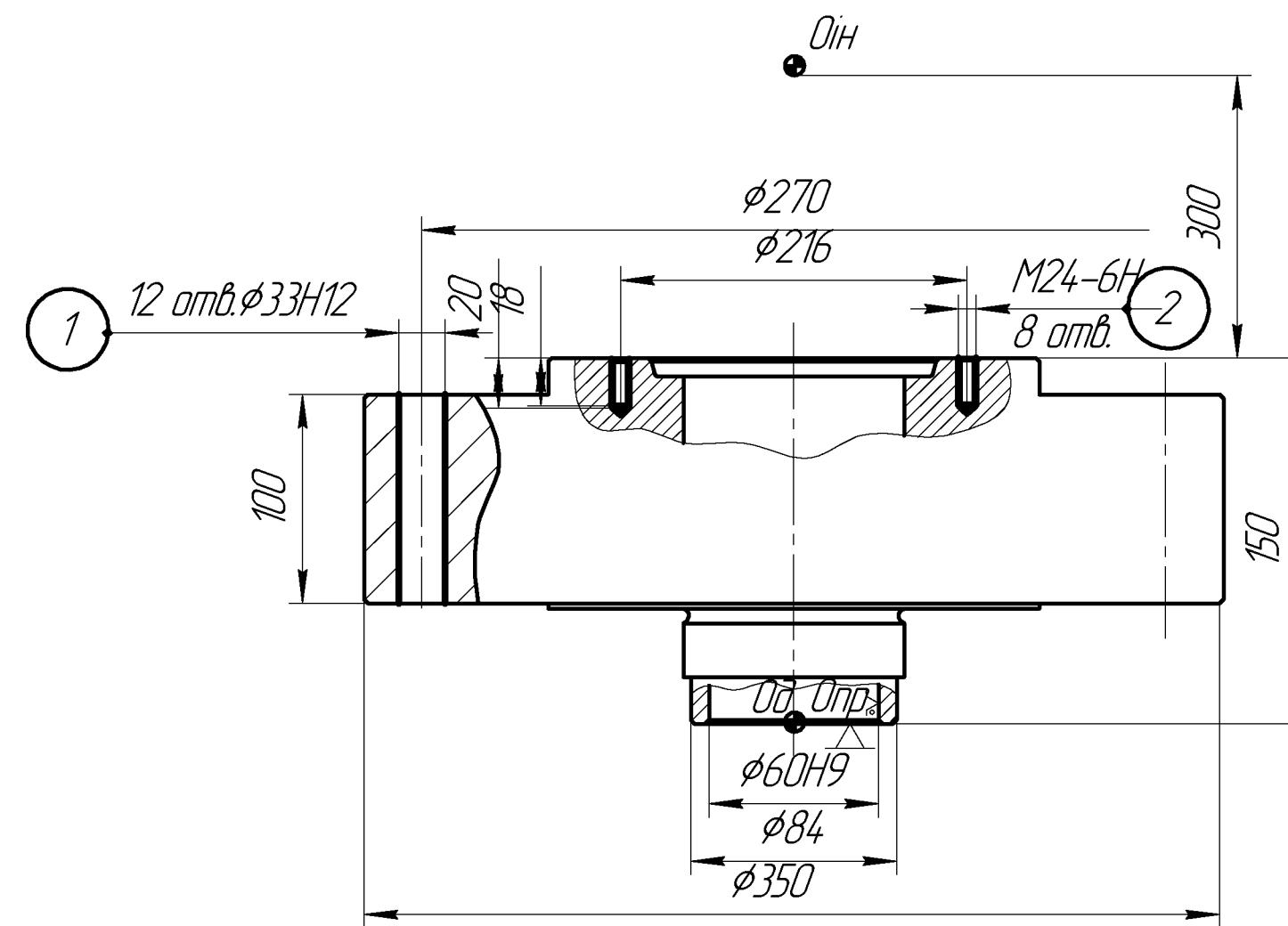
Установ А



Ріжучі інструменти	Допоміжні інструменти	Верстатний пристрій
Різець S25T-PDUNR11 Пластина DNMG110404-M3 Сплав TP2000 Режимі різання: подача $s=0.5\text{mm/об}$, швидкість $V=235\text{м/хв}$ Пластина DNMG150404-MF2 Сплав TP1000 Режимі різання: подача $s=0.5\text{mm/об}$, швидкість $V=235\text{м/хв}$	Осьовий різцетримач E2-50x25	Патрон прецезійний "МИКРОТЕХ" Україна Харків 7100-0043П Р-Р конуса шпинделя 8
Різець DCLNR2525M12 Пластина для напівчистової обробки CNMG120404-M3 Режимі різання: подача $s=0.3\text{mm/об}$, швидкість $V=330\text{м/хв}$ Різець DCLNR2525M12 Пластина для напівчистової обробки CNMG120404-MF2 Режимі різання: подача $s=0.2\text{mm/об}$, швидкість $V=456\text{м/хв}$	Радіальний різцетримач B1-50x25	

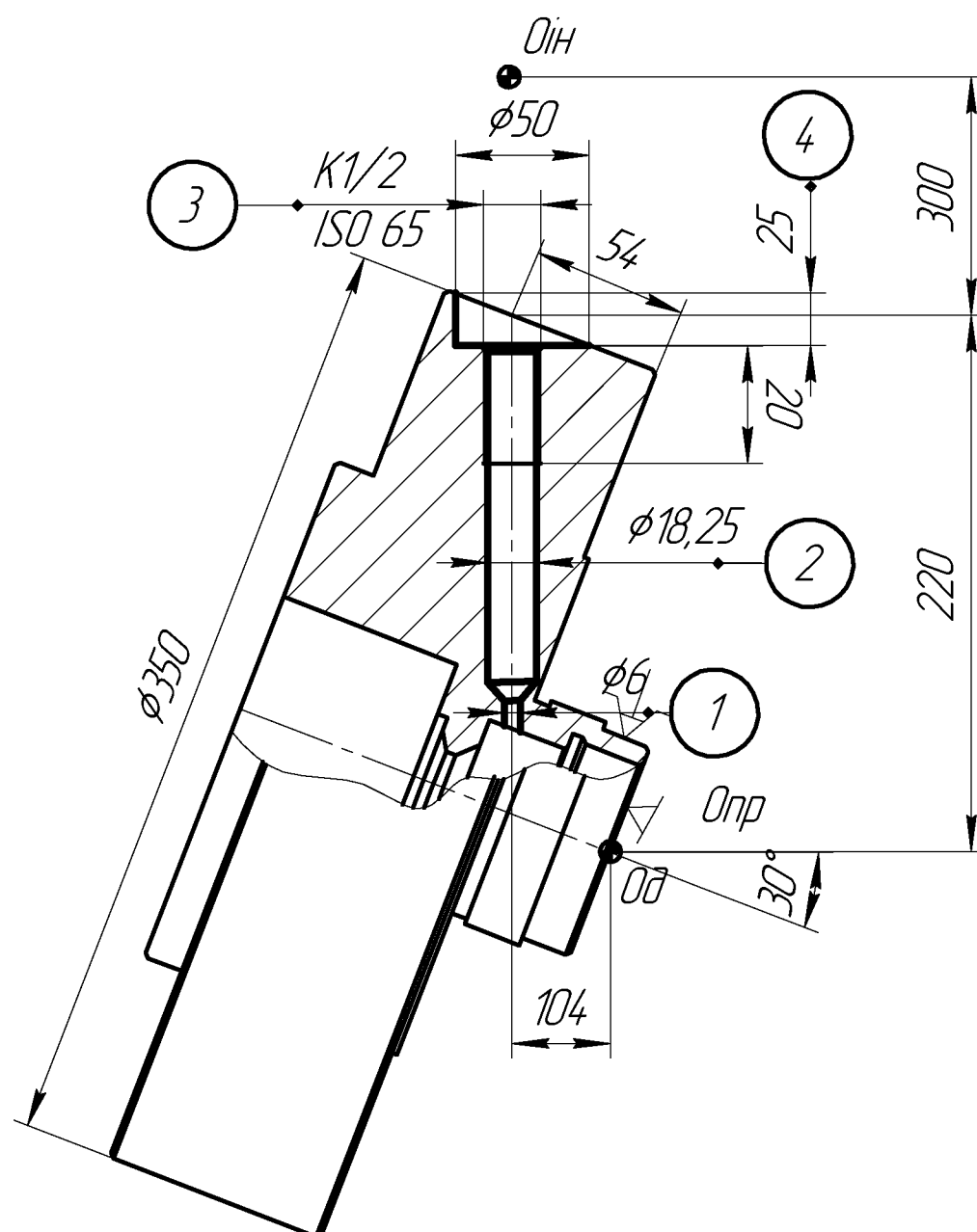
					КНУКМР.131.24.1-18.ЕО			
					Ескізи операцій			
Зм./лист	№ докум.	Підпис	Дата		Лист	Маса	Масштаб	
Розробник	Швачка				Н		1:2	
Керівник	Нечосів				Лист	1	Листів	2
Інженер	Нечосів				Кафедра ТМ			
Затв.	Розвинцев				гр. ТМ-24м			

Установ В



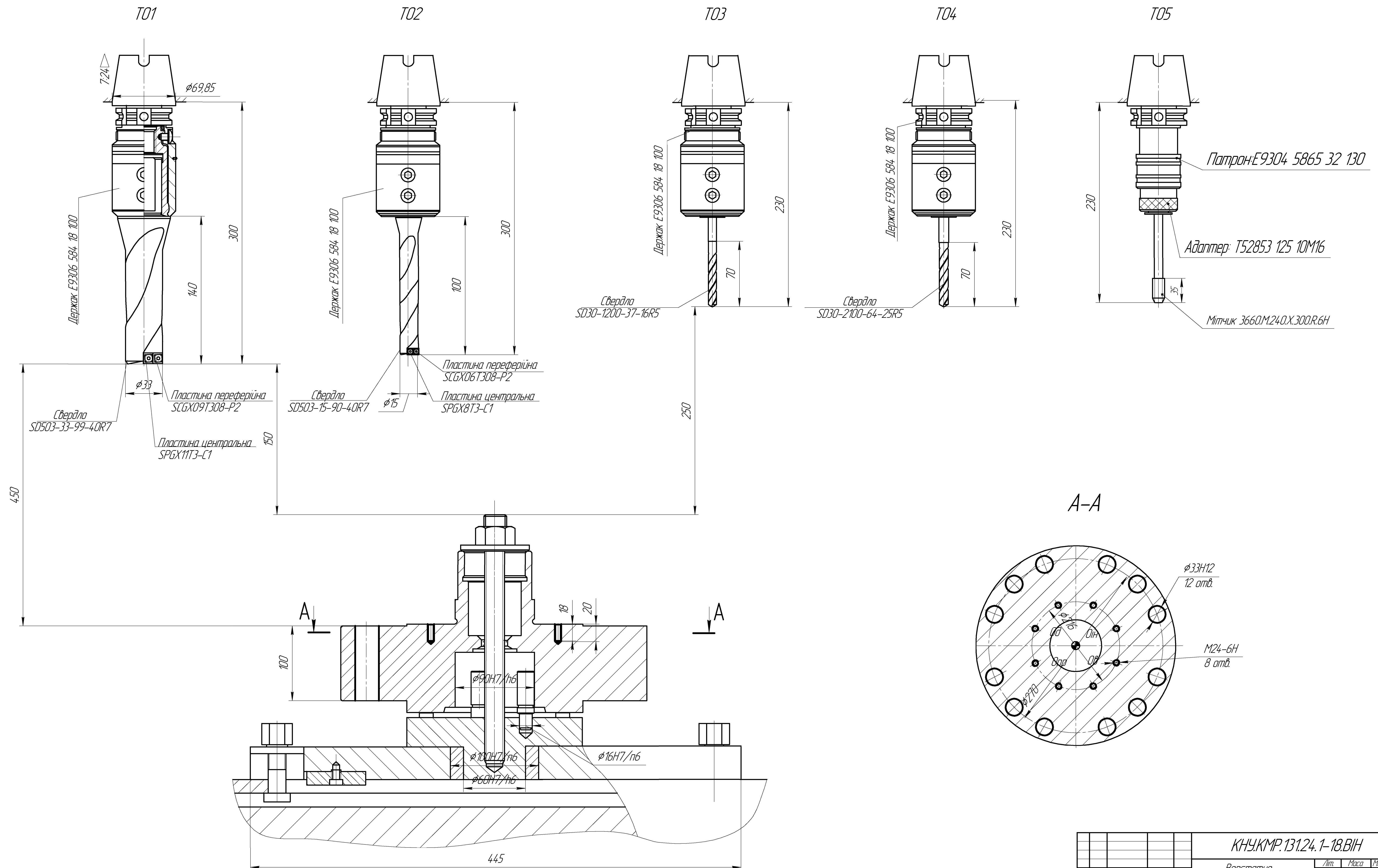
A technical drawing of a circular mechanical part, likely a flange or a plate. It features three concentric circles. The outermost circle has 12 radial lines extending from its center to its circumference, dividing it into 12 equal sectors. The middle circle has 6 radial lines extending from its center to its circumference, dividing it into 6 equal sectors. The innermost circle has 6 radial lines extending from its center to its circumference, dividing it into 6 equal sectors. The drawing is centered on a point marked with a small circle. The text '014' is written in the upper right quadrant, '007' is written in the lower right quadrant, and '006' is written in the lower left quadrant. The text '007' is also written in the upper left quadrant.

ОЗО Внутрішньо-шліфувальна
ЗК28А

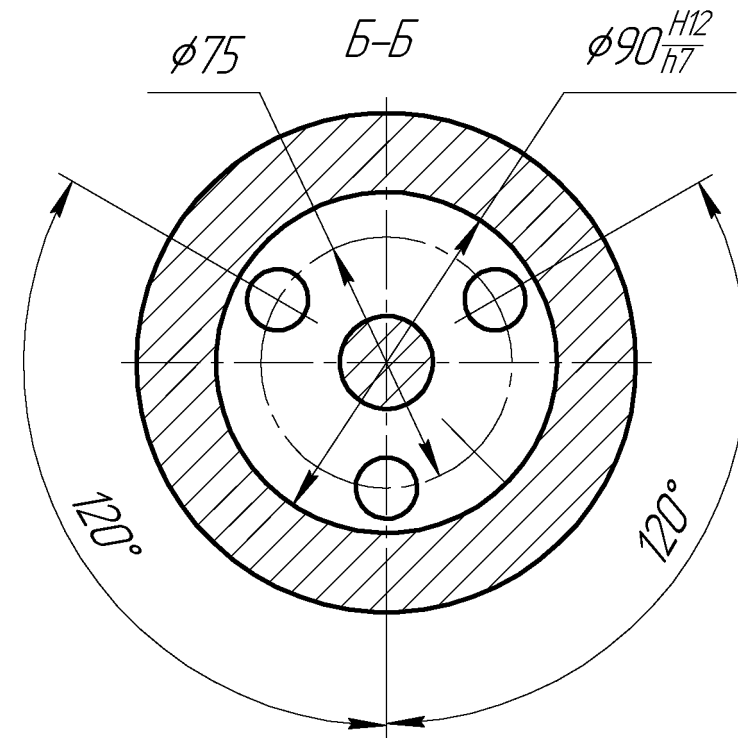
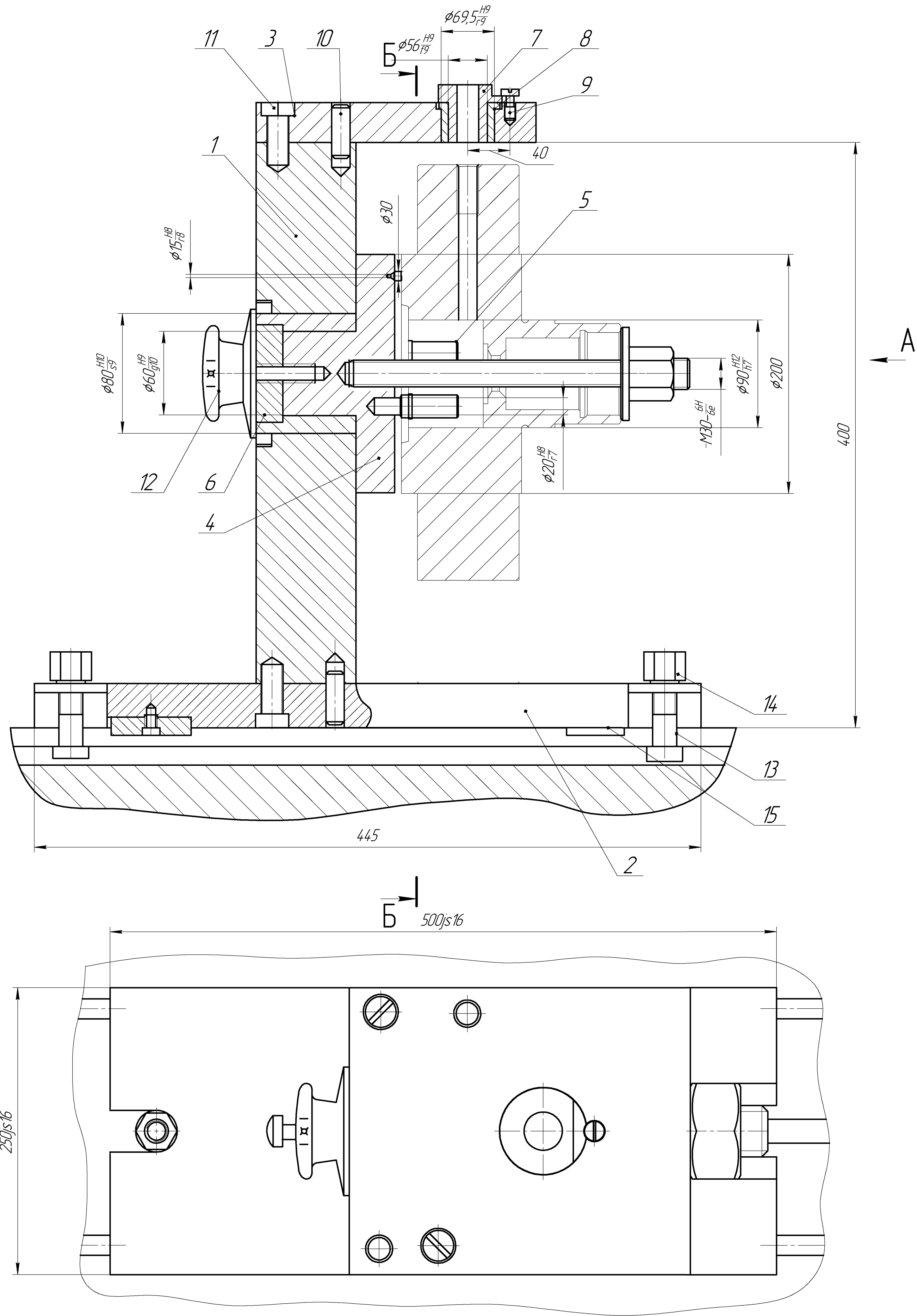


Ріжучі інструменти	Допоміжні інструменти	Верстатні пристрої
Шліфувальний круг ПТ100х40х30 24A25CM27K35A ДСТУ ISO 603-4:2019 Режимі різання подача $s_{\text{круга}} = 0,005 \text{ мм/ход}$ $s_{\text{лп}} = 0,2 \dots 0,4 \text{ мм/од}$ швидкість круга $V = 35 \text{ м/од}$	Оправка спеціальна	Оправка спеціальна

Операція 020 – багатопільова, оброблювальний центр з ЧПК CORMAK MILL 1042

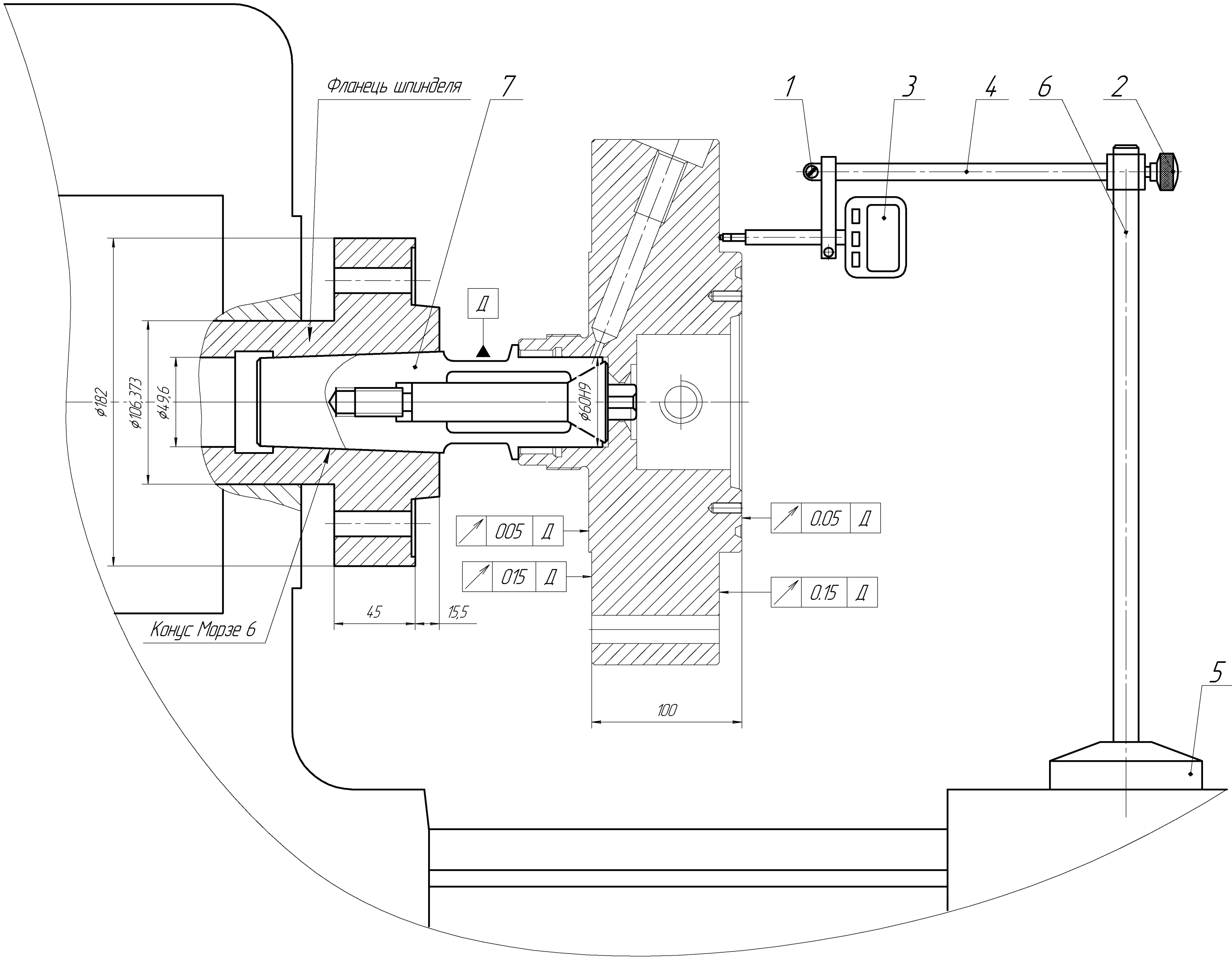


						КНУ.КМР.131.24.1-18.ВІН			
						Верстатно - інструментальне налагодження	Лист	Мапа	Максимальна кількість сторінок
							Н		12
							Лист	Листів	
							Кафедра ТМ гр. ПМ-24м		



- Зусилля затиску – 831 Н
- Перпендикулярність циліндричних пальців поз.10 відносно опори поз.4 не більше 0,02 мм
- Пристрій розроблений для свердління отворів

КНУ.КМР.13124.1-18.ТО				Технологічна оснастка		
Зм. Лист	№ док.м.	Підпис	Дата	Лист	Маса	Масштаб
Розробив	Швачка			Н		12
Керівник	Нечасів			Лист	Листів	1
Н.контр.	Нечасів			Кафедра ТМ		
Затв.	Рязанцев			гр. ПМ-24м		



					КНУ.КМР.131.25.1-18.ПК			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Пристрій контрольний	Лит.	Маса	Масштаб
						Н		1:2
						Лист	Листів	1
Н.контр.	Нечасів				Кафедра ТМ гр. ПМ-24м			
Затв.	Рязанцев							

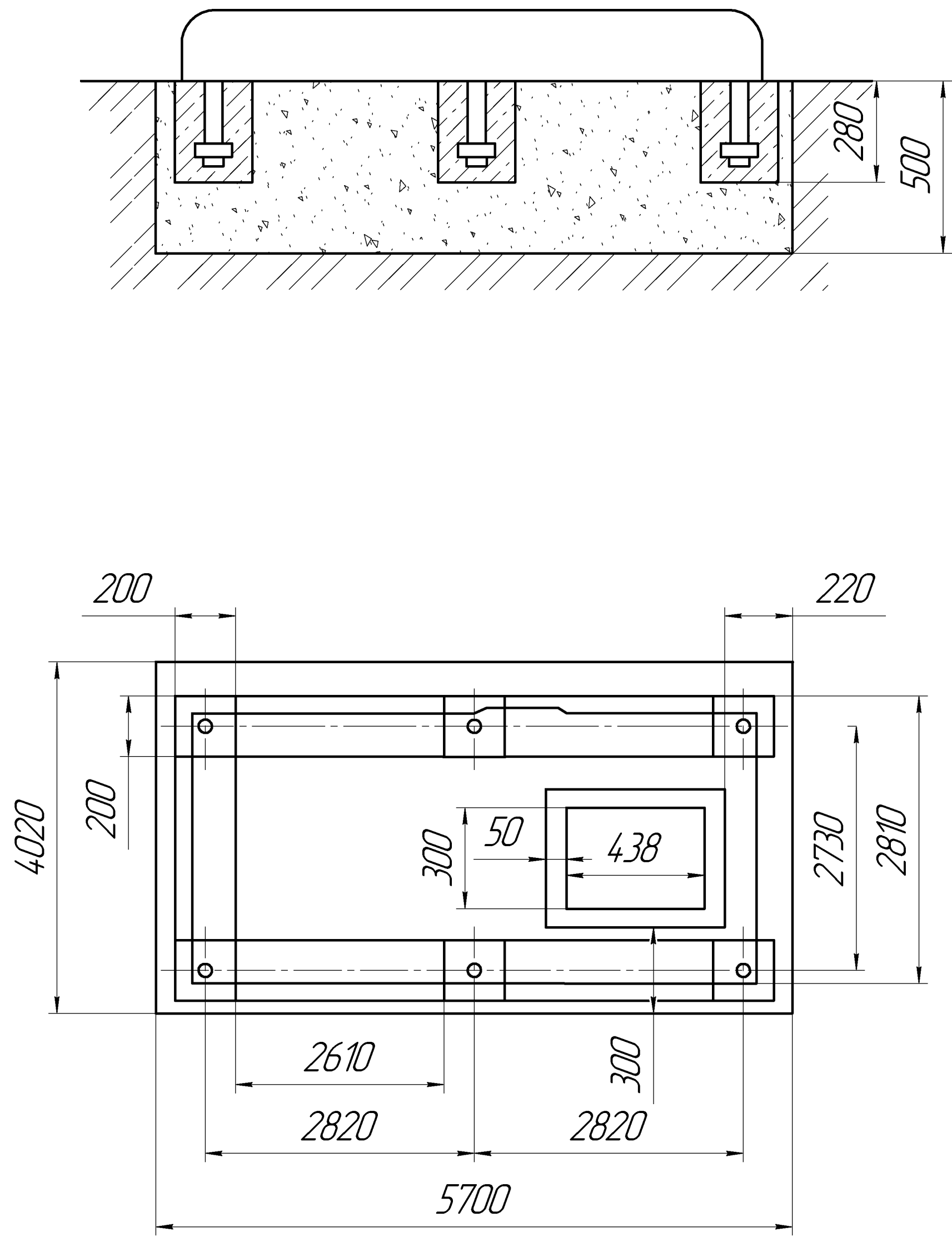
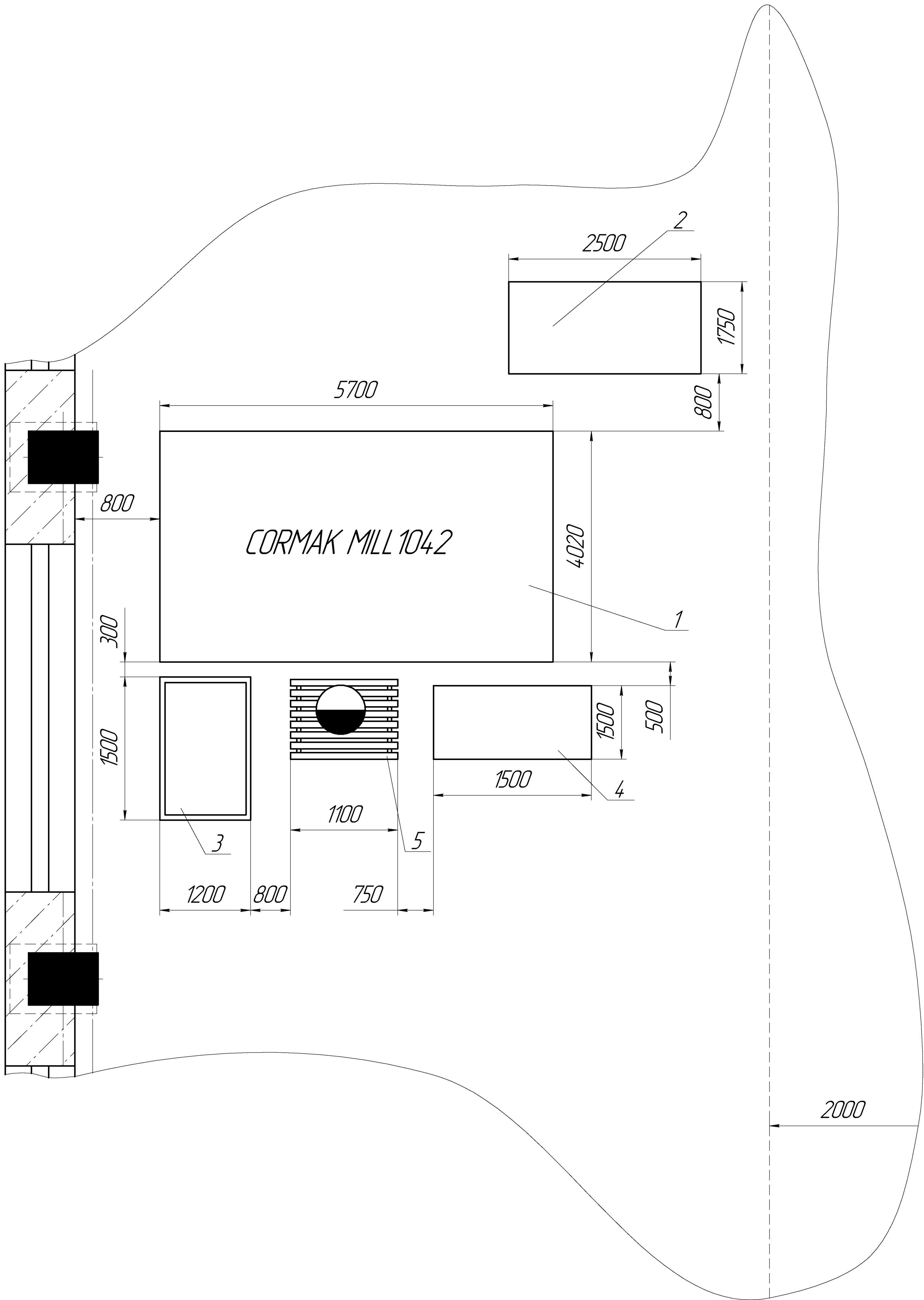
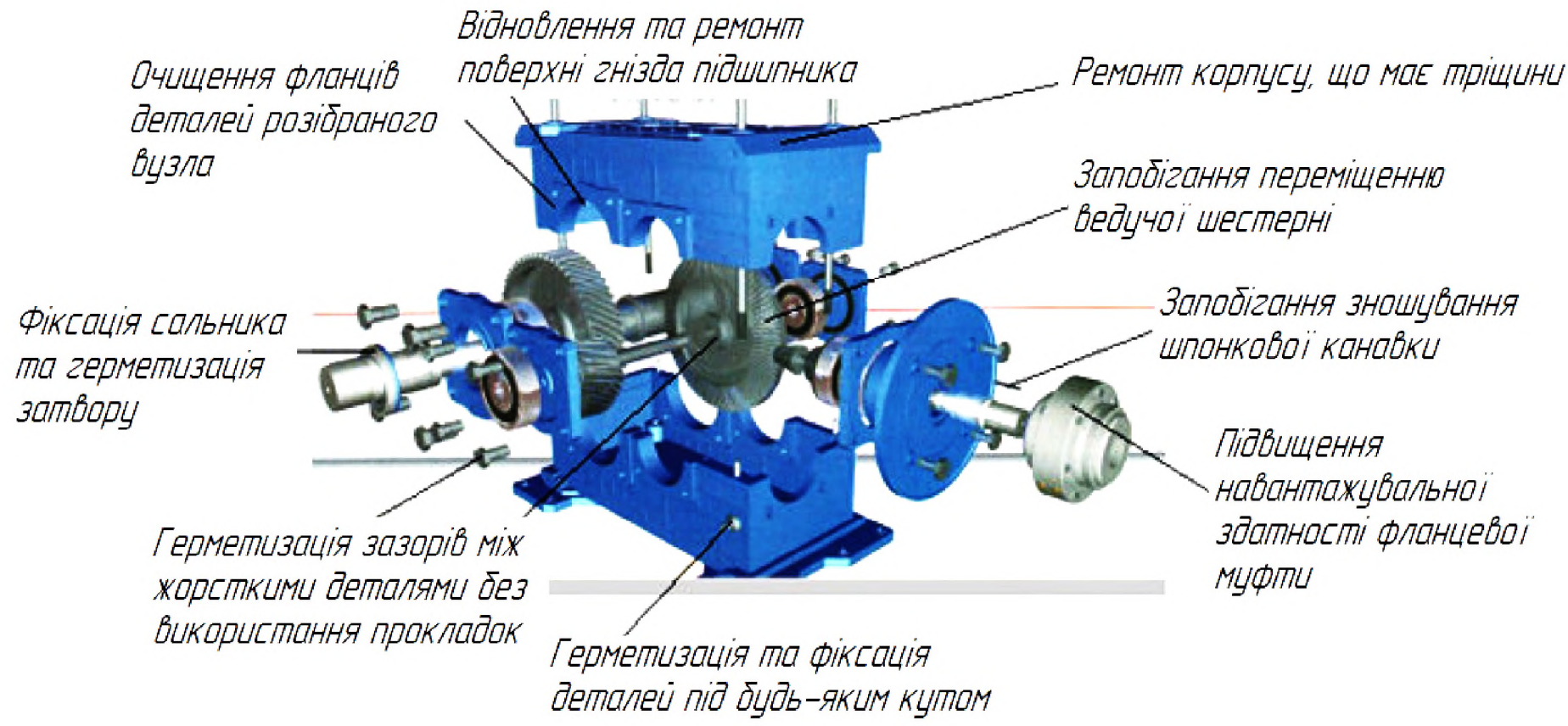


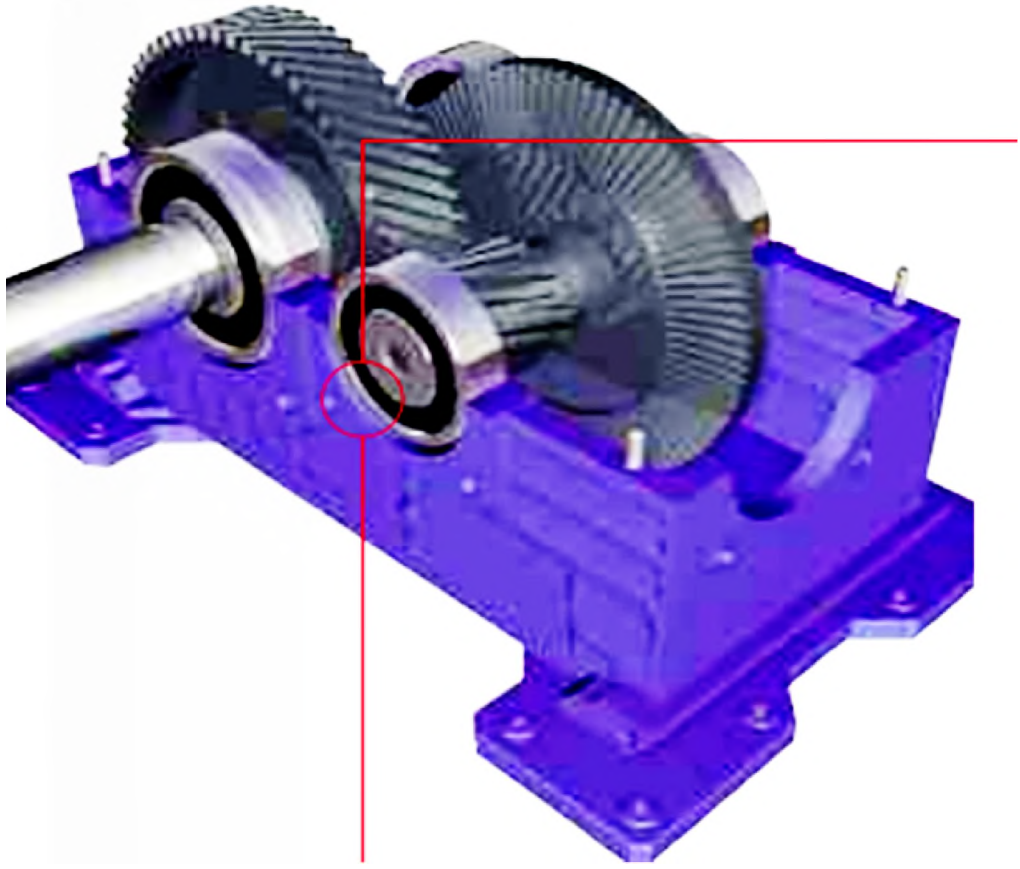
Схема фундаменту верстату CORMAK MILL 1042

КНУ.КМР.13124.1-18.РМО				Робоче місце оператора ЧПК		
Зм.	Лист	№ док.	Підпис	Дата	Лист	Маса
Розроб.	Швачка				Н	150
Керівник	Нецюв				Лист	Листів
Н.контр.	Нецюв				Кафедра ТМ	
Затв.	Рязанцев				гр. ПМ-24м	

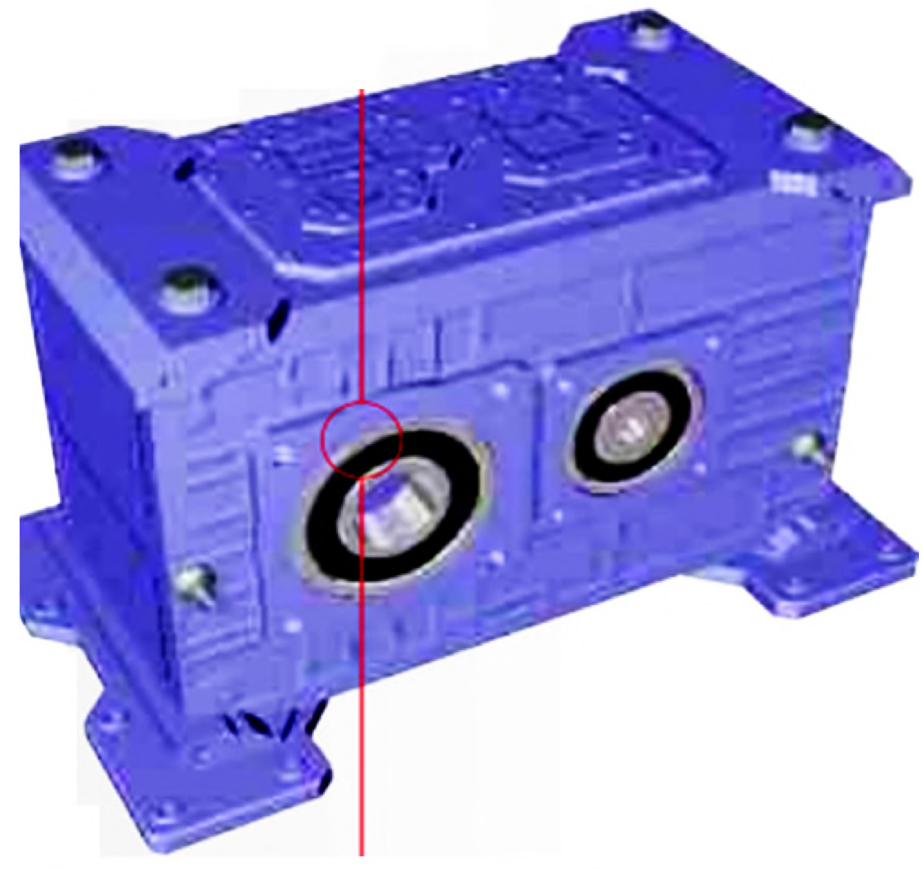
ТЕХНОЛОГІЯ РЕМОНТУ ПРОМИСЛОВИХ РЕДУКТОРІВ



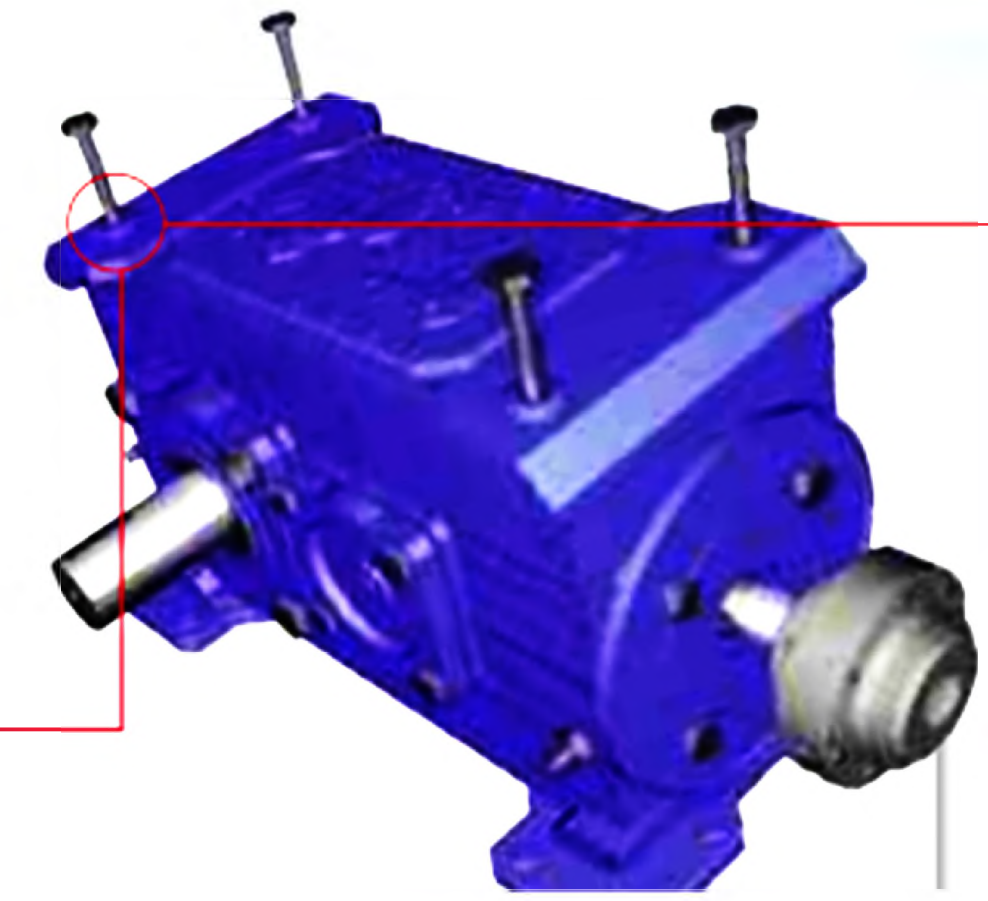
Характер ремонтних рішень промислового редуктора



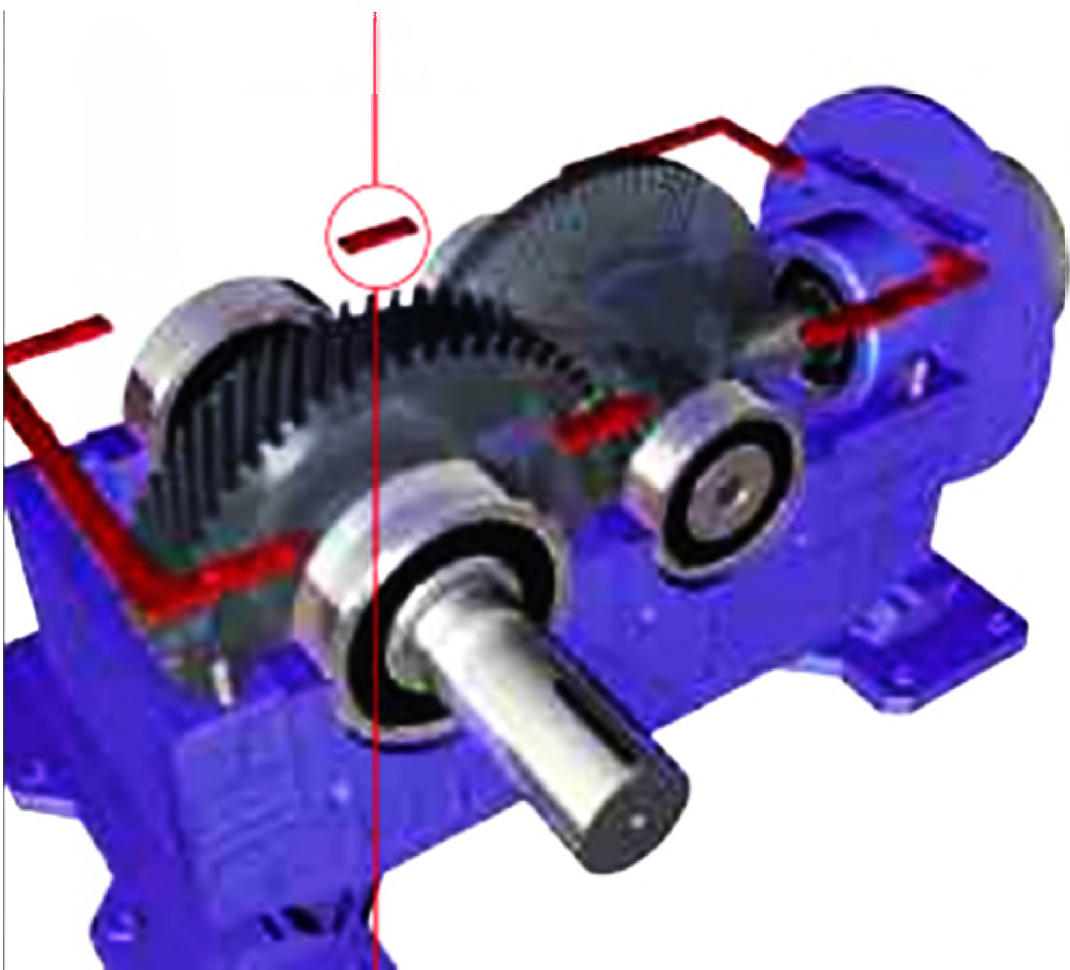
Запобігання провороту кілець підшипника



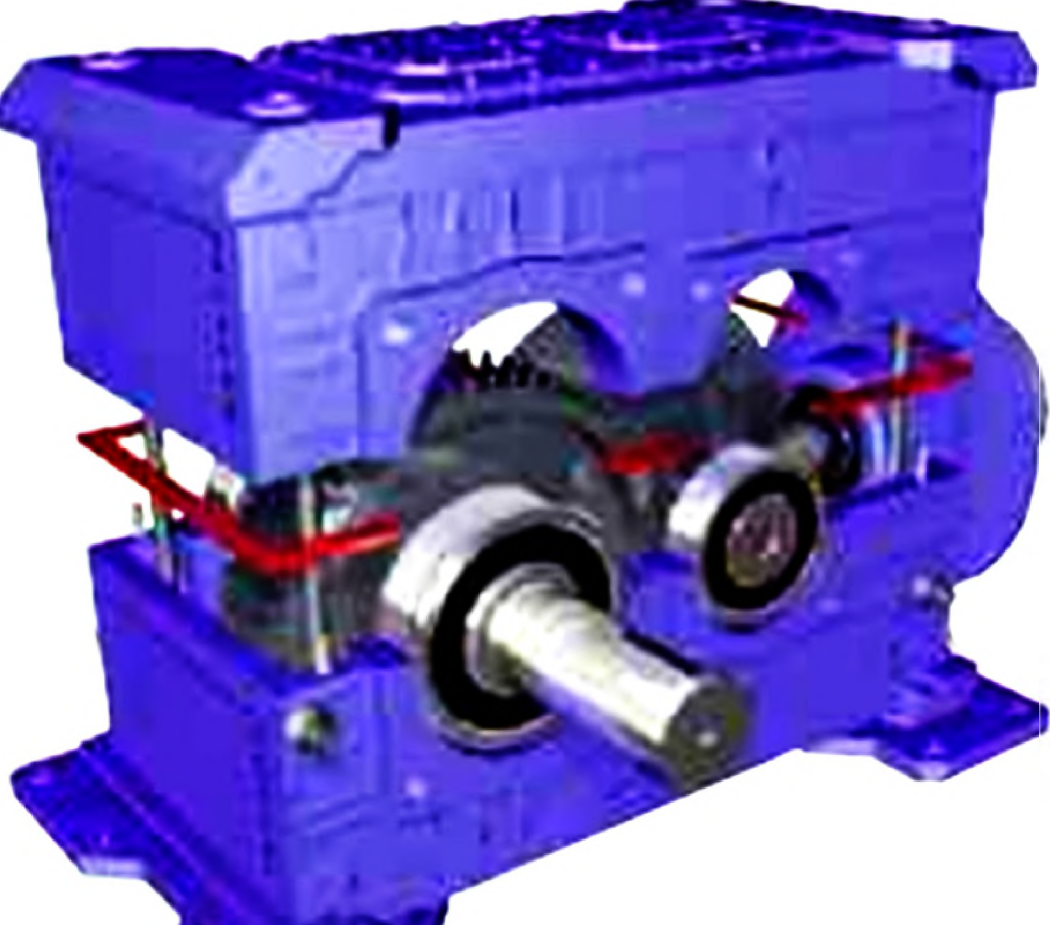
Ремонт і відновлення поверхні гнізда підшипника



Запобігання послаблення та корозії кріпильних деталей редуктора для забезпечення надійної герметизації зазору між корпусом і кришкою



а



б

Усунення пошкодження прокладки роз'ємного фланця редуктора: а – установка ремонтної прокладки; б – з'єднання корпусу і кришки

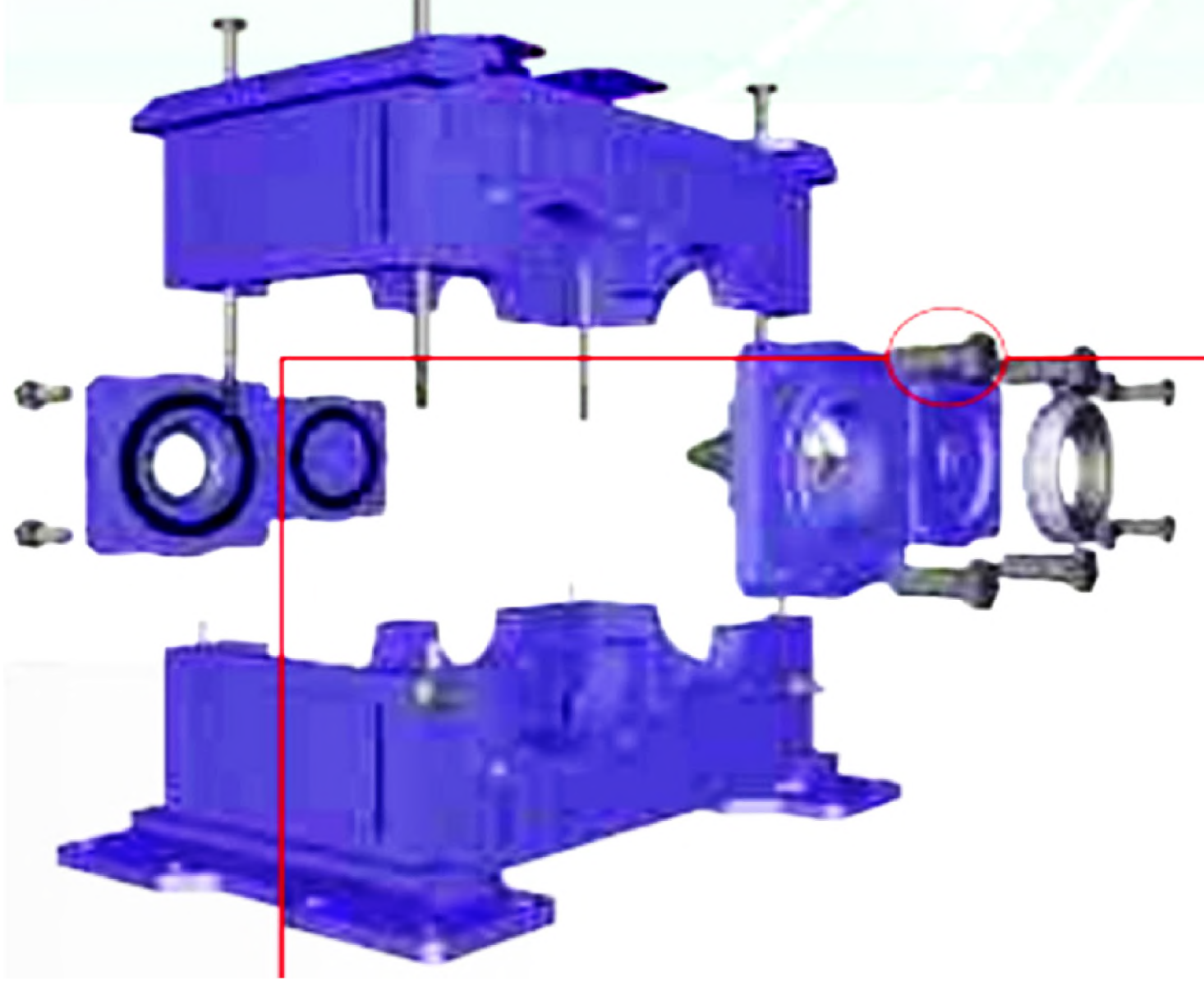


а



б

Відновлення з'єднань деталей, що насаджуються на вал: а – підшипників при зазорах до 0,05 мм; б – зубчастих коліс

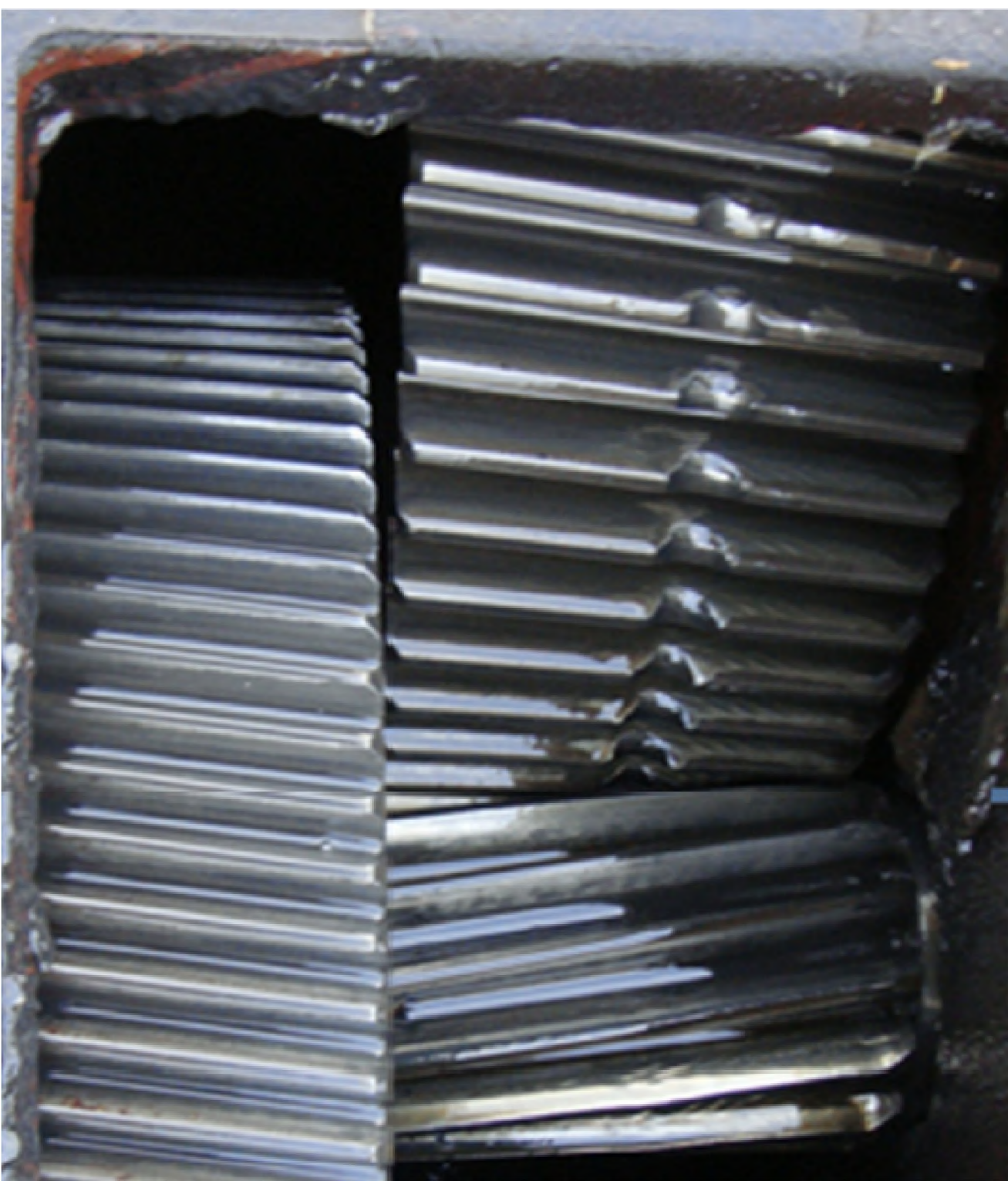


Усунення корозії та послаблення кріпильних болтів некорпусних деталей редукторів

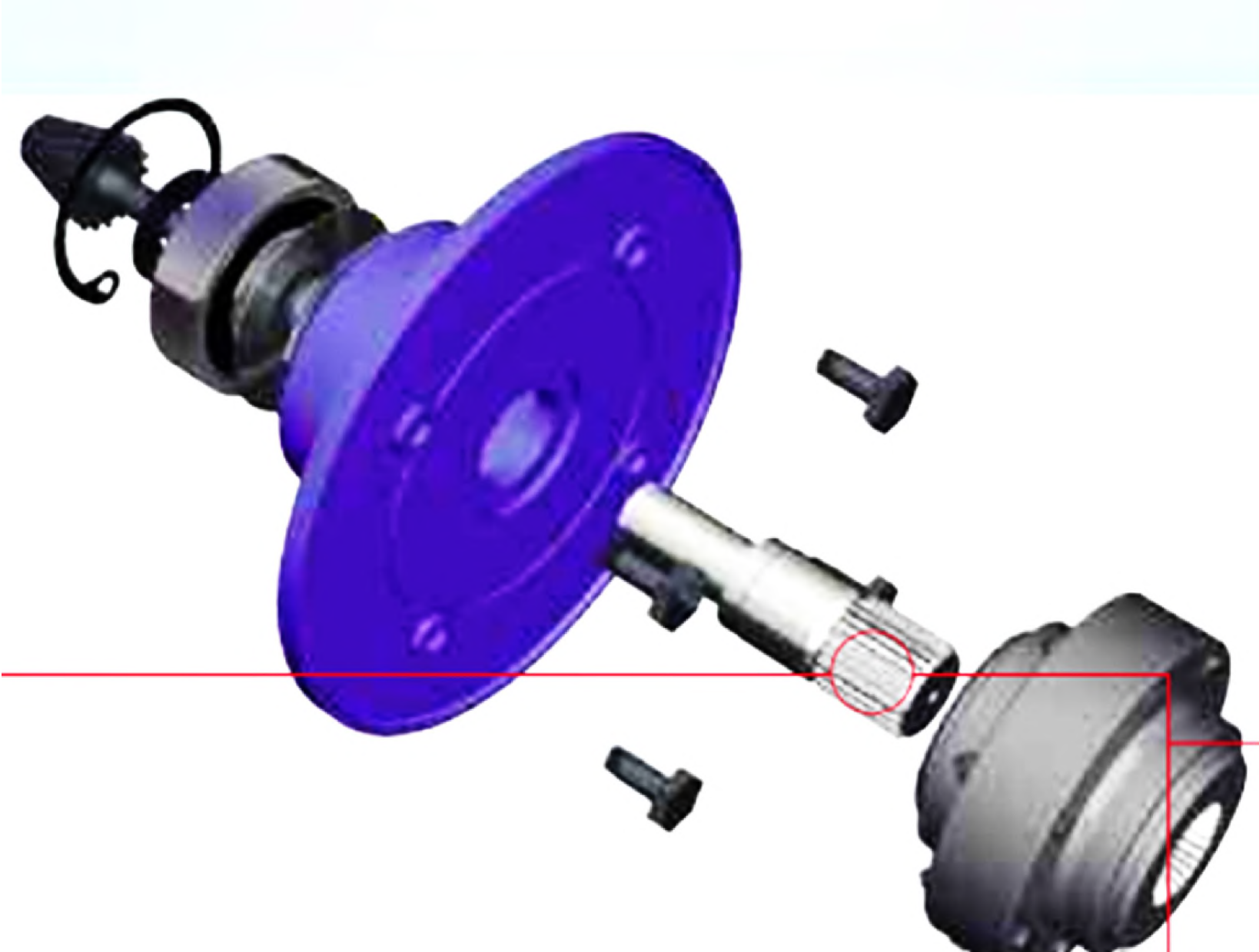


а

Руйнування зубів зубчастого колеса редуктора механізму переміщення мостового крана 15 т: а – загальний вигляд; б – руйнування зубів



б



Ремонт рухомих та нерухомих шліцьових з'єднань

КНУКМР.131.24.1-18.НДЧ				Науково-дослідна частина		
Зм. Лист	№ док.м.	Підпис	Дата	Лист	Маса	Масштаб
Розробив	Швачка			Н		
Керівник	Нечасів			Лист	Листів	1
Начальник	Нечасів			Кафедра ТМ		
Затв.	Рязанцев			гр. ПМ-24м		