

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

на тему: Конструкторсько-технологічна підготовка виробництва
деталі «Кришка редуктору механізму повороту екскаватора» з
використанням CAD/CAM -технологій

Виконав: здобувач групи ПМ-22
Кравчук В.Ю.

Керівник випускної роботи:
доцент, к.т.н., Цивінда Н.І.

Кривий Ріг
2026 р

Міністерство освіти і науки України
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ТРАНСПОРТУ
КАФЕДРА ТЕХНОЛОГІЇ МАШИНОБУДУВАННЯ

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ БАКАЛАВРСЬКОЇ РОБОТИ

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

на тему: Конструкторсько-технологічна підготовка виробництва
деталі «Кришка редуктору механізму повороту екскаватора» з
використанням CAD/CAM -технологій

Проектував ст.гр. ПМ-22

Владислав КРАВЧУК

Керівник роботи

Наталія ЦИВІНДА

Нормоконтроль

Василь НЕЧАЄВ

Завідувач кафедри

Антон РЯЗАНЦЕВ

м.Кривий Ріг
2026 р

Криворізький національний університет
Факультет механічної інженерії та транспорту
Кафедра: технології машинобудування
Освітній рівень: бакалавр
Спеціальність: 131 Прикладна механіка

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

(дата)

(підпис)

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну бакалаврську роботу

Здобувачу гр. ПМ-22 Владиславу Юрійовичу Кравчуку

1.Тема: Конструкторсько-технологічна підготовка виробництва деталі «Кришка редуктору механізму повороту екскаватора» з використанням CAD/CAM -технологій

Керівник проекту к.т.н., доц. Цивінда Н.І.

Тема затверджена наказом по КНУ № 130с від “ 04” 03 2026 р.

2. Термін подання студентом закінченого проекту 12 червня 2026 р.

3. Вихідні дані до проекту: 1. Креслення складального вузла.

2. Креслення деталі. 3. Типовий технологічний процес.

4. Річна програма випуску деталі.

4. Зміст пояснювальної записки:

1.ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА

2. МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ ОПЕРАЦІЙ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ САМ-системі FeatureCAM

3. КОНСТРУКТОРСЬКА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА

4. ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА

5. Перелік графічного матеріалу: 1. Креслення деталі. 2. Креслення заготовки 3. Креслення верстатно – інструментальних налагоджень.

4.Креслення верстатного оснащення 5.Креслення контрольного оснащення

6 Креслення механічного цеху

6. Календарний план:

Етап роботи	Термін виконання
1. ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА..... 1.1 Службове призначення виробу..... 1.2 Проектування технологічного процесу складання..... 1.3 Службове призначення деталі. Вибір матеріалу і варіантів заміни 1.4 Аналіз якості поверхонь деталі 1.5 Технічний контроль робочого креслення 1.6 Аналіз технологічності деталі 1.6.1 Якісний аналіз технологічності 1.6.2 Кількісний аналіз технологічності 1.7 Вибір діючого заводського чи типового технологічного процесу. Задачі проектування 1.8 Вибір, техніко-економічне обґрунтування та проектування заготовки 1.9 Вибір і обґрунтування баз 1.10 Розробка маршруту обробки деталі 1.11 Розробка технологічної операції 1.12 Розрахунок міжопераційних розмірів і припусків на обробку 1.13 Вибір режимів різання, нормування технологічних операцій	До 28.01 2026р.
2. МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ ОПЕРАЦІЙ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ САМ-системі FeatureCAM	02.02 2026р.- 20.05.2026р .
3 КОНСТРУКТОРСЬКА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА	з 31.03.2026р
4 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА 4.1 Техніко-економічне обґрунтування технологічної операції 4.2 Проектування механічного цеху 4.3 Охорона праці та ергономіка в механічному цеху	до 03.04 2026р.
Попередній захист	10 .06 2026р.

Дата видачі завдання: “08” 01 2026р.

Студент _____ / Кравчук В.Ю./

Керівник роботи _____ /Цивінда Н.І./

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<i>Перв. примен.</i>						
A4			KHЧ.КБР.131.26.1-15.PT3	Документація Пояснювальна записка Альбом технологічних карт		
<i>Справ. №</i>						
A2			KHЧ.КБР.131.26.1-15.PT	Редуктор повороту	1	
A0			KHЧ.КБР.131.26.1-15.KP	Креслення кришки редуктора	1	
			KHЧ.КБР.131.26.1-15.EO	Креслення ескізів операції	1	
			KHЧ.КБР.131.26.1-15.BIN	Креслення верстатно-	1	
A1				інструментального налагодження		
			KHЧ.КБР.131.26.1-15.KIT	Креслення контрольного пристосування	1	
A2						
			KKHЧ.КБР.131.26.1-15.BPT	Креслення верстатного пристосування	1	
A2						
			KHЧ.КБР.131.26.1-15.KB	Кришка(відливка)	1	
A1			KHЧ.КБР.131.26.1-15.CAM	Розробка керуючої програми	1	
<i>Подп. и дата</i>						
<i>Инф. № докл.</i>						
<i>Взам. инв. №</i>						
<i>Подп. и дата</i>						
<i>Инф. № подл.</i>						
KHЧ.КБР.131.26.1-15.BMKBP						
Изм./Лист				№ докум.		Подп.
Разраб.				Кравчук		
Пров.				Цибинда		
Н.контр.				Нечаев		
Утв.				Рязанцев		
Відомість матеріалів кваліфікаційної бакалаврської роботи				Лит. Лист Листов		
				[Н] 1 1		
				Каф.ТМ гр.ПМ-22		
Кришак				Формат А4		

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка с., рис., табл., креслень_____, літературних джерел.

Тема кваліфікаційної бакалаврської роботи: Конструкторсько-технологічна підготовка виробництва деталі «Кришка редуктора механізму повороту екскаватора» з використанням CAD/CAM-технологій.

Основний зміст роботи

- Об'єкт дослідження та актуальність: Поворотний редуктор є ключовим силовим вузлом екскаватора, який забезпечує його функціонування. У пояснювальній записці детально проаналізовано службове призначення як самого екскаватора, так і його поворотного механізму. Також проведено комплексний аналіз конструкції кришки редуктора на технологічність.

- Технологічна частина: У роботі здійснено перехід від типового (базового) технологічного процесу до удосконаленого. Впровадження модернізованих методів дозволило суттєво оптимізувати виробництво, зокрема скоротити час механічної обробки деталі та зменшити загальну тривалість технологічної підготовки виробництва.

- Конструкторська частина: Виконано проєктування спеціалізованого верстатного та контрольного оснащення. Розраховано точність і надійність розроблених пристроїв, що гарантує дотримання заданих технічних вимог під час обробки та фінішного контролю деталі.

- Автоматизація (CAD/CAM): Розробку керуючої програми для формоутворення та механічної обробки кришки редуктора реалізовано із застосуванням сучасних цифрових CAD/CAM-технологій: Solid та Feature CAM, що забезпечує високу точність та інтенсифікацію виробництва.

- Організаційно-економічна частина обґрунтувала вибір обладнання з ЧПК для обробки кришки редуктора економічними розрахунками та заходи по охороні праці при ремонті редуктора і установці кришки в редукторі.

ЕКСКАВАТОР, РЕДУКТОР ПОВОРОТУ, КРИШКА РЕДУКТОРА, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, ЗАГОТОВКА, ПРИСТРІЙ, CAD/CAM-ТЕХНОЛОГІЇ, ЕКОЛОГІЯ, СОБІВАРТІСТЬ, ЕФЕКТИВНІСТЬ, ЯКІСТЬ.

ABSTRACT

Subject of the qualification bachelor's thesis: «Design and manufacturing engineering for the “Excavator Slewing Gearbox Cover” part using CAD/CAM technologies» Main content of the work.

- Object of research and relevance: The slewing gear is a key power unit of the excavator, which ensures its functioning. The explanatory note analyzes in detail the service purpose of both the excavator itself and its slewing mechanism. A comprehensive analysis of the design of the gearbox cover for manufacturability was also carried out.

- Technological part: The work made a transition from a typical (basic) technological process to an improved one. The introduction of modernized methods allowed to significantly optimize production, in particular to reduce the time of machining the part and reduce the total duration of technological preparation of production.

- Design part: Specialized machine tool and control equipment was designed. The accuracy and reliability of the developed devices were calculated, which guarantees compliance with the specified technical requirements during processing and final inspection of the part.

- Automation (CAD/CAM): The development of a control program for shaping and machining the gearbox cover was implemented using modern digital CAD/CAM technologies: Solid and Feature CAM, which ensures high accuracy and intensification of production.

- The organizational and economic part justified the choice of CNC equipment for machining the gearbox cover with economic calculations and labor protection measures during gearbox repair and installation of the cover in the gearbox.

EXCAVATOR, SWING GEAR, GEAR COVER, TECHNOLOGICAL PROCESS,
BLANKET, DEVICE, CAD/CAM TECHNOLOGIES, ECOLOGY, COST,
EFFICIENCY, QUALITY.

ЗМІСТ

Вступ.....	
1. ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА.....	
1.1 Службове призначення виробу.....	
1.2 Проектування технологічного процесу складання.....	
1.3 Службове призначення деталі. Вибір матеріалу і варіантів заміни.....	
1.4 Аналіз якості поверхонь деталі.....	
1.5 Технічний контроль робочого креслення.....	
1.6 Аналіз технологічності деталі.....	
1.6.1 Якісний аналіз технологічності.....	
1.6.2 Кількісний аналіз технологічності.....	
1.7 Вибір діючого заводського чи типового технологічного процесу. Задачі проектування.....	
1.8 Вибір, техніко-економічне обґрунтування та проектування Заготовки.....	
1.9 Вибір і обґрунтування баз.....	
1.10 Розробка маршруту обробки деталі.....	
1.11 Розробка технологічної операції.....	
1.12 Розрахунок міжопераційних розмірів і припусків на обробку.....	
1.13 Вибір режимів різання, нормування технологічних операцій.....	
2. МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ ОПЕРАЦІЙ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ САМ-системі FeatureCAM.....	
3. КОНСТРУКТОРСЬКА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА	
4. ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА.....	
4.1 Техніко-економічне обґрунтування технологічної операції.....	
4.2 Проектування механічного цеху.....	
4.3 Охорона праці та ергономіка в механічному цеху.....	
Висновки	
Список використаних джерел.....	
Додатки.....	

					КНУ.КБР.131.26.1-15.3			
Змін	Аркв	№	Підпис	Дат				
Розроб.	Кравчук							
Перевір.	Цивінда							
Н. контр.	Нечаєв							
Затверд.	Рязанцев							
					Літ.		Арк.	Арквшів
					ЗМІСТ			
					Кафедра ТМ зп ПМ-23ск			

ВСТУП

Гірничодобувні підрозділи промислових підприємств експлуатують Актуальність теми. значну кількість складного спеціалізованого обладнання, зокрема кар'єрних екскаваторів, підтримання експлуатаційної надійності якого вимагає безперервного технічного обслуговування та своєчасного проведення ремонтних робіт. Для гірничо-металургійного комплексу України ефективна організація ремонтного виробництва є критично важливою умовою забезпечення стабільності та безперебійності основних технологічних процесів.

Сучасна наукова організація праці спрямована на пошук оптимальних стратегій технічного обслуговування та ремонту (ТОР). Це дозволяє мінімізувати тривалість простоїв устаткування з одночасним підвищенням якості відновлювальних робіт та раціональним використанням наявних ресурсів підприємства. Головним завданням цехових ремонтних служб є гарантування надійної та безпечної роботи закріпленого за ними обладнання.

На підприємствах галузі широко застосовується децентралізована система ремонту, яка передбачає планування та виконання всіх видів відновлювальних робіт силами спеціалізованих дільниць, що безпосередньо підпорядковані технологічним цехам. Організаційну структуру такої служби в межах підрозділу очолює механік цеху. До її складу входять інженерно-технічні працівники, бригади слюсарів-ремонтників та ремонтно-механічні майстерні. Цехова служба перебуває у штатному підпорядкуванні начальника цеху, тоді як відділ головного механіка підприємства здійснює загальне функціональне та методичне керівництво.

Разом з тим, у випадках неможливості або економічної недоцільності відновлення зношених деталей, а також за наявності власної машинобудівної бази, виникає потреба у виготовленні нових компонентів. Одним із пріоритетних завдань сучасного машинобудування є розробка високоефективних технологічних процесів виробництва запасних частин із впровадженням прогресивних CAD/CAM-технологій, що безпосередньо підвищує конкурентоспроможність продукції та знижує її собівартість.

Мета та спрямованість роботи. Дана бакалаврська випускна робота орієнтована на генеральні напрями науково-технічного прогресу в машинобудуванні, зокрема на розробку ресурсозберігаючих технологій, підвищення якості виробів та комплексну автоматизацію проектування й виробництва.

Реалізація поставленої мети здійснюється шляхом:

					КНУ.КБР.131.26.1-15.В			
Змін	Аркв	№	Підпис	Дат				
Розроб.	Кравчук							
Перевір.	Цивінда							
Н. контр.	Нечаєв							
Затверд.	Рязанцев							
					Літ.		Арк.	Арквшів
					Кафедра ТМ зв ПМ-23ск			

- обґрунтування та вибору раціонального методу отримання заготовки;
- проєктування ефективного технологічного процесу механічної обробки;
- застосування сучасного високопродуктивного обладнання та інструменту;
- розрахунку прогресивних та оптимальних режимів різання;
- побудови правильної послідовності технологічних, термічних і контрольних операцій.

При виконанні роботи прийняття ключових проєктно-технологічних рішень щодо вибору методів обробки, обладнання та оснащення здійснюється на основі детальних техніко-економічних розрахунків. Такий підхід дає змогу запропонувати найбільш раціональний, ефективний та економічно виправданий варіант модернізації виробництва.

					КНУ.КБР.131.26.1-15.В	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

1 ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА

1.1 Службове призначення виробу

Кар'єрний повноповоротний електричний одноковшовий екскаватор ЕКГ-8І на малоопорному гусеничному ході (тип «пряма лопата») призначений для екскавації та завантаження у транспортні засоби корисних копалин або розкривних порід під час ведення відкритих гірничих робіт. (рис.1.1).



Рисунок 1.1 – ЕКГ-8І в роботі

Стабільна та надійна робота екскаватора (рис.1.2) гарантується за дотримання таких кліматичних та гірничо-геологічних умов:

Температурний режим: коливання температури навколишнього повітря в межах від -40°C до $+40^{\circ}\text{C}$;

Висота над рівнем моря: не більше 1000 м;

Вологість повітря: середньомісячна відносна вологість у найбільш теплий і вологий двомісячний період року — не більше 80% за температури $+20^{\circ}\text{C}$; граничне значення відносної вологості — до $95 \pm 3\%$ за температури $+25^{\circ}\text{C}$;

Характеристика середовища: робоча зона має бути вибухобезпечною;

Параметри міцності порід: розробка масивів III, IV і V категорій міцності повинна здійснюватися з попереднім розпушуванням вибуховим способом, що забезпечує безперешкодне заповнення ковша. При цьому середньозважений розмір шматка породи в поперечнику не повинен

					КНУ.КБР.131.26.1-15.01.ТПВ			
Змін	Аркв	№	Підпис	Дат	ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА			
Розроб.	Кравчук							
Перевір.	Цивінда							
Н. контр.	Нечаєв							
Затверд.	Рязанцев							
					Літ.	Арк.	Арквшів	
							Кафедра ТМ зп ПМ-23ск	

перевищувати 300 мм. Вихід негабаритної фракції (розмір якої перевищує 0,8 від найменшого габариту відкритого ковша) обмежується 0,7%;

Геометрія майданчика: поздовжній та поперечний нахили робочого майданчика екскаватора не повинні перевищувати 2°;

Енергозабезпечення: відхилення напруги живлення, що підводиться до машини, допускаються в діапазоні від -5% до +10%.

Конструктивно екскаватор ЕКГ-8І складається з трьох основних частин: робочого обладнання, поворотної платформи із розташованими на ній агрегатами, та ходового гусеничного візка.

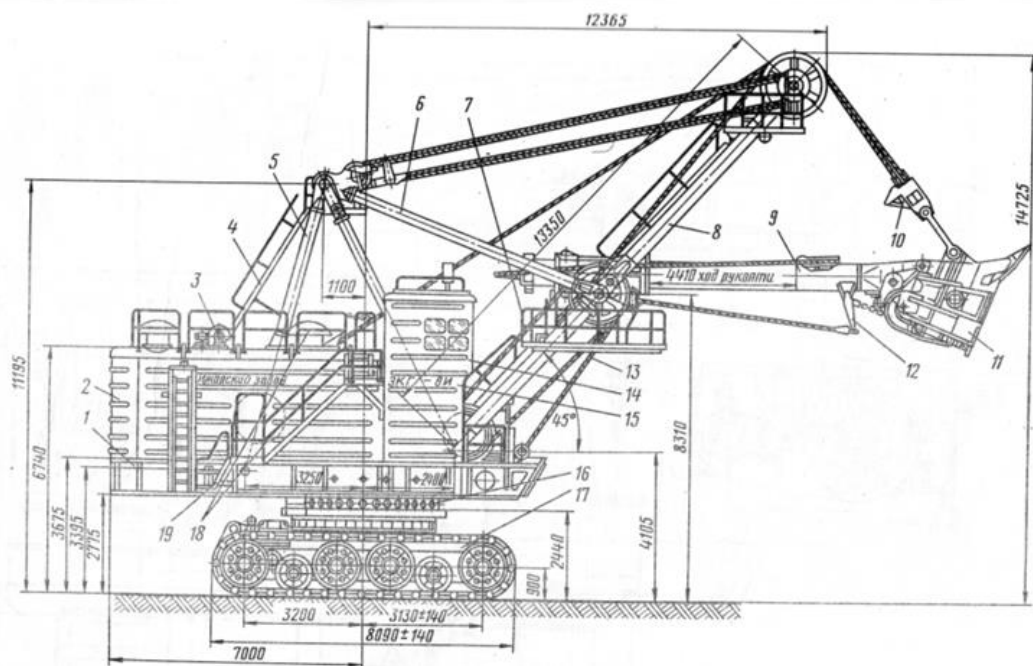


Рисунок 1.2 - Загальний вигляд екскаватора ЕКГ-8І:

- 1 - платформа поворотна; 2 - кузов; 3 - установка допоміжної лебідки; 4 - сходи, майданчик двоногій стійки; 5 - двонога стійка; 6 - підвіски стріли; 7 - сходи майданчика на стрілі; 8 - стріла; 9 - рукоять; 10 - підвіски ковша; 11 - ківш місткістю 8 м³; 12 - механізм відкривання днища ковша; 13 - канат; 14 - кабіна машиніста; 15 - установка марки екскаватора; 16 - коло роликів; 17 - ходовий візок; 18 - огорожі; 19 - сходи вхідні.

Таблиця 1.1- Основні параметри екскаватора

Найменування параметрів	ЕКГ-8І
Ємкість ковша, м³	8
Основного	6,3 и 10
Змінного	
Розрахункова тривалість робочого циклу, сек.	26

Редуктор механізму повороту є двоступінчастим циліндричним редуктором вертикального типу. Ведуча шестірня першого ступеня встановлена безпосередньо на валу електродвигуна і зафіксована гайкою, яка стопориться відгинальною шайбою.

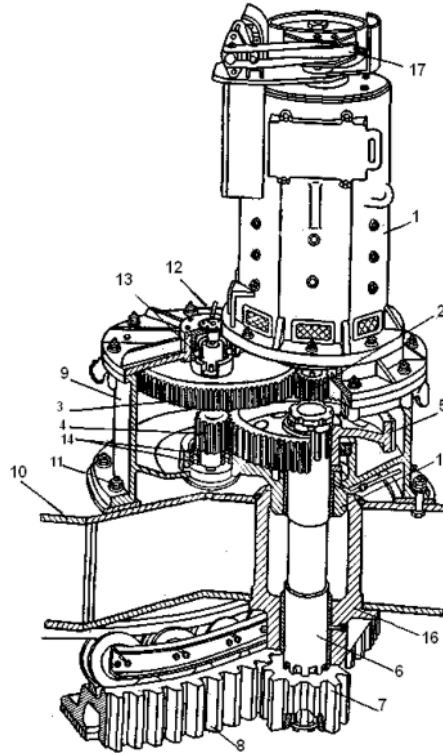


Рисунок 1.4 – Механізм повороту екскаватора ЕКГ-8І:

1 – каркас гальма; 2 – осі; 3 - важелі; 4 – валики; 5 – зубчате колесо; 6 – вертикальний вал; 7 – шестерня; 8 - зубчастий вінець; 9 – масляна ванна; 10 – поворотна платформа; 11 – болти; 12 – кришка редуктора; 13,14 – шарикопідшипники; 15 – стакан; 16 – поворотна платформа; 17 – гальмо поворотного механізму.

Таблиця 1.2 - Виявлення вузлів та їх базових деталей

№ з/п переходу розбирання вузла	Ключове слово переходу розбирання	Деталі, що знімаються чи залишається при розбиранні, та їх кількість	Вузли, що знімаються чи залишаються при розбиранні, та їх кількість
А Загальне розбирання виробу – редуктор повороту			
1	Відгвинтити і зняти	Болт 7 (4 шт.), шайбу 31 (4 шт.) Кришка підшипника 4	
2	Відгвинтити і зняти	Болт 13 (8 шт.), шайбу 32 (8 шт.), Кришка редуктора 1	Вал ведучий у зборі, вал ведений у зборі
3	Відгвинтити і зняти	Болт 6 (4 шт.), шайбу 30 (4 шт.)	Кришка у зборі
4	Зняти	Втулка упорна	
5	Відгвинтити і зняти	Болт 16 (4 шт.), шайбу 33 (4 шт.), кришка гвинтова 15, колесо зубчасте 14	
6	Відгвинтити і зняти	Болт 18 (4 шт.), шайбу 34 (4 шт.),	Кришка у зборі
7	Зняти Залишилось	Вал шестерня 25, підшипник 22, втулка 24, кільце упорне 23, стакан 26 Корпус редуктора 1	
Розбирання вала ведучого у зборі			
1	Згвинтити, зняти Залишилась	Гайка (1 шт.) Шестерня 12, шпонка 19 базова деталь - вал ведучий 11	
Розбирання вала веденого у зборі			
1	Випресувати Залишилось	Підшипник 20, 21, кільце зубчасте 9, шпонка 10. Вал проміжний 8	
Розбирання кришки у зборі			
1	Зняти Залишилось	Манжета 27 (1 шт.) Кришка підшипника 2	
Розбирання кришки у зборі			
1	Зняти Залишилось	Манжета 28 (1 шт.) Кришка наскрізна 17	

За таблицею 1.3 яка представляє собою розбирання даного вузла розроблюємо структуру виробу у вигляді таблиці у якій буде приведена інформація про наявні вузли , характеристику вузлів, та наявні деталі в даному вузлі - редуктор механізму повороту.

Таблиця 1.3 - Структура виробу (редуктор повороту)

№ з/п	Найменування і позначення вузла	Структурні елементи виробу (найменування, позначення і кількість)		
		Базовий елемент	Вузли і їх порядок	Деталі
1	2	3	4	5
1	Редуктор повороту	Корпус редуктора	Вузли 1-го порядку: 1. Вал 11 у зборі 2. Вал 8 у зборі 3. Кришка 2 у зборі 4. Кришка 17 у зборі	Болт 7 (4 шт.), шайбу 31 (4 шт.) Кришка підшипника 4 Болт 13 (8 шт.), шайбу 32 (8 шт.),
2	Вал 11 у зборі	Вал ведучий 11		Гайка (1шт.) Шестерня 12, шпонка 19
3	Вал 8 у зборі	Вал проміжний 8		Підшипник 20, 21, кільце зубчасте 9, шпонка 10.
4	Кришка 2 у зборі	Кришка підшипника 2		Манжета 27 (1 шт)
5	Кришка 17 у зборі	Кришка наскрізна 17		Манжета 28 (1 шт)

Проаналізувавши всі види з'єднань у механізмі редуктор повороту визначимо їх види і характеристики та дані занесемо до таблиці 1.4 вибравши декілька найхарактерніших видів з'єднань.

Таблиця 1.4 - Характеристика з'єднань

№ з/п	Деталі, що входять в з'єднання	Характеристика з'єднань
1	2	3
1	Болт 7 та кришка редуктора 1	Роз'ємне ,нерухоме, гвинтове ,різьбове з'єднання
2	Кришка 4 та корпус 1	Роз'ємне, рухоме, комбіноване, фланцеве
3	Шестерня 12 та вал 11	Роз'ємне, нерухоме, конічне, шпоночне.

1	2	3
4	Колесо 9 та вал 8	Роз'ємне,нерухоме,циліндричне,шпоночне
5	Підшипник 20 та вал 8	Роз'ємне,нерухоме,циліндричне,пресоване
6	Кришка 2 та манжета 27	Роз'ємне,нерухоме,циліндричне,контактне

Приведемо технологічний процес складання в таблиці 1.5.

Таблиця 1.5- Технологічний процес складання

№ операції	1. Найменування операції 2. Найменування переходу	Пристосування	T_{on} , хв
005	1. Підготовка деталей до окрашування		
	2.1. Очистити деталі від стружки, іржі, бруду і зняти напливи і виступи в необроблених місцях	Стіл	2
	2.2. Промити в керосині весь комплект деталей (підшипники в бензині) і продути повітрям	Ванна	1,64
010	1. Окрашування деталей		
	2.1. Ґрунтувати і окрасити зовнішню поверхню сірою емаллю	Стіл	1,5
	2.2. Висушити окрашені поверхні в спеціальних камерах за допомогою електроламп інфрачервоних променів	Спеціальні камери	40
015	1. Складання валу 34		
	2.1. Зняти у деталей заусенці й притупити гострі кромки	Стіл	0,54
	2.2. Розігріти в електричній масляній ванні копідшипник 35 до 90°	Ванна	20
	2.3. Насадити на шийку вала шарикопідшипник 35 до упору	Стіл	0,12
020	1. Складання валу 8		
	2.1 Надіти пружину 47 разом з манжетою 47	Стіл	0,15
	2.2 Вставити кришку 5	Стіл	0,1
	2.3 Надіти стакан 2 до упору	Стіл	0,12

1	2	3	4
	2.4 Розігріти в електричній масляній ванні підшипник 6 до 90°	Ванна	0,2
	2.5 Насадити на шийку вала підшипник 6 до упору в стакан	Стіл	0,15
	2.6 Надіти трубу 9 до упору в підшипник 6	Стіл	0,12

025	1. Складання стакану 11		
	2.1 Надіти кришку 10	Стіл	0,12
	2.2 Розігріти в електричній масляній ванні підшипник 12 до 90°	Ванна	0,2
	2.3 Насадити підшипник 12	Стіл	0,15
030	1. Складання зубчатого колеса		
	2.1 Вставити кришку 20 і загвинтити її гвинтами 17. Пригвинчувати нахрест з попередньою затяжкою.	Стіл	0,6
035	1. Складання редуктору		
	2.1. Очистити внутрішню поверхню корпусу від сторонніх предметів, протерти сухою ганчіркою		
	2.2 Надіти кільце 37 розпірне в корпус 33	Стіл	0,15
	2.3 Надіти кришку 38 і за допомогою шайб 42 і болтів 41 пригвинтити її до корпусу	Стіл	0,2
	2.4 Пригвинтити стакан 45 до корпусу редуктора 33 болтами 43. Пригвинчувати нахрест з попередньою затяжкою.	Стіл	0,25
	2.5 Вставити масльонку 7 в стакан 45	Стіл	0,12
	2.6Надягти кожух 1 і закріпити його за допомогою шайб стопорних 4 і болтів 3	Стіл	0,16
	2.7 Вставити масльонку 14 в корпус редуктора 33	Стіл	0,12
	2.8 Вставити лабіринтне ущільнення 15, надягти ленту 16 і закріпити гвинтом 39	Стіл	0,2
	2.9 Запресувати шпонку 48 в вал 34	Стіл	0,2
	2.10 Насадити шестерню на вал 34	Стіл	0,2
	2.11 Розігріти в електричній масляній ванні підшипник 35 до 90°	Ванна	0,2

					КНУ.КБР.131.26.1-15.01.ТПВ	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

1	2	3	4
	2.12 Насадити підшипник 35 на вал 34	Стіл	0,21
	2.13 Надіти прокладку 30 і вставити кришку 29	Стіл	0,15
	2.14 Загвинтити кришку 29 болтами 31. Пригвинчувати навхрест з попередньою затяжкою	Стіл	0,16

	2.15 Вставити кільце 28. Надіти кришку 50 і закріпити її болтами 26	Стіл	0,2
025	1. Обкатка редуктора повороту		
	2.1. Встановити редуктор на стенд	Стенд	5
	2.2. Обкатати редуктор в холосту регулюючи частоту оберту від мінімальної до максимальної на протязі 30 хв. Після цього почати подачу масла на протязі 30 хв. Під час обкатки не повинно бути нерівномірного шуму, витікання масла і надмірного нагрівання підшипників	– – –	60
Загальний час на складальні операції			135,23

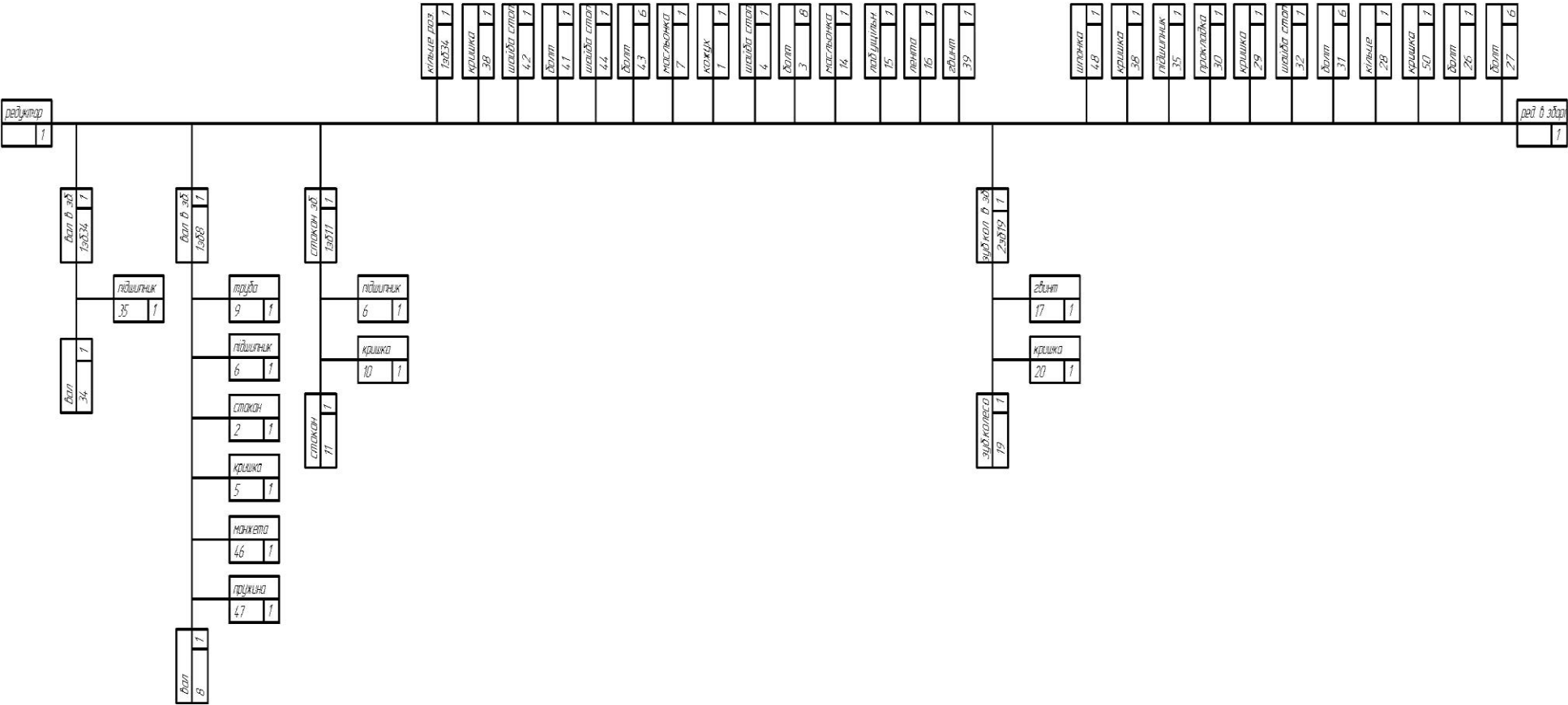


Рисунок 1.6- Схема складання редуктору механізму повороту

1.3 Службове призначення деталі. Вибір матеріалу і варіантів заміни

Деталь кришка редуктора механізму повороту екскаватора відноситься до корпусних деталей.

Корпусні деталі призначенні для вірного відносного розташування деталі у просторі і забезпечення точності розташування впродовж тривалого часу [6].

Враховуючи технічні вимоги по термічній обробці навантаження, які сприймає деталь в процесі роботи, вибираємо матеріал деталі сталь 35Л, але передбачаємо матеріал заміни – сталь 40Л ДСТУ 8781:2018 [7].

Хімічний склад сталі 35Л та 40Л приводимо у таблиці 1.6, механічні властивості: сталі 35Л – у таблиці 1.7, сталі 40Л – у таблиці 1.8.

Таблиця 1.6 – Хімічний склад сталі 35Л, 40Л(%) ДСТУ 8781:2018

стал ь	C	Mn	Si	Cr	Ni	Cu	S	P
				не більш				
35Л	0.32-0.40	0.04-0.90	0.20-0.52	0.30	0.30	0.30	0.045	0.04
40Л	0.37-0.45	0.40-0.90	0.20-0.52	0.30	0.30	0.30	0.045	0.04

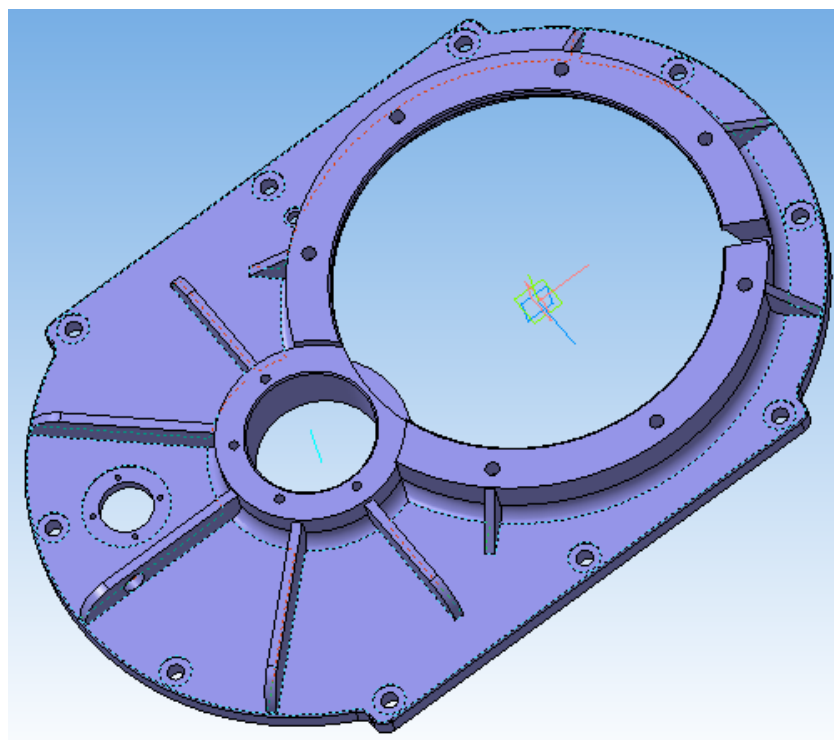


Рисунок 1.7- 3D модель кришки редуктору

Таблиця 1.7 – Механічні властивості сталі 35Л ДСТУ8781:2018

Режим термообробки	Переріз, мм	$\zeta_{0.2}$	ζ_B	δ	ψ	КСУ, Дж/см ²	НВ (HRC _e)
		Мпа		%			
		не менше					
Нормалізація 860-880°C Відпуск 600-630°C	90 100	280	500	15	25	35	—
Закалка 860-880°C Відпуск 600-630°C	90 100	350	550	16	20	30	—
Відпалювання 850°C піч	30	255	530	19	34	49	146
Відпалювання 950°C піч				22	39	64	143

Таблиця 1.8 – Механічні властивості сталі 40Л ДСТУ8781:2018в перерізах до 100 мм

Режим термообробки	Переріз, мм	ζ _{0.2}	ζ _в	δ	ψ	КСУ, Дж/см ²
		Мпа		%		
		не менше				
Нормалізація 860-880°C Відпуск 600-630°C	90 100	300	530	14	25	29
Гартування 860-880°C Відпуск 600-630°C	90 100	350	550	14	20	29

Після заготовчої операції деталь підвергається старінню. Старіння підвищує міцність, твердість та різко знижує ударну в'язкість.

1.4 Аналіз якості поверхонь деталі

Проаналізуємо вимоги до точності, шорсткості та відхилень поверхонь і представимо у таблиці 1.8 [8]

Таблиця 1.8 – Аналіз точності

№ пов	Номінальний розмір мм	Квалітет ST	Допуск Т чи відхилення розміру	Шорсткість Ra	Відхилення форми і розташування поверхонь
1	105	14	0.87мм	3.2	- відхилення форми від площі не більш 0.3
2	105	14	0.87мм	3.2	

1	2	3	4	5	6
3	95	14	0.87мм	6.3	
4	Ø190	H8	ES=+72мкм EI=0мкм	1.6	
5	Ø570	H9	ES=+175мкм EI=0мкм	3.2	
6	3×45°	14	0.3мм	12.5	
7	3×45°	14	0.3мм	12.5	
8	55	14	0.74мкм	12.5	
9	Ø25	11	30мкм	3.2	- позиційний допуск
10	Ø48	14	0.62мм	12.5	
11	Ø26	14	0.52	12.5	- позиційний допуск
12	Ø48	14	0.62мм	12.5	
13	Ø130	14	1.0мм	12.5	
14	Ø10	7	15мкм	6.3	- позиційний допуск
15	Ø24	7	21мкм	6.3	
16	Ø32	14	0.62мм	12.5	
17	Ø16	7	18мкм	6.3	- позиційний допуск
18	Ø24	7	21мкм	6.3	- позиційний допуск
19	35	14	0.62мм	12.5	
20	Ø280	H14	1.3мм	12.5	
21	Ø16	H9	43мкм	3.2	

Основні поверхні – 2 отвори Ø25H11 (поверхня 9); поверхня 1.

Допоміжні поверхні – внутрішні поверхні Ø190H8, Ø570H9 (поверхні 4,5).

Спеціальні вимоги до фізико-механічних властивостей поверхневого шару не має.

1.5 Технічний контроль робочого креслення

Геометрична конфігурація деталі «Кришка редуктора» на кресленні представлена головним виглядом, а також перерізами А-А, Б-Б, В-В, Г-Г, Д-Д, що є цілком достатнім для повного уявлення про її просторову форму. На графічному документі нанесено всі необхідні розміри, які визначають геометричні параметри елементів деталі, а також вказано граничні відхилення, поля допусків і якості точності. Для всіх відповідальних (точних) поверхонь регламентовано індивідуальні вимоги щодо точності та шорсткості. Значення шорсткості для поверхонь, які не проставлені безпосередньо на зображеннях, винесено у правий верхній кут креслення. Невказані граничні

					КНУ.КБР.131.26.1-15.01.ТПВ	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

відхилення лінійних розмірів наведені в технічних вимогах (зокрема, для валів — h14, для отворів — H14, для інших елементів — за загальними допусками).

Водночас аналіз вихідного графічного матеріалу виявив певні невідповідності вимогам стандарту ЄСКД. Зокрема, параметри шорсткості та якості точності поверхонь, що підлягають механічній обробці, проставлені некоректно і потребують приведення до чинного нормативного ряду переважних значень (а саме переведення застарілих або помилкових параметрів: з Rz,80 на Ra12,5; з Rz,40 на Ra6,3; з Rz20 на Ra3,2). При цьому всі лінійні розміри відповідають ряду нормальних розмірів. Суттєвим недоліком оформлення є також відсутність на кресленні позначень конструкторських або технологічних базових поверхонь. Проте, попри зазначені зауваження щодо оформлення робочого креслення, можна констатувати, що воно містить повний обсяг вихідних відомостей, які дають чітке уявлення про конструкцію кришки редуктора, вимоги до її точності та шорсткості поверхонь [8].

1.6 Аналіз технологічності деталі

1.6.1 Якісний аналіз технологічності

За своїми конструктивними ознаками деталь «Кришка редуктора» належить до класу корпусних деталей. Головне призначення елементів цієї групи полягає в забезпеченні правильного просторового і взаємного розташування деталей та вузлів механізму, а також у гарантуванні високої точності їхньої координації протягом усього періоду експлуатації. Відповідно, до конструкції кришки висуваються підвищені вимоги щодо точності, загальної жорсткості та зносостійкості.

Комплексний аналіз умов виготовлення — зокрема дрібносерійного типу виробництва, використання як матеріалу ливарної сталі 35Л (ДСТУ 8781:2018), значної маси виробу (180 кг) та складної просторової конфігурації — дозволяє зробити висновок, що найбільш економічно виправданим та продуктивним методом отримання заготовки є лиття.

Зважаючи на специфіку функціонування деталі у складі редуктора та умови її навантаження, подальше спрощення її геометричної форми є неможливим. Проте конструктивне виконання складових елементів кришки дозволяє ефективно впроваджувати високопродуктивні методи механічної обробки, зокрема багатоінструментальне наладження. Так, для формоутворення зовнішнього контуру деталі можливе ефективне застосування високопродуктивних багаторізцевих напівавтоматів [9].

					КНУ.КБР.131.26.1-15.01.ТПВ	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

Деталь характеризується наявністю розвиненої технологічної бази (поверхня 1). У процесі механічної обробки існує можливість повного суміщення установчих, технологічних та вимірювальних баз, а також послідовного виконання різноманітних операцій на одних і тих самих базах, що суттєво знижує похибку базування і підвищує точність обробки.

Конструкція деталі також забезпечує зручний доступ для безпосереднього контролю лінійних і кутових розмірів, заданих робочим кресленням. Це дозволяє використовувати для технічного контролю стандартні граничні калібри та шаблони, а вимірювання параметрів фасок здійснювати за допомогою кутомірів.

На основі проведеного аналізу конструктивних та технологічних параметрів виробу деталь «Кришка редуктора» можна вважати повністю технологічною.

1.6.2 Кількісний аналіз технологічності

1. Коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_{в.м.} = \frac{m_d}{m_z} \quad (1.1)$$

де $m_d = 180$ кг – маса деталі

m_z – маса заготовки

$$K_{в.м.} = \frac{180}{230} = 0.78$$

2. Коефіцієнт точності:

$$K_m = 1 - \frac{1}{A_{сер}} \quad (1.2)$$

де $A_{сер}$ – середня точність обробки

$$A_{сер} = \frac{\sum T \cdot n_i}{\sum n_i} \quad (1.3)$$

де T – квалітет точності,

n_i – кількість поверхонь

$$A_{сер} = \frac{14 \cdot 13 + 8 \cdot 1 + 9 \cdot 2 + 7 \cdot 4 + 12 \cdot 1}{21} = \frac{248}{21} = 11.81$$

$$K_m = 1 - \frac{1}{11.81} = 0.92$$

3. Коефіцієнт шорсткості:

					КНУ.КБР.131.26.1-15.01.ТПВ	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

$$K_{ш} = \frac{1}{B_{сер}} \quad (1.4)$$

де $B_{сер}$ – середня шорсткість

$$B_{сер} = \frac{\sum Ra \cdot n_i}{\sum n_i} \quad (2.5)$$

$$B_{сер} = \frac{12.5 \cdot 9 + 6.3 \cdot 6 + 3.2 \cdot 5 + 1.6 \cdot 1}{21} = \frac{167.9}{21} = 7.995$$

$$K_{ш} = \frac{1}{7.995} = 0.13$$

4. коефіцієнт уніфікації деталі

$$K_y = \frac{Q_{y.e.}}{Q_e} \quad (2.6)$$

де $Q_{y.e.}$ – кількість уніфікованих поверхонь [10]

Q_e – загальна кількість поверхонь деталі

$$K_y = \frac{15}{21} = 0.72$$

Аналізуючи коефіцієнти, можна зробити висновок, що деталь кришка редуктора технологічна по коефіцієнтам уніфікації, шорсткості, точності та використанню матеріалу.

1.7 Вибір діючого заводського чи типового технологічного процесу.
Задачі проектування

Відповідно до ДСТУ-Н 7916:2015. розробка технологічного процесу включає класифікацію (кодування) виготовлених деталей, в даному випадку на підставі класифікаторів [28]

Технологічний код деталі „кришка редуктора”

1. Розмірна характеристика:

- ширина (840мм) – Д
- довжина (120мм) – Д
- висота (105мм) – 4

2. Група матеріалу:

сталь конструкційна – 03

3. Вид деталі по технологічному методу виготовлення:

лиття – 1.

4. Вид вихідної заготовки:

лиття в піщано-глинисту форму – 11

					КНУ.КБР.131.26.1-15.01.ТПВ	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

5. Квалітет:

- найменша точність зовнішньої поверхні (14) – 1
- найменша точність внутрішньої поверхні (8) – 4

6. Параметри шорсткості та відхилення форми і розтушування поверхні:

- шорсткість (Ra 3.2) – 3
- відхилення форми і розтушування поверхні – 9

7. Ступінь точності: 4

8. Вид додаткової термообробки: не має – 0

9. Характеристика маси: 180кг – М

ДД 4 03 1 11 14 39 4 0 М

Конструкторський код деталі „кришка редуктора”

Клас 730000 – деталі – не тіла обертання, корпусні опорні, ємнісні.

Підклас 730000 – документи

Група 730500 – для ємкостей (резервуари, кришки, коробки, кожухи, укладки)

Підгрупа 730500 – для деталей всього підкласу

Вид 730500 – по двох чи більше ознаках

Повний конструкторсько-технологічний код:

730500 ДД4 03 1 11 14 39 4 0 М

Типовий технологічний процес [14, 15]

005 Лиття

010 Обрубки та очистка відливки

015 Повздовжно-стругальна
обробка основних отворів

020 Горизонтально-розточувальна
обробка основних отворів

025 Чистова обробка отворів

030 радіально-свердлильна
обробка дрібних та кріпильних отворів

035 Затупити гострі кромки

040 Миття

045 Контрольна

Типовий технологічний процес пристосовуємо до виготовлення даної деталі „кришка редуктора” застосовуючи сучасні верстати: Kiheung Combi U1050, TOS Varnsdorf WRD 150 та Двостійковий обробний центр моделі DN Solutions BM 1530M .

					КНУ.КБР.131.26.1-15.01.ТПВ	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

1.8 Вибір, техніко-економічне обґрунтування та проектування заготовки

Аналізуючи тип виробництва-дрібносерійне, марку матеріалу – сталь 35Л ДСТУ8781:2018, оформлюємо матрицю факторів (табл.1.9).

Таблиця 1.9 – Матриця впливу факторів

Способи отримання заготовки	Фактори					сума
	річна програма випуску	форма і розміри деталі	властивості матеріалу	точність, шорсткість поверхні шару	виробничі можливості підприємств а	
Відливка сталь 35Л	+	+	+	+	+	5
Відливка сталь 40Л	+	+	+	+	–	4

Аналізуючи таблицю 1.9 обираємо спосіб отримання заготовки – лиття в піщано-глинисті форми, матеріал – сталь 35Л ДСТУ 8781:2018.

Для повного обґрунтування доцільності вибору виконуємо техніко-економічне порівняння матеріалів заготовки.

Техніко-економічне обґрунтування вибору заготовки здійснюємо за вартістю:

Вартість заготовки:

$$A = M \cdot C \cdot K_n \cdot K_c \cdot K_{оп} - (M - q) \cdot Ц \quad (1.7)$$

де М – маса заготовки, кг

С – вихідна оптова ціна 1кг заготовки, грн. [17,табл.1]

K_n , K_c , $K_{оп}$ – коефіцієнти, які враховують відповідно:

- групу складності заготовки [17,табл.7]
- обсяг виробництва заготовок [17,табл.10]
- масу заготовки [17,табл.4]

q – чиста маса деталі, кг

Ц – вартість 1т відходів, грн [17,табл.21]

Вартість відливки із сталі 35Л ДСТУ 8781:2018:

$$A = 230 \times 90 \times 1.18 \times 0.83 \times 0.82 - (230 - 180) \times 25 = 15374,3356 \text{ грн.}$$

Вартість відливки із сталі 40Л ДСТУ 8781:2018:

					КНУ.КБР.131.26.1-15.01.ТПВ	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

$$A=230 \times 120 \times 1.18 \times 0.83 \times 0.82 - (230-180) \times 45 = 19915,7808 \text{ грн.}$$

Економія виготовлення заготовки із сталі 35Л порівняно зі сталю 40Л дорівнює 4541,4452 грн, отже спосіб отримання заготовки і матеріал обрано вірно.

Таблиця 1.10 - Призначення припусків литої заготовки

№	Номинальний розмір деталі	Характеристика поверхні		Поле допуску	Граничні відхилення	Основний припуск	Додатковий припуск	Розмір відливки
		IT	Ra					
1	1240	16	-	14.0	±7.0	-	-	1240±7.0
2	840	16	-	12.0	±6.0	-	-	840±6.0
3	105	14	3.2/3.2	8.0	±4.0	10+10	-	125±4.0
4	ø700	16	-	12.0	±6.0	-	-	700±6.0
5	ø 275	14	6.3	10.0	±5.0	12×2	-	299±5.0
6	ø 190	8	1.6	9.0	±4.5	15×2	-	160±4.5
7	ø 570	9	3.2	11.0	±5.5	16×2	-	538±5.5
8	ø 35	16	-	5.6	±2.8	-	-	35±2.8
9	30	14	-/3.2	5.6	±2.8	10	-	40±2.8
10	80	16	-	7.0	±3.5	-	-	90±3.5
11	ø 580	16	-	11.0	±5.5	-	-	580±5.5
12	ø 645	16	-	12.0	±6.0	-	-	645±6.0
13	ø 280	16	-	10.0	±5.0	-	-	280±5.0
14	ø 730	16	-	12.0	±6.0	-	-	730±6.0
15	R425	16	-	11.0	±5.5	-	-	425±5.5
16	R20	16	-	5.0	±2.5	-	-	20±2.5
17	775	16	-	12.0	±6.0	-	-	775±6.0
18	10	16	-	4.0	±2.0	-	-	20±2.0
19	15	16	-	4.0	±2.0	-	-	15±2.0

1. Виконуємо технічний контроль креслення.

Заготовку можливо отримати по нероз'ємній моделі; отвори ø190Н8 та ø570Н9 можливо отримати за допомогою стержнів.

2. Визначаємо клас точності розмірів та мас. Назначаємо ряд припуску.

Оскільки мало серійне виробництво і відливка складна то приймаємо більші значення.

Так як лиття у піщано-глинисті форми, найбільший габаритний розмір – 1240мм, то клас точності розмірів та мас – 13;

					КНУ.КБР.131.26.1-15.01.ТПВ	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

ряд припуску – [16, додаток1]

3. Назначаємо поля допусків на розміри відливки в залежності від її номінальних розмірів та прийнятого рішення класу точності розміру [16,табл.1]

Оскільки усі елементи відливки отримуються в одній частині форми, то допуск розміру назначаємо на 1 клас точніше

4. Граничні відхилення для поверхонь, які обробляються назначаються симетричними.

Оскільки модель нероз’ємна і відливу отримуємо в одній частині форми, граничне відхилення зміщення елементів відливки по таблиці 2 не назначаємо. Користуючись таблицею 3 призначаємо граничні відхилення короблення відливки в залежності від її найбільшого габаритного розміру та ступеня короблення.

Ступінь короблення призначаємо по додатку 2 в залежності від мінімального та максимального габаритних розмірів відливки.

$$\frac{12044}{85} = 14.6 - \text{ступінь короблення} - 7.0$$

Граничні відхилення короблення $\pm 2.40\text{мм}$. По таблиці 4 призначаємо верхнє граничне відхилення маси відливки в залежності від класу точності маси і маси відливки – 8.0%

5. Призначимо припуски на механічно оброблювані поверхні [16,табл.5-7]

Так як в заготовці присутні стінки великої протяжності, а їхня товщина є невеликою, то для збільшення жорсткості конструкції передбачено ребра на стінах відливки.

1.9 Вибір і обґрунтування баз

Деталь кришка редуктора відноситься до типу „корпусні деталі”.

Основними конструкторськими базами є поверхня 9 (4 отв. Ø25Н11) та поверхня 1. Допоміжними конструкторськими базами є внутрішні поверхні розмірами: Ø190Н8 (поверхня 4) та Ø570Н9 (поверхня 5).



Рисунок 1.8- Теоретична схема базування кришки редуктору

					КНУ.КБР.131.26.1-15.01.ТПВ	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

На першій операції деталь базується по необробленим поверхням (поверхня 2 поверхня розмірами 775 мм, торцева поверхня R425мм.

При обробці деталі кришка по технологічному процесу для досягнення точності поверхонь, необхідно витримати принцип постійності баз застосовуючи багатоцільові верстати.

На зовнішні, внутрішні і торцеві поверхні визначаємо кількість послідовних переходів з поступовим наближенням до необхідної точності і шорсткості та представляємо у таблиці 1.11 [18]

1.10 Розробка маршруту обробки деталі

Маршрут обробки плануємо з принципу єдності та постійності баз та поступового зниження шорсткості та підвищення точності розмірів.

Таблиця 1.11 – Вибір послідовності обробки поверхонь

№ пов	Найменування переходів	Шорсткість Ra	Гочність IT	Допуск T,мм
1	2	3	4	5
1, (105)	заготовка	50	16	2.2
	фрезерування чорнове	12.5	15	1.4
	фрезерування напівчистове	6.3	14	0.87
	фрезерування чистове	3.2	14	0.87
2, (105)	заготовка	50	16	2.2
	фрезерування чорнове	12.5	15	1.4
	фрезерування напівчистове	6.3	14	0.87
	фрезерування чистове	3.2	14	0.87
3, (90)	фрезерування чорнове	12.5	15	1.4
	фрезерування напівчистове	6.3	14	0.87
4, (ø190H8)	заготовка	50	16	2.9
	розточування чернове	12.5	14	1.15
	розточування напівчистове	6.3	12	0.46
	розточування чистове	3.2	10	0.185
5, (ø570H9)	розточування тонке	1.6	8	0.081
	заготовка	50	16	4.4
	розточування чернове	12.5	14	1.75
	розточування напівчистове	6.3	11	0.44
	розточування чистове	3.2	9	0.175

6,7, (3×45°)	точіння чернове	12.5	14	0.3
8, (55)	фрезерування одноразове	12.5	14	0.74
9, (ø25H11)	свердлення	12.5	14	0.52
	розсвердлення	6.3	12	0.21
	зенкерування	3.2	11	0.03
10,12 (ø48×3)	цекувати	12.5	14	0.62
11 (ø26)	свердління	12.5	14	0.52
13 (ø130)	розточування чорнове	12.5	14	1.0
14 (M10-7H)	цекувати	12.5	14	0.43
	свердління	6.3	10	0.07
	нарізання різьби	6.3	7	0.018
15,18 (M24-7H)	свердлення	12.5	14	0.52
	розсвердлення	6.3	10	0.1
	нарізання різьби	6.3	7	0.021
16 (ø32)	цекувати	12.5	14	0.62
17 (M16×7H)	свердлення	12.5	14	0.43
	розсвердлення	6.3	10	0.07
	нарізання різьби	6.3	7	0.018
19 (35)	фрезерування одноразове	12.5	14	0.62
20 (ø280H14)	фрезерування одноразове	12.5	14	1.3
21 (ø16H9)	свердлення	12.5	14	0.43
	зенкерування	6.3	12	0.18
	розгорткування	3.2	9	0.043

Таблиця 1.12 – Маршрут обробки

№ операції	Найменування операції	№ оброблюємої поверхні	№ базуємої поверхні	тип модель верстата
005	Заготівельна			
010	Обрубка та відчистка відливки			
015	Поздовжньо-фрезерна	1	2, поверхня р-рам 775 і R425	Kiheung Combi U1050

					КНУ.КБР.131.26.1-15.01.ТПВ	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

1	2	3	4	5
020	Багатоцільова з ЧПК Установ А:	2; 3; 20; 9; 10	1; p-p 775; R425	Двостійковий обробний центр DN Solutions BM 1530M (Пд. Корея)
	Установ Б:	4; 6; 5; 7; 8; 11; 12; 13; 14; 15; 16; 17; 18; 19	1.9	
025	Горизонтально-розточна	21	1.9	TOS Varnsdorf WRD 150
030	Слюсарна			
035	Миття			
040	Контрольна			

На основі базового технологічного процесу і задач проектування розробляємо технологічну послідовність обробки деталі та заносимо до таблиці 1.13[18,19]



Рисунок 1.9- Kiheung Combi U1050

Таблиця 1.13-Характеристика Kiheung Combi U1050

Технічна характеристика	Kiheung Combi U1050 (Пд. Корея)
Конструктивна схема	Станинний, з рухомою колоною (Bed-type)
Розміри стола, мм	3100 × 1050
Переміщення X / Y / Z, мм	3000 / 1050 / 1300
Конус шпинделя	ISO 50 (DIN 69871)
Потужність приводу, кВт	22 / 30
Макс. оберти шпинделя, об/хв	до 4000
Фрезерна головка	Автоматична чи ручна універсальна (Huron)
Система керування	ЧПУ (Heidenhain / Fanuc)



Рисунок 1.10- Двостійковий обробний центр Solutions BM 1530M

Таблиця 1.14- Характеристика обробний центр Solutions BM 1530M

Технічна характеристика	DN Solutions BM 1530M (Пд. Корея)
Тип верстата	Двостійковий обробний центр
Розміри робочої поверхні стола, мм	1350 × 3000
Переміщення по осях X / Y / Z, мм	3000 / 1550 / 800
Конус шпинделя	ISO 50 (Big Plus BT50)
Потужність головного приводу, кВт	30



Рисунок 1.11 - TOS Varnsdorf WRD 150

Таблиця-1.15-Характерика TOS Varnsdorf WRD 150

Технічна характеристика	TOS Varnsdorf WRD 150 (Чехія)
Конструктивне виконання	Плитовий (підлоговий)
Діаметр висувного шпинделя, мм	150 / 160
Конус шпинделя	ISO 50 / BT 50
Хід стійки по станині (вісь X), мм	від 5000 до 12000+
Вертикальний хід бабки (вісь Y), мм	2500 – 4000
Потужність головного двигуна, кВт	41 / 56
Макс. оберти шпинделя, об/хв	до 2500 – 3000
Тип напрямних	Гідростатичні або комбіновані
Система керування	Сучасне ЧПУ (Heidenhain TNC 640)

1.11 Розробка технологічної операції

Уточнюємо модель верстатного устаткування, обираємо стандартні пристосування для встановлення деталі, в залежності від характеру обробки обираємо ріжучий, допоміжний, вимірювальний інструмент та представляємо у таблиці 1.16 [18,19]

Таблиця 1.16 – Розробка технологічної операції

№ операції і переходів	1. Назва операції 2. Верстат 3. Зміст переходів	Верстатне пристосування	Інструменти
1	2	3	4
005	Заготівельна		
010	Обрубка та очистка відливка		
015 1.	Продольно-фрезерна Kiheung Combi U1050 Фрезерувати начорно, напівчисто, начисто поверхню 1	пластини, упор	Насадна торцева фреза Sandvik Coromant — фрезу CoroMill 345 діаметром 160 мм зі змінними багатограними пластинами зі сплаву GC4330 (геометрія -PM). Оправка Штангенциркуль ШЦ 1-160
020 1. 2. 3. 4.	Багатоцільова з ЧПК Solutions BM 1530M Установа А: Фрезерувати начорно, напівчисто, начисто поверхню 2 Фрезерувати начорно, напівчисто, начисто поверхню 3 Фрезерувати однократно поверхню 16 Свердли, розсвердли, зенкерувати, цекувати поверхню 9.	пластина, опора	Фреза CoroMill 345 Оправка Штангенциркуль ШЦ 1-160 ДСТУ EN ISO 13385-1:2022 Фреза CoroMill 345 (код корпусу 345-100Q32-13M) фірми Sandvik Coromant GC4330. Свердло CoroMill Plura (код замовлення 1P340-1800-XB, сплав GC1640) фірми Sandvik Coromant. діаметром 15 мм, твердосплавне свердло CoroDrill 860-PM (код замовлення 860.1-1500-068A1-PM) фірми Sandvik Coromant. Sandvik Coromant, система Зенківка DuoBore, сплав GC4325 діаметром 25 мм, Фреза CoroMill 490 (код корпусу 490-032A32-08M) фірми Sandvik Coromant діаметром 32 мм,

1	2	3	4
1.	Установа Б: Розточування чорнове, напівчистове, чистове тонке отвору 4	пластина, пальці	Патрон 191113050 ТУ2-035- Калібр-скоба
2.	Розточування чорнове, напівчистове, чистове отвору 5		Нутромір Розточувальна борштанга круглого перерізу CoroTurn® 107 (маркування державки A10K-SCLCR 06) фірми Sandvik Coromant.
3 4.	Проточити фаски 6.7 Фрезерувати однократно паз 8 Свердли, цекувати отвір 10		Борштанга CoroTurn® 107 A10K- SCLCR 06 Фреза CoroMill® 490 (490-040A32- 08M) діаметром 40 мм Різець 2102-0105 ГОСТ18889-73 Свердло CoroDrill® 870 870-2800- 28L32-5 діаметром 28мм Фреза CoroMill® 490 (490-032A32-08M)

5. 6. 7. 8. 9. 10.	Розточити поверхню 11 Центрувати свердли нарізати різьбу – отв 12 Свердли, розсвердли цекувати, нарізати різьбу – отв.13. Свердли, розсвердли нарізати різьбу – отв.14. Свердли, розсвердли нарізати різьбу – отв.15. Фрезерувати поверхню 18		Борштанга CoroTurn® 107 A10K- SCLCR 06 Фреза CoroMill® 490 (490-040A32- 08M) діаметром 40 мм Різець 2102-0105 ГОСТ18889-73 Свердло CoroDrill® 870 870-2800- 28L32-5 діаметром 28мм Фреза CoroMill® 490 (490-032A32- 08M) Мітчик CoroTap® 300 (E254M16) M16 × 2 Мітчик CoroTap® 300 (E254M20) M20 × 2.5 Калібр-скоба Нутромір
025 1.	Горизонтально- розточувальна TOS Varnsdorf WRD 150 свердли, зенкерувати, розгорнути отвір 17	пластина, пальці	Свердло CoroDrill® 870 870-2400- 24L32-5 діаметр 24 Зенкер CoroDrill® 870 870-2400- 24L32-3 діаметр 24, Розгортка CoroDrill® 870 870-2400- 24L32-3
030	Притупити гострі кромки		
035	Миття		
040	Контрольна		

					КНУ.КБР.131.26.1-15.01.ТПВ	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

1.12 Розрахунок міжопераційних розмірів і припусків на обробку

1.12.1 Аналітичний розрахунок припусків на внутрішню циліндричну поверхню

Аналітичний розрахунок припусків на внутрішню циліндричну поверхню – $\varnothing 190H8$. Послідовність обробки цієї поверхні та всі результати подальших розрахунків заносимо у таблицю 1.17

Таблиця 1.17 – Розрахунок припусків на поверхню $\varnothing 190H8$

Технологічний перехід	Квалітет	Елементи припуска, мкм				2Zmin мкм розрахунковий припуск	Розрахунковий р-р Dmax, мм	Допуск виготовлення Td, мм	Прийняті р-ри		Граничні припуски	
		Rz	h	$\Delta\Sigma$	ϵ				D min	D max	гр 2zmin	гр 2zmax
0. відливання	16	320	320	1240	-	-	185.2	2.9	182.3	185.2	-	-
розтошування	14	100	100	74.4	229	3804	189	1.15	187.85	189	3.8	5.55
1. чорнове												
2. напівчистове	12	50	50	62	11.45	551	189.55	0.46	189.09	189.55	0.55	1.24
3. чистове	10	25	25	49.6	9.16	325	189.87	0.185	189.688	189.873	0.32	0.6
4. тонке	8	5	5	-	4.58	199	197.07	0.081	190	190.072	0.2	0.312

1.12.2 Розрахунок міжопераційних лінійних розмірів

Послідовність обробки торцевих поверхонь, включених у лінійні розміри ланцюги представляємо у таблиці 1.18.

Таблиця 1.18 – Послідовність обробки торцевих поверхонь

№ поверхні	Послідовність обробки поверхні	Ra	Точність		Допуск		Припуск		Призначення припуску
			Призначень	уточнень	призначень	уточнень	призначень	уточнень	
1	заготовка	50	16		2.2				
	фрезерування чернове	12.5	15		1.4		5.5		Z ₁
	фрезерування напівч.	6.3	14		0.87		2.5		Z ₂
	фрезерування чистове	3.2	14		0.87		1.5	2	Z ₃
2	заготовка	50	16		2.2				
	фрезерування чернове	12.5	15		1.4		6.0		Z ₉
	фрезерування напівч.	6.3	14		0.87		2.5		Z ₈
	фрезерування чистове	3.2	14		0.87		1.5		Z ₇

					КНУ.КБР.131.26.1-15.01.ТПВ				Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат					

Продовження таблиці 1.18									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
8	заготовка фрезерування чернове	50 12.5	16 14		2.2 0.74		30.0		Z ₄

1.12.3 Вибір міжопераційних розмірів і припусків на обробку

На основі таблиці 1.18 і розрахунків, заповнюємо таблицю 1.19 на всі поверхні.

Таблиця 1.19 – Вибір міжопераційних розмірів і припусків на обробку

Поверхня	Найменування переходу	Ra	ST	T	Припуск, t	Міжопераційний розмір з допусками
1	2	3	4	5	6	7
1 (105)	заготовка	50	16	2.2	-	-
	фрезерування чорнове	12.5	15	1.4	5.5	1105±0.7
	фрезерування напівч.	6.3	14	0.87	2.5	107.5±0.435
	фрезерування чистове	3.2	14	0.87	2.0	107±0.435
2 (105)	заготовка	50	16	2.2	-	-
	фрезерування чорнове	12.5	15	1.4	6.0	111±0.7
	фрезерування напівч.	6.3	14	0.87	2.5	107.5±0.435
	фрезерування чистове	3.2	14	0.87	1.5	106.5±0.435
3 (90)	фрезерування чорнове	12.5	15	1.4	9.0	99±0.7
	фрезерування напівч.	6.3	14	0.87	6.0	96±0.435
4 (ø190H8)	заготовка	50	16	2.9	-	-
	розточування чорнове	12.5	14	1.15	3.802	193.802±0.575
	розточування напівч.	6.3	12	0.46	0.551	190.551±0.23
	розточування чистове	3.2	10	0.185	0.325	190.325±0.0925
	розточування тонке	1.6	8	0.081	0.199	190.199±0.405
5 (ø570H9)	заготовка	50	16	4.4	-	-
	розточування чорнове	12.5	14	1.75	16.0	586
	розточування напівч.	6.3	11	0.44	9.0	579
	розточування чистове	3.2	9	0.175	4.0	574
6,7(3×45°)	точіння чорнове	12.5	14	0.3	1.5	4.5
8 (55)	фрезерування одноразове	12.5	14	0.74	30.0	85
9 (ø25H11)	свердління	12.5	14	0.52	2.0	27
	розсвердлення	6.3	12	0.21	1.0	26
	зенкерувати	3.2	11	0.03	0.1	25.1

					КНУ.КБР.131.26.1-15.01.ТПВ				Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат					

1	2	3	4	5	6	7
10,12 (ø48)	Цекувати	12.5	14	0.62	0.5	48.5
11(ø26)	свердління	12.5	14	0.52	0.5	26.5
13(ø130)	розточування чорнове	12.5	14	1.0	15.0	145
14 (M10-7H)	центрувати	12.5	14	0.43	1.7	11.7
	свердління	6.3	10	0.07	1.5	11.5
	нарізання різьби	6.3	7	0.018	0.5	10.5
15,18 (M24-7H)	свердління	12.5	14	4.0	4.0	28
	розсвердлення	6.3	10	3.0	3.0	27
	нарізання різьби	6.3	7	0.5	0.5	24.5
16(ø32)	цекувати	12.5	14	0.5	0.5	32.5
17 (M16-7H)	свердління	12.5	14	0.43	2.2	18.2
	розсвердлення	6.3	10	0.7	2.0	18
	нарізання різьби	6.3	7	0.018	0.5	16.5
19(35)	фрезерування одноразове	12.5	14	0.62	5.0	40
20(ø280H14)	фрезерування одноразове	12.5	14	1.3	3.0	283
21 (ø16H9)	свердління	12.5	14	0.43	2.2	18.2
	розсвердлення	6.3	12	0.18	2.0	18
	розгорткування	3.2	9	0.043	0.2	16.2

1.13 Вибір режимів різання, нормування технологічних операцій

Режим різання розрахунково-аналітичними методами визначаємо на розточувальну операцію (ø190H8).

1. Глибина різання:

- розточування чорнове $t=5\text{мм}$
- розточування напівчистове $t=2\text{мм}$
- розточування чистове $t=0.7\text{мм}$
- розточування тонке $t=0.1\text{мм}$

2. Подача [19, табл.12,14]

- розточування чорнове $S=0.6\text{мм/об};$
- розточування напівчистове $S=0.5\text{мм/об};$
- розточування чистове $S=0.33\text{мм/об};$
- розточування тонке $S=0.20\text{мм/об}.$

3. Шорсткість різання:

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v \cdot 0.9 \quad (1.8)$$

де C_v – коефіцієнти [19, табл.17]

x, y, m – показники степеню [19, табл.17]

$T = 85 \text{ хв}$ – середнє значення стійкості:

					КНУ.КБР.131.26.1-15.01.ТПВ	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} = 1 \cdot \left(\frac{750}{500} \right)^{1.75} \cdot 0.8 \cdot 0.65 = 1.06 \text{ [19, табл.1,2,5]}$$

$$v_{\text{чорн розт}} = \frac{350}{85^{0.2} \cdot 5^{0.15} \cdot 0.6^{0.35}} \cdot 1.06 \cdot 0.9 = \frac{350}{2.59} \cdot 1.06 \cdot 0.9 = 128.92 \text{ м/хв}$$

$$v_{\text{напів розт}} = \frac{350}{85^{0.2} \cdot 2^{0.15} \cdot 0.5^{0.35}} \cdot 1.06 \cdot 0.9 = \frac{350}{2.104} \cdot 1.06 \cdot 0.9 = 158.7 \text{ м/хв}$$

$$v_{\text{чист розт}} = \frac{350}{85^{0.2} \cdot 0.7^{0.15} \cdot 0.33^{0.35}} \cdot 1.06 \cdot 0.9 = \frac{350}{1.57} \cdot 1.06 \cdot 0.9 = 212.7 \text{ м/хв}$$

$$v_{\text{тонке розт}} = \frac{350}{85^{0.2} \cdot 0.1^{0.15} \cdot 0.2^{0.2}} \cdot 1.06 \cdot 0.9 = \frac{350}{1.26} \cdot 1.06 \cdot 0.9 = 265 \text{ м/хв}$$

Сила різання :

$$P_{z,y,x} = 10 \cdot C_p \cdot t_x \cdot S_y \cdot v_n \cdot K_p \quad (1.9)$$

Чорнове розточування:

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 51.0 \cdot 0.60 \cdot 75 \cdot 128.92 \cdot 0.15 \cdot 0.79 = 1037628.7 \text{ Н;}$$

$$P_y = 10 \cdot 243 \cdot 50.9 \cdot 0.60 \cdot 6 \cdot 128.92 \cdot 0.3 \cdot 1.1 = 109397.6 \text{ Н;}$$

$$P_x = 10 \cdot 339 \cdot 51.0 \cdot 0.60 \cdot 5 \cdot 128.92 \cdot 0.4 \cdot 1.1 = 1845116.7 \text{ Н;}$$

Напівчистове розточування:

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 21.0 \cdot 0.50 \cdot 75 \cdot 158.7 \cdot 0.15 \cdot 0.79 = 443400.9 \text{ Н;}$$

$$P_y = 10 \cdot 243 \cdot 20.9 \cdot 0.50 \cdot 6 \cdot 158.7 \cdot 0.3 \cdot 1.1 = 522564.2 \text{ Н;}$$

$$P_x = 10 \cdot 339 \cdot 21.0 \cdot 0.50 \cdot 5 \cdot 158.7 \cdot 0.4 \cdot 1.1 = 838226.9 \text{ Н;}$$

Чистове розточування:

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0.71 \cdot 0.330 \cdot 75 \cdot 212.7 \cdot 0.15 \cdot 0.79 = 155152.9 \text{ Н;}$$

$$P_y = 10 \cdot 243 \cdot 0.70 \cdot 0.9 \cdot 0.330 \cdot 6 \cdot 212.7 \cdot 0.3 \cdot 1.1 = 213029.4 \text{ Н;}$$

$$P_x = 10 \cdot 339 \cdot 0.71 \cdot 0.330 \cdot 5 \cdot 212.7 \cdot 0.4 \cdot 1.1 = 318091.7 \text{ Н;}$$

Тонке розточування:

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0.11 \cdot 0.20 \cdot 75 \cdot 265 \cdot 0.15 \cdot 0.79 = 18768.1 \text{ Н;}$$

$$P_y = 10 \cdot 243 \cdot 0.10 \cdot 0.9 \cdot 0.20 \cdot 6 \cdot 265 \cdot 0.3 \cdot 1.1 = 34952.6 \text{ Н;}$$

$$P_x = 10 \cdot 339 \cdot 0.11 \cdot 0.20 \cdot 5 \cdot 265 \cdot 0.4 \cdot 1.1 = 44401.2 \text{ Н;}$$

5. Потужність різання:

$$N = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} \quad (1.10)$$

$$N_{\text{чорн розточ}} = \frac{1037628.7 \cdot 128.92}{1020 \cdot 60} = 2185.8 \text{ кВт;}$$

$$N_{\text{напівч розточ}} = \frac{443400.9 \cdot 158.7}{1020 \cdot 60} = 1149.8 \text{ кВт}$$

					КНУ.КБР.131.26.1-15.01.ТПВ	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

$$N_{\substack{\text{чист} \\ \text{розточ}}} = \frac{155152.9 \cdot 212.7}{1020 \cdot 60} = 539.2 \text{кВт};$$

$$N_{\substack{\text{тонке} \\ \text{розточ}}} = \frac{18768.1 \cdot 265}{1020 \cdot 60} = 81.27 \text{кВт}$$

					КНУ.КБР.131.26.1-15.01.ТПВ	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

2 МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ ОПЕРАЦІЙ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ САМ-системі FeatureCAM

Вихідними даними для складання розрахунково-технологічної карти є :

Креслення деталі – кришка редуктора;

матеріал – сталь 35Л ДСТУ 8781:2018;

Верстат Solutions VM 1530M, Система Fanuk

пристосування – опорна пластина; пальці

Особливості та принципи роботи FeatureCAM:

Інтегрована CAD/CAM-система FeatureCAM функціонує на базі технологій раціональної обробки конструктивних елементів. Цей комплекс дозволяє розпізнавати геометричні елементи твердотільної моделі як в автоматичному, так і в ручному режимі. Роль технолога-програміста при цьому зводиться до вибору конкретних поверхонь чи елементів для обробки, після чого інтелектуальні алгоритми системи самостійно формують готову керуючу програму для верстата.

Етап тривимірного моделювання в SolidWorks:

Початкова стадія розробки технологічного процесу вимагає обов'язкового створення цифрових 3D-моделей самої деталі та вихідної заготовки в будь-якому зручному CAD-середовищі. У межах цього проєкту на основі вихідного конструкторського креслення (рисунок 2.1) у системі автоматизованого проєктування SolidWorks було побудовано точну об'ємну модель деталі. Згодом, шляхом математичного додавання розрахованих технологічних припусків на подальшу механічну обробку, в цій же програмі було успішно згенеровано тривимірну модель майбутньої заготовки (рисунок 2.2).

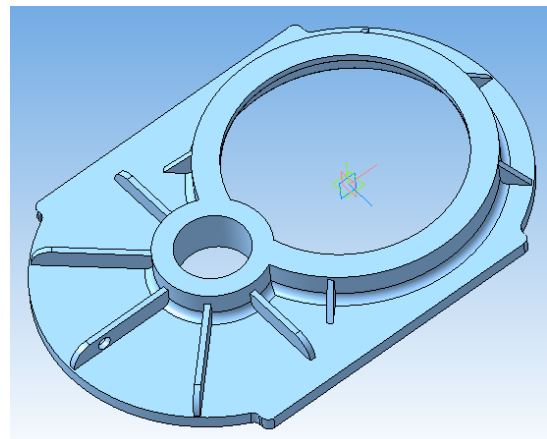
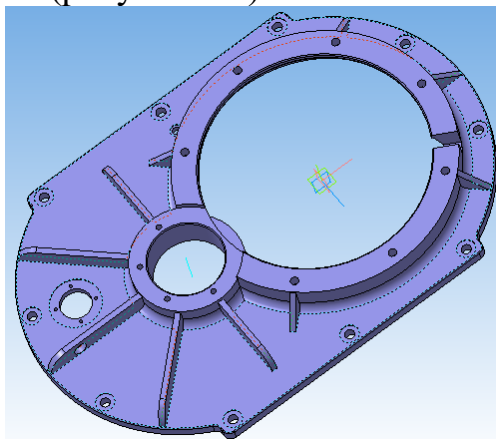


Рисунок 2.1 – Тривимірне креслення заготовки і деталі

					КНУ.КБР.131.26.1-15.02.МПО		
Змін	Аркв	№	Підпис	Дат			
Розроб.	Кравчук				МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ ОПЕРАЦІЙ		
Перевір.	Цивінда						
Н. контр.	Нечаєв						
Затверд.	Рязанцев						
					Літ.	Арк.	Арквшів
					Кафедра ТМ з ПМ-ЗЗск		

Потім ці файли конвертуються за допомогою функції експорту у формат тривимірних моделей, зрозумілих програмі FeatureCAM. Отже, конвертуємо деталь та заготовку у формат *Parasolid (*.x_t)* (рисунок 2.2).

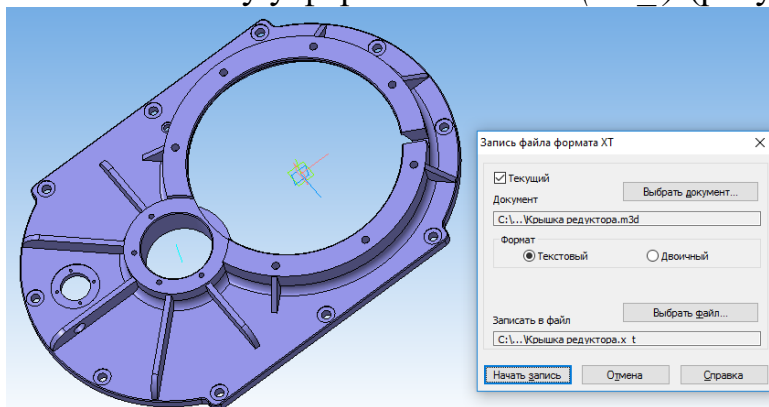
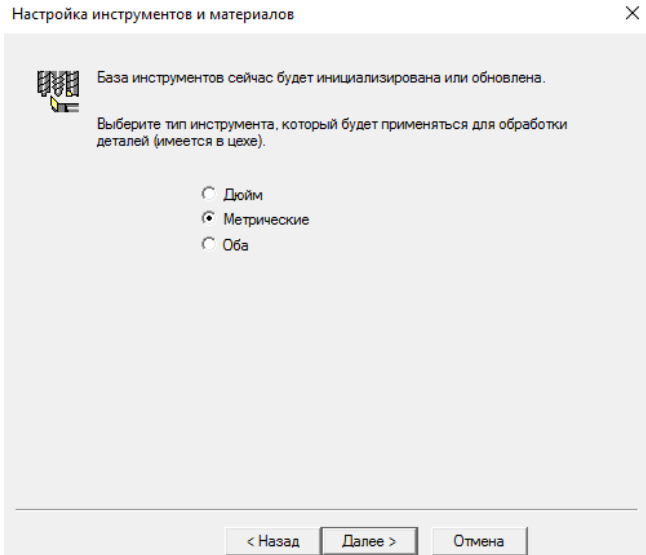
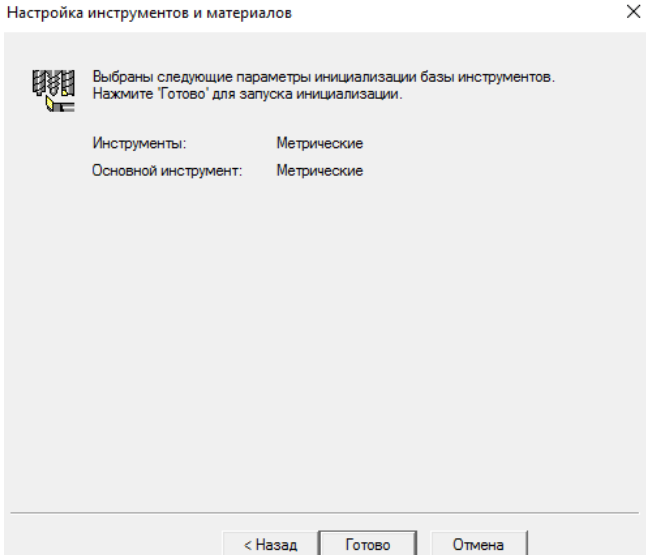
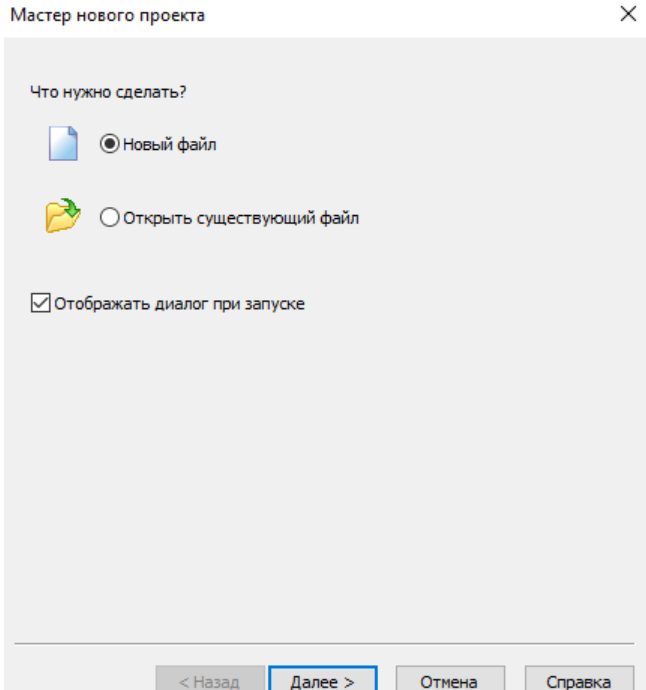


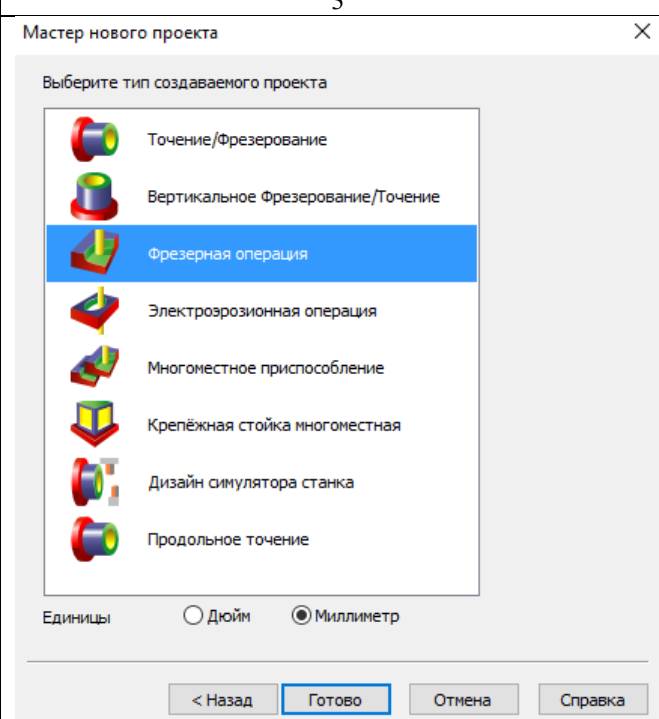
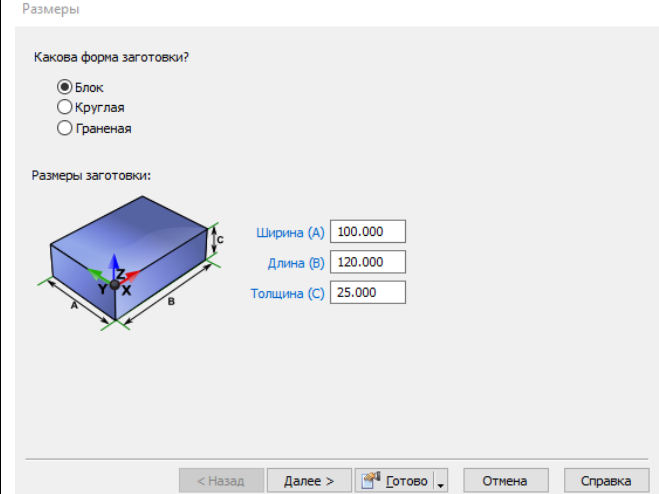
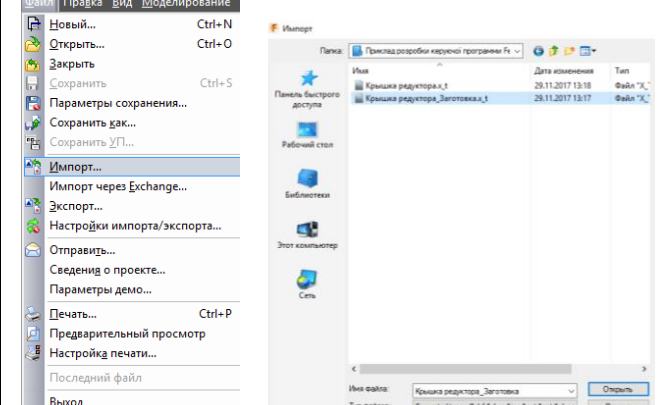
Рисунок 2.2 – Зміна формату з (*.m3d) в (*.x_t)

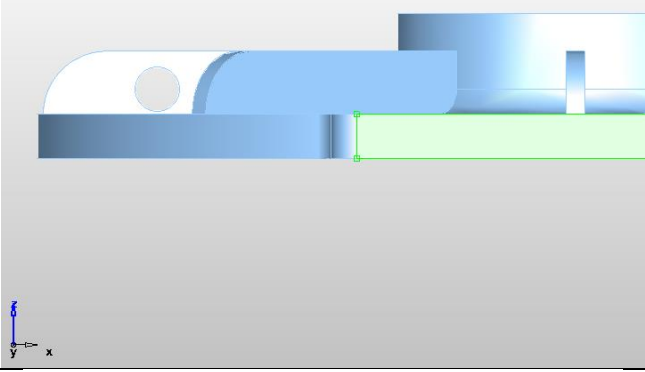
Наступним етапом запускаємо програму FeatureCAM і виконуємо послідовні пошагові кроки:

№ кроку	Описання	Рисунок
1	2	3
1	Натискаємо <i>OK</i>	A small dialog box from FeatureCAM with an information icon and the text: 'База инструментов и материалов будет инициализирована или обновлена.' (The tool and material database will be initialized or updated). There is an 'OK' button at the bottom right.
2	Натискаємо <i>Далі</i>	A larger dialog box titled 'Настройка инструментов и материалов' (Tool and material settings). It asks 'Где находится база данных?' (Where is the database?). The first option, 'На локальном компьютере' (On the local computer), is selected. Below it, there are fields for 'Имя сервера' (Server name), 'Имя базы данных' (Database name), 'Режим аутентификации' (Authentication mode) set to 'Windows', 'Имя пользователя SQL' (SQL user name), and 'Пароль SQL' (SQL password). There are 'Назад' (Back), 'Далее' (Next), and 'Отмена' (Cancel) buttons at the bottom.

1	2	3
3	Вибираємо <i>Метричні</i> і натискаємо <i>Далі</i>	
4	Погоджуємося з прийнятим даними, натискаємо <i>Далі</i>	
5	Створюємо <i>Новий файл</i> і натискаємо <i>Далі</i>	

									Арку
Змі	Архв	№	Підпис	Дат	КНУ.КБР.131.26.1-15.02.МПО				

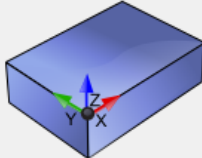
1	2	3
6	Вибираємо <i>Фрезерна</i> операція та встановлюємо одиниці <i>Міліметр</i>	 Мастер нового проекта Выберите тип создаваемого проекта - Точение/Фрезерование - Вертикальное Фрезерование/Точение Фрезерная операция - Электроэрозионная операция - Многоместное приспособление - Крепёжная стойка многоместная - Дизайн симулятора станка - Продольное точение Единицы: ☐ Дюйм ☒ Миллиметр < Назад Готово Отмена Справка
7	Відхилямо створення заготовки, натискаємо <i>Відміна</i>	 Размеры Какова форма заготовки? ☒ Блок ☐ Круглая ☐ Граненая Размеры заготовки: Ширина (A) 100.000 Длина (B) 120.000 Толщина (C) 25.000 < Назад Далее > Готово Отмена Справка
8	Імпортуємо заготовку. В Головному меню вибираємо <i>Файл-Імпорт</i> . Знаходимо попередньо збережений файл заготовки <i>Крышка редуктора_Заготовка.x_t</i> , натискаємо Відкрити	 Файл Правка Вид Моделирование - Новый... Ctrl+N - Открыть... Ctrl+O - Закрыть - Сохранить Ctrl+S - Параметры сохранения... - Сохранить как... - Сохранить в Т... Импорт... - Импорт через Exchange... - Экспорт... - Настройки импорта/экспорта... - Отправить... - Сведения о проекте... - Параметры демо... - Печать... Ctrl+P - Предварительный просмотр - Настройка печати... - Последний файл - Выход Импорт Имя файла: Крышка редуктора_Заготовка Тип файла: Supported types: (*.def;*.dmg;*.dpr;*.x_t;*.x_b;*.x_l) Открыть Отмена

1	2	3
10	Вибираємо напрям вісі Z вихідного установу. Для цього натискаємо на значок  <i>Задати двумя точками</i> напрям Z установка	Выбрать направление оси Z исходного установка Каково направление Z установка?  Задать двумя точками  Перпендикулярно горизонтальной поверхности  По центру поверхности вращения  Перпендикулярно плоскости, заданной двумя линиями  Перпендикулярно плоскости окружности Развернуть Z < Назад Далее >  Готово Отмена Справка
11	Задаємо напрям вісі Z вказуючи <i>1-шу точку знизу</i>, а <i>2-гу точку зверху</i> вздовж вертикальної прямої на ребрі. Вісь Z повинна бути напрямлена вверх	
12	Після вказання другої точки з'являється попереднє вікно, де необхідно натиснути <i>Далі</i>	Выбрать направление оси Z исходного установка Каково направление Z установка?  Задать двумя точками  Перпендикулярно горизонтальной поверхности  По центру поверхности вращения  Перпендикулярно плоскости, заданной двумя линиями  Перпендикулярно плоскости окружности Развернуть Z < Назад Далее >  Готово Отмена Справка

Змі	Арку	№	Підпис	Дат

КНУ.КБР.131.26.1-15.02.МПО

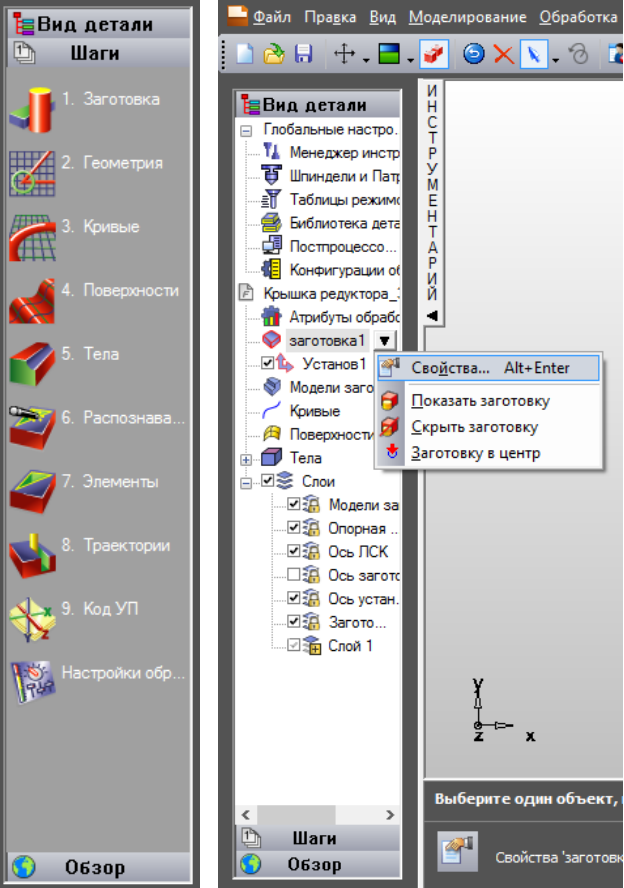
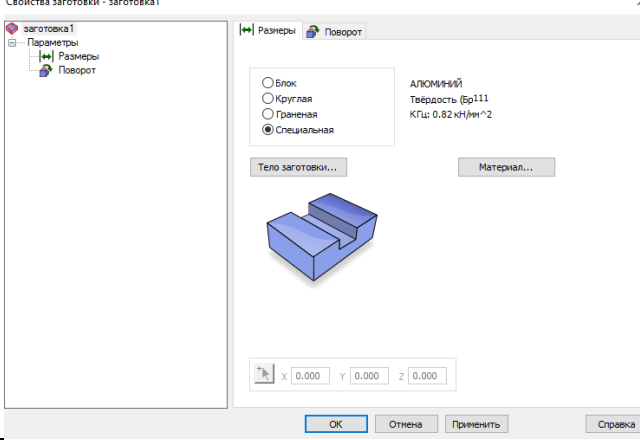
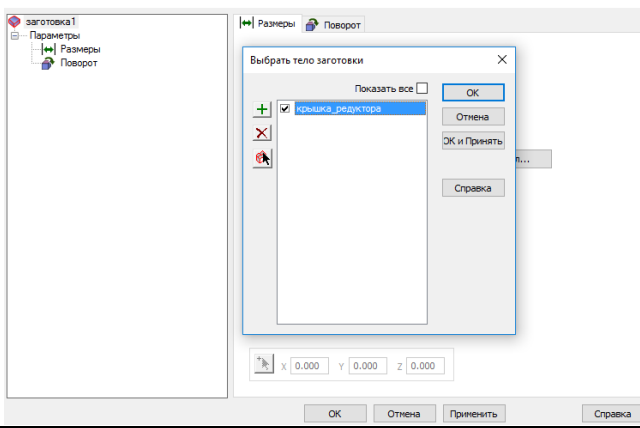
Арку

1	2	3
13	Вибрати орієнтацію X вихідного установу. Залишаємо все як є і натискаємо <i>Далі</i>	Выбрать ориентацию X исходного установа Задать направление оси X установа:  Выбрать 2 точки, чтобы задать направление X  Повернуть ось X на 90 градусов вокруг Z < Назад Далее > Готово Отмена Справка
14	Тип заготовки, натискаємо <i>Готово</i>	Тип заготовки Выберите тип заготовки: ☒ Блок ☐ Круглая ☐ Граненая  < Назад Далее > Готово Отмена Справка

Змі	Аркv	№	Підпис	Дат

КНУ.КБР.131.26.1-15.02.МПО

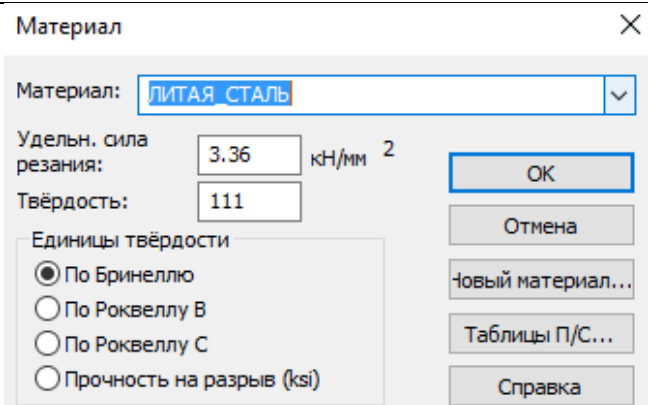
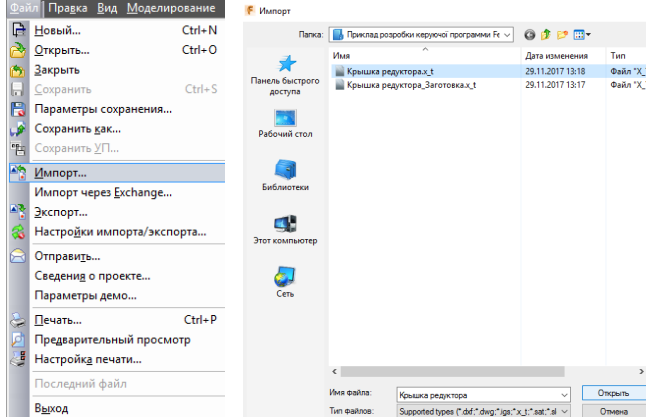
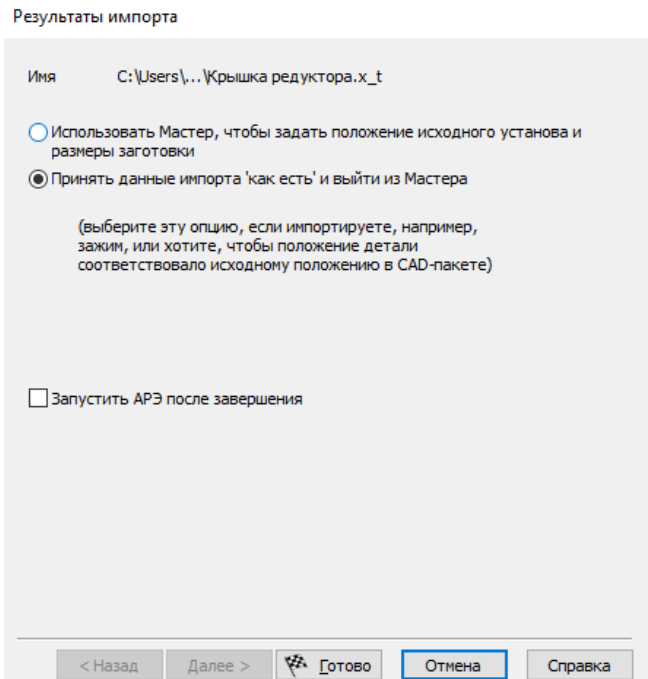
Арку

1	2	3
15	Переходимо у вікно <i>Вид деталі</i>, клацнувши по тексту переходимо до дерева, вибираємо заготовка , за допомогою правої кнопки на миші натискаємо, на праву клавішу і вибираємо <i>Властивості</i>	
16	Властивості заготовки. У вкладці розміри вибираємо <i>Спеціальна</i>, далі натискаємо на <i>Тіло зготовки</i>	
17	Встановлюємо галочку <i>кришка_редуктора</i> та натискаємо <i>ОК</i>	

Змі	Архв	№	Підпис	Дат

КНУ.КБР.131.26.1-15.02.МПО

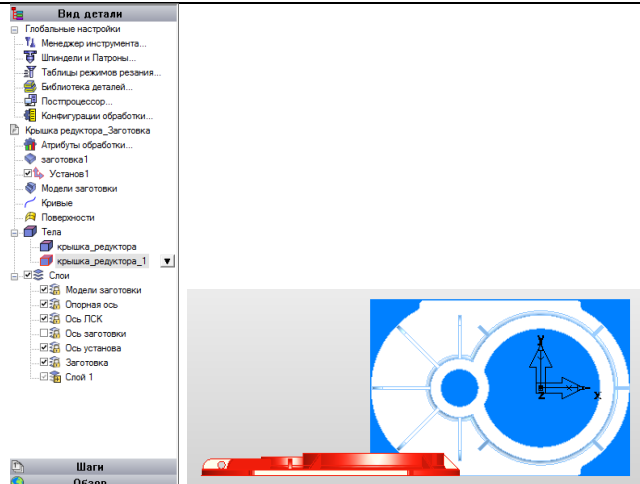
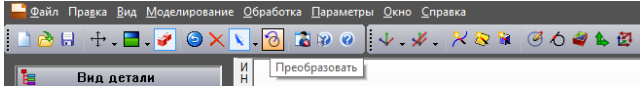
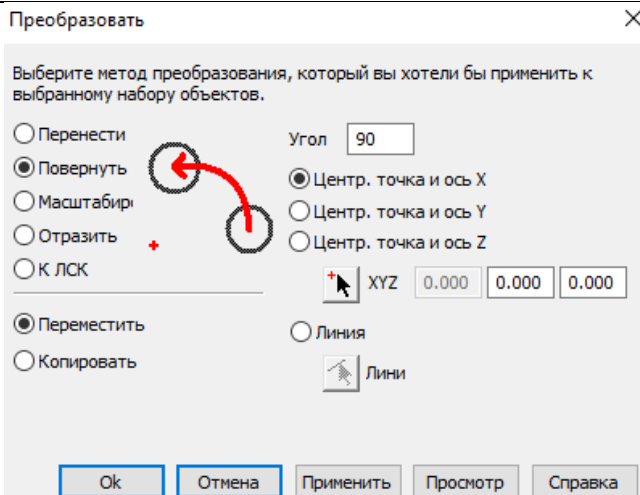
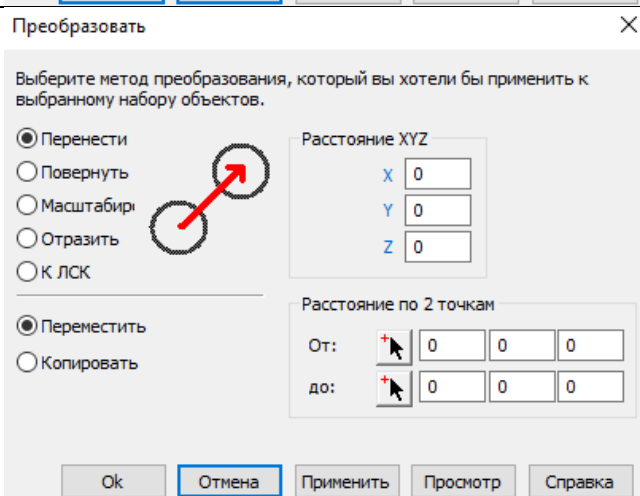
Архв

1	2	3
18	Клацаємо на кнопку <i>Матеріал</i> і з переліку матеріалів знаходимо і вибираємо <i>ЛИТАЯ_СТАЛЬ</i> , натискаємо <i>ОК</i> . В наступному вікні натискаємо <i>Применить</i> и <i>ОК</i>	
19	Импортируем деталь <i>Крышку редуктора.x_t</i>	
20	Результат импорта. Выбираємо <i>Принять дані імпорту 'як є' і вийти з Майстера</i> , натискаємо <i>Готово</i>	

Змі	Архв	№	Підпис	Дат

КНУ.КБР.131.26.1-15.02.МПО

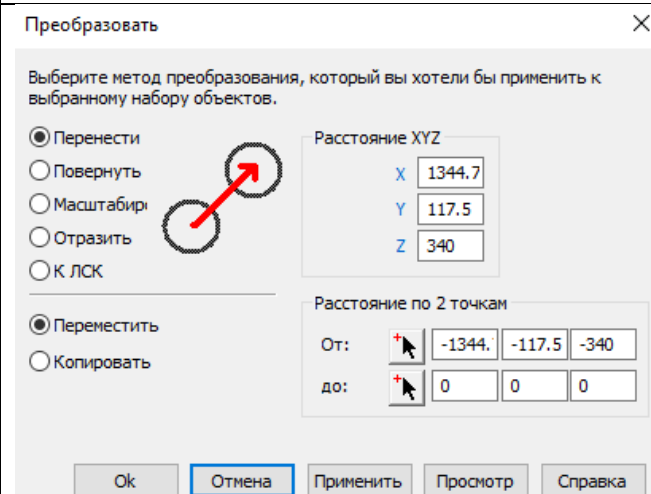
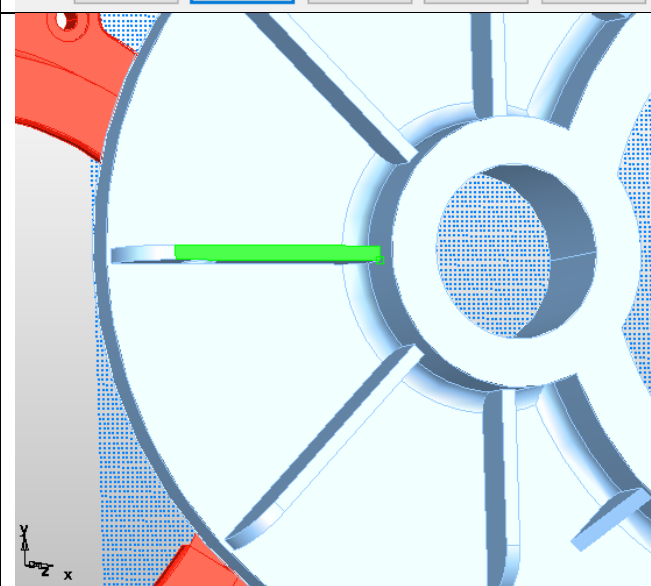
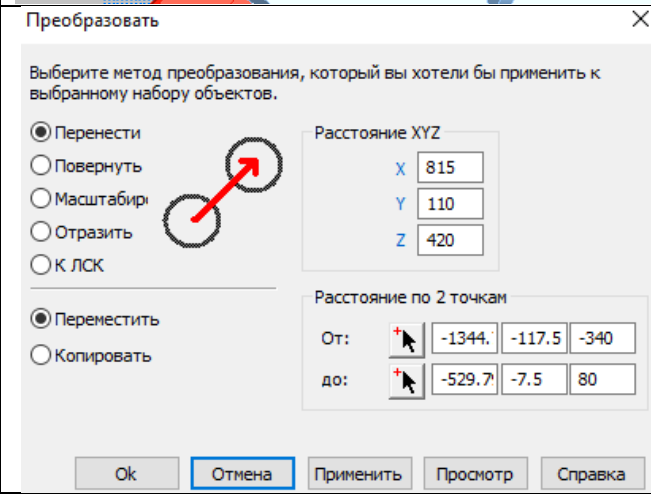
Арху

1	2	3
21	На вкладці <i>Вид деталі</i> в дереві моделі <i>Тіла</i>  вибираємо <i>крышка_редуктора_1</i> (модель деталі повинна бути підсвічена червоним кольором)	
22	Коли вибрана деталь, яка підсвічена червоним кольором вибираємо значок <i>Перетворити</i> 	
23	Перетворити. Вибираємо <i>Повернути – Центр. Точка і ось X – Кут 90°</i>. Нажимаємо <i>Застосувати</i>	
24	Вибираємо <i>Перемістити</i>. <i>Відстать по двум точкам: от и до</i>. Вказуємо дві спільні точки, які належать спочатку деталі, а потім заготовці	

Змі	Архв	№	Підпис	Дат

КНУ.КБР.131.26.1-15.02.МПО

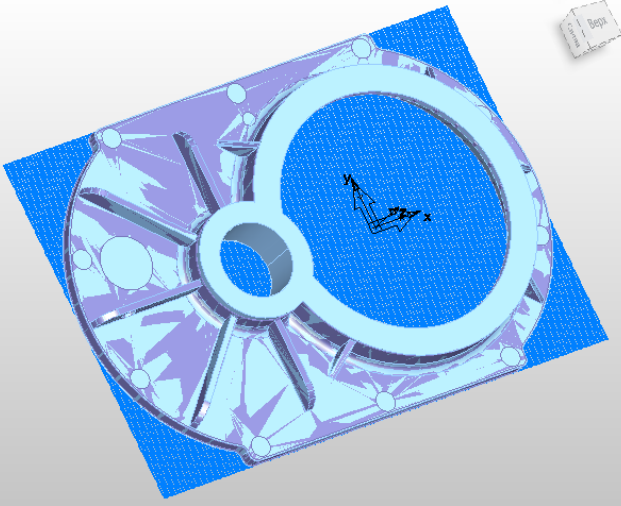
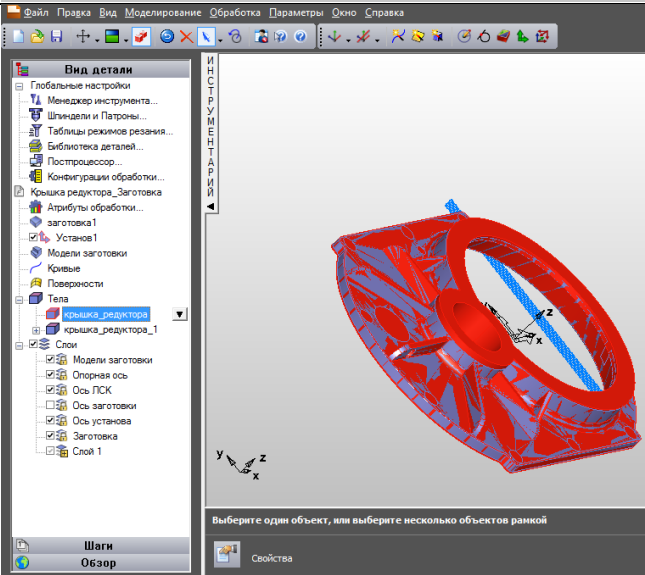
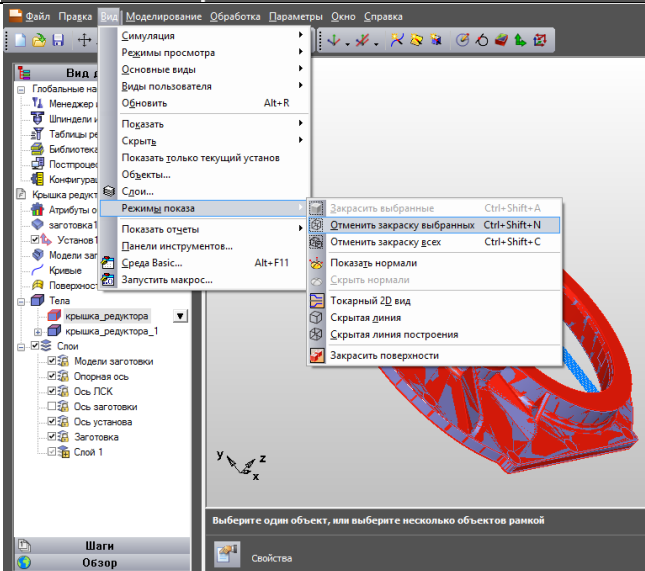
Арку

1	2	3
26	Точка 1 на деталі з координатами <i>От:</i>	
27	Друга точка належить заготовці	
28	Точка 2 на заготовке з координатами <i>до:</i> Натискаємо <i>Застосувати</i> та <i>ОК</i>	

Змі	Архв	№	Підпис	Дат

КНУ.КБР.131.26.1-15.02.МПО

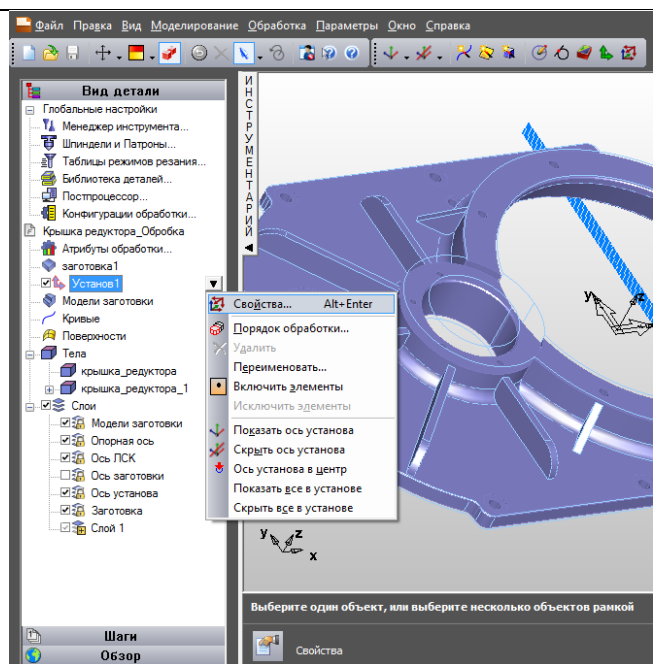
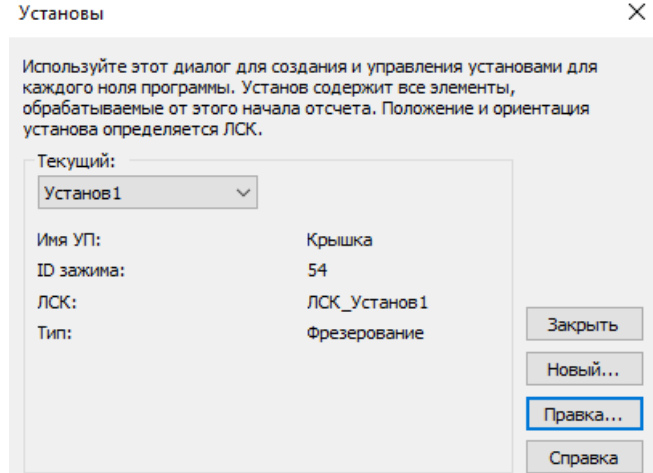
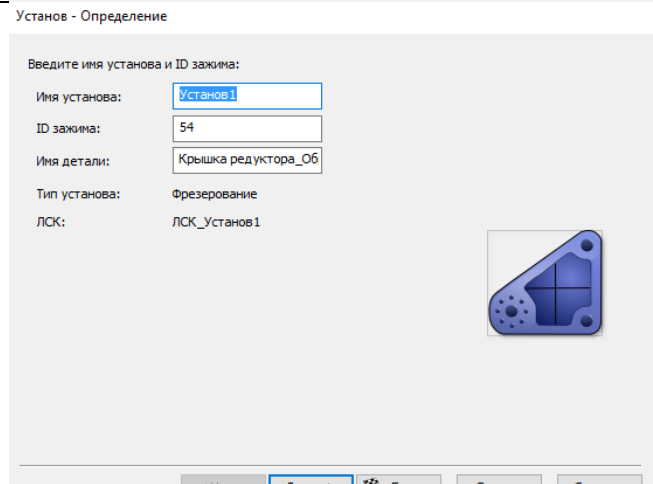
Арку

1	2	3
29	Отже, тепер деталь і заготовка поєдналася зі своїми установами та прив'язками і мають загальний вигляд	
30	Для більшої наглядності обробки, необхідно відключити візуальні поверхні заготовки, щоб було можливо назначити поверхні обробки. Для цього в дереві Тіла вибираємо заготовку <i>крышка_редуктора</i>	
31	В Головному меню вибираємо вкладку <i>Вид – Режим показа – Відмінити закраску обраних</i>	

Змі	Архв	№	Підпис	Дат

КНУ.КБР.131.26.1-15.02.МПО

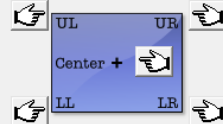
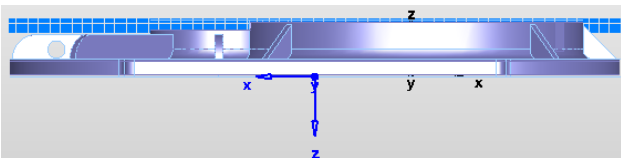
Архв

1	2	3
33	На першому установі (<i>Установ 1</i>) обробимо нижню частину крышки, тобто плоску поверхню, яка на другому установі (<i>Установ 2</i>) буде базовою настановною поверхнею. Так як вісь Z напрямлена вверху, а повинна бути напрямлена вниз, необхідно змінити її напрям. Для цього необхідно зайти у <i>Властивості</i>  <i>Установу</i> 	
34	Наступним кроком вибираємо <i>Правка</i>	
35	Натискаємо <i>Далі</i>	

Змі	Арку	№	Підпис	Дат

КНУ.КБР.131.26.1-15.02.МПО

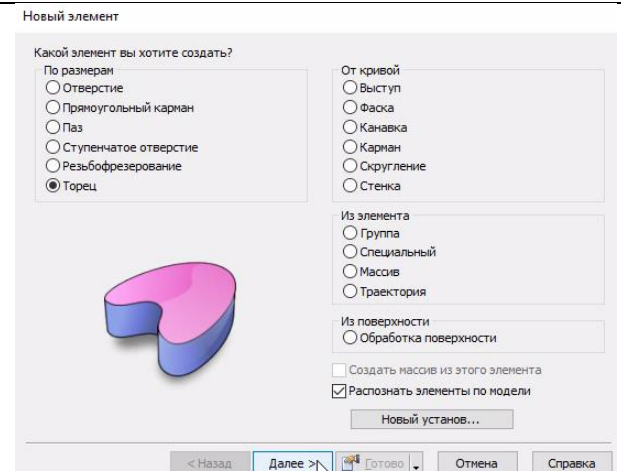
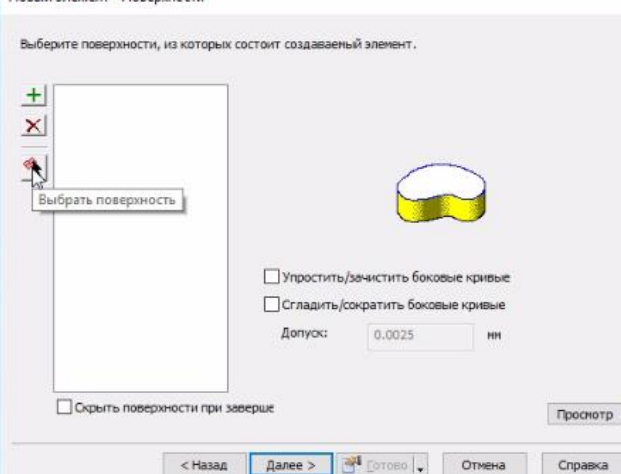
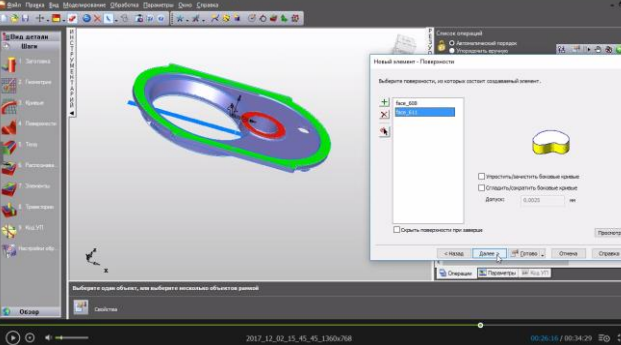
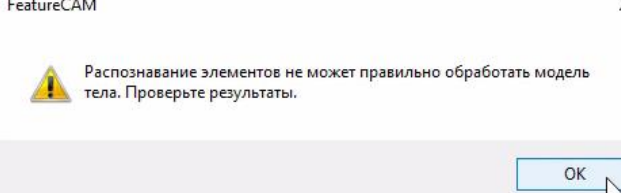
Арку

1	2	3
37	Встанавливаем ноль программы для Установу 1. Торец заготовки <i>Знизу</i> , координаты XYZ: <i>Center</i>  и нажимаем <i>Далі</i>	Установ - Нулевая точка программы Где должен быть ноль программы для Установ1? Торец заготовки ☐ Спереди ☐ Слева ☐ Сверху ☐ Сзади ☐ Справа ☒ Снизу Координаты XYZ  Выберите положение  < Назад Далее >  Готово Отмена Справка 
38	Нажимаем <i>Далі</i>	Установ - Смещение программы Применить дополнительное смещение для установа? X смещение: 0.000 Y смещение: 0.000 Z смещение: 0.000 Поворот по Z: 0.000 В глобальной системе координат: Ноль СК: (620.000, 420.000, -115.000) Векторы осей: X: (-1.0000, -0.0000, -0.0000) Y: (0.0000, 1.0000, 0.0000) Z: (-0.0000, -0.0000, -1.0000) Просмотр < Назад Далее >  Готово Отмена Справка
39	Нажимаем <i>Готово</i>	Установ - Информация о симуляции Где находится низ самого нижнего зажима? X смещение: 0.000 Удобно считать эти числа смещениями (или точкой в координатах ЗАГОТОВКИ). Y смещение: 0.000 Z смещение: -125.000 Файл симулятора станка: ☐ Всегда использовать этот ☒ Использовать заданный в .спс файле C:\Program Files\Autodesk\FeatureCAM 2017\Examples\Machine Design\Mill\3-Axis\gene Умный выбор из Examples\Machine Design, который 'соответствует' данным о резцедержателе в .спс, будет использоваться в случае, если выбранной опции не существует. ☒ Сообщить, если используется умный выбор < Назад Далее >  Готово Отмена Справка

Змі	Арку	№	Підпис	Дат

КНУ.КБР.131.26.1-15.02.МПО

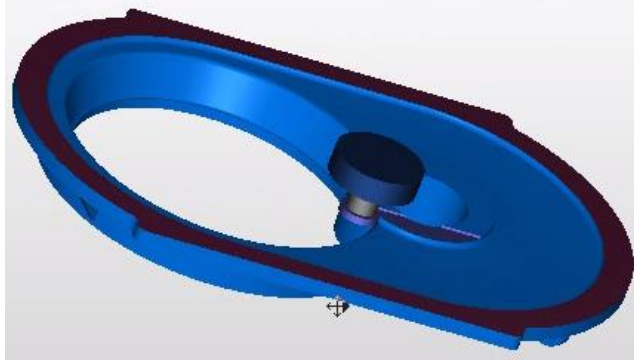
Арку

1	2	3
41	У вкладці <i>Вид деталі</i> , вибираємо <i>Установ 1</i> . Далі переходимо до вкладки <i>Кроки – Елементи</i> . По розмірам – <i>Торец</i> і поставити галочку <i>Розпізнавати елементи по моделі</i> . Натискаємо <i>Далі</i>	
42	Вибираємо поверхні які нам необхідно обробити	
43	Натискаємо <i>Далі</i>	
44	Погоджуємося з інформацією у вікні, що з'явиться, натискаємо <i>OK</i>	

Змі	Арку	№	Підпис	Дат

КНУ.КБР.131.26.1-15.02.МПО

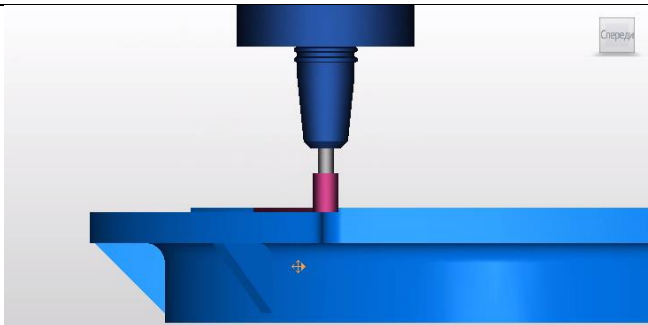
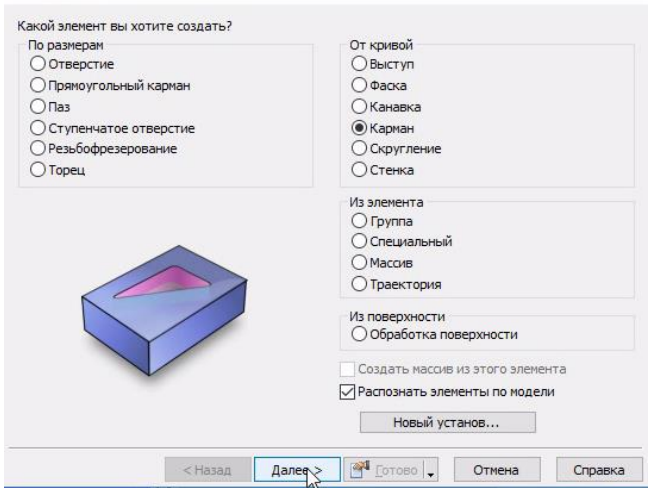
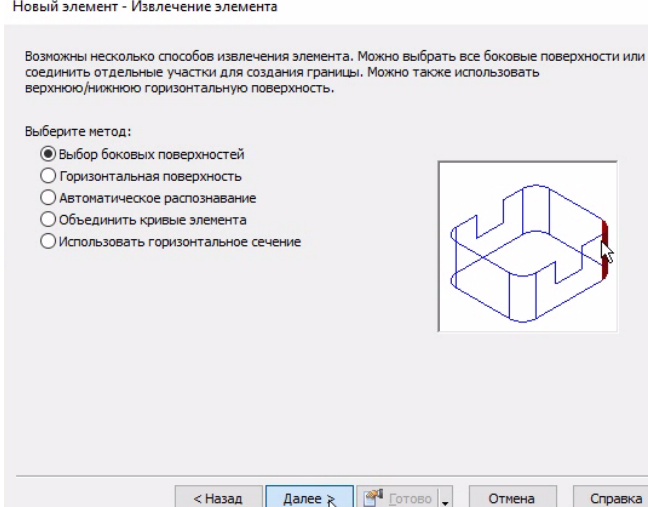
Арку

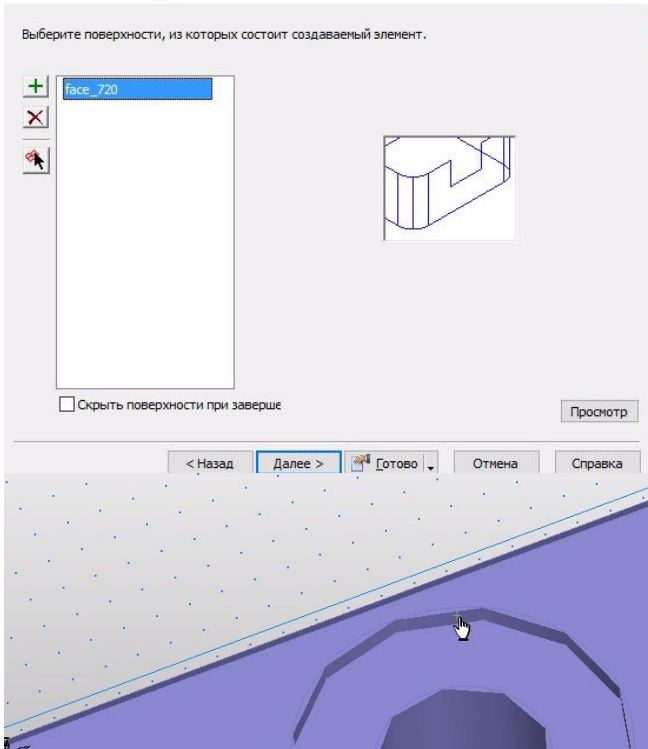
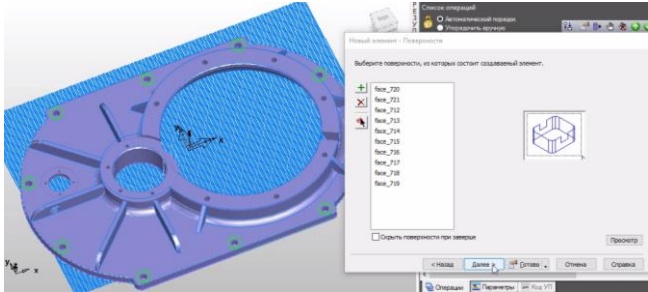
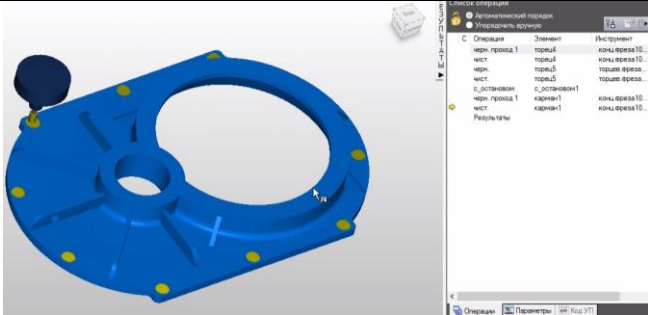
1	2	3										
45	Результат обробки. Кроки – Траекторія. Симуляція – 3D - Пуск											
46	Вносимо деяке коректування до процесу обробки. Необхідно до процесу обробки додати чорновий перехід. Для цього двічі натискаємо на чистову операцію у Списку операцій	Список операций Автоматический порядок Упорядочить вручную С Операция Элемент Инструмент Подача <table><tr><td></td><td>чист.</td><td>торец4</td><td>конц. фреза 10...</td><td>100.9 мм/мин</td></tr><tr><td></td><td>чист.</td><td>торец5</td><td>торцев. фреза...</td><td>288.3 мм/мин</td></tr></table> Результаты Операции Параметры Код УП		чист.	торец4	конц. фреза 10...	100.9 мм/мин		чист.	торец5	торцев. фреза...	288.3 мм/мин
	чист.	торец4	конц. фреза 10...	100.9 мм/мин								
	чист.	торец5	торцев. фреза...	288.3 мм/мин								
47	Переходимо у Стратегію обробки, де Чорновий прехід, ставимо галочку і натискаємо Застосувати - ОК	Свойства торца - торец4 Размеры Положение Стратегия Разное Полупное фрезерование Соединить переходы дугой Вывод точек контакта Коррекция RИ чистового Черновой проход Двусторонняя черновая Коррекция RИ чернового Чистовой проход Чистовой инструмент										

Змі	Архв	№	Підпис	Дат

КНУ.КБР.131.26.1-15.02.МПО

Архв

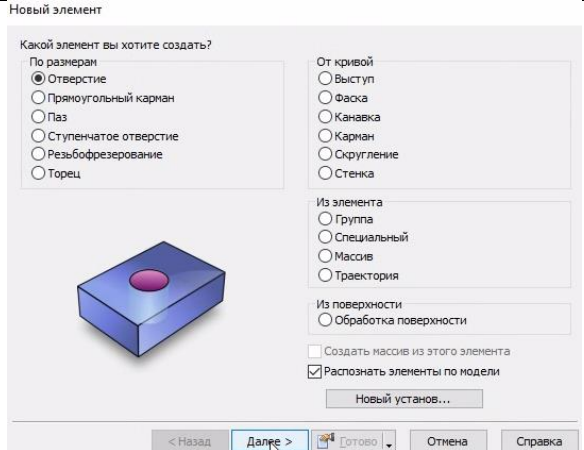
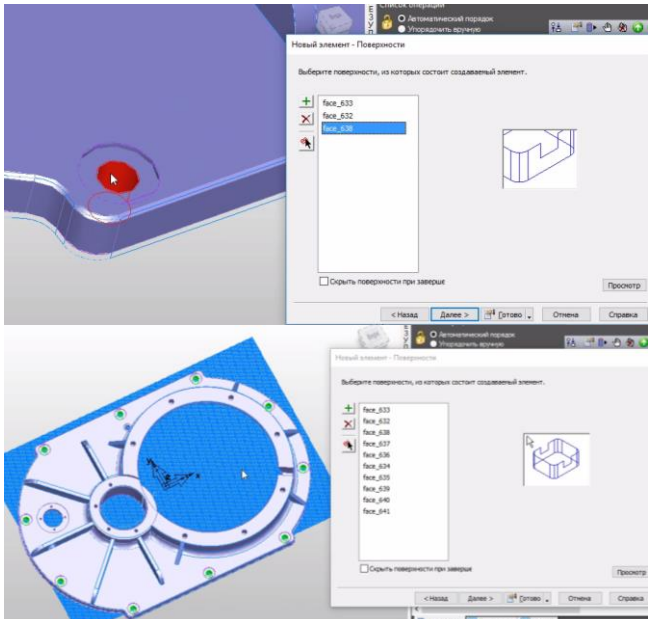
1	2	3
49	До процесу обробки були призначені не лише чистові, але й чорнові преходи, що задовольнятиме вимогам креслення деталі	
50	Переходимо на вкладку <i>Вид деталі</i> . Вибираємо <i>Установ 2</i> , далі переходимо до вкладки <i>Кроки – Елементи</i> – Від кривої <i>Карман</i> -ставимо галочку <i>Розпізнавати елементи по моделі</i> – <i>Далі</i>	
51	Оберіть метод: <i>Вибір бокових поверхонь</i> - <i>Далі</i>	

52	Вибираємо всі бокові поверхні, які необхідно обробити	Новый элемент - Поверхности Выберите поверхности, из которых состоит создаваемый элемент. face_720 ☐ Скрыть поверхности при заверше Просмотр < Назад Далее > Готово Отмена Справка 
53	Коли вказали всі бокові поверхні, які необхідно обробити, натискаємо <i>Далі</i> . У наступних вікнах Положення – <i>Далі</i> , Розміри – <i>Далі</i> , Стратегія – <i>Далі</i> , Операції – <i>Далі</i> , і всі останні кроки, що стосуються вибору інструменту та режимів різання натискаємо <i>Далі</i> . Зведення – <i>Готово</i> . В останньому вікні натискаємо <i>ОК</i>	
54	Переходимо до траекторії і запускаємо 3D симуляцію. Процес симуляції фрезерування	

Змі	Арку	№	Підпис	Дат

КНУ.КБР.131.26.1-15.02.МПО

Арку

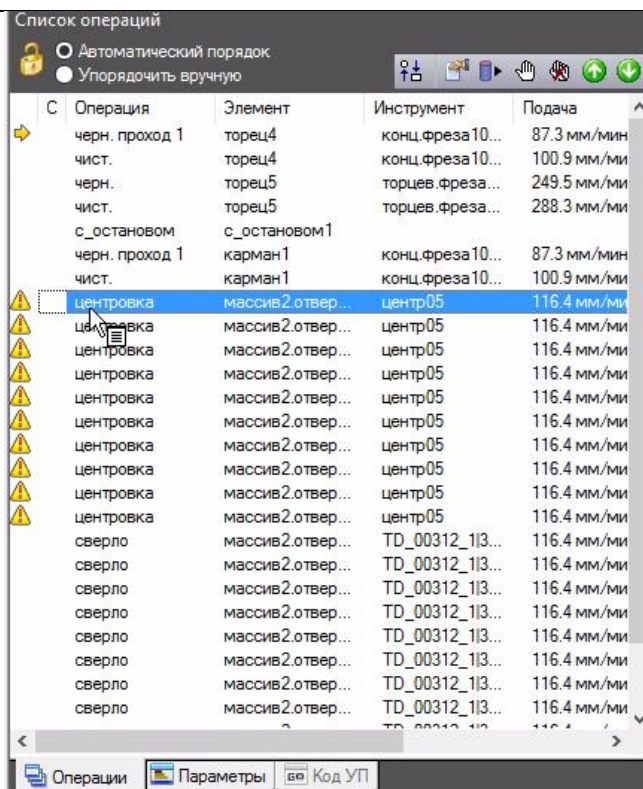
1	2	3
	<i>Кроки – Елементи – По розмірам Отвір – ставимо галочку Розпізнати елементи по моделі – Далі.</i> <i>Метод розпізнання отворів. Оберіть метод – Вилучити один отвір чи масив отворів - Далі</i>	
	<i>Оберіть поверхні, які необхідно обробити та натисніть Далі.</i> <i>Розміри, натискаємо Далі.</i> <i>Массивы – Массивы по точкам в плоскости XY установку – Далі.</i> <i>Розміри – Далі.</i> <i>Стратегии – Далі.</i> <i>Операции – Далі.</i> <i>Выбір інструментів та режимів різання натискаємо Далі.</i> <i>Зведення – Готово.</i> <i>Останнє вікно – ОК.</i>	

Змі	Арку	№	Підпис	Дат

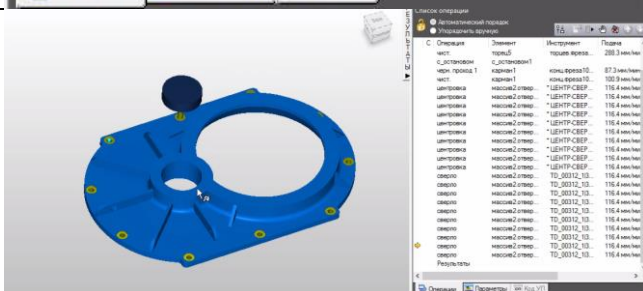
КНУ.КБР.131.26.1-15.02.МПО

Арку

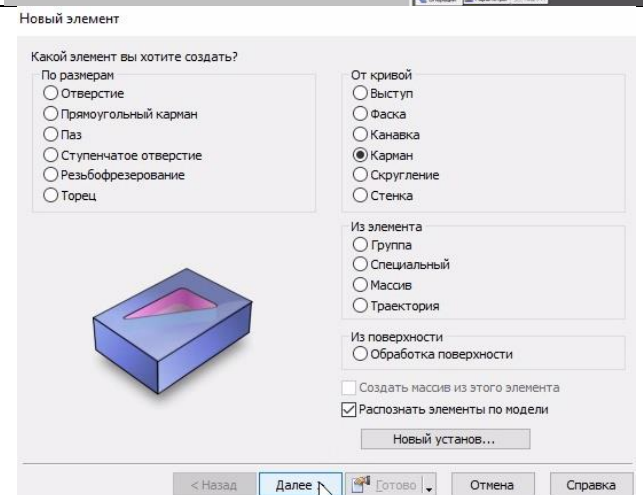
У списку операцій з'явилися вказіки про Помилки ⚠️. Вони пов'язані з неправильним вибором інструменту. Для їх виправлення необхідно двічі клацнути по операції, зайти в інструменти та призначити інструмент з його геометричними параметрами, який буде задовольняти умовам обробки. Можна створити новий інструмент або обороти із перерахованих у бібліотеці, якщо такий є



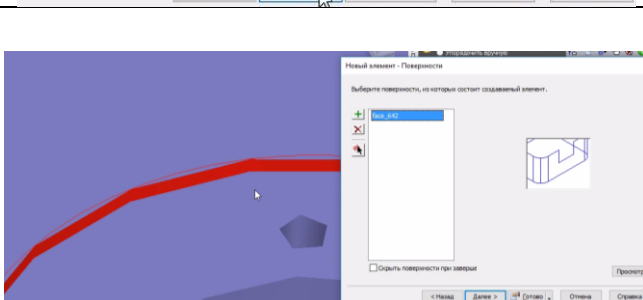
Процес симуляції центрування, свердління



Кроки – Элементы – Від кривої Карман – поставити галочку Розпізнавати елементи по моделі – Далі. Вилучення елемента. Оберіть метод – Вибір бокових поверхонь – Далі.



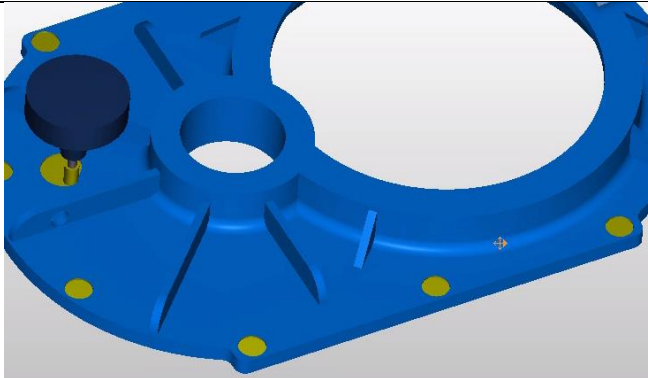
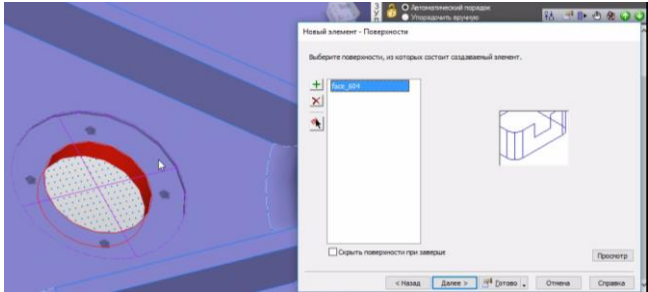
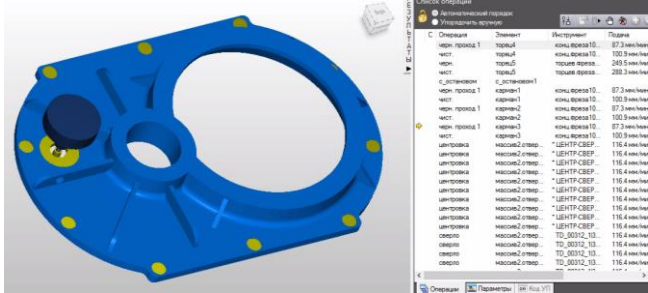
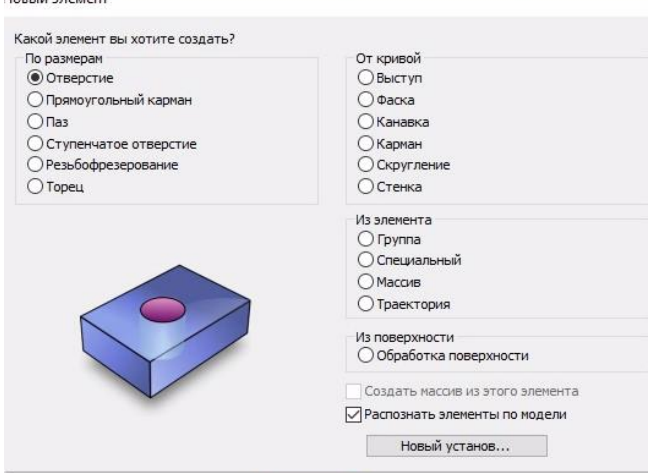
Поверхні. Вкажіть поверхню, яку необхідно обробити, натисніть *Далі*.
Положення – *Далі*.
Розміри – *Далі*.
Стратегії – *Далі*.
Операції – *Далі*.
Вибір інструменту та режимів



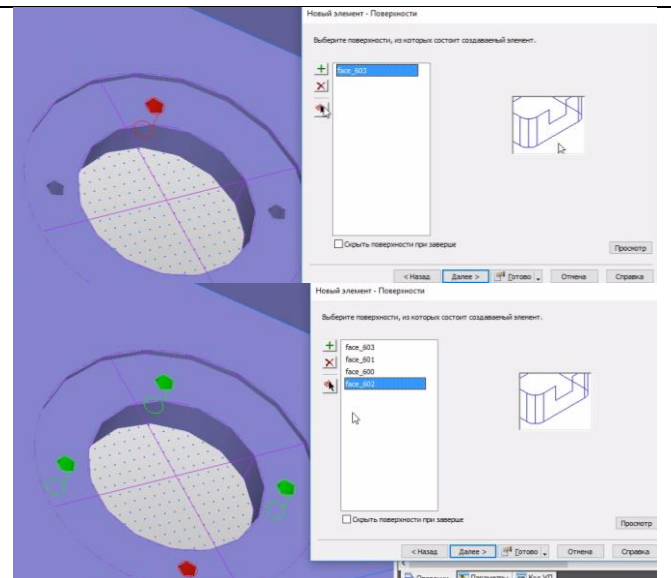
Змі	Арку	№	Підпис	Дат

КНУ.КБР.131.26.1-15.02.МПО

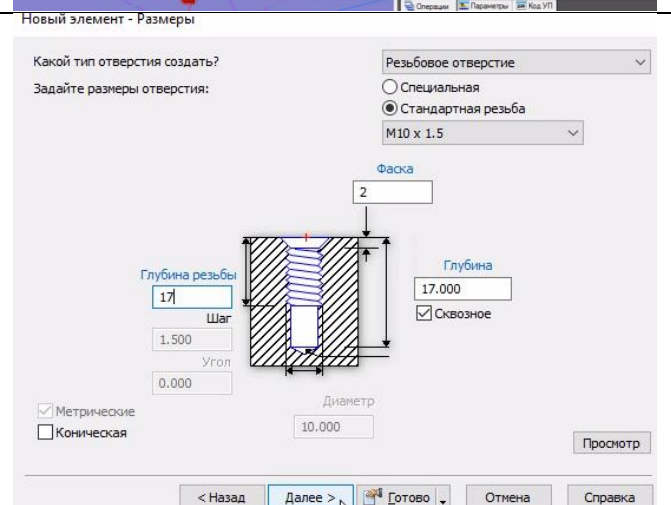
Арку

	різання, натискаємо <i>Далі</i> . Зведення – <i>Готово</i> . Останнє вікно – <i>Ок</i> .	
	Траєкторії – 3D Симуляція - Пуск	
	Повторюємо кроки як у пункті 59, тільки обираємо іншу поверхню для обробки. Поверхні. Вкажіть поверхню, яку необхідно обробити, натисніть <i>Далі</i> . Положення – <i>Далі</i> . Розміри – <i>Далі</i> . Стратегії – <i>Далі</i> . Операції – <i>Далі</i> . Вибір інструменту та режимів різання, натискаємо <i>Далі</i> . Зведення – <i>Готово</i> . Останнє вікно – <i>Ок</i> .	
	Процес симуляції –операції фрезерування	
	<i>Кроки – Елементи – По розмірам Отвір – поставити галочку Розпізнати елементи по моделі – Далі</i> Метод розпізнавання отворів. Оберіть метод – <i>Вилучити один отвір чи масив отворів</i> – <i>Далі</i> .	

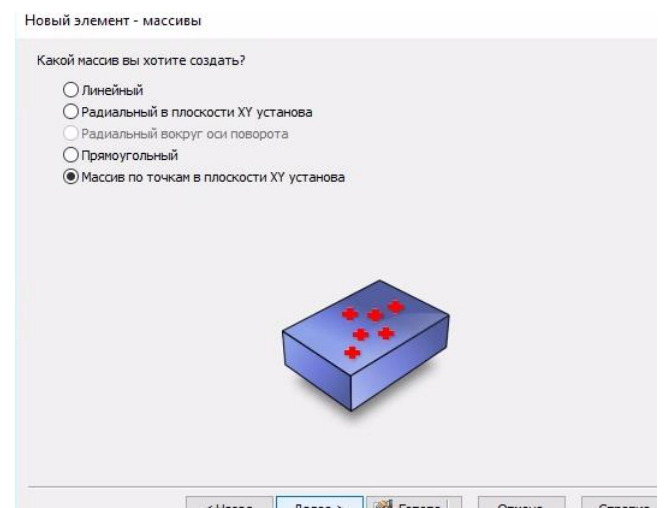
Поверхні. Обрати поверхні, які необхідно обробити та натиснути *Далі*



Розміри. Який тип отвору створити? – *Різьбовий отвір*.
Стандартна різьба M10x1,5.
Фаска 2мм.
Натискаємо *Далі*



Масиви. Який масив ви хочете створити? – *Масив по точка в плоскости XY установку* – *Далі*.
Розміри – *Далі*.
Стратегії – *Далі*.
Операції – *Далі*.
Вбір інструменту і режимів різання, натискаємо *Далі* у всіх останніх кроках.
Деяких інструментів в базі немає, тому геометричні параметри цих інструментів необхідно підбрати самостійно (можна створити свій інструмент).
Зведення – *Готово*.
Останнє вікно – *Ок*.



Змі	Арку	№	Підпис	Дат

КНУ.КБР.131.26.1-15.02.МПО

Арку

Помилки ⚠, які необхідно виправити, методом підбору інструменту, який задовольнятиме вимогам обробки. Для цього необхідно двічі клацнути на операцію де виникла помилка, зайти на вкладку *Інструменти* і відредагувати або створити новий інструмент з необхідними геометричними параметрами

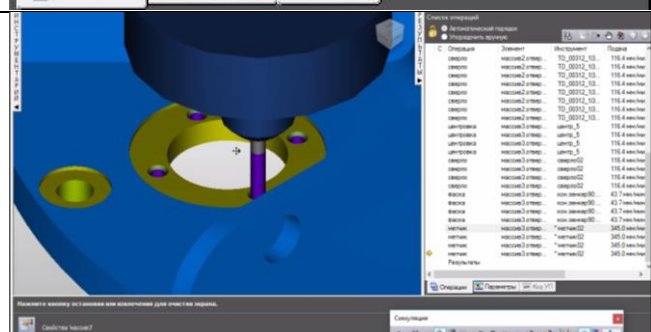
Список операций

☐ Автоматический порядок
☐ Упорядочить вручную

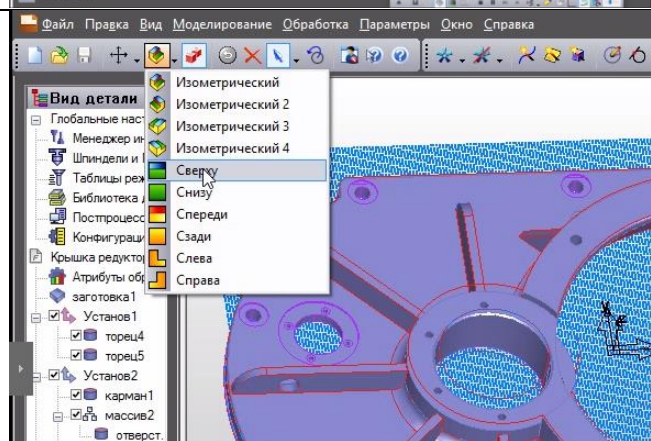
С	Операция	Элемент	Инструмент	Подача
	сверло	массив2.отвер...	TD_00312_113...	116.4 мм/ми
	сверло	массив2.отвер...	TD_00312_113...	116.4 мм/ми
	сверло	массив2.отвер...	TD_00312_113...	116.4 мм/ми
	сверло	массив2.отвер...	TD_00312_113...	116.4 мм/ми
	сверло	массив2.отвер...	TD_00312_113...	116.4 мм/ми
	сверло	массив2.отвер...	TD_00312_113...	116.4 мм/ми
	сверло	массив2.отвер...	TD_00312_113...	116.4 мм/ми
	центровка	массив3.отвер...	центр_5	116.4 мм/ми
	центровка	массив3.отвер...	центр_5	116.4 мм/ми
	центровка	массив3.отвер...	центр_5	116.4 мм/ми
	центровка	массив3.отвер...	центр_5	116.4 мм/ми
	сверло	массив3.отвер...	сверло02	116.4 мм/ми
	сверло	массив3.отвер...	сверло02	116.4 мм/ми
	сверло	массив3.отвер...	сверло02	116.4 мм/ми
	сверло	массив3.отвер...	сверло02	116.4 мм/ми
	фаска	массив3.отвер...	кон.зенкер90...	43.7 мм/мин
	фаска	массив3.отвер...	кон.зенкер90...	43.7 мм/мин
	фаска	массив3.отвер...	кон.зенкер90...	43.7 мм/мин
	фаска	массив3.отвер...	кон.зенкер90...	43.7 мм/мин
	метчик	массив3.отвер...	*МЕТЧИК 01	345.0 мм/ми
	метчик	массив3.отвер...	*МЕТЧИК 01	345.0 мм/ми
	метчик	массив3.отвер...	*МЕТЧИК 01	345.0 мм/ми
	метчик	массив3.отвер...	*МЕТЧИК 01	345.0 мм/ми
	Результаты			

Операции | Параметры | Код УП

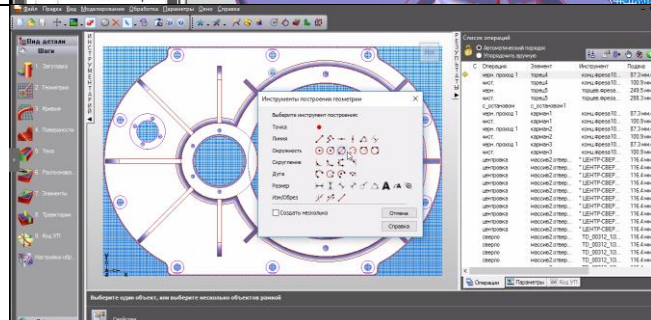
Траектория – 3D Симуляция. Загальний вигляд обробки без помилок у Списку операцій



Обираємо вигляд деталі Зверху



Переходимо на вкладку Кроки – Геметрія.

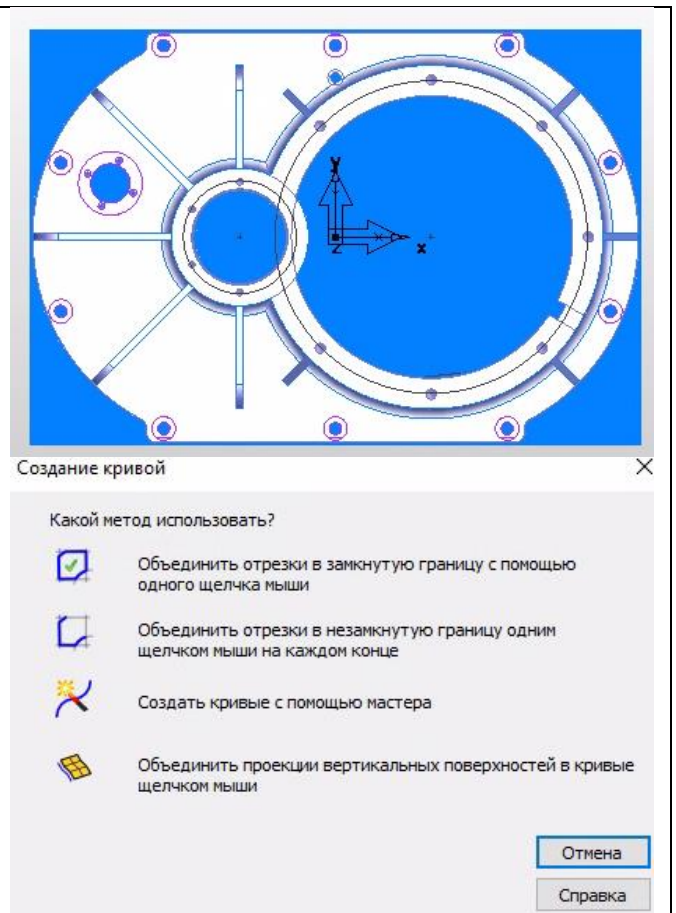


Змі	Арку	№	Підпис	Дат

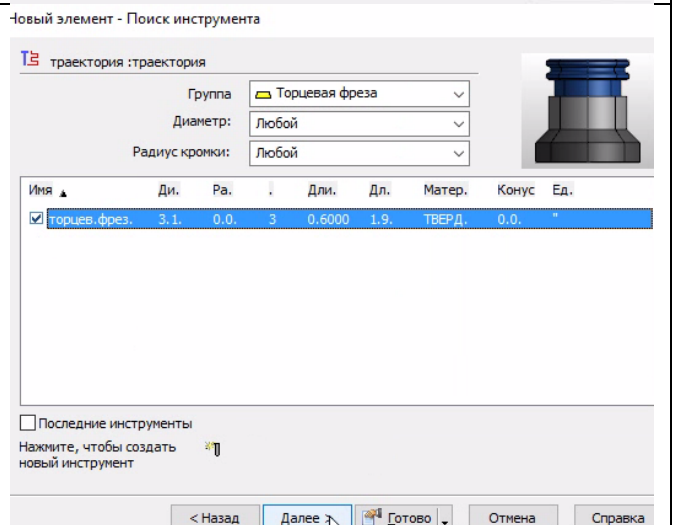
КНУ.КБР.131.26.1-15.02.МПО

Арку

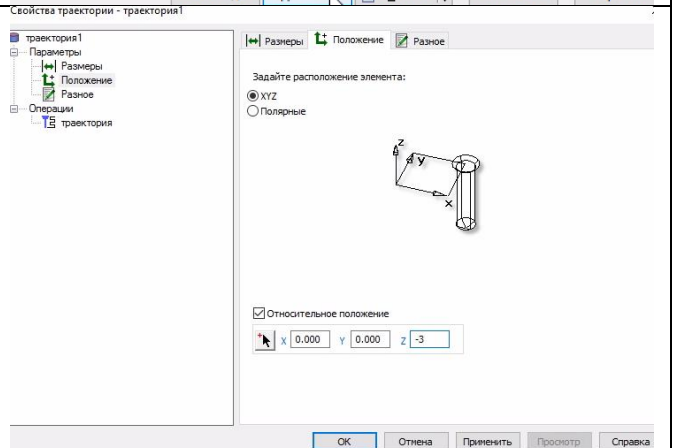
Сворюємо дві окружності, які будуть траєкторією для інструменту.
Потім необхідно ці окружності об'єднати в криві.
Кроки – Криві – Об'єднати відрізки у замкнену границю за допомогою одного клацання миші.
Потім обираємо криву, яку необхідно об'єднати, даємо їй ім'я і нажимаємо *Створити*



Кроки – Элементы – Из элемента Траектория – Дали – Крива (Обираємо криву, яка буде траєкторією для інструменту) – Дали – Дали – Дали – Поиск инструмента обираємо Торцевую фрезу - Дали – Дали – Дали – Готово - Ок



Заходимо до *Списку операций* – обираємо операцію *Траектория* двічі клацнувши – переходимо у вкладку *Положения*, та вводимо там *Z -3* – Застосувати – Ок.
Повторюємо тіж самі кроки, але тепер до другої траєкторії



Змі	Арку	№	Підпис	Дат

КНУ.КБР.131.26.1-15.02.МПО

Арку

У Списку операцій, створено дві траєкторії: траєкторія 1 та траєкторія 2

Список операций

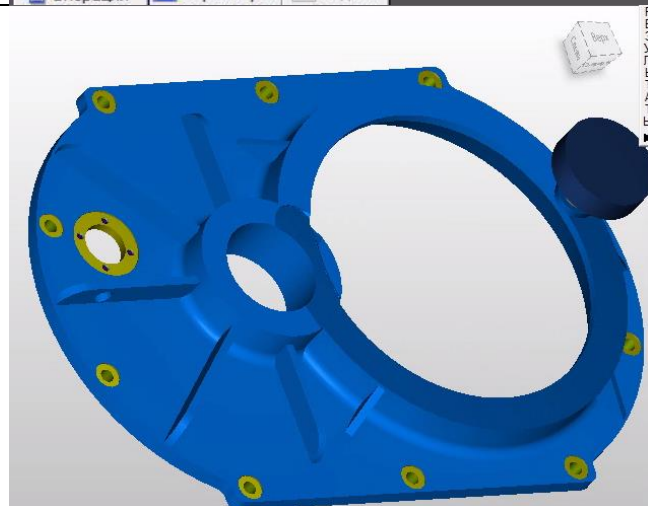
☐ Автоматический порядок
☒ Упорядочить вручную

С	Операция	Элемент	Инструмент	Подача
	сверло	массив2.отвер...	TD_00312_113...	116.4 мм/ми
	сверло	массив2.отвер...	TD_00312_113...	116.4 мм/ми
	сверло	массив2.отвер...	TD_00312_113...	116.4 мм/ми
	сверло	массив2.отвер...	TD_00312_113...	116.4 мм/ми
	сверло	массив2.отвер...	TD_00312_113...	116.4 мм/ми
	сверло	массив2.отвер...	TD_00312_113...	116.4 мм/ми
	центровка	массив3.отвер...	центр_5	116.4 мм/ми
	центровка	массив3.отвер...	центр_5	116.4 мм/ми
	центровка	массив3.отвер...	центр_5	116.4 мм/ми
	центровка	массив3.отвер...	центр_5	116.4 мм/ми
	сверло	массив3.отвер...	сверло02	116.4 мм/ми
	сверло	массив3.отвер...	сверло02	116.4 мм/ми
	сверло	массив3.отвер...	сверло02	116.4 мм/ми
	сверло	массив3.отвер...	сверло02	116.4 мм/ми
	фаска	массив3.отвер...	кон.зенкер90...	43.7 мм/мин
	фаска	массив3.отвер...	кон.зенкер90...	43.7 мм/мин
	фаска	массив3.отвер...	кон.зенкер90...	43.7 мм/мин
	фаска	массив3.отвер...	кон.зенкер90...	43.7 мм/мин
	метчик	массив3.отвер...	* метчик02	345.0 мм/ми
	метчик	массив3.отвер...	* метчик02	345.0 мм/ми
	метчик	массив3.отвер...	* метчик02	345.0 мм/ми
	метчик	массив3.отвер...	* метчик02	345.0 мм/ми
	траектория	траектория1	* торцев.фреза...	9.8 мм/мин
	траектория	траектория2	* торцев.фреза...	9.8 мм/мин
	Результаты			

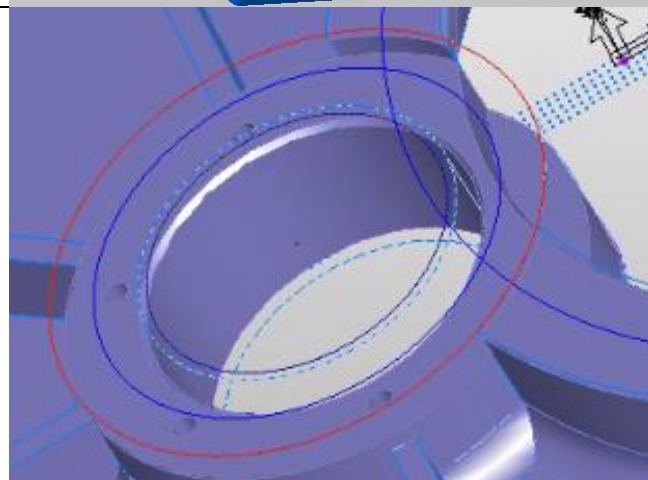
Операции | Параметры | Код УП

Кроки – Траєкторія – 3D Симуляція. Результат симуляції

Так як за ці дві траєкторії не був знятий весь припуск необхідно, у тому ж порядку повторити операції з застосування тих же кривих, але тепр у вкладці Положення вказати Z -5 – Застосувати – Далі



Створюємо два геометричних кола, які потім перетворюємо в два замкнутих геометричних кола одним клацанням миші. Називаємо ці кола, наприклад: концевая фреза 01; концевая фреза 02 Тоб-то це будуть дві границі (найбільше коло та найменше)

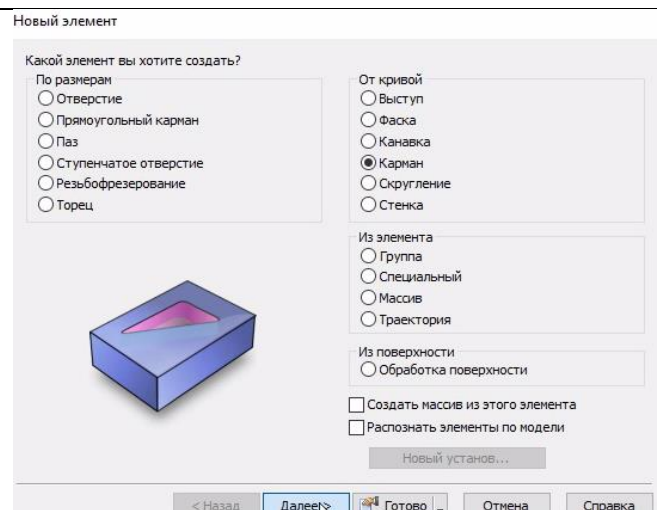


Змі	Арку	№	Підпис	Дат

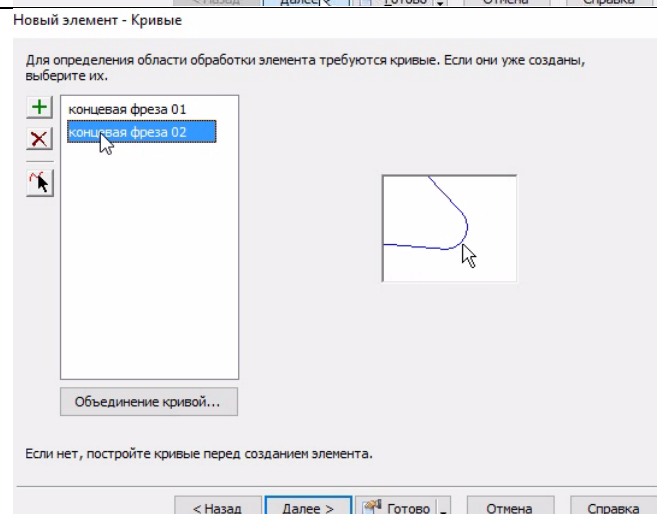
КНУ.КБР.131.26.1-15.02.МПО

Арку

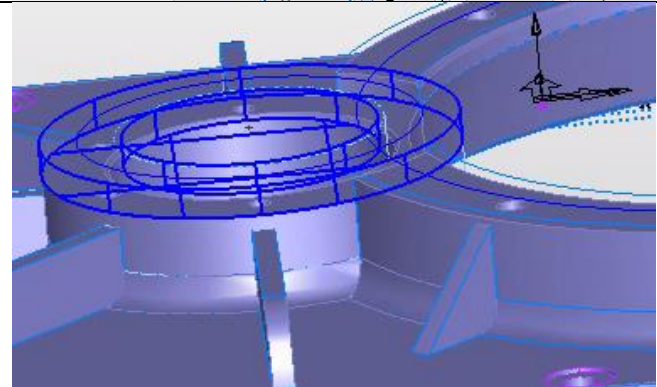
Кроки – Елементи – Від кривої Карман - Далі



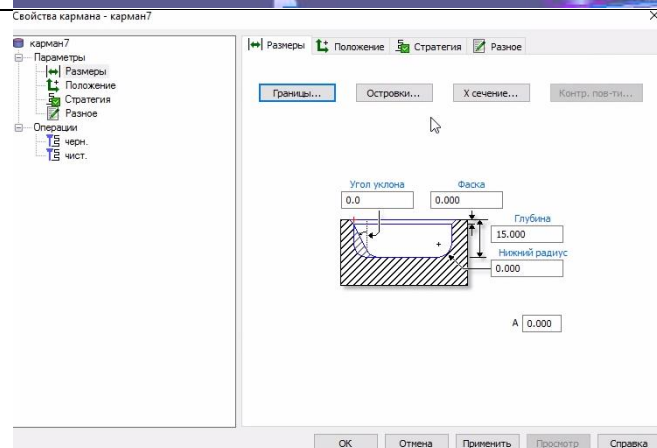
Обираємо два «контури», в середині яких буде проводитись обробка, натискаємо Далі.



Положения по Z -5 – Далі
Розміри. Глубина – 15
Стратегії – Далі.
Операциі – Далі.
Инструменты та режимы
різання – Далі.
Зведення – Готово.



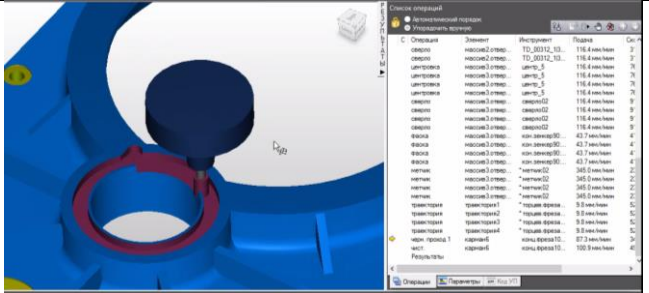
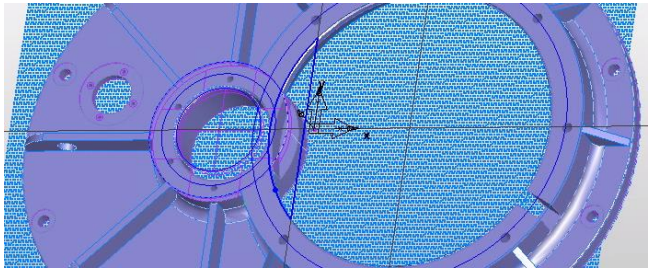
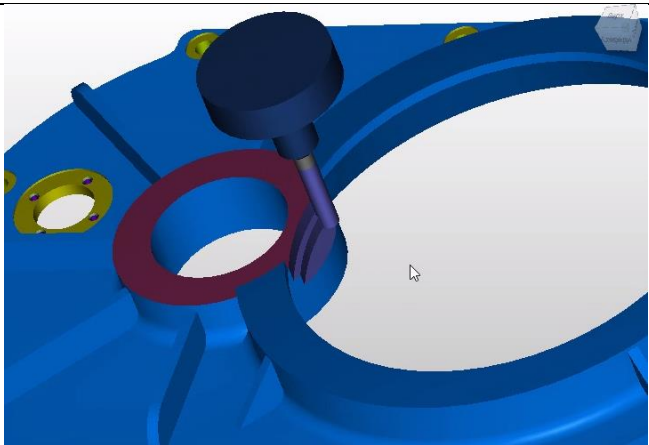
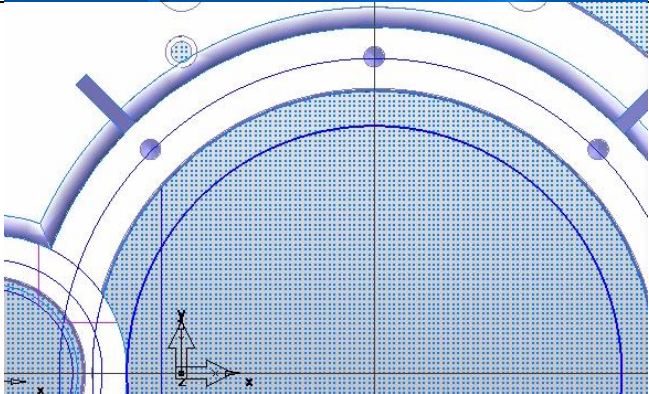
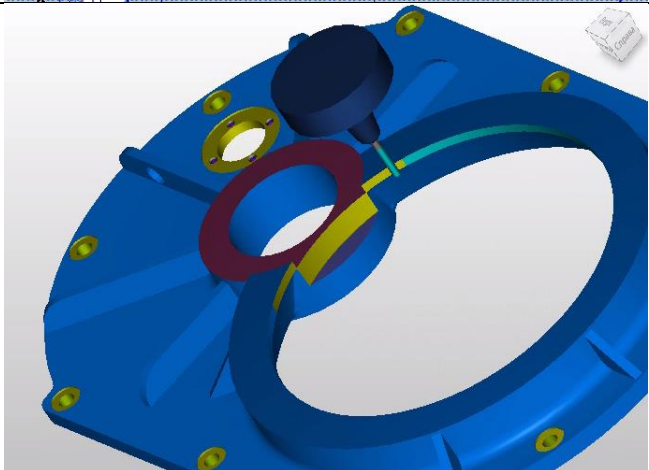
Границі – вказати концева фреза 01
Островки – вказати концева фреза 02



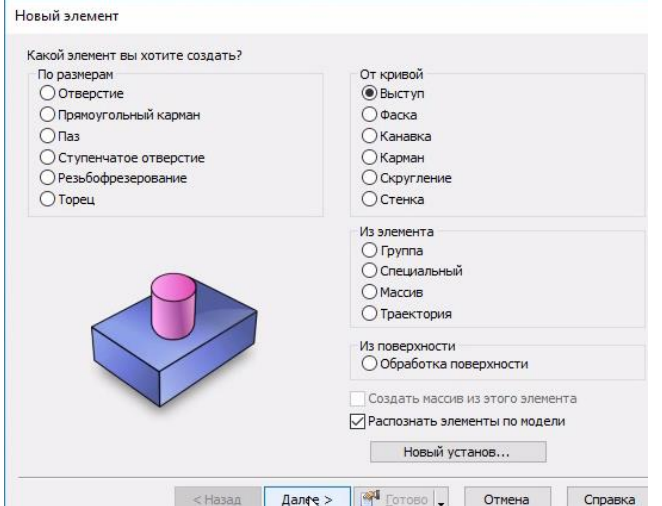
Змі	Арку	№	Підпис	Дат

КНУ.КБР.131.26.1-15.02.МПО

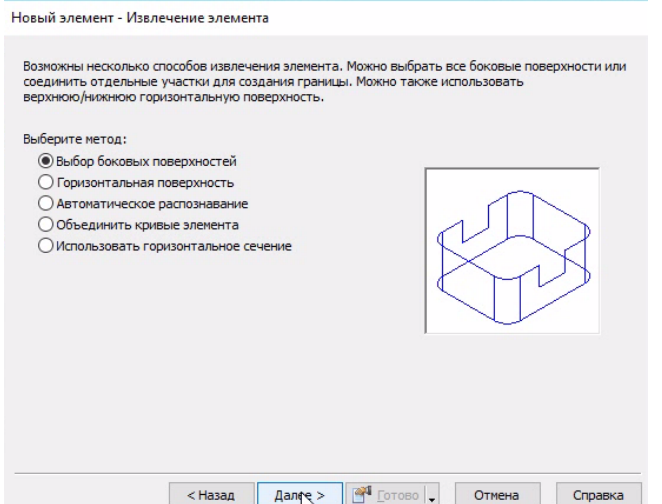
Арку

	<i>Траекторія – 3D Симуляція.</i> Загальний вигляд обробки	
	<i>Кроки – Геометрія.</i> <i>Кроки – Криві.</i> За допомогою геометрії створює криву, яка буде границею для обробки. Створювати лише чорнову обробку	
	<i>Кроки - Траекторія – 3D Симуляція.</i> Загальний вигляд обробки	
	Створюємо нову траекторію повторюючи кроки у пункті 73. При створенні траекторії необхідно враховувати параметри діаметр різального інструменту	
	<i>Кроки - Траекторія – 3D Симуляція.</i> Загальний вигляд обробки	

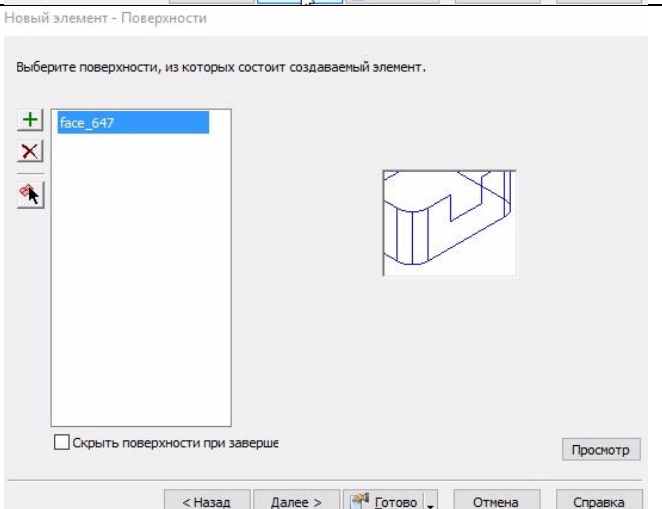
Кроки – Елементи – Від кривої Виступ – поставити галочку Розпізнати елементи по моделі - Далі



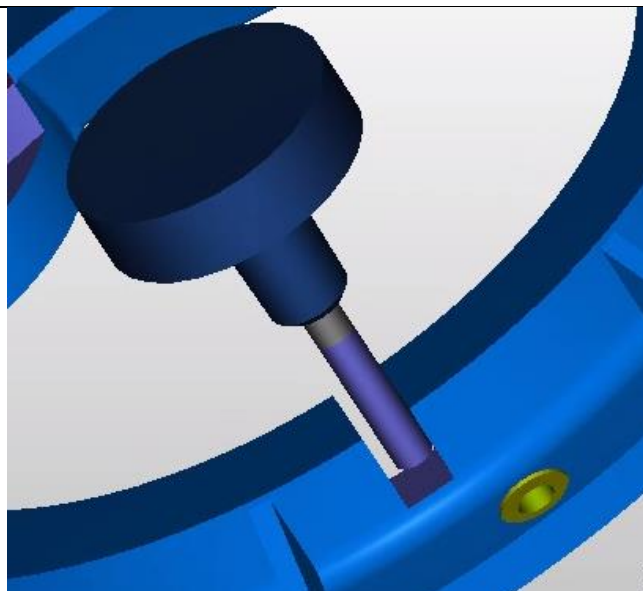
Вилучення елементу. Оберіть метод – Вибір бокових поверхонь - Далі



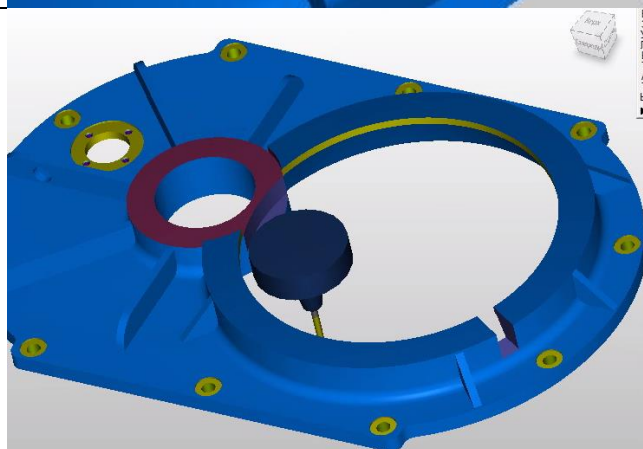
Обрати две поверхности, які необходимо обработать – Далі.
Сторона обробки – Далі.
Положення – Далі.
Розміри – Далі.
Стратегії – Далі.
Операції – Далі.
Інструмент та режими різання – Далі.
Зведення – Готово.
Останнє вікно – Ок.



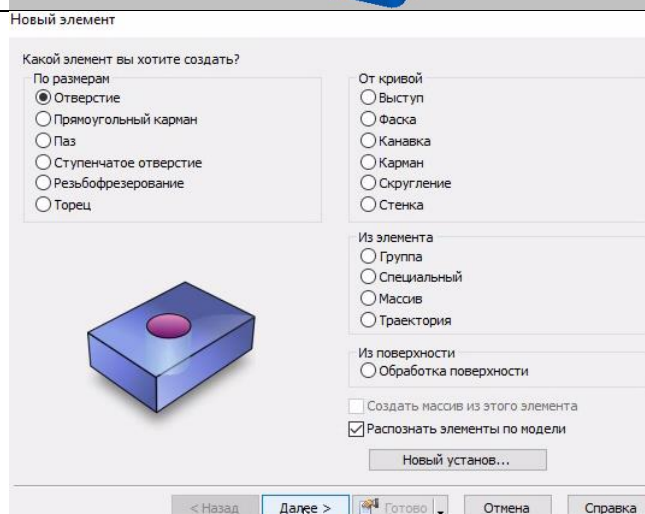
*Кроки - Траектория – 3D
Симуляция. Загальний вигляд
обробки*



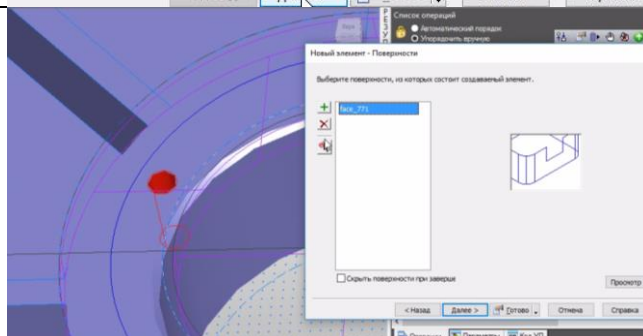
*Загальний результат обробки
на данному етапі*



*Кроки – Елементи – По
розмірам Отвір – поставити
галочку Розпізнати елементи
по моделі – Далі.
Метод розпізнавання отворів.
Оберіть метод – Вилучити
один отвір чи масив отворів
– Далі.*



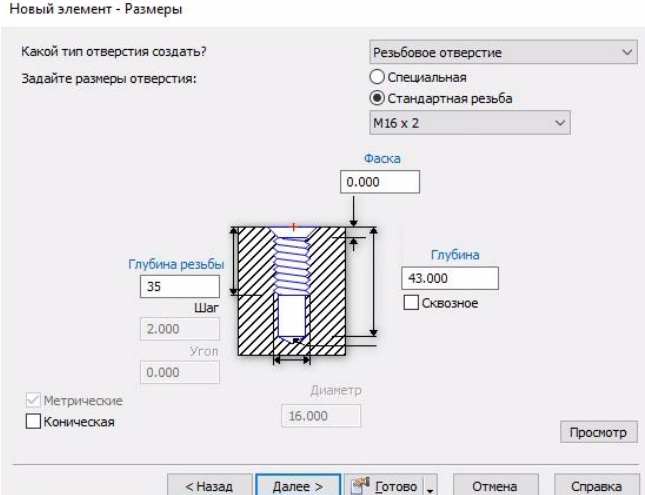
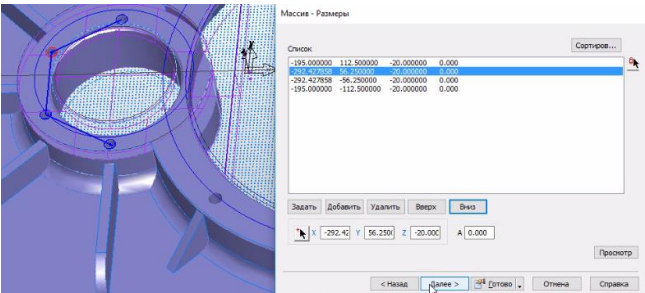
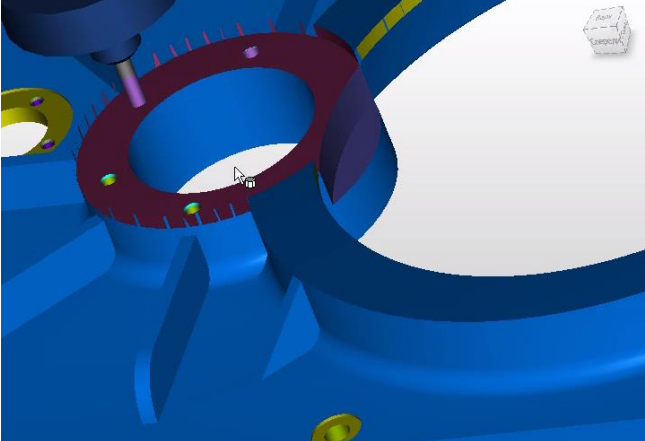
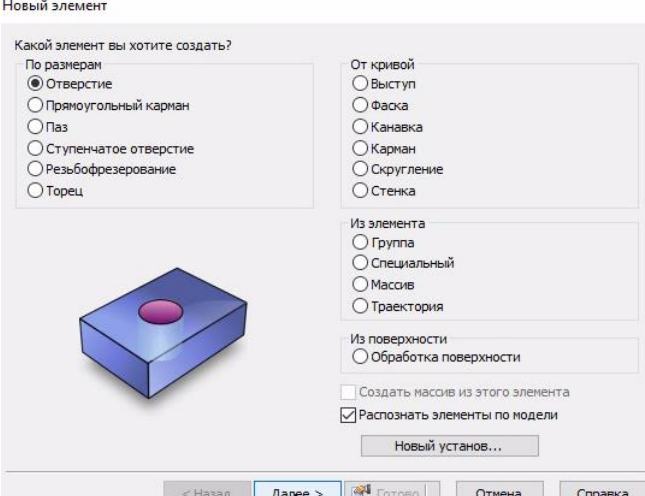
*Поверхні. Вказати всі отвори
(пверхні), які необхідно
обробити - Далі*



Змі	Арку	№	Підпис	Дат

КНУ.КБР.131.26.1-15.02.МПО

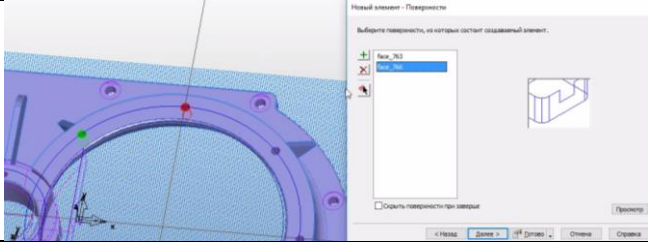
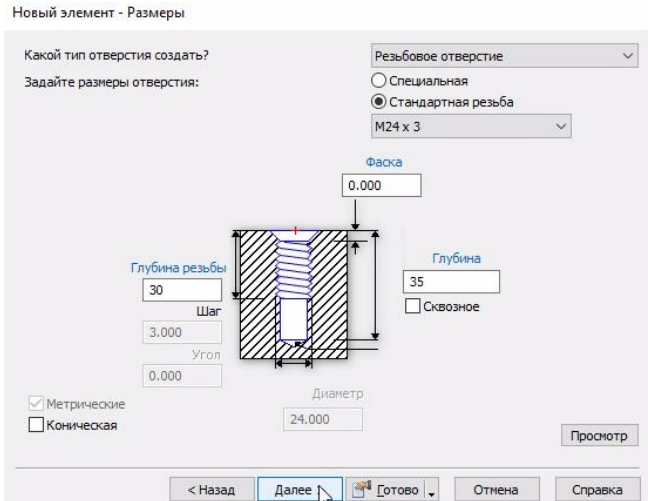
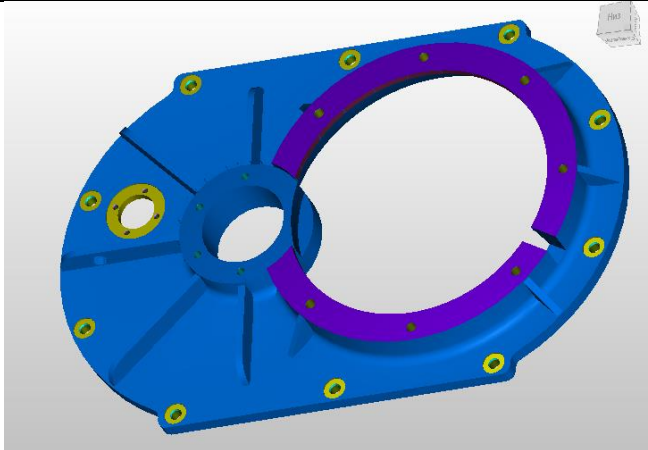
Арку

	Розміри. Який тип отвору створити? – <i>Різьбовий отвір.</i> Стандартна різьба <i>M16x2.</i> Глибина різьби <i>35мм.</i> Глибина <i>43.</i> - <i>Далі.</i> Масиви. <i>Масиви по точкам в площинах ХУ установка - Далі</i>	
	Розміри – <i>Далі.</i> Стратегії – <i>Далі.</i> Операції – <i>Далі.</i> Інструмент та режими різання – <i>Далі.</i> Зведення – <i>Готово.</i> Останнє вікно – <i>Ок.</i>	
	<i>Кроки - Траектория – 3D Симуляция. Загальний вигляд обробки</i>	
	<i>Кроки – Элементы – По размерам Отвір – поставить галочку Розпізнати элементы по модели – Далі.</i> Метод розпізнавання отворів. Оберіть метод – <i>Вилучити один отвір чи массив отворів</i> – <i>Далі</i>	

Змі	Арку	№	Підпис	Дат

КНУ.КБР.131.26.1-15.02.МПО

Арку

	Поверхні. Вказати всі отвори, які необхідно обробити - <i>Далі</i>	
	Розміри. Який тип отвору створити? – <i>Різьбовий отвір.</i> Стандартна різьба <i>M24x3.</i> Глибина різьби <i>30 мм.</i> Глибина <i>35.</i> - <i>Далі.</i> Масиви. <i>Масиви по точкам в площинах ХУ установка – Далі.</i> Розміри – <i>Далі.</i> Стратегії – <i>Далі.</i> Операції – <i>Далі.</i> Інструмент та режими різання – <i>Далі.</i> Зведення – <i>Готово.</i> Останнє вікно – <i>Ок.</i>	
	Кінцеве зображення обробки <i>Кроки - Траекторія – 3D Симуляції</i>	
		Fan16m5x Example-A B Head.cnc

					КНУ.КБР.131.26.1-15.03.КПВ				
Змін	Аркв	№	Підпис	Дат	КОНСТРУКТОРСЬКА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА		Літ.	Арк.	Арквшів
Розроб.	Кравчук								
Перевір.	Цивінда								
Н. контр.	Нечаєв								
Затверд	Рязанцев				Кафедра ТМ зв ПМ-23ск				

Обираємо стандартні елементи.

Згідно схеми базування стандартні елементи – пальці: циліндричний та зрізаний .

Похибка базування:

При фрезеруванні поверхні торцевої

$$E_{\delta} = 0$$

При свердлуванні отворів

$$E_{\delta} = \frac{\Delta_{zap} + IT_D + IT_d \cdot n}{l};$$

$$E_{\delta} = \frac{0.007 + 0.033 + 0.013}{780} = 0.7 \cdot 10^{-4} \text{ мм};$$

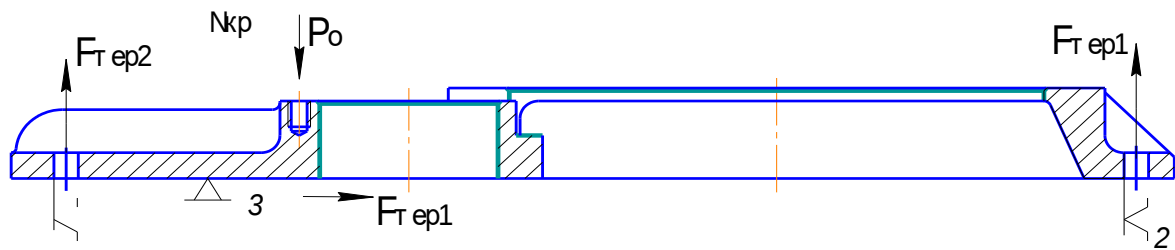


Рисунок 3.2 – Схему затиску деталі

$$\sum M_0 = 0;$$

$$F_{TP1} \cdot 780 + F_{TP32} \cdot 700 = kPz \cdot 50 \cdot f;$$

$$wf \cdot 780 + wf \cdot 700 = kPz \cdot 50 \cdot f;$$

$$w = \frac{kPz \cdot 50 \cdot f}{f \cdot 700 + f \cdot 780} = \frac{2.5 \cdot 8000 \cdot 50 \cdot 0.12}{0.12 \cdot 700 + 0.12 \cdot 780} = 674 \text{ Н}$$

Вихідна сила затиску:

Діаметр гвинта

$$d = \frac{\sqrt{W}}{0.5\sigma} \approx 1.4 \text{ см.}$$

$$Q = w(l_1 + l_2) / l_1 \eta;$$

$$Q = 674(70 + 50) / 70 \cdot 0.95 = 1225 \text{ Н.}$$

Розрахунок на точність пристрою:

3.2 Проектування контрольного пристрою

Технічне завдання: Розробити контрольний пристрій для контролю, паралельності поверхні деталі, що становить 0,06 мм , відносно бази.

Для контролю паралельності поверхні деталі вибираємо вимірювальний прилад. Вимірювальні прилади вибираються в залежності від точності вимірювальної величини на порядок точнішим. Вимірювальний прилад - індикаторна головка ІГ05 205, з ціною виміру 0,002 мм, похибка виміру 0,005.

Вибираємо установочні , допоміжні елементи пристрою.

Установочні: плита контрольна. Допоміжні: стійка індикаторна.

									Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат	КНУ.КБР.131.26.1-15.03.КПВ				

Розробляємо схему контрольного пристрою.

Розрахунок на точність пристрою.

Визначаємо допустиму похибку вимірювання.

$$[\Delta] = 0,08 \dots 0,3 \cdot T$$

Допустима похибка виміру

$$[\Delta] = 0,2 \cdot 0,06 = 0,012$$

Визначаємо точність пристрою

$$\Delta_{\Sigma} = \Delta_{y.e.} + \sqrt{\Delta_{cl}^2 + \Delta_{iu}^2}$$

де Δ_{ye} - похибка виготовлення установочних елементів

Δ_{cl} - похибки випадкові

Δ_{ind} - похибка індикатора.

$$\Delta_{cl} = 0,04 \cdot T$$

$$\Delta_{cl} = 0,04 \cdot 0,06 = 0,0024$$

$$\Delta_{\Sigma} = [\Delta] = 0,012$$

Тоді вираз буде мати наступний вигляд:

$$0,012 = \Delta_{y.e.} + \sqrt{0,0024^2 + 0,005^2};$$

$$\Delta_{y.e.} = 0,012 - 0,006 = 0,006 \text{ мм.}$$

$$E_{\Sigma} = 1,2 \sqrt{E_{\delta}^2 + E_3^2 + E_{p.n.}^2 + E_{n.o.}^2};$$

$$E_{\delta} = 0,7 \cdot 10^{-4} \text{ мм};$$

$$E_3 = 0,07 \text{ мм};$$

$$E_{p.n.} = 0,05 \text{ мм};$$

$$E_{n.o.} = 0,05 \text{ мм};$$

$$E_{\Sigma} = 1,2 \sqrt{0,7 \cdot 10^{-4} + 0,07^2 + 0,05^2 + 0,05^2} = 0,146 \text{ мм.}$$

					КНУ.КБР.131.26.1-15.03.КПВ	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

4 ОРГАНІЗАЦІЙНО -ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА

4.1 Техніко-економічне обґрунтування варіантів маршруту технологічного процесу виготовлення деталі

Розглядаємо економічну ефективність застосування оброблюваного центру DN Solutions BM 1530M замість трьох верстатів з типового технологічного процесу.

Таблиця 4.1 – Вихідні дані для розрахунку економічного ефекту

Дані	Базовий варіант				Новий варіант
	1M553	2A637Ф4	6610	4-ий верстат	DN Solutions BM 1530M
Деталі					
Річний обсяг випуску деталей N, шт.	180				
Кількість запусків партій деталей в рік, шт	12				12
Тривалість випуску деталей Z, років	3				3
Штучний час обробки деталі $t_{шт}$, хв.	46,3	43,68	9,41	0	53,3
Час наладки верстата, хв.	33	72,5	29	0	72,8
Вартість заготовки $S_{заг}$, грн.	15374,33				15374,33
Вартість комплексу спеціальних пристосувань $K_{пр}$, грн	0	0	0	0	0
Оптова ціна на прокат одного УСП, грн	0	0	0	0	0
Середній час налагодження за прибором одного інструменту поза верстатом, хв.	0	4	0	0	0
Середній період стійкості інструменту, хв.	45	60	45	0	90
Середня кількість граней пластинки, шт.	1	2	2	0	3
Коефіцієнт, що враховує питому вагу основного часу в штучному k_r	0,083	0,2	0,083	0	0,2
Вартість розробки ПК $K_{пр}$, грн.	0	2800	0	0	5340

Дані	Базовий варіант				Новий варіант
	1M553	2A637Ф4	6610	4-ий верстат	DN Solutions BM 1530M
Працівники					
Середньочасова заробітна плата, грн					
верстатника $H_{ст}$	33,6	32,3	32,3	0	30,1
наладчика $H_{нал}$	33,6	28,2	33,6	0	34,3
наладчика інструмента $H_{ін}$	0	31,1	0	0	0
контролера H_k	29,8				29,8
Верстати					
Клас точності верстата	H	H	H	0	A
Маса верстата, т	30	36,35	39,15	0	50
Категорія складності ремонту верстата ЕРС:					
механічної частини R_m	51	97	39	0	100
електротехнічної частини R_e	43	75	50	0	99
Кількість верстатів, що обслуговує один робочий d , шт	1	2	1	0	3
Оптова ціна верстата Π , грн.	110000	1800000	500000	0	4200000
Коефіцієнт завантаження верстата η_z	0,75	0,8	0,65	0	0,95
Площа верстата за габаритами A , м. кв.	25,0	48,7	51,4	0	60,0

					КНУ.КБР.131.26.1-15.03.ОЕП			
Змін	Аркв	№	Підпис	Дат	ОРГАНІЗАЦІЙНО- ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА			
Розроб.	Кравчук							
Перевір.	Цивінда							
Н. контр.	Нечаєв							
Затверд.	Рязанцев							
					Кафедра ТМ з ПМ-ЗЗск			

Дані	Базовий варіант				Новий варіант
	1M553	2A637Ф4	6610	4-ий верстат	DN Solutions BM 1530M
Площа пристрою ЧПК A_y , м. кв.	0	1,44	0	0	0,25
Витрати на одну одиницю ЕРС верстата, грн.					
механічної частини H_m	401	329	401	0	272
електротехнічної частини H_e	86	71	86	0	60
Норматив річних витрат на поточне обслуговування та ремонт ПЧПК Q , грн.	0	8600	0	0	11950
Коеф., що враховує додаткову площу верстата, γ	2,5	2	2	0	2
Коеф., що враховує клас точності верстата, μ	1	1	1	0	1,8
Ефективний річний фонд часу роботи верстата $\Phi_{об. год}$	3975	3850	3975	0	3850
Виробничі та інші площі					
Вартість 1 м. кв. площі механічної $\Pi_{пл.зд.}$, грн	500				500
Вартість 1 м. кв. площі службово-побутових приміщень $\Pi_{сл. поб.}$, грн	1000				1000

Дані	Базовий варіант				Новий варіант
	1M553	2A637Ф4	6610	4-ий верстат	FOUR-STAR FD 1432
Площа служб.-побут. приміщень, що приносяться на одного робочого $A_б$, м. кв.	7				7
Витрати на утримання та амортизаційні витрати на 1 м. кв. цеху $H_{пл.}$, грн.	180	180	180	0	200
Додаткові дані					
Розряд					
контролера	5				5
верстатника	4	3	3	0	2
наладчика	3	3	3	0	5
наладчика інструменту	0	4	0	0	4
Габарити верстата (довжина x ширина), м	5,495 x 4,55	8,7 x 5,6	10,79x4,76	0	9,4 x6,4
Габарити пристрою ЧПК, м	0	1,2 x 1,2	0	0	0,5 x 0,5
Тип пристрою ЧПК	0	NC110	0	0	FANUC 0iMF
Строк служби верстата до капітального ремонту $T_{пл.}$, років	7	10	7	0	15
Встановлена потужність всіх електродвигунів головного руху, кВт	15	28	20	0	50

Дані	1M553	2A637Ф4	6610	4-ий верстат	DN Solutions BM 1530M
Розрахунок допоміжних показників					
Трудомісткість обробки $T_{шт}$, год	349,5	131,04	28,23	0	212,46
Час наладки верстата впродовж року T_n , год	6,6	14,5	5,8	0	14,56
Час наладки інструмента поза верстатом впродовж року $T_{н.ін}$, год	0	4,54	0	0	0
Час контролю деталей впродовж року T_k , год	29,01	26,21	2,34	0,00	42,49
Кількість верстатників $P_{ст, чол.}$ (розр.)	0,19	0,04	0,02	0,00	0,04
дійсна	1	1	1	0	1
Кількість наладчиків верст. P_n , чол. (розр.)	0,004	0,008	0,003	0,000	0,008
дійсна	1	1	1	0	1
Кількість наладчиків інстр. $P_{н.ін}$, чол.	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000
дійсна	0	1	0	0	0
Кількість контролерів P_k , чол. (розр.)	0,02	0,01	0,00	0,00	0,02
дійсна	1	1	1	1	1
Додаткова кількість робочих по обслуговуванню верстатів з ЧПК $P_{дод}$, чол	0,00	0,02	0,00	0,00	0,03
дійсна	0	1	0	0	1
Загальна кількість працівників на річну програму випуску деталей, чол.	9				4

Частка завантаження верстата обробкою деталей в обсязі річного випуску β	0,12	0,05	0,01	0,00	0,06
--	------	------	------	------	------

Собівартість механічної обробки річного випуску деталей											
$C = I_з + I_n + I_{н.ін} + I_{пк} + I_{пр} + I_{усп} + I_a + I_{пл} + I_{сл} + I_r + I_y + I_k$											
де $I_з$ – зарплата верстатника; I_n – зарплата за наладку верстата; $I_{н.ін}$ – 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											
										С1 на деталь = 577,46 С2 на деталь = 293,25	
$I_з$	I_n	$I_{н.ін}$	$I_{пк}$	$I_{пр}$	$I_{усп}$	I_a	$I_{пл}$	$I_{сл}$	I_r	I_y	I_k
$C_1 = 24490 + 1298,15 + 141,28 + 933,33 + 0 + 0 + 4610,34 + 2440,70 + 63000 + 4906,7 + 406,38 + 1715,28 =$	103942,19										
$C_2 = 3543 + 785,31 + 0,00 + 1780,00 + 0 + 0 + 11470,48 + 1495,88 + 28000 + 3702,6 + 741,73 + 1266,26 =$	52785,36										

Капітальні вкладення споживача						
$K = K_б + K_{зд} + K_{сл} + K_{нез} + K_{пр} + K_{п.у.}$						
де $K_б$ – балансова вартість верстата, грн; $K_{зд}$ – вартість приміщення, яке займає верстат, грн.; $K_{сл}$ – вартість службово-побутових приміщень, грн.; $K_{нез}$ – обігові кошти в незакінченому виробництві, грн.; $K_{пр}$ – вартість комплексу спеціальних пристосувань, які використовуються на верстатах при обробці деталей, грн.; $K_{п.у.}$ – витрати на створення керуючої програми (КП), грн.						
$K_б$	$K_{зд}$	$K_{сл}$	$K_{нез}$	$K_{пр}$	$K_{п.у.}$	
$K_1 = 115258 + 6780 + 63000 + 125700 + 0 + 2800 =$	313538					
$K_2 = 286762 + 3740 + 28000 + 42980 + 0 + 5340 =$	366821,56					

Змі	Арку	№	Підпис	Дат	КНУ.КБР.131.26.1-15.04.ОЕП	Арку

Приведені витрати				
$З_1$	=	C_1	+	$E_n \cdot K_1$
150973		103942		0,15 · 313538
$З_2$	=	C_2	+	$E_n \cdot K_2$
107809		52785		0,15 · 366822

Річний економічний ефект				
E	=	$З_1$	-	$З_2$
43164		150973		107809

Строк окупності				
$T_{ок}$	=	$(K_2 - K_1)$	/	$(C_1 - C_2)$
1,04		366822 - 313538		103942 - 52785,4

4.2 Охорона праці та техніка безпеки під час капітального ремонту поворотних редукторів екскаваторів

4.2.1. Загальні організаційно-технічні вимоги безпеки при проведенні ремонтних робіт

Капітальний ремонт поворотного редуктора екскаватора належить до робіт із підвищеною небезпекою, оскільки пов'язаний із розбиранням масивних вузлів, використанням вантажопідйомних механізмів, виконанням зварювальних, наплавлювальних та слюсарно-складальних операцій.

Перед початком проведення будь-яких ремонтних робіт слюсарям-ремонтникам та іншому залученому персоналу в обов'язковому порядку виписується наряд-допуск, який санкціонує виконання конкретного виду робіт із визначенням відповідальних осіб та меж робочої зони. Безпосередньо на робочому місці керівник робіт проводить із виконавцями цільовий інструктаж з техніки безпеки з обов'язковою реєстрацією у відповідному журналі.

Усі робітники мають бути забезпечені відповідними засобами індивідуального захисту (ЗІЗ):

- спеціальним одягом та спеціальним взуттям, що захищають від механічних пошкоджень та забруднень;
- захисними касками (носіння касок є суворо обов'язковим для всіх осіб, які перебувають на території ремонтного об'єкта);
- захисними окулярами із небитким склом (при використанні інструменту ударної дії та зачищенні деталей);
- засобами захисту органів дихання та рук залежно від специфіки виконуваної технологічної операції.

					КНУ.КБР.131.26.1-15.04.ОЕП	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

Здійснення капітального ремонту без затвердженого Проекту організації робіт (ПОР) категорично забороняється. ПОР є основним документом, який регламентує комплекс заходів щодо забезпечення безпечних умов праці як на підготовчому етапі, так і безпосередньо під час ремонту. Відповідно до вимог нормативної документації, ПОР обов'язково містить такі складові:

1. чітке визначення меж ремонтної зони;
2. проектування та влаштування безпечних проїздів для транспорту, а також проходів і переходів для персоналу до об'єкта ремонту;
3. встановлення захисних огорожень навколо небезпечної зони;
4. організація надійного та безпечного енергопостачання ремонтної зони;
5. розробка специфічних заходів із безпеки праці у разі виконання робіт у холодний період року;
6. забезпечення системи водопостачання (як для господарсько-питних потреб, так і для цілей протипожежного захисту);
7. розрахунок та влаштування належного електричного штучного освітлення території складів, проїздів, проходів, тимчасових споруд, ремонтних майданчиків та безпосередніх робочих місць;
8. розробка схеми розташування та встановлення уніфікованих попереджувальних, вказівних і заборонних знаків безпеки.
- 9.

4.2.2. Організація та підготовка ремонтного майданчика

Перед початком активної фази ремонту чітко визначаються межі ремонтного майданчика. Усе обладнання та вузли, які підлягають демонтажу, а також суміжні агрегати, що залишаються в монтажній зоні, мають бути повністю знеструмлені, заземлені та надійно відключені від діючих інженерних комунікацій (гідравлічних, пневматичних або електричних магістралей).

Небезпечна зона проведення робіт обов'язково позначається інформуючими знаками безпеки та попереджувальними написами. Для безпечної роботи у вечірній та нічний час доби всі робочі місця, проходи та проїзди на території майданчика повинні мати штучне освітлення, що відповідає діючим санітарним нормам.

У процесі ремонту територія майданчика повинна утримуватися в чистоті: її регулярно очищують від виробничого сміття, залишків мастильних матеріалів, металевої стружки та інших відходів, забезпечуючи вільний доступ до засобів пожежогасіння та евакуаційних шляхів.

4.2.3 Вимоги безпеки під час вантажно-розвантажувальних і транспортних робіт

Оскільки деталі поворотного редуктора (зокрема, кришка та корпус редуктора, зубчасті колеса, вали) мають значну масу, особлива увага приділяється переміщенню вантажів.

					КНУ.КБР.131.26.1-15.04.ОЕП	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

Для будь-якого вантажу масою понад 50 кг, а також під час підйому елементів на висоту більше ніж три метри, застосування механізованого способу виконання вантажно-розвантажувальних робіт є суворо обов'язковим.

Особа, призначена відповідальною за безпечне проведення вантажно-розвантажувальних робіт, зобов'язана перед початком кожної зміни особисто перевірити:

- технічний стан та працездатність вантажопідйомних машин і механізмів (кранів, кран-балок, талей);
- цілісність та справність такелажного інвентарю, чалок і вантажозахоплювальних пристроїв (стропів, траверс, захватів).

Усі вантажопідйомні машини та допоміжні пристрої, які застосовуються під час капітального ремонту редуктора, повинні пройти своєчасний технічний огляд і повністю задовольняти вимогам державних стандартів та технічних умов.

4.2.4 Техніка безпеки при роботі з механізованим та ручним інструментом

При використанні механізованого інструменту (електричного та пневматичного) необхідно дотримуватися таких правил:

1. Перед початком експлуатації інструмент підлягає обов'язковій перевірці на спеціалізованому стенді для контролю його працездатності, стану ізоляції та справності нульового захисного дроту (занулення/заземлення).

2. Величина напруги живлення електроінструменту не повинна перевищувати 220 В у приміщеннях без підвищеної небезпеки та суворо 36 В (або 12 В) у приміщеннях із підвищеною небезпекою, а також під час виконання робіт поза приміщеннями (на відкритому повітрі).

3. Підключати гнучкі шланги пневматичного інструменту до магістрального трубопроводу стисненого повітря дозволяється лише за умови повністю закритого вентиля на відгалуженні від магістралі.

4. Категорично забороняється проводити заміну змінних робочих частин (свердел, фрез, зубил) при відкритому повітряному вентилі або при підключеному до мережі живлення електроінструменті.

До ручного слюсарного інструменту висуваються такі вимоги:

- Рукоятки молотків, кувалд та іншого інструменту ударної дії повинні мати гладку, належним чином оброблену поверхню без тріщин і задирок, а сам інструмент має бути надійно та міцно закріплений на них за допомогою клинців.

- Гайкові ключі необхідно підбирати чітко за розмірами гайок та болтів. Робочі поверхні (зіви) ключів не повинні мати скосів, зм'янутих граней, тріщин або задирок.

- Категорично забороняється застосовувати металеві пластини або інші прокладки між гранями гайки та зівом ключа для компенсації

					КНУ.КБР.131.26.1-15.04.ОЕП	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

зазору, а також нарощувати ключі іншими важелями чи трубами, якщо це не передбачено конструкцією.

- Під час роботи з інструментом ударної дії (наприклад, при зрубванні заклепок чи дефектів зварювання) ремонтники повинні обов'язково використовувати захисні окуляри.

Електробезпека при підключенні: Слюсар-ремонтник, який не має щонайменше II групи допуску з електробезпеки, не має права самостійно підключати електричний інструмент до електромережі, розподільних щитів чи силових пунктів, а також виконувати будь-який самостійний ремонт або регулювання електрообладнання.

4.2.5 Переміщення персоналу та безпека робіт на висоті

Для підйому та спуску людей під час капітального ремонту великогабаритних частин екскаватора дозволяється використовувати лише спеціально влаштовані сходи та драбини, що відповідають вимогам безпеки. При переміщенні сходами руки робітників мають бути повністю вільними від вантажу для забезпечення надійного тримання за поручні. Переносити слюсарний інструмент, кріпильні деталі та допоміжні матеріали необхідно виключно у спеціально призначених для цього інструментальних сумках або портативних ящиках.

4.2.6 Охорона навколишнього природного середовища (Екологічна безпека)

Процес капітального ремонту поворотних редукторів екскаваторів пов'язаний із застосуванням широкого спектра технологічного обладнання, що створює різнобічне техногенне навантаження на екосистему:

- Забруднення атмосферного повітря: Відбувається внаслідок виділення зварювальних аерозолів, токсичних газів та сполук марганцю, фтору, азоту під час проведення електрогазозварювальних і наплавлювальних робіт (відновлення поверхонь кришок, шліців, валів). Також значна кількість шкідливих летких органічних сполук (ЛОС) та дисперсного аерозолію потрапляє в атмосферу під час фарбування і ґрунтування відремонтованих вузлів.

- Забруднення водних ресурсів: Виникає на етапі зовнішнього очищення та миття редуктора, його деталей і вузлів від залишків пилу, технологічного бруду та мастильних матеріалів. Стічні води після миття містять високі концентрації нафтопродуктів, зважених речовин, лугів та кислот, що входять до складу хімічних миючих розчинів. Традиційним недоліком ремонтних ділянок є скидання таких розчинів без належного очищення та низький рівень впровадження систем оборотного водопостачання.

- Забруднення ґрунтів та робочих зон нафтопродуктами: Під час зливання відпрацьованого трансмісійного масла з картера редуктора через

					КНУ.КБР.131.26.1-15.04.ОЕП	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

• недосконалість зливних пристроїв відбуваються значні технологічні розливи, що призводить до забруднення підлоги цеху, обладнання та спецодягу, а у разі потрапляння поза межі цеху — до забруднення ґрунту та підземних вод. На регенерацію (повторну переробку) здається лише незначна частина злитих нафтопродуктів.

Проектні заходи щодо зниження негативного екологічного впливу:

Для мінімізації негативного впливу ремонтного процесу на довкілля в проекті передбачено такі інженерні рішення:

1. Захист атмосфери: Усі робочі місця, де виконуються зварювальні, наплавлювальні та паяльні роботи, обладнуються локальними системами місцевої витяжної вентиляції. Витягнуте повітря перед викидом в атмосферу пропускається через спеціальні високоефективні сухі або мокрі фільтри (циклони, рукавні фільтри). На хімічній дільниці процеси приготування розчинів для травлення та знежирення виконуються виключно у спеціальних герметичних шафах, підключених до загальноцехової витяжної системи з нейтралізацією парів.

2. Раціональне поводження з маслами: Зливання відпрацьованих масел здійснюється за допомогою герметичних шлангів або через спеціальні закриті піддон-воронки безпосередньо у накопичувальні ємності, які маркуються та направляються на спеціалізовані заводи для подальшої регенерації й очищення.

3. Очищення стічних вод: Технологічна вода, що використовується для миття деталей редуктора (у тому числі миття елементів корпусу), спрямовується до локальної очисної споруди. Вона проходить послідовне очищення у спеціальних трикамерних відстійниках (для сепарації важких часток бруду) та нафтовловлювачах (масловіддільниках). Після додаткового проходження через піщано-гравійні та вугільні фільтри очищена вода повертається в закриту систему оборотного водопостачання для повторного використання, що повністю виключає скидання неочищених стоків у міську каналізацію чи водойми.

Висновки до розділу

1. Характер, ступінь та тяжкість порушень нормального функціонування організму людини під впливом виробничих шкідливостей безпосередньо залежать від шляху їх проникнення (через органи дихання, шлунково-кишковий тракт або шкірні покриви), сумарної дози, часу безперервного впливу, концентрації речовини у повітрі робочої зони, її хімічної розчинності в біологічних середовищах, а також від параметрів мікроклімату (температури, вологості, атмосферного тиску). Наслідками неконтрольованого впливу шкідливих чинників можуть стати анатомічні ушкодження, гострі чи хронічні професійні захворювання, тимчасова або стійка втрата працездатності.

2. Фундаментом системи захисту персоналу від впливу небезпечних та шкідливих факторів є суворе дотримання гігієнічного нормування (контроль гранично допустимих концентрацій — ГДК).

					КНУ.КБР.131.26.1-15.04.ОЕП	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

3. Зниження рівнів шкідливих чинників до безпечних величин досягається впровадженням взаємопов'язаного комплексу технологічних, санітарно-технічних, лікувально-профілактичних заходів та системного використання засобів індивідуального захисту.

4. Технологічні заходи передбачають впровадження безперервних замкнутих процесів, максимальну автоматизацію та механізацію трудомістких операцій (зокрема вантажопідйомних), застосування дистанційного керування, повну герметизацію обладнання та заміну небезпечних технологічних процесів (наприклад, токсичних хімічних розчинів) безпечнішими або менш шкідливими аналогами.

5. Санітарно-технічні заходи включають оснащення робочих місць ефективними системами місцевої витяжної вентиляції (боковими або переносними локальними відсмоктувачами безпосередньо біля зон зварювання чи фарбування), а також укриття обладнання, що порошить або виділяє гази, суцільними захисними кожухами з примусовою аспірацією повітря.

6. У випадках, коли інженерні заходи не дозволяють повністю елімінувати шкідливі речовини з повітряного середовища робочої зони, обов'язково реалізуються лікувально-профілактичні заходи. Вони включають організацію попередніх та періодичних медичних оглядів, проведення дихальної гімнастики, забезпечення працівників спеціальним лікувально-профілактичним харчуванням (у тому числі молоком або рівноцінними продуктами).

7. Ключова роль за умов залишкового ризику відводиться правильному підбору та застосуванню ЗІЗ, насамперед для захисту органів дихання та зору (фільтрувальні респіратори, ізолювальні протигази, захисні окуляри закритого типу, щитки зварника, спеціалізований сигнальний та захисний одяг). Практична реалізація запропонованих у проекті рішень дозволить підтримувати високий рівень працездатності ремонтного персоналу, мінімізувати виробничий травматизм і забезпечити надійну охорону навколишнього природного середовища від техногенних факторів.

					<i>КНУ.КБР.131.26.1-15.04.ОЕП</i>	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній бакалаврській роботі на основі системного інженерного підходу вирішено важливе науково-практичне завдання з підвищення ефективності виробництва шляхом комплексної модернізації технологічних процесів збирання вузла редуктора механізму повороту кар'єрного екскаватора ЕКГ-8І та механічної обробки деталі «Кришка редуктора».

Основні наукові, технологічні та практичні результати роботи полягають у наступному:

1. Удосконалено технологію збирання: Розроблено прогресивну схему складання вузла редуктора механізму повороту ЕКГ-8І. На її основі сформовано карту технологічного процесу, що забезпечує раціональну послідовність збиральних операцій, зниження трудомісткості процесу та гарантує досягнення заданої точності вузла.

1. Виконано комплексний аналіз вихідних даних: Проведено якісний та кількісний аналіз конструктивно-технологічних особливостей деталі «Кришка редуктора». В результаті критичного аналізу графічної документації виявлено та усунуено метрологічні та геометричні помилки в базовому кресленні. Обґрунтовано та реалізовано заміну матеріалу деталі на сучасний аналог із покращеними фізико-механічними властивостями. На основі аналізу поверхонь сформовано висновки щодо забезпечення високого рівня технологічності деталі.

2. Модернізовано технологічний процес механічної обробки: Здійснено критичний аналіз заводського та типового техпроцесів. Розроблено новий технологічний процес обробки кришки редуктора із заміною застарілого універсального обладнання на сучасні багатоцільові верстати та оброблювальні центри. Завдяки інтенсифікації та форсуванню режимів різання, оптимізації траєкторій руху інструменту та концентрації операцій вдалося зменшити штучно-калькуляційний час Тшт.к на 30% за рахунок суттєвого скорочення основного (машинного) та допоміжного часу.

3. Впроваджено ЧПК та CAD/CAM/CAE технології: Для фінішних операцій обробки деталі розроблено верстатно-інструментальне налагодження та керуючі програми для верстата з ЧПК. Інтеграція сучасного CAD/CAM комплексу *FeatureCAM* дозволила автоматизувати генерацію траєкторій інструменту та скоротити терміни конструкторсько-технологічної підготовки виробництва.

					КНУ.КБР.131.26.1-15.В				
Змін	Аркв	№	Підпис	Дат					
Розроб.	Кравчук				ВИСНОВКИ		Лім.	Арк.	Арквшів
Перевір.	Цивінда								
Н. контр.	Нечаєв				Кафедра ТМ зп ПМ-23ск				
Затверд	Рязанцев								

4. Уся графічна частина роботи та тривимірне моделювання об'єктів проектування виконані в середовищі *SolidWorks*.

5. Спроектовано верстатне та контрольне оснащення: Спроектовано універсальний верстатний пристрій, який завдяки мобільній зміні положення установчих та затискних елементів забезпечує гнучке, швидке та надійне закріплення деталі.

○ Спроектовано спеціалізований контрольний пристрій для верифікації точності взаємного розташування поверхонь, що дозволяє контролювати відхилення від паралельності заданої поверхні відносно технологічної бази з точністю до 0,06 мм.

6. Забезпечено безпеку та екологічність виробництва: Проаналізовано стан умов праці на ділянці та розроблено комплекс технічних і організаційних заходів з Охорони праці та цивільного захисту. Впроваджено рішення щодо зниження впливу небезпечних і шкідливих виробничих факторів, які виникають під час виготовлення кришки та капітального ремонту механізму повороту. Запропоновано заходи щодо мінімізації техногенного навантаження на навколишнє середовище відповідно до чинних екологічних стандартів.

Розроблений технологічний процес та проектні рішення характеризуються високим рівнем інноваційності, є технічно обґрунтованими та готовими до впровадження у реальні умови машинобудівного виробництва.

					КНУ.КБР.131.26.1-15.В	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- 1.С.Г. Бондаренко. Розмірні розрахунки механоскладального виробництва. – Київ, 1993.
- 2.Дипломне проектування з технології машинобудування/ Григурко О.І, Брендуля МФ., Доценко С.М, Навчальний посібник. Львів., Новий світ-2008,-860 с.
3. Інженерна графіка в SolidWorks: Навчальний посібник/ С.І. Пустюльга, В.Р. Самостян, Ю.В. Клак. Луцьк: Вежа, 2018. 172 с. URL: <http://surl.li/fmeiv>
4. ДСТУ 7806:2015 Прокат з легованої конструкційної сталі
5. ДСТУ EN 10250-1:2008 Поковки сталеві ковані для машинобудування
- 6.ДСТУ 2500-94 Основні норми взаємозамінності. Єдина система допусків та посадок. Терміни та визначення. Позначення та загальні норми.
- 7.ДСТУ 2413-94 Основні норми взаємозамінності. Шорсткість поверхні.
- 8.ДСТУ 2498-94 Основні норми взаємозамінності. Допуски форми та розташування поверхонь. Терміни та визначення
9. Методичні вказівки з курсу “Технологія машинобудування“ до практичної роботи “Аналіз технологічності конструкції виробу та деталі при проектуванні технологічних процесів”, для здобувачів спеціальності 131 Прикладна механіка денної та заочної форми навчання /Цивінда Н.І. - Кривий Ріг: КНУ, 2024.
- 10.Руденко П.О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні. Навч. посібник - К.: Вища шк. 1993р. - 414с.
11. Боженко Л.І. Технологія машинобудування. Проектування та виробництво заготовок - Львів, Світ ,1996.
- 12.ДСТУ 3.1107-81. Базування та бази в машинобудуванні.
13. Технологія машинобудування Горбатюк Е.О. Мазур М.П.,Зенкін А.С., Каразей В.Д. Навчальний посібник. Львів., Новий світ-2008,-360 с.
14. Технологія обробки типових деталей (курсове проектування) Григурко О.І, Брендуля МФ., Доценко С.М, Навчальний посібник. Львів., Новий світ-2008, 576 с.
- 15.Залога В. О. Сучасні інструментальні матеріали у машинобудуванні Суми: СумДУ, 2013.
- 16.Кузнецов Ю.М. Верстати з ЧПУ та верстатні комплекси. Частина 2.- К.-Тернопіль.ТОВ «ЗМОК» -ПП «Гнозіс», 2001.-298 с.
- 17.Кіяновський М.В., Цивінда Н.І., Цівко Ф.В. Довідник нормувальника машинобудівного виробництва. – Кривий Ріг: Видавничий центр КТУ, 2008.

					КНУ.КБР.131.26.1-15.СВД			
Змін	Аркв	№	Підпис	Дат	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ			
Розроб.	Кравчук							
Перевір.	Цивінда							
Н. контр.	Нечаєв							
Затверд.	Рязанцев				Кафедра ТМ зв ПМ-23сх			

18.Методичні вказівки з курсу ”Системи ЧПК та програмування обробки деталей” до практичної роботи ”Розробка верстатно-інструментального налагодження на верстати з ЧПК”, для здобувачів спеціальності 131 Прикладна механіка денної та заочної форми навчання / Цивінда Н.І., - Кривий Ріг: КНУ, 2025.

19. Жидецький В.Ц. Основи охорони праці: Підручник. – Львів: Афіша, 2005.

20.ДСТУ ГОСТ 3.1127:2014. Єдина система технологічної документації. Загальні правила виконання текстових технологічних документів. (ГОСТ 3.1127-93, IDT).

21.ДСТУ ГОСТ 3.1128:2014. Єдина система технологічної документації. Загальні правила виконання графічних технологічних документів. (ГОСТ 3.1128-93, IDT).

22.ДСТУ 2974-95. Технологічне підготовлення виробництва. Основні терміни та визначення.

23.ДСТУ 2925-94. Якість продукції. Оцінювання якості. Терміни та визначення.

24.ДСТУ ГОСТ 3.1102:2014 Єдина система технологічної документації. Стадії розробки та види документів. Загальні положення).

25.ДСТУ ГОСТ 3.1105:2014 Єдина система технологічної документації. Форми та правила оформлення документів загального призначення

26.ДСТУ ГОСТ 2.308:2013 ЄСКД. Зазначення допусків форми та розміщення поверхонь (ГОСТ 2.308-2011, IDT).

27.Єдина система конструкторської документації НАНЕСЕННЯ РОЗМІРІВ І ГРАНИЧНИХ ВІДХИЛІВ (ГОСТ 2.307-2011, IDT) ДСТУ ГОСТ 2.307:2013

28. ДСТУ-Н 7916:2015 «Система технологічної документації. Настанови щодо оформлення документів, застосовуваних для розроблення, упровадження та функціонування технологічних процесів».

29.ДСТУ ISO 9001:2015 «Системи управління якістю. Вимоги» (зокрема, розділ 8.5 «Виробництво та надання послуг»

28.Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної бакалаврської роботи для студентів спеціальності 131“Прикладна механіка ”Освітньо-професійної програми Прикладна механіка усіх форм навчання, Кривий Ріг: КНУ, 2025.

					<i>КНУ.КБР.131.26.1-15.СВД</i>	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

ДОДАТКИ

Дубл.											
Взам.											
Ориг..											
Розроб.				КНУ				Изм	Аркуш	№ докум.	
Перевірів										Підпис	Дата
Узгодж.											
Т. контр.											
Н. Контр.											

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Зав. кафедрою технології машинобудування

_____ (Рязанцев А.О..)

« ____ » _____ 2026 р.

ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС

Виготовлення деталі кришка редуктору
Виріб Механізм повороту екскаватора

ПОГОДЖЕНО:

Керівник _____ (Цивінда Н.І.)

Розроблювач _____ (Кравчук В.Ю.)

Н.контроль _ _____ (Нечаєв А.О.)

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

**АЛЬБОМ КРЕСЛЕНЬ ТА ІНФОРМАЦІЙНО-
ЗАСВІДЧУЮЧИХ АРКУШІВ**

КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ БАКАЛАВРСЬКОЇ РОБОТИ

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

на тему: Конструкторсько-технологічна підготовка виробництва
деталі «Кришка редуктору механізму повороту екскаватора» з
використанням CAD/CAM-технологій

Проектував ст.гр. ПМ-22

Владислав КРАВЧУК

Керівник роботи

Наталія ЦИВІНДА

Нормоконтроль

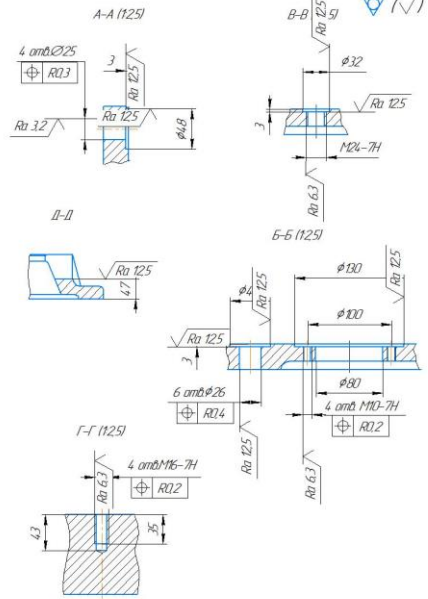
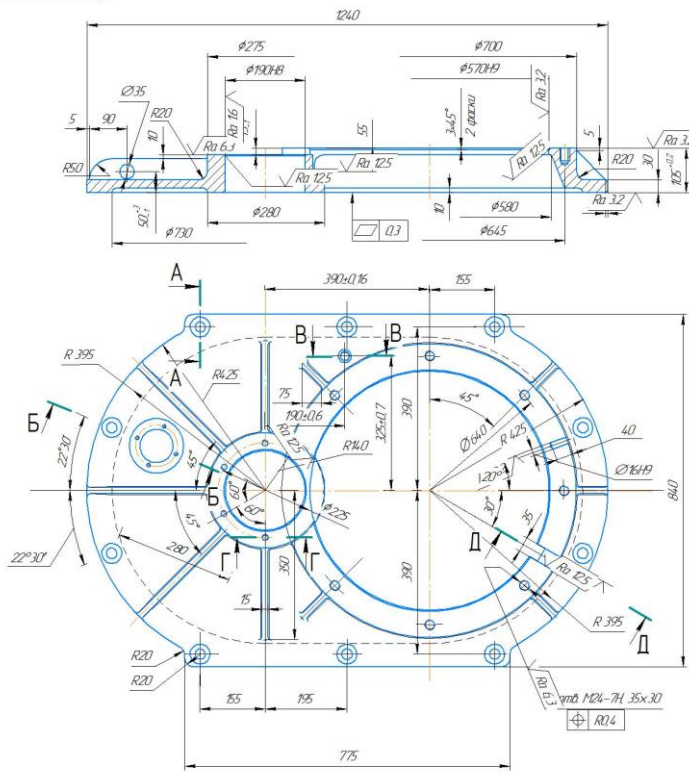
Василь НЕЧАЄВ

Завідувач кафедри

Антон РЯЗАНЦЕВ

м. Кривий Ріг
2026 р

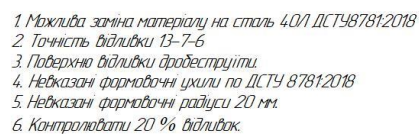
КНЧКБР.13126.1-15КР



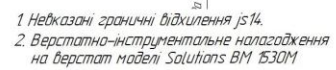
- Недопустимы граничные отклонения диаметров, отклонения, иных $\pm IT/4/2$
- Несоответствия заданных контуров крышки по корпусу не больше 0.1 мм

КНЧКБР.13126.1-15КР					
Изм.	Дет.	№ докум.	Лист	Дет.	Лист
1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9
10	10	10	10	10	10
11	11	11	11	11	11
12	12	12	12	12	12
13	13	13	13	13	13
14	14	14	14	14	14
15	15	15	15	15	15
16	16	16	16	16	16
17	17	17	17	17	17
18	18	18	18	18	18
19	19	19	19	19	19
20	20	20	20	20	20
21	21	21	21	21	21
22	22	22	22	22	22
23	23	23	23	23	23
24	24	24	24	24	24
25	25	25	25	25	25
26	26	26	26	26	26
27	27	27	27	27	27
28	28	28	28	28	28
29	29	29	29	29	29
30	30	30	30	30	30
31	31	31	31	31	31
32	32	32	32	32	32
33	33	33	33	33	33
34	34	34	34	34	34
35	35	35	35	35	35
36	36	36	36	36	36
37	37	37	37	37	37
38	38	38	38	38	38
39	39	39	39	39	39
40	40	40	40	40	40
41	41	41	41	41	41
42	42	42	42	42	42
43	43	43	43	43	43
44	44	44	44	44	44
45	45	45	45	45	45
46	46	46	46	46	46
47	47	47	47	47	47
48	48	48	48	48	48
49	49	49	49	49	49
50	50	50	50	50	50
51	51	51	51	51	51
52	52	52	52	52	52
53	53	53	53	53	53
54	54	54	54	54	54
55	55	55	55	55	55
56	56	56	56	56	56
57	57	57	57	57	57
58	58	58	58	58	58
59	59	59	59	59	59
60	60	60	60	60	60
61	61	61	61	61	61
62	62	62	62	62	62
63	63	63	63	63	63
64	64	64	64	64	64
65	65	65	65	65	65
66	66	66	66	66	66
67	67	67	67	67	67
68	68	68	68	68	68
69	69	69	69	69	69
70	70	70	70	70	70
71	71	71	71	71	71
72	72	72	72	72	72
73	73	73	73	73	73
74	74	74	74	74	74
75	75	75	75	75	75
76	76	76	76	76	76
77	77	77	77	77	77
78	78	78	78	78	78
79	79	79	79	79	79
80	80	80	80	80	80
81	81	81	81	81	81
82	82	82	82	82	82
83	83	83	83	83	83
84	84	84	84	84	84
85	85	85	85	85	85
86	86	86	86	86	86
87	87	87	87	87	87
88	88	88	88	88	88
89	89	89	89	89	89
90	90	90	90	90	90
91	91	91	91	91	91
92	92	92	92	92	92
93	93	93	93	93	93
94	94	94	94	94	94
95	95	95	95	95	95
96	96	96	96	96	96
97	97	97	97	97	97
98	98	98	98	98	98
99	99	99	99	99	99
100	100	100	100	100	100

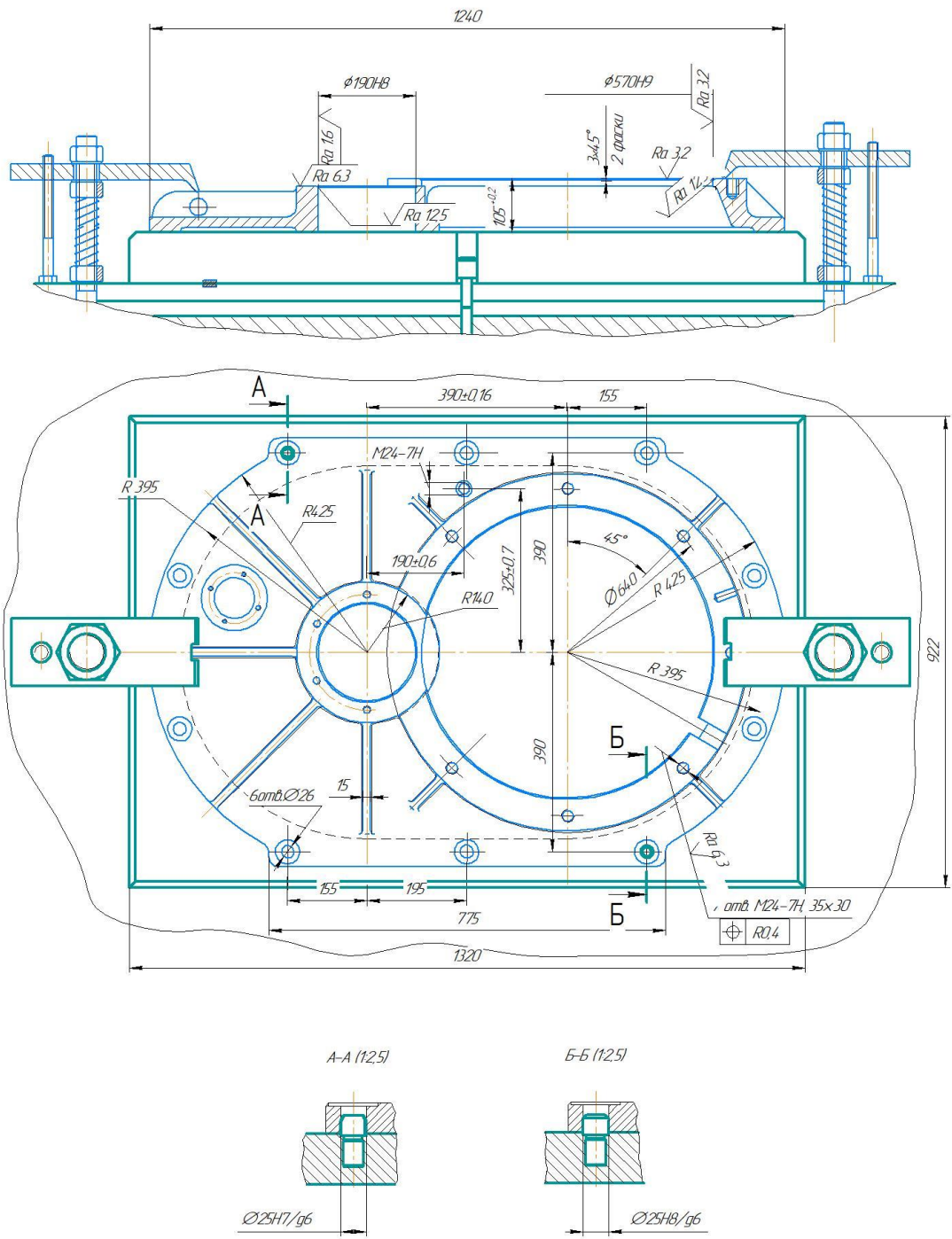
Кришка редуктора
Сталь 35Л ДСТУ8781:2018
каф.ПМ-22



					КНУ.КБР.13126.1-15.КРВ				
Мат.лист	№ докум.	Подп.	Дата	Кришка редуктора		Лист	Масса	Масштаб	
Грив.	Корд-чл.			(відливка)			230	15	
Г.контр.	Цифра					Лист			
А.контр.	Начес			Сталь 35Л ДСТУ 8781:2018		Киф.ТМ ПМ-22			
З.контр.	Резинцев			Копія з оригіналу		Формат А2			



				КНУКБР.13126.1-15.ВН			
				Верстотно-инструментальное			
				наладочжения			
				Дм		Масса	
						15	
				Дист		Дистот	
						карт 1/1	
						1/1-22	
				Копирование		Формат А1	



1/Пристосування встановлюється на поздовжньо
фрезерному верстаті Kheung Combi U1050
2/Похідка встановлення деталі в пристрої Q146 мм

						КНУ.КБР.13.126.1-15.ПВ			
Мат. лист	№ докум.	Подп.	Дата	Пристрій верстатний			Лист	Масса	Масштаб
Розроб.	Код-уч.	Цифров.						180	15
Г.контр.							Лист	Листов	
Н.контр.	Начес.						каф.ТМ ПМ-22		
Зпоб.	Цифров.			Копіювати			Формат А?		

