

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА
зі спеціальності 131 Прикладна механіка

на тему: Підвищення ефективності виробництва вузла опори нижньої комплексу згущення пульпи за рахунок використання САПР технологій в проектуванні технологічного процесу виготовлення фланцю

Виконав: магістрант
групи ПМ-24м
Хмельницький О.М.

Керівник КМР:
к.т.н., доцент
Цивінда Н.І.

Кривий Ріг
2025 р.

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

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ**

зі спеціальності 131 Прикладна механіка

на тему: Підвищення ефективності виробництва вузла опори нижньої комплексу згущення пульпи за рахунок використання САПР технологій в проектуванні технологічного процесу виготовлення фланцю

Виконав магістрант гр. ПМ-24м

_____ Хмельницький О.М.
(підпис)

Керівник КМР

_____ Цивінда Н.І.
(підпис)

Нормоконтроль

_____ Нечаєв В.П.
(підпис)

Завідувач кафедри

_____ Рязанцев А.О.
(підпис)

м. Кривий Ріг
2025 р.

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

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

(підпис)

(дата)

ЗАВДАННЯ **на кваліфікаційну магістерську роботу**

Магістранту гр. ПМ-24м Хмельницькому Олегу Миколайовичу

Тема: Підвищення ефективності виробництва вузла опори нижньої комплексу згущення пульпи за рахунок використання САПР технологій в проектуванні технологічного процесу виготовлення фланцю

Керівник КМР: доц. к.т.н. Цивінда Н.І.

Затверджена наказом по КНУ № 554с від «28» 07 2025 р.

2. Термін подання магістрантом закінченої роботи 30.11.2025р.

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

4. Зміст пояснювальної записки: 1 Проектування технологічного процесу складання. 3 Техніко-економічний аналіз вихідних даних проекту.3 Проектування технологічного процесу 4Техніко-економічне обґрунтування варіантів маршруту технологічного процесу 5 Програмування та моделювання операції в САМ системі Delcam PowerMILL 6 Проектування технологічного оснащення 7 Інженерний аналіз у системі SOLIDWORKS SIMULATION

5. Перелік графічного матеріалу: 1. Складальне креслення. 2. Фланець 3. Заготовка 4. Ескізи операцій. 5. Верстатно-інструментальне налагодження. 6. Верстатне пристосування. 7. Контрольне пристосування. 8. Наукова частина.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Календарний план:

Розділи пояснювальної записки	Термін виконання
Видача завдання на магістерську випускню роботу	12.09.2025
1 Проектування технологічного процесу складання	14.09.2025
2 Креслення складального вузла	18.09.25
3. Проектування заготовки.	22.09.2025
4. Креслення заготовки	28.09.2025
5. Проектування технологічного процесу	01.10.2025
6 .Креслення деталі	05.10.2025
7. Креслення ескізів операцій	15.10.2025
8. Розробка розрахунково-технологічної карти	18.10.2025
9. Програмування та моделювання операцій сам системі Delcam PowerMILL	23.10.2025
10. Карти технологічної документації	24.10.2025
11. Проектування технологічного оснащення	06.11.2025
12.Креслення верстатного та контрольного пристроїв	
12. Інженерний аналіз у системі SOLIDWORKS SIMULATION	13.11.2025
13. Техніко -економічні розрахунки роботи	16.11.2025
Передзахист	30.11.2025

Дата видачі завдання: « ____ » _____ 2025 р.

Завдання видав керівник
кваліфікаційної магістерської роботи _____ /Цивінда Н.І. /

Завдання отримав
магістрант _____ /Хмельницький О.М./

РЕФЕРАТ

Метою роботи є підвищення ефективності виробництва фланця вузла опори нижньої комплексу згущення пульпи шляхом упровадження САПР-технологій у процес розроблення технологічного маршруту та оснащення, забезпечивши зменшення трудомісткості та підвищення якості виготовлення.

Завдання роботи: проаналізувати складальний вузол механізму згущення пульпи та визначити точність складання; проаналізувати конструкцію фланця, його функціональне призначення та вимоги до точності й якості поверхонь; визначити технологічність конструкції деталі та можливі шляхи її покращення; обґрунтувати вибір матеріалу (сталь 35ФЛ) з точки зору механічних властивостей та умов експлуатації; підібрати заготовку для виготовлення фланця та оцінити її економічну доцільність; створити 3D-модель фланця, оптимізувати розміщення баз, припусків, оснастки та режимів обробки; розробити технологічний процес виготовлення деталі з використанням САПР-систем (SolidWorks SIMULATION, Delcam PowerMILL); прорахувати технологічні режими та визначити норми часу; оцінити економічну ефективність застосування автоматизованого обладнання; підготувати висновки щодо впливу впровадження САПР на якість та собівартість виготовлення фланця за програми випуску 600 шт.

КОМПЛЕКС ЗГУЩЕННЯ ПУЛЬПИ, ФЛАНЕЦЬ, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС,
ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ, РЕЖИМИ, ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ,
ДОКУМЕНТАЦІЯ.

ABSTRACT

The purpose of the work is to increase the efficiency of the production of the flange of the lower support assembly of the pulp thickening complex by introducing CAD technologies into the process of developing the technological route and equipment, ensuring a reduction in labor intensity and an increase in the quality of manufacturing.

Tasks of the work: to analyze the assembly assembly of the pulp thickening mechanism and determine the assembly accuracy; to analyze the design of the flange, its functional purpose and the requirements for the accuracy and quality of surfaces; to determine the manufacturability of the part design and possible ways to improve it; to justify the choice of material (steel 35FL) in terms of mechanical properties and operating conditions; to select a workpiece for the manufacture of the flange and assess its economic feasibility; to create a 3D model of the flange, optimize the placement of bases, allowances, tooling and processing modes; to develop a technological process for manufacturing the part using CAD systems (SolidWorks SIMULATION, Delcam PowerMILL); to calculate technological modes and determine time standards; to assess the economic efficiency of using automated equipment; to prepare conclusions on the impact of implementing CAD on the quality and cost of manufacturing a flange for a production program of 600 pieces.

PULP THICKENING COMPLEX, FLANGE, TECHNOLOGICAL PROCESS,
TECHNOLOGICAL EQUIPMENT, MODES, ECONOMIC EFFICIENCY, DOCUMENTATION.

					КНУ.КМР. 131.25.1-17.Р						
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата							
Разраб.		Хмельницький			РЕФЕРАТ			Лит.	Лист	Листов	
Провер.		Цивінда								5	
Реценз.								Каф.ТМ гр.ПМ-24м			
Н. Контр.		Нечаєв									
Утверд.		Рязанцев									

Перв. примен.			Формат	Зона	Лаз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
							Документація		
			A4			КНУ.КМР.131.25.1-17.ПЗ	Пояснювальна записка		
							Графічна частина		
Справ. №	A1					КНУ.КМР.131.25.1-17.СК	Складальне креслення	1	
						КНУ.КМР.131.25.1-17.Ф	Фланець	1	
						КНУ.КМР.131.25.1-17.ФВ	Фланець(відливка)	1	
	A1					КНУ.КМР.131.25.1-17.КЕ	Креслення ескізів операцій фланцю	2	
	A1					КНУ.КМР.131.25.1-17.ВІН	Верстатно-інструментального налагодження	1	
	A1					КНУ.КМР.131.25.1-17.ВСАД/САМ	Використання САД-САМ технологій для ТП фланцю	1	
Підп. і дата	A1					КНУ.КМР.131.25.1-17.КВП	Креслення верстатного пристосування	1	
	A1					КНУ.КМР.131.25.1-17.ККП	Креслення контрольного пристосування	1	
Взам. инв. №									
Підп. і дата									
Инв. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	КНУ.КМР.131.25.1-17.ВО КМР			
	Разраб.	Хмельницький							
	Пров.	Цивінда				Відомість об'єму кваліфікаційної магістерської роботи	Лист	Лист	Листов
	Н.контр.	Нечаєв					1	1	2
	Утв.	Рязанцев					Каф ТМ,зр.ПМ-24м		

Копіював
Формат A4

ЗМІСТ

Вступ

1 Проектування технологічного процесу складання вузла

1.1 Службове призначення вузла

1.2 Розрахунок лінійних розмірних ланцюгів

2 Техніко-економічний аналіз вихідних даних проекту

2.1 Службове призначення деталі. Вибір матеріалу і варіантів замін

2.2 Аналіз якості поверхонь

2.3 Технічний контроль робочого креслення

2.4 Аналіз технологічності деталі

2.4.1 Якісний аналіз технологічності

2.4.2 Кількісний аналіз технологічності

2.5 Вибір типу виробництва. Задачі проектування

2.5.1 Вибір типу виробництва та методу роботи

2.5.2 Вибір діючого заводського чи типового технологічного процесу.

Задачі проектування

3.Проектування технологічного процесу

3.1 Вибір,техніко-економічне обґрунтування та проектування заготовок

3.2 Вибір і обґрунтування баз

3.3 Розробка маршруту обробки деталі

3.3.1 Вибір і обґрунтування послідовності обробки поверхонь

3.5 Розробка технологічної операції

3.5.1 Розрахунок міжопераційних лінійних розмірів

3.5.2 Вибір міжопераційних розмірів і припусків на обробку

3.6 Розрахунок і вибір режимів різання, нормування технологічних операцій

4 Техніко-економічне обґрунтування варіантів маршруту технологічного процесу

5 Програмування та моделювання операції в САМ системі Delcam PowerMILL

6 Конструкторська підготовка виробництва

6.1 Проектування складально-розбірною верстатного пристосування

6.1.1 Розробка ескізу механічної обробки деталі

6.1.2 Вибір режимів різання

6.1.3 Тип пристрою

6.1.4 Металорізальний верстат та його технічна характеристика

6.1.5 Річна програма

6.1.6 Аналіз схеми базування деталі

6.1.6.1 Аналіз технологічних баз

					КНУ.КМР. 131.25.1-17.3			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Хмельницький			ЗМІСТ		Лит.	Лист
Провер.		Цивінда						7
Реценз.							Каф.ТМ гр.ПМ-24м	
Н. Контр.		Нечаєв						
Утверд.		Рязанцев						

- 6.1.7 Вибір конструкції установчих елементів
- 6.1.8 Розрахунок похибки базування
- 6.1.9 Розробка схеми закріплення
- 6.1.10 Вибір або проектування конструкції затискного механізму
- 6.1.11 Вибір або проектування базових та допоміжних елементів пристрою
- 6.1.12 Розрахунок на міцність елементів пристрою
- 6.1.13 Вибір засобів встановлення і визначення похибки розташування пристрою на верстаті
- 6.1.14 Розрахунок на точність верстатного пристрою
- 6.1.15 Опис та принцип роботи пристрою
- 6.1.16 Техніко-економічне обґрунтування пристрою
- 6.2 Проектування контрольного пристрою
- 6.2.1 Розробка технічного завдання
- 6.2.2 Вибір або розробка схеми контролю
- 6.2.3 Розробка схеми базування деталі при виконанні контролю
- 6.2.4 Вибір конструкції установчих елементів
- 6.2.5 Вибір контрольного приладу
- 6.2.6 Загальна компоновка контрольного пристрою
- 6.2.7 Розрахунок точності контрольного пристрою
- 7 Інженерний аналіз у системі SOLIDWORKS SIMULATION
- 8 Науково-дослідна частина
- Висновки
- Література
- Додатки

					КНУ.КМР. 131.25.1-17.3	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ВСТУП

У сучасних умовах машинобудівні підприємства стикаються з необхідністю скорочення термінів підготовки виробництва, підвищення точності виготовлення деталей та зниження собівартості продукції. Одним із найбільш ефективних шляхів досягнення цих цілей є впровадження систем автоматизованого проєктування (САПР) у процес розробки технологічної документації.

Вузол опори нижньої комплексу згущення пульпи є важливою конструктивною ланкою механізму, що працює в умовах підвищених навантажень і впливу абразивного середовища. Фланець зі сталі 35ФЛ є однією з ключових деталей цього вузла, від точності виготовлення якої залежить надійність та довговічність роботи всього обладнання. Річна програма випуску становить 600 штук, що робить актуальним питання оптимізації технологічного процесу.

В роботі розглянуто конструктивні особливості фланця вузла опори нижньої, визначено головні вимоги до точності його виготовлення, враховуючи умови роботи в системах згущення пульпи. Проведено аналіз технологічності та вибір оптимальної заготовки — литої заготовки зі сталі 35ФЛ, що забезпечує достатню міцність, зносостійкість та стійкість до ударних навантажень.

Використання САПР дозволяє автоматизувати побудову 3D-моделі деталі спростити підготовку креслень, розрахувати параметри обробки й оптимізувати маршрут технологічного процесу. Особлива увага приділена моделюванню обробки поверхонь, що дозволяє зменшити похибки та забезпечити відповідність вимогам креслення.

Запровадження САПР сприяє скороченню терміну підготовки виробництва на 20–40 %, зменшенню ймовірності конструкторсько-технологічних помилок, а також підвищенню якості готових фланців.

					КНУ.КМР. 131.25.1-17.В		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.	Хмельницький				ВСТУП	Лит.	Лист
Провер.	Цивінда						9
Реценз.						Каф.ТМ гр.ПМ-24м	
Н. Контр.	Нечаєв						
Утверд.	Рязанцев						

1 ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ СКЛАДАННЯ ВУЗЛА

1.1 Службове призначення вузла

Згущення пульпи є сучасною технологією раціональної переробки та утилізації відходів, що утворюються під час збагачення корисних копалин.

У традиційній схемі рідкі відходи після переробки руди перекачують у хвостосховище, де тверді частинки осідають, а освітлена вода повертається у виробничий цикл. Натомість шлами залишаються на дні сховища та накопичуються.

Технологія згущення пульпи передбачає подачу хвостів у спеціально обладнані ємності. За допомогою безпечних хімічних реагентів відбувається ефективне відокремлення води від твердих частинок пустої породи. У результаті формується пастоподібна пульпа, яка транспортується на хвостосховище, тоді як очищена вода знову надходить на виробництво. Такий підхід дає змогу зменшити витрати електроенергії та скоротити площу, необхідну для зберігання шламів.

Вихідними даними для проектування технологічного процесу слугує складальне креслення вузла нижньої опори, який входить до комплексу згущення пульпи, зокрема до дешламатора, що використовується для перемішування пульпо-водяної суміші. Робота змішувача відбувається в умовах підвищеної вологості та впливу абразивних частинок.

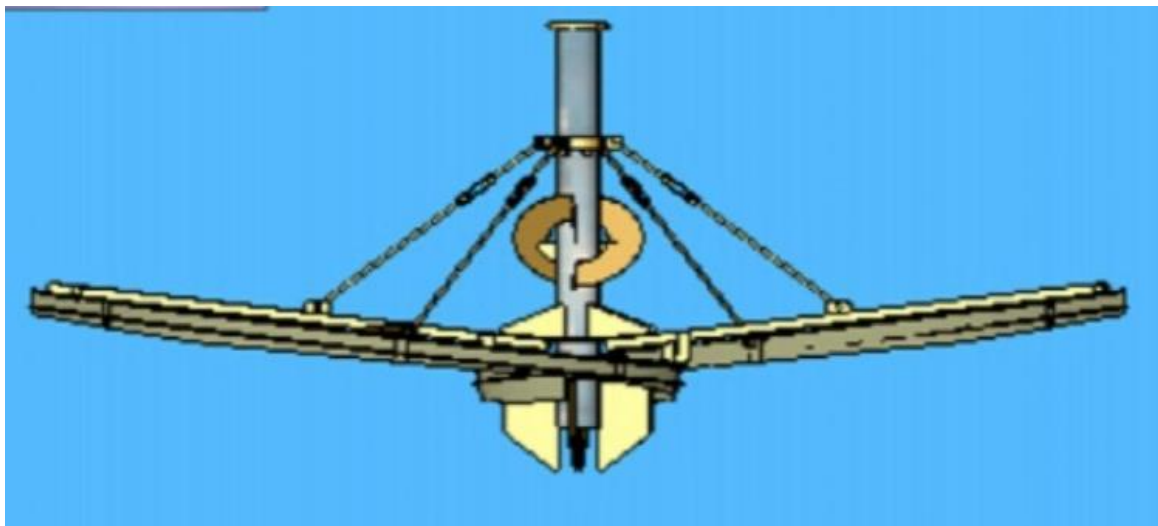


Рисунок 1.1- Комплекс згущення пульпи -дешламатор

					КНУ.КМР. 131.25.1-17.01.ПТПС			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.	Хмельницький				ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ СКЛАДАННЯ ВУЗЛА	Лит.	Лист	Листов
Провер.	Цивінда						10	
Реценз.						Каф. ТМ гр.ПМ-24м		
Н. Контр.	Нечаєв							
Утверд.	Рязанцев							

Вузол ремонтується в умовах виробництва і призначений для передачі крутного моменту через вісь на фланець.

1.2 Розрахунок лінійних розмірних ланцюгів

Для визначення організаційної форми складання проводимо розрахунки розмірних конструкторських ланцюгів.

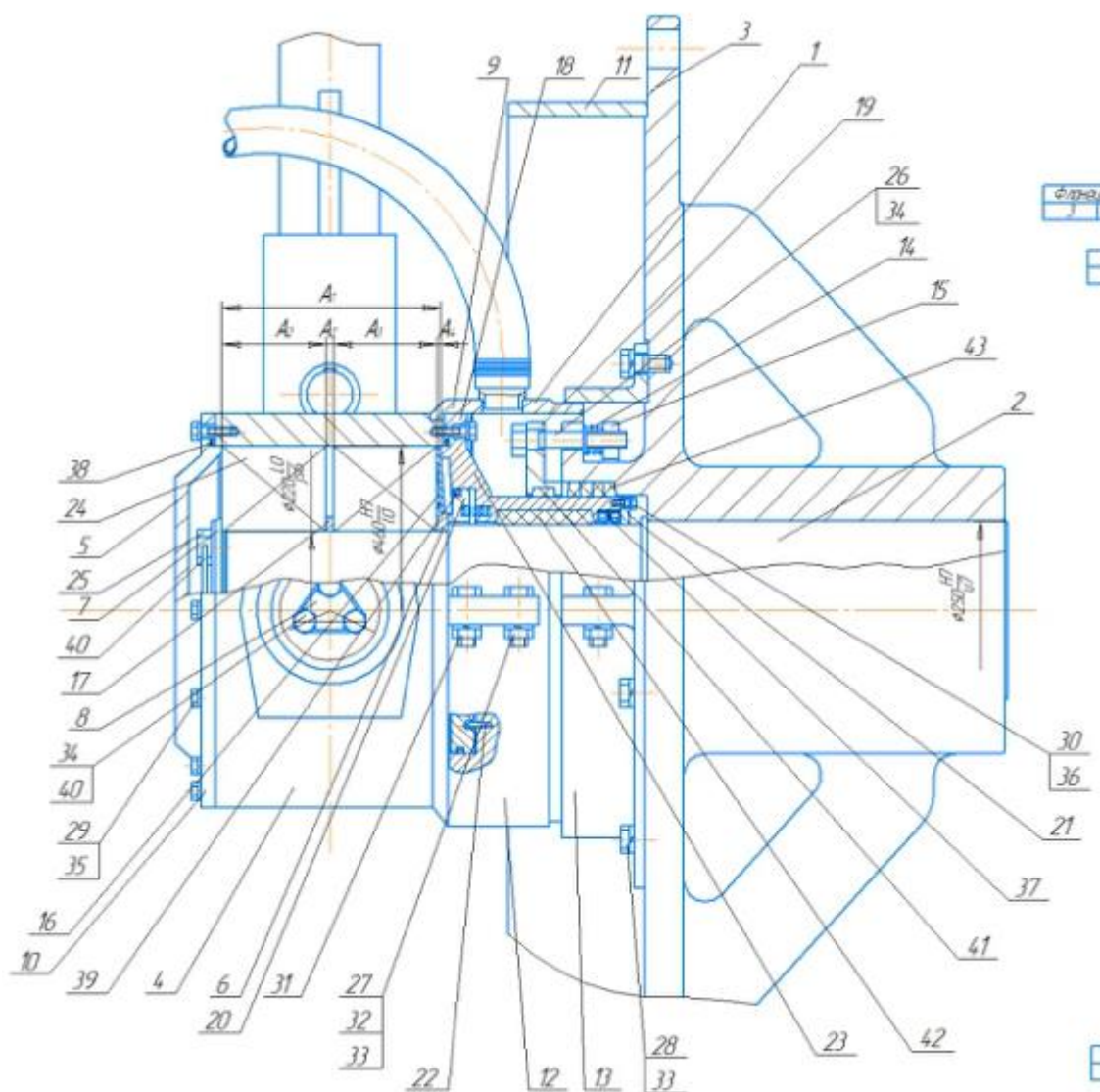


Рисунок 1.2- Складальний вузол-опора нижня

Виконуємо розрахунок лінійних розмірних ланцюгів

Для нормальної роботи опори нижньої необхідно витримати зазор на теплове розширення між підшипником та буртом вала, який дорівнює $A_{\Sigma} = 12,5_{-0,6}$ мм, тобто $T_{\Sigma} = 0,6$ мм, $\Delta C_{\Sigma} = 0,3$ мм.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

КНУ.КМР. 131.25.1-17.01.ПТПС

Лист

Розв'язуємо пряму задачу ймовірностним методом.

Розраховуємо кількість одиниць допуску [3]:

$$a = \frac{\sqrt{T_{\Sigma}^2 - k_i^2 \cdot \sum T_{cm}^2}}{k_i^2 \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^{m+n} i^2}}, \quad (1.1)$$

де T_{Σ} – допуск на замикаючу ланку;

T_{cm} – допуск на стандартний елемент (в даному випадку стандартними елементами є підшипники, допуск на ширину яких дорівнює: для обох підшипників 300 мкм за ДСТУГОСТ 5721–75, № 3644;

i – одиниця допуску .

Коефіцієнт приймаємо $k_i = 1,2$.

$$a = \frac{\sqrt{600^2 - 1,2^2 \cdot (300^2 + 300^2)}}{1,2 \cdot \sqrt{3,22^2 + 0,9^2}} = 79$$

Найдене значення відповідає IT10–IT11 і входить в інтервал $a=64 \div 100$.
Назначені квалітети заносимо в таблицю 1.1.

Перевіряємо правильність назначених допусків:

$$T_{\Sigma} = k_i \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^{m+n} T_i^2} \quad (1.2)$$

$$T_{\Sigma} = 1,2 \cdot \sqrt{300^2 + 300^2 + 130^2 + 58^2} = 537 \neq 600.$$

Таким чином неузгодженість складає $r_T = 600 - 537 = 63$ мкм.

Так як величина $r_T \neq 0$, то допуски ланок розмірного ланцюгу не узгоджуються.

Тоді вибираємо в якості ув'язочної ланки – ланку A_4 і знаходимо її допуск:

$$TA_{i_y} = \frac{\sqrt{TA_{\Sigma}^2 - k_i^2 \cdot \sum T_i^2}}{k_i} \quad (1.3)$$

$$TA_5 = \frac{\sqrt{600^2 - 1,2^2 \cdot (300^2 + 300^2 + 130^2)}}{1,2} = 230 \text{ мкм}$$

Визначаємо координату середини поля допуску ув'язочної ланки:

$$\overline{\Delta C_x} = \sum_{i=1}^n \overline{\Delta C_i} - \sum_{j=1}^m \overline{\Delta C_j} - \Delta C_{\Sigma} \quad (1.4)$$

$$\overline{\Delta C_{A_4}} = 0 - (-0,15 - 0,15 - 0,3) = 0,6 \text{ мм.}$$

Граничні відхилення залежної ланки дорівнюють:

$$es_{A_4} = \Delta C_{A_4} + \frac{TA_4}{2} = 0,6 + \frac{0,23}{2} = 0,72 \text{ мм;}$$

					КНУ.КМР. 131.25.1-17.01.ПТПС	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$ei_{A_4} = \Delta C_{A_4} - \frac{TA_4}{2} = 0,6 - \frac{0,23}{2} = 0,49 \text{ мм.}$$

Проводимо перевірку розрахунків [5]:

$$es_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n \overrightarrow{es_i} - \sum_{j=1}^m \overleftarrow{ei_j} \quad (1.5)$$

$$es_{\Sigma} = 0,065 - (-0,3 - 0,3 + 0,49) = 0,175 \text{ мм;}$$

$$ei_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n \overleftarrow{ei_i} - \sum_{j=1}^m \overrightarrow{es_j} \quad (1.6)$$

$$ei_{\Sigma} = -0,065 - 0,72 = -0,79 \text{ мм.}$$

Розрахунок лінійних розмірних ланцюгів приведено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Розрахунок лінійних розмірних ланцюгів

Позначення ланки	Номинал. розмір	i	Квалітет	Допуск	Розміри з відхиленням	ΔC_i
A ₁	310	3,22	9	0,13	310±0,065	0
A ₂ =A ₃	18	ст.	ст.	0,3	18 _{-0,3}	-0,15
A ₄	7,5	0,9	10	0,058	7,5 ^{+0,72} _{+0,49}	0,6

Регулювання осьового люфту підшипників здійснюється шляхом встановлення дистанційних кілець різної висоти (типів «а» і «б») між внутрішніми та зовнішніми кільцями підшипникових вузлів.

Для двох конічних роликів підшипників, що монтуються на спільній шийці вала, за заданої величини початкового осьового люфту S, висоту внутрішнього дистанційного кільця типу «а» визначають таким чином.

Спочатку підшипник разом із зовнішнім дистанційним кільцем та зовнішнім кільцем підшипника встановлюють на контрольну плиту. За допомогою контрольної лінійки та мікрометричного глибиноміра вимірюють розмір m, а мікрометром визначають сумарну висоту C зовнішніх кілець підшипників у комплекті з дистанційним кільцем.

Потім підшипниковий блок у тій самій комплектації встановлюють у друге контрольне положення та аналогічним способом вимірюють розмір n.

Усі вимірювання виконують у чотирьох точках по колу з інтервалом 90°. За фактичні значення розмірів m, n і C приймають середнє арифметичне чотирьох отриманих вимірів.

Висота внутрішнього дистанційного кільця:

$$a = m + n - c, \quad (1.7)$$

По цьому розміру підбирається і встановлюється внутрішнє дистанційне кільце.

					КНУ.КМР. 131.25.1-17.01.ПТПС	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1.3 Аналіз методів виконання складальних з'єднань

Характеристики з'єднань, які використовуються в вузлі приведені в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Характеристика з'єднань

№ п/п	Деталі, що входять в з'єднання	Характеристики з'єднань
Різьбові з'єднання		
1	2	3
1	Фланець (19) – болт (26)	$M24 \frac{6H}{6g}$
2	Напівкришка (12) – болт (27) Напівфланець (13) – болт (27)	$M24 \frac{6H}{6g}$
3	Фланець (3) – болт (28)	$M24 \frac{6H}{6g}$
4	Кришка (5) – болт (29)	$M20 \frac{6H}{6g}$
5	Кільце (21) – болт (30)	$M8 \frac{6H}{6g}$
6	Напівкришка (12) – болт (31)	$M24 \frac{6H}{6g}$
7	Напівкришка (12) – гайка (32)	$M24 \times 1,5 \frac{7H}{7g}$
З'єднання з підшипниками кочення		
1	Підшипники (24) – корпус (4)	$\varnothing 460 \frac{H7}{l0}$
2	Підшипники (24) – вісь (2)	$\varnothing 220 \frac{L0}{js6}$
Штифтове з'єднання		
1	Напівкришка (12) – штифт (22)	$\varnothing 6 \frac{H7}{h7}$

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

1.4 Розробка схеми складального з'єднання

Послідовність розбирання вузла опори нижньої приведено в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Виявлення вузлів та їх базових деталей

№ з/п переходу розбиран- ня 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
1	2	3	4
А. Загальне розбирання виробу – опора нижня 0зб.6			
1	Зняти	Рукав В(П)-10-63-У ГОСТ18698–73	
2	Відгвинтити і зняти	болт 28 (8 шт.) шайбу 33 (8 шт.)	
3	Відгвинтити і зняти	гайку 32 (6 шт.) шайбу 33 (6 шт.) болт 27 (6 шт.)	
4	Зняти	напівфланець 13 (2 шт.) напівкришку 12 (1 шт.) напівкришку 1(1 шт.)	
5	Відгвинтити і зняти	болт 26 (12 шт.) шайбу 34 (12 шт.)	вісь 2 в зборі 1зб.2
	Залишилась	базова деталь – фланець 3	
Б. Розбирання вузлів першого порядку 1) Розбирання вісі 1зб.2			
1	Відгвинтити і зняти	болт 29 (12 шт.) шайбу 35 (12 шт.)	
2	Зняти	кришку 5 (1 шт.)	
3	Зняти	корпус 4 (1 шт.)	
4	Відірвати	проволоку 40	
5	Розгвинтити	болт 25 (3 шт.)	
6	Зняти	шайбу 7 (1 шт.)	
7	Випресувати	підшипник 24 (1 шт.)	
8	Зняти	кільце 17 (1 шт.)	
9	Випресувати	підшипник 24 (1 шт.)	
10	Відгвинтити і зняти	болт 29 (12 шт.) шайбу 35 (12 шт.)	
11	Зняти	кільце 6 (1 шт.) діафрагму 16 (1 шт.)	кришка 18 в зборі 2зб.18
	Залишилась	базова деталь – вісь 2	

Продовження таблиці 1.3

В. Розбирання вузлів другого порядку
1) Розбирання кришки 23б.18

1	Дістати	кільце 20 (1 шт.) пружину 23 (6 шт.)	
2	Зняти	набивку 43 фланець 19 (1 шт.) повість 41 манжети 37	
3	Відгвинтити	болт 30 (6 шт.) шайбу 36 (6 шт.)	
4	Витягнути	повість 42 штифт 22 (3 шт.)	
	Залишилась	базова деталь – кришка 18	

Структуру виробу з виявленням базових елементів, вузлів і деталей приведено в таблиці 1.4. Розгорнута схема складання опори нижньої приведена на рисунку 1.1.

Таблиця 1.4 – Структура виробу опора нижня

№ 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	Опора нижня 0зб3	Фланець 3	Вузли 1-го порядку: а) вісь 2 в зборі – 1зб.2	Рукав В(П)-10-63-У ГОСТ18698–73; болт 28 (8 шт.); шайба 33 (8 шт.); гайка 32 (6 шт.); шайба 33 (6 шт.); болт 27 (6 шт.); напівфланець 13 (2 шт.); напівкришка 12 (1 шт.); напівкришка 1(1 шт.); болт 26 (12 шт.); шайба 34 (12 шт.);

Продовження таблиці 1.4

1	2	3	4	5
2	Вісь 5 в зборі – 1зб5	Вісь 5	Вузли 2-го порядку: а) кришка 24 в зборі – 2зб.24	болт 29 (12 шт.); шайба 35 (12 шт.); кришка 5 (1 шт.); корпус 4 (1 шт.); проволока 40; болт 25 (3 шт.); шайба 7 (1 шт.); підшипник 24 (1 шт.); кільце 17 (1 шт.); підшипник 24 (1 шт.); болт 29 (12 шт.); шайба 35 (12 шт.); кільце 6 (1 шт.); діафрагма 16 (1 шт.)
3	Кришка 2 в зборі – 2зб.24	Кришка 24		кільце 20 (1 шт.); пружина 23 (6 шт.); набивка 43; фланець 19 (1 шт.); повість 41; манжети 37; болт 30 (6 шт.); шайбу 36 (6 шт.); повість 42; штифт 22 (3 шт.)
Загальна кількість різнотипних вузлів – 3; 0-го порядку – 1; 1-го порядку – 1; 2-го порядку 1.				

Розгорнута схема складання опори нижньої приведена на рисунку 1.3.

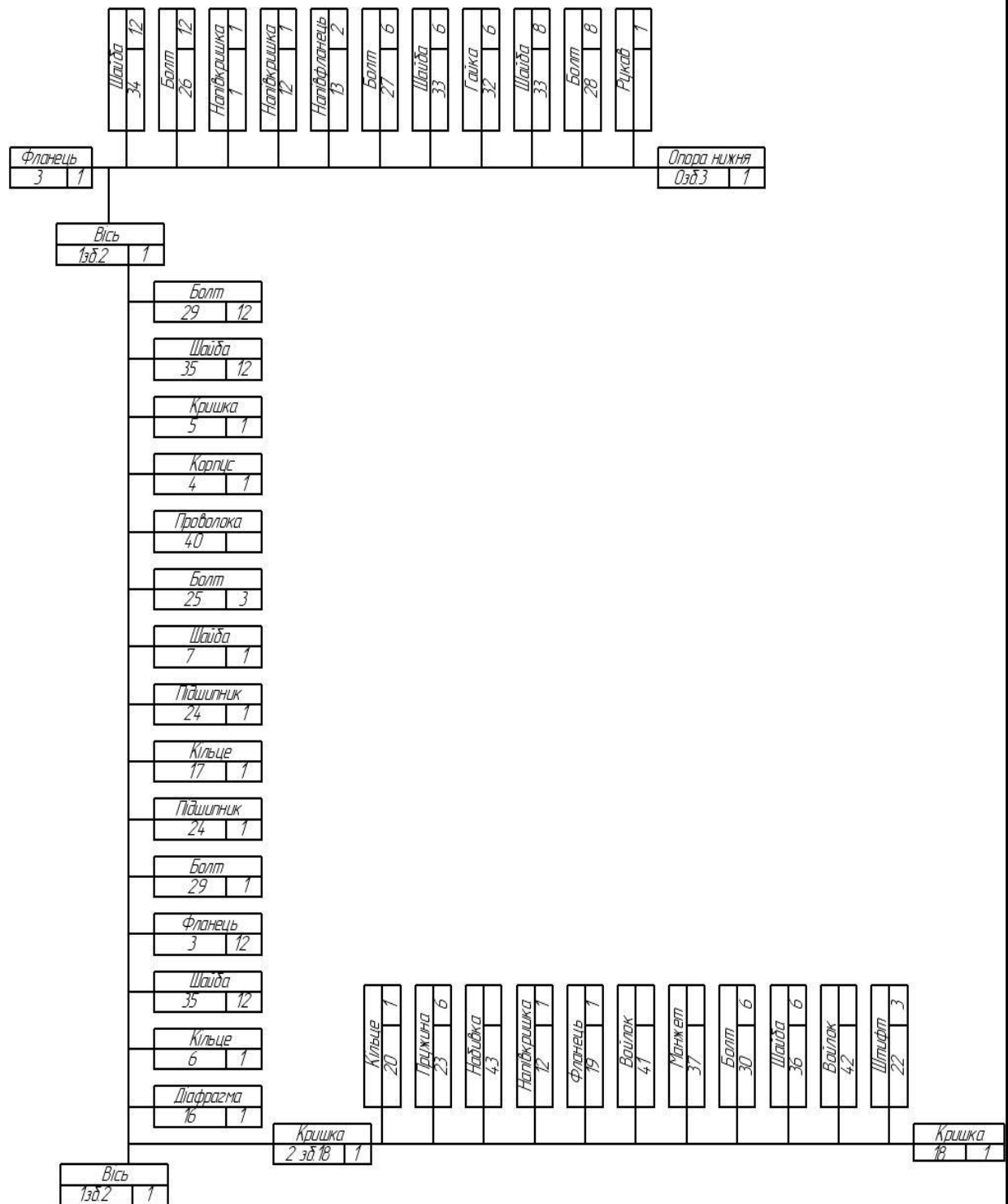


Рисунок 1.3 – Розгорнута схема складання опори нижньої

Таким чином найбільш доцільним методом складання вузла є метод неповної взаємозамінності, зазор регулюється за допомогою дистанційних кілець.

2 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ ВИХІДНИХ ДАНИХ ПРОЕКТУ

2.1 Службове призначення деталі. Вибір матеріалу і варіантів замін

Основне службове призначення фланця заключається в обмеженні осьового переміщення вісі, встановленої на підшипниках в виробі, шляхом створення необхідного натягу. Вісь на якій встановлена деталь передає крутний момент.

Деталь фланець, яка виготовлена із спеціальної сталі 35ФЛ–І ТВ14-1-1631-76. Сталь 35ФЛ має високу в'язкість і міцність, зносостійкість, корозійну стійкість. Наявність ванадія сприяє утворенню мілко дисперсних карбідів, які збільшують твердість і міцність сталі. Тому ця сталь використана для отримання фланцю і забезпечує його міцність і довговічність при роботі в агресивному середовищі пульпи.

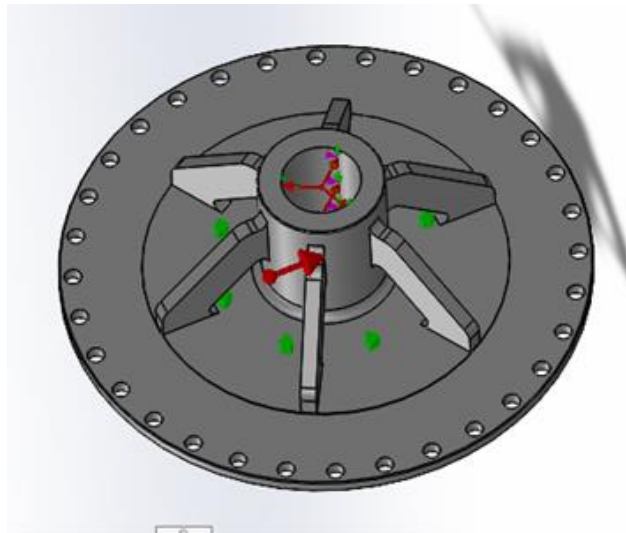


Рисунок 2.1- 3D модель фланцю

Найбільш доцільно буде замінити спеціальну марку сталі 35ФЛ–І ТВ14-1-1631-76 на сталь 45ФЛ ДСТУ 7806:2015 .

В таблицях 2.1 та 2.2 приведено хімічний склад і механічні властивості сталі 45 ФЛ ДСТУ 7806:2015, які відповідають службовому призначенню деталі.

					КНУ.КМР. 131.25.1-17.02.ТЕА							
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата								
Разраб.		Хмельницький			ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ ВИХІДНИХ ДАНИХ ПРОЕКТУ			Лит.	Лист	Листов		
Провер.		Цивінда								19		
Реценз.								Каф.ТМ гр.ПМ-24м				
Н. Контр.		Нечаєв										
Утверд.		Рязанцев										

Таблиця 2.1 – Хімічний склад сталі 45ФЛ ДСТУ 7806:2015

C	Mn	Si	Cr	Ni	Cu	V
0,42–0,50	0,4–0,9	0,2–0,52	не більш			0,06–0,12
			0,3	0,3	0,3	

Таблиця 2.2 – Механічні властивості сталі 45ФЛ ДСТУ 7806:2015

δ_t	δ_b	$\delta_{св.}$	ψ
400	600	12	30

Для зменшення залишкових напружень дану деталь піддаємо термічній обробці – нормалізація: 880-920°C, закалювання: 880-920°C, відпускання: 600-650°C. Критичні точки $A_{c1} \approx 720-740^\circ\text{C}$, $A_{c3} \approx 840^\circ\text{C}$.

2.2 Аналіз якості поверхонь

Точність установки визначається зазором між напівкришкою і напівфланцем, який повинен складати 0,5 мм..

Основними базами (конструкторськими) у фланця є посадочна внутрішня циліндрична поверхня і торець Ø525 мм, які визначають положення даної деталі у складальному вузлі. Аналіз якості поверхонь деталі приводимо в таблиці 2.3 .

Пронумеруємо поверхні відповідно до послідовності їх обробки. Деталь з пронумерованими поверхнями зобразимо на рисунку 2.2.

Таблиця 2.3 – Аналіз якості поверхонь деталі

№ пов.	Номінальний розмір	Квалітет, IT	Допуск Т чи відхилення розміру	Шорсткість, R_z	Відхилення форми і розташування поверхонь
1	2	3	4	5	6
8	Ø1660	9	$(-0,12, -0,49)$	$R_z 80$	—
26	Ø581	9	$(-0,076, -0,251)$	$R_z 40$	—
21	Ø360	12	$(+0,57)$	$R_z 40$	—
2	Ø250	7	$(+0,046)$	$R_a 2,5$	—

Таким чином виходячи із таблиці аналізу якостей поверхонь, можна зробити висновок, що дана деталь містить невелику кількість точних поверхонь.

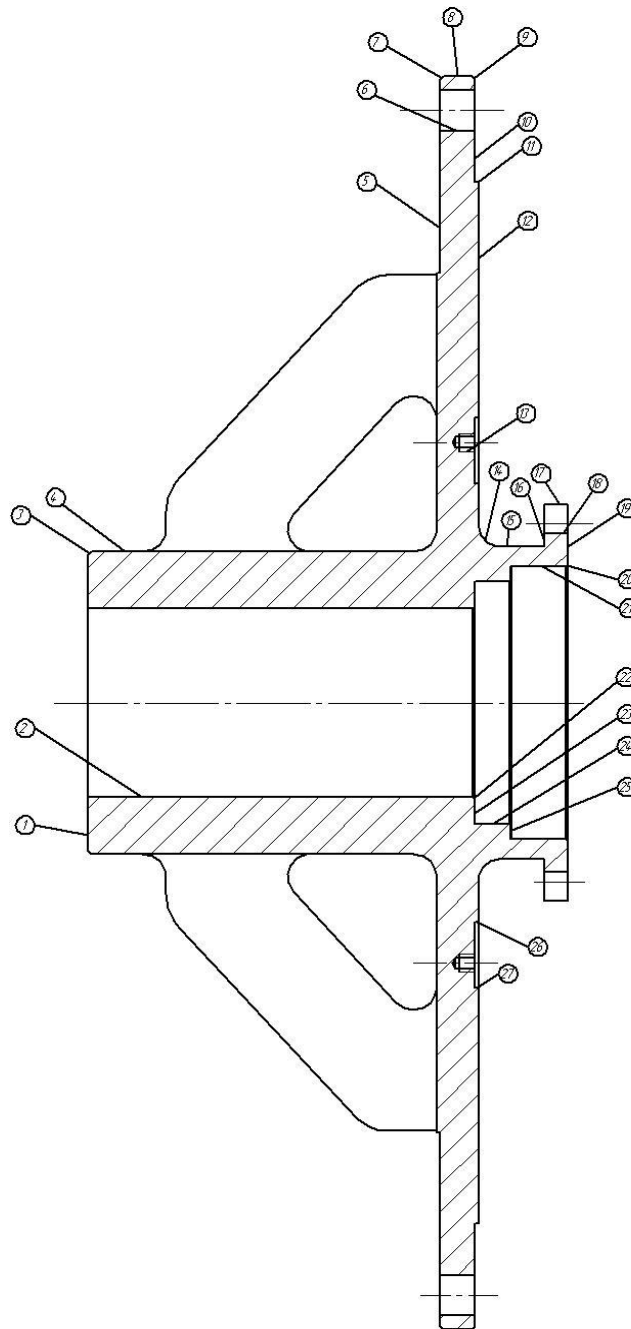


Рисунок 2.2 – Деталь фланець з пронумерованими поверхнями

2.3 Технічний контроль робочого креслення

Робоче креслення деталі «фланець» містить повний комплекс необхідних відомостей, що забезпечують повне розуміння конструкції виробу. На кресленні наведено всі потрібні проекції та розрізи, які однозначно

					КНУ.КМР. 131.25.1-17.02.ТЕА	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

відтворюють геометрію деталі та дозволяють визначити можливі способи отримання заготовки.

Деталь показано на головному вигляді, а також на видах зверху та справа, що дає змогу детально розглянути її форму та конструктивні елементи. На кресленні проставлені усі необхідні розміри з відповідними допусками, які задають геометричні характеристики кожного елемента. Також наведені параметри шорсткості оброблюваних поверхонь, що визначають клас чистоти, квалітет точності та поля допусків. Граничні відхилення для невказаних розмірів подані у технічних вимогах: для лінійних розмірів — $\pm IT14/2$. Шорсткість поверхонь, які не підлягають обробці, зазначена у правому верхньому куті креслення.

Після аналізу креслення можна стверджувати, що воно відповідає вимогам ЄСКД: шорсткість, розміри та їх допуски відповідають нормованим рядам. Єдина неточність — один із елементів виду не повинен бути підкреслений.

Як базовий елемент на кресленні обрано отвір $\varnothing 250H7$ (база Б), що позначено затемненим трикутником. У технічних вимогах вказано, що овальність і конусність цієї поверхні не повинні перевищувати половини допуску на діаметр.

Крім того, креслення містить дані про матеріал деталі та її масу. Оскільки твердість не зазначена, її визначають самостійно, зважаючи на призначення та умови роботи деталі. Відсутність спеціальних позначень також свідчить про те, що поверхні фланця не потребують декоративних чи захисних покриттів.

Таким чином, креслення містить повний обсяг інформації, необхідної для розуміння форми, розмірів і вимог до якості виготовлення деталі.

2.4 Аналіз технологічності деталі

2.4.1 Якісний аналіз технологічності

Деталь «фланець» виготовляється литтям зі сталі; тип виробництва — серійний ($N = 600$ шт.), маса деталі становить 1600 кг, а ступінь її конструктивної складності можна оцінити як середню.

Аналіз характеристик деталі дає підстави вважати, що оптимальним, економічно обґрунтованим та найбільш продуктивним способом отримання заготовки є лиття у піщано-глинясті форми.

Фланець є жорсткою конструктивною деталлю, що дає можливість застосовувати значні затискні зусилля під час обробки. Це також дозволяє одночасно застосовувати декілька різальних інструментів у поєднанні зі стандартними технологічними пристроями. Усі основні поверхні деталі забезпечують зручний доступ для підведення та відведення як різального, так і вимірювального інструменту.

Деталь має достатньо розвинуті базові поверхні, що спрощують її встановлення та надійне закріплення на верстатах. Механічна обробка включає обробку отворів та циліндричних поверхонь.

					КНУ.КМР. 131.25.1-17.02.ТЕА	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Використання верстатів нормальної точності дозволяє досягти необхідної точності та шорсткості — за умови послідовної обробки кожного отвору всіма різальними інструментами. Точіння й розточування циліндричних поверхонь доцільно виконувати на одному верстаті, поєднуючи чорнові та чистові переходи.

Аналіз конструктивних елементів фланця свідчить, що всі поверхні добре доступні та легко піддаються механічній обробці. Склад операцій включає свердління, розсвердлювання, нарізання різби, точіння та розточування. Необхідні параметри точності й шорсткості можна забезпечити без застосування високоточних або спеціалізованих верстатів.

Разом з тим значна маса деталі — 1600 кг, створює певні труднощі при транспортуванні та є фактором її нетехнологічності.

Таким чином, фланець характеризується зручними для обробки поверхнями та не потребує спеціального оснащення чи нестандартних пристроїв. Основний недолік — велика вага, що ускладнює переміщення та транспортування під час виробничого процесу.

2.4.2 Кількісний аналіз технологічності

Визначаємо коефіцієнт використання матеріалу за формулою :

$$K_{в.м} = \frac{G_{дет}}{G_{заг}}, \quad (2.1)$$

де $G_{дет}$ — маса деталі;
 $G_{заг}$ — маса заготовки.

$$K_{в.м} = \frac{1600}{2100} = 0,76$$

Коефіцієнт точності обробки і коефіцієнт шорсткості визначають згідно з ДСТУ 2413-94. Для цього розраховуємо середню точність і середню шорсткість оброблюваних поверхонь.

Визначаємо середню точність:

$$T_{сер.} = \frac{\sum IT_i \cdot n_i}{N}, \quad (2.2)$$

де IT_i — квалітет певного значення;
 n_i — кількість розмірів даного квалітету;
 N — загальна кількість розмірів на кресленні.

$$T_{сер.} = \frac{14 \cdot 8 + 12 \cdot 2 + 9 \cdot 2 + 7 \cdot 1}{13} = \frac{161}{13} = 12,38; IT \approx 12$$

Визначаємо середню шорсткість:

$$R_{zсер.} = \frac{\sum T_i \cdot R_{zi}}{N}, \quad (2.3)$$

					КНУ.КМР. 131.25.1-17.02.ТЕА	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

де T_i – шорсткість певного значення;
 R_z – кількість розмірів з даною шорсткістю.

$$R_{z_{сер.}} = \frac{80 \cdot 12 + 40 \cdot 3 + 20 \cdot 1 + 2,5 \cdot 1}{17} = 64,9 \text{ мкм}$$

При визначенні коефіцієнта точності і коефіцієнта шорсткості, можна зробити висновок, що вимоги до деталі “фланець” невисокі.

2.5 Вибір типу виробництва. Задачі проектування

2.5.1 Вибір типу виробництва та методу роботи

Тип виробництва визначається за коефіцієнтом закріплення операцій $K_{з.о.}$

Вихідні дані	
Річна програма N_p , шт	600
Штучно-калькуляційний час, хв	
$T_{шт.-к.1}$	40,7
$T_{шт.-к.2}$	72,2
$T_{шт.-к.3}$	3,24
$T_{шт.-к.4}$	0
$T_{шт.-к.5}$	0
Ймовірний тип виробництва (ДС=1, СС=2, ВС=3)	2
Кількість змін	1

Коефіцієнт закріплення операцій

$$K_{з.о.} = \frac{\sum \Pi_{oi}}{\sum P_i}$$

де $\sum \Pi_{oi}$ – сумарне число різних операцій за місяць з розрахунку на одного змінного майстра;
 $\sum P_i$ – явочне число робітників ділянки, що виконують різні операції при роботі в одну зміну

$$\Pi_{oi} = \frac{13182 \cdot \eta_H}{T_{шт.к.} \cdot N_M}$$

де η_H – плановий нормативний коефіцієнт завантаження верстата, прийнятий для велико-, середньо- та дрібносерійного виробництва відповідно рівним 0,75; 0,8; 0,9;

N_M – місячна програма випуску заданої деталі, шт. $N_M = \frac{N_p}{s \cdot 12}$

$$\Pi_{o1} = \frac{13182 \cdot 0,8}{40,7 \cdot 50} = 5,1821$$

$$\sum P_i = P_1 + P_2 + \dots + P_n$$

$$\Pi_{o2} = \frac{13182 \cdot 0,8}{72,2 \cdot 50} = 2,9212$$

$$P_i = 0,96 \cdot \eta_H = 0,96 \cdot 0,8 = 0,768$$

$$\Pi_{o3} = \frac{13182 \cdot 0,8}{3,24 \cdot 50} = 65,096$$

$$\sum P_i = 3 \cdot 0,768 = 2,304 = 3$$

$$K_{з.о.} = \frac{73,20}{3} = 24,4$$

Базове підприємство працює за серійним типом виробництва.

2.5.2 Вибір діючого заводського чи типового технологічного процесу. Задачі проектування

Технологічний процес виготовлення деталі розробляється на основі діючого заводського технологічного маршруту.

Для деталі «фланець» застосовується заготовка — відливка III класу точності за ДСТУ 8781:2018 (лиття в піщано-глинисті форми). Чинний заводський технологічний маршрут містить операції механічної обробки, які виконуються на універсальних верстатах і потребують високої кваліфікації робітників. У багатьох випадках саме виконавець встановлює режими різання та визначає норми часу для технологічних переходів.

У зв'язку зі зростанням попиту виникла необхідність збільшити обсяг виробництва деталей із 200 до 600 шт. на рік. Наявний типовий технологічний процес розроблено як одиничний — без зазначення режимів обробки та нормування часу, що не відповідає вимогам серійного виробництва.

На основі класифікатора ЄСКД формується повний конструкторсько-технологічний код.

Конструкторська класифікаційна характеристика: 710310 — деталь типу «тіло обертання» з довжиною L від 0,5 до 2D, без закритих уступів та зовнішньої різьби.

					КНУ.КМР. 131.25.1-17.02.TEA	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Технологічна класифікація деталі, що обробляється різанням, має такі параметри:

- найбільший зовнішній діаметр — 1660 мм (Р);
- висота — 620 мм (М);
- діаметр центрального отвору — 250 мм (Д);
- матеріал: сталь 45ФЛ, ДСТУ 7806:2015 — 10;
- вид виготовлення — обробка різанням — 4;
- тип заготовки — відливка у піщано-глинисту форму — 11;
- квалітети: зовнішні поверхні f9 — 3, внутрішні Н7 — 4;
- відхилення форми та розташування: торцеве биття — 3;
- ступінь точності — 4;
- додаткова обробка: без покриттів, з термообробкою — 2;
- маса — 1600 кг (Т).

Конструкторсько-технологічний код приймається у вигляді:
710310.104.1134342Т

Проектування власного модернізованого технологічного маршруту передбачає вдосконалення наявного процесу. Це включає:

- впровадження обробки поверхонь на верстатах із ЧПК;
- можливе використання гнучкого виробничого модуля;
- підвищення концентрації обробки;
- поліпшення точності та якості відповідальних поверхонь;
- скорочення загального часу обробки.

Заміна заготовки на більш продуктивний варіант неможлива, оскільки деталь масою 1600 кг та значними габаритами може бути виготовлена лише методом лиття в піщано-глинисті форми.

Завдання проектування також включають:

- заміну обладнання на сучасніше;
- застосування прогресивних режимів різання;
- використання стандартного різального та допоміжного інструменту;
- раціональний добір верстатного оснащення.

Удосконалення процесу дозволить:

- зменшити припуски на механічну обробку;
- підвищити коефіцієнт використання металу, зокрема завдяки застосуванню ступінчастого стержня;
- знизити собівартість виготовлення деталі за рахунок скорочення штучного часу (Тшт-к).

					КНУ.КМР. 131.25.1-17.02.ТЕА	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

3 ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

3.1 Вибір, техніко-економічного обґрунтування та проектування заготовок

3.1.1 Вибір і техніко-економічне обґрунтування заготовок

Проектування заготовки здійснюється відповідно до вимог ДСТУ 8781:2018. Оскільки деталь виготовляється з ливарної сталі 45ФЛ (ДСТУ 7806:2015) і має значну масу — 1600 кг, для її отримання обирається лиття в піщано-глинисту форму.

Деталь відноситься до виробів середньої складності, причому більшість її поверхонь підлягають механічній обробці. Поверхні, для яких не зазначено квалітетів точності, обробляються за IT14. Різьбові та кріпильні отвори у литті не формуються, тому вони виготовляються лише на стадії механічної обробки. Заготовку доцільно отримувати за роз'ємною моделлю з верхнім підливом металу.

Формування внутрішніх отворів здійснюється за допомогою стержня, який розташовується вертикально. Для деталі вибираємо 11-й клас точності розмірів і мас, а також 5-й ряд припусків. На підставі цього призначаються допуски розмірів відливки згідно зі стандартом.

Оскільки заготовка формується за роз'ємною моделлю, усі ливарні розміри отримують симетричні граничні відхилення. Граничне відхилення зміщення при 11-му класі точності та заданій відстані між центрувальними елементами форми становить 1,6 мм.

Через те, що фланець виготовляється зі сталі 45ФЛ і належить до відливок, що піддаються термообробці, призначається 6-та ступінь короблення. Для цього ступеня граничне значення викривлення дорівнює 2,4 мм. Верхнє граничне відхилення маси відливки також становить 2,4 %.

Після визначення припусків призначаються основні та допоміжні припуски на механічну обробку. Додатковий припуск передбачають для отвору Ø250H7, оскільки можливе короблення (2,4 мм) перевищує половину допуску на цей розмір. Після цього встановлюються граничні розміри відливки.

Формувальні ухили визначаються згідно з вимогами ДСТУ 7806:2015, а формувальні радіуси приймаються відповідно до технічних вимог креслення — R10 мм.

Всі дані заносимо в таблицю 3.1.

					КНУ.КМР. 131.25.1-17.03.ПТП		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.	Хмельницький				ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ	Лит.	Лист
Провер.	Цивінда						27
Реценз.							
Н. Контр.	Нечасв						
Утверд.	Рязанцев					Каф.ТМ гр.ПМ-24м	

Таблиця 3.1– Дані проєктування

№ з/п.	Номи-нальний розмір деталі	Характер-ристика поверхонь		Допуски розміра відливки	Гран. відхи-лення	Осн. припуск	Доп. припуск	Розміри заготов-ки
		IT	R _z , R _a					
1	Ø1660	f9	R _z 80	5,0	±2,5	8,0x2	–	Ø1676±2,5
2	Ø525	h14	R _z 80	18,0	±9	18x2	–	Ø561±9
3	Ø415	h14	R _z 80	18,0	±9	18x2	–	Ø451±9
4	Ø360	H12	R _z 40	8,0	±4	8,5x2	–	Ø343±4
5	Ø322	H14	R _z 80	16,0	±8	15x2	–	Ø292±8
6	Ø250	H7	R _a 2,5	1,4	±0,7	16,0x2	2,0	Ø216±0,7
7	620	h14	R _z 80	18,0	±9	18+19	–	657±9
8	165	h14	R _z 80	14,0	±7	15	–	180±7
9	120	h14	R _z 80	12,0	±6	12	–	132±6
10	70	h14	R _z 80	11	±5,5	12	–	82±5,5
11	55	h14	R _z 80	10,0	±5	11+12	–	78±5
12	20	h14	R _z 80	8,0	±4	8,5	–	28,5±4

3.2 Вибір і обґрунтування баз

Вибір баз та визначення послідовності обробки поверхонь заготовки є одним із найвідповідальніших етапів розроблення технологічного процесу. Правильність рішень на цьому етапі значною мірою визначає можливість отримання деталі з необхідною точністю, а також впливає на економічність усього виробництва.

Деталь типу «фланець» має добре розвинуті конструкторські, технологічні й вимірювальні бази. Основними конструкторськими базами, які задають положення фланця у складальному вузлі, є посадочна внутрішня циліндрична поверхня Ø250H7 (позначена чорним трикутником) та торцева поверхня Ø525 мм, яка виконує роль установчої бази. Допоміжними конструкторськими базами, що визначають положення приєднуваних деталей, є поверхні 10, 11, 13, 18, 26 та 27.

Як технологічні бази, що визначають положення деталі під час обробки, для більшості операцій приймаються внутрішній циліндричний отвір Ø250H7 та торцева поверхня Ø400 мм, яка використовується як установча.

Головним завданням першої операції є підготовка чорнової технологічної бази (поверхні 10 та 18). У ролі такої бази обирається внутрішня поверхня Ø360H12 та торець Ø525 мм. Саме відносно цих поверхонь на першій операції виконують обробку тих елементів, які надалі використовуватимуться як чистові технологічні бази.

Чорнова технологічна база використовується лише один раз — під час першої установки. Надалі всі установки здійснюються уже по чистових базових поверхнях, сформованих на попередньому етапі обробки.

На рисунку 3.1 подано умовну та теоретичну схему базування деталі.

Під час підготовки чорнової технологічної бази, що виконується на токарно-карусельному верстаті, а також при обробці отворів на гнучкому виробничому модулі, установчою базою, яка позбавляє деталь трьох ступенів вільності, служить торцева поверхня $\varnothing 400$ мм. Направляючою базою, що усуває два ступені вільності, є внутрішній циліндричний отвір $\varnothing 250H7$.

При токарній обробці на установі Б установчою базою виступає торець $\varnothing 525$ мм, а направляючою — внутрішній циліндричний отвір $\varnothing 360H12$.

На рисунку 3.2 наведено схеми базування для всіх операцій механічної обробки. Аналіз цих схем показує, що під час обробки фланця дотримується принцип постійності баз, оскільки на всіх операціях використовується одна й та сама технологічна база (виняток становить лише чорнова база першої операції). Також витримується принцип єдності баз, оскільки технологічні, конструкторські та вимірювальні бази узгоджені між собою та збігаються.

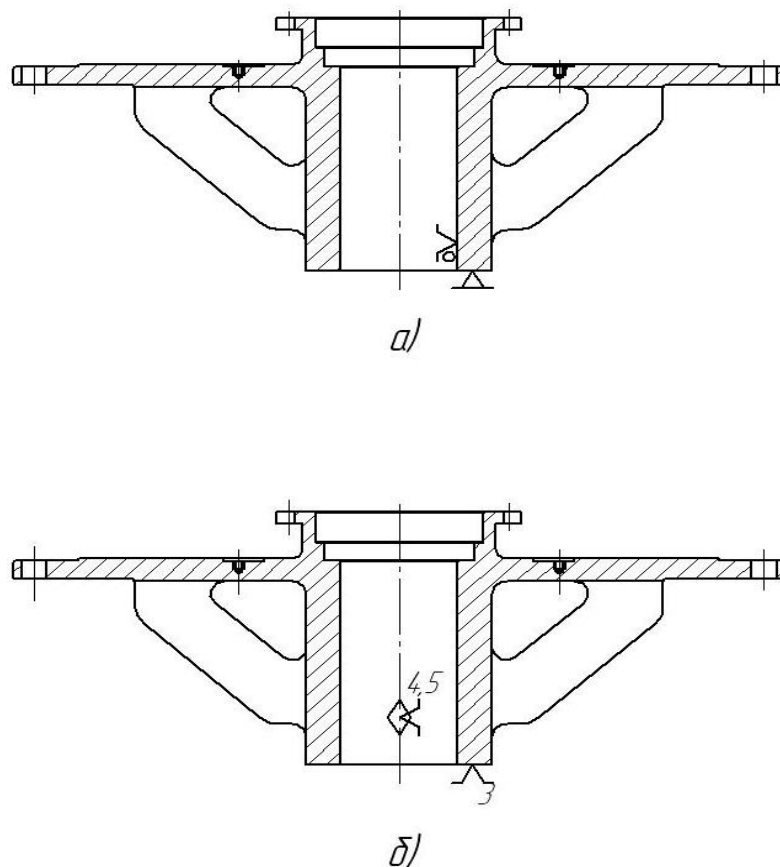
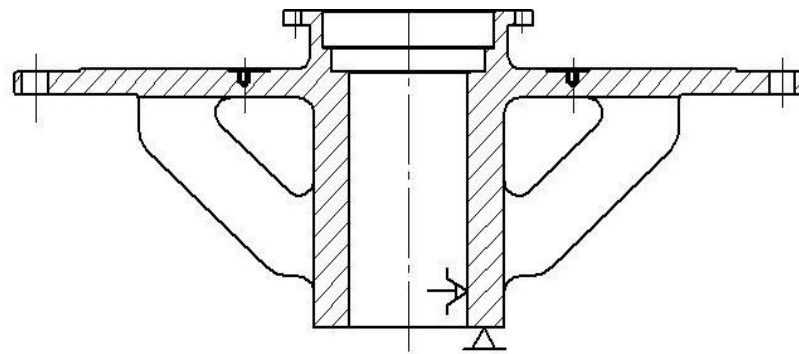
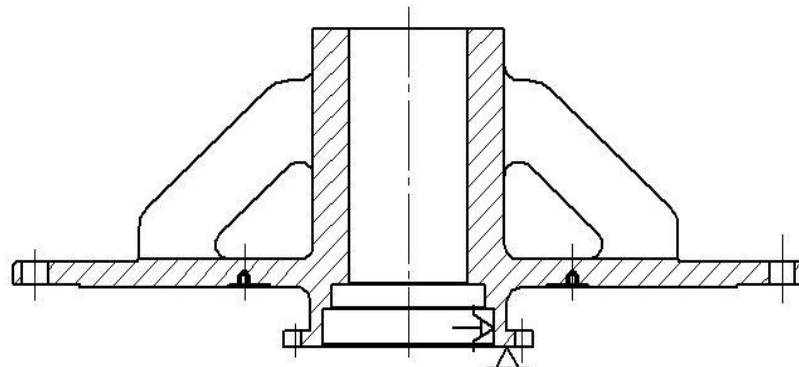


Рисунок 3.1 – Схема базування фланця: а) умовна; б) теоретична

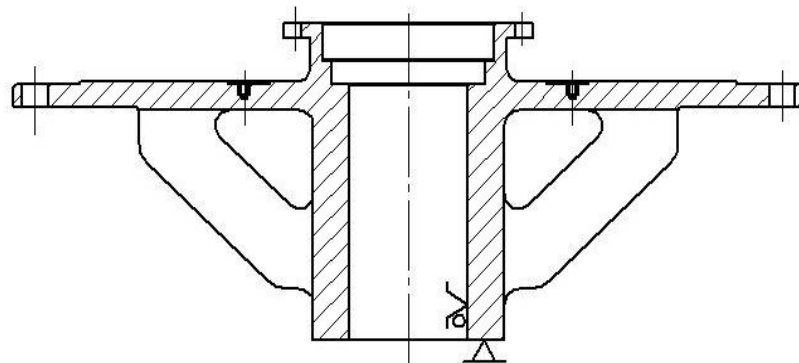
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата



005 Токарно-карусельна (установ А)



005 Токарно-карусельна (установ Б)



010 Багатоопераційна

Рисунок 3.2 – Схеми базування по операціях

3.3 Розробка маршруту обробки деталі

На основі базового ТП і задач проектування розроблюємо технологічну послідовність обробки деталі і заповнюємо таблицю 3.2

					КНУ.КМР. 131.25.1-17.03.ПТП	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблиця 3.2 – Маршрут обробки деталі

№ операції	Найменування операції	№ оброблюваної поверхні	№ базової поверхні	Тип, модель верстата
1	2	3	4	5
005	Токарно-карусельна з ЧПК	8, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 17, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27	1, 2	Токарно-карусельний з ЧПК мод. 1A516MФ3
	Установ А			
	Установ Б	1, 2, 3, 4, 5, 7	19, 21	
010	Багатоопераційна	6, 13, 18	1, 2	ГВМ мод. 2570ПМФ4М

3.3.1 Вибір і обґрунтування послідовності обробки поверхонь

На зовнішні, внутрішні, та торцеві поверхні визначаємо кількість послідовних переходів з поступовим наближенням до необхідної точності та шорсткості. Дані заносимо в таблицю 3.3.

Таблиця 3.3 – Послідовність обробки поверхонь

№ пов., розмір	Найменування переходів	Шорсткість, R_z	Точність IT	Допуск T
1	2	3	4	5
пов. 8, Ø1660f9	1. Заготовка	$R_z 500$	17	5
	2. Точіння чорнове	$R_z 80$	9	0,37
пов. 21, Ø360H12	1. Заготовка	$R_z 500$	17	8
	2. Точіння чорнове	$R_z 80$	14	1,4
	3. Точіння напівчистове	$R_z 40$	12	0,57
пов. 2, Ø250H7	1. Заготовка	$R_z 500$	17	1,4
	2. Розточування чорнове	$R_z 40$	10	0,185
	3. Розточування чистове	$R_a 2,5$	7	0,046

3.5 Розробка технологічної операції

Остаточно сформульований зміст технологічного процесу наводимо в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Послідовність виконання технологічних операцій

№ операції	1. Назва операції 2. Верстат 3. Зміст переходів технологічної операції	Верстатне пристосування	Інструмент (ріжучий, допоміжний, вимірювальний)
1	2	3	4
005	1. Токарно-карусельна	3-х кул. патрон	
	2. Верстат мод. 1A516МФ3		
	3. Установ А		
	3.1. Встановити і закріпити заготовку		Різець 2145-0563 ДСТУГОСТ 20874-75 Державка 191711088 ТУ 2-024-5539-81 Штангенциркуль ШЦ-III-250-0,1 ДСТУГОСТ 166-89
	3.2. Підрізати торець 1, витримуючи розмір 638 ₋₂		
	3.3. Точити пов. 5 в розмір Ø525 _{-1,75} , витримуючи розмір 28,5 мм		Різець 2101-0655 ДСТУГОСТ 20872-80 Різцетримач 191811004 ДСТУ ОСТ 2У16-1-78 Штангенциркуль ШЦ-III-300-0,1 ДСТУГОСТ 166-89
	3.4. Підрізати торець 14, витримуючи розмір 20 _{-0,52}		Різець 2145-0563 ДСТУГОСТ 20874-75 Державка 191711088 ДСТУ 2-024-5539-81 Штангенциркуль ШЦ-III-250-0,1 ДСТУГОСТ 166-89
	3.5 Точити пов. 4 і 10 в розмір Ø415 _{-1,55} і R25		Різець 2101-0655 ДСТУГОСТ 20872-80 Різцетримач 191811004 ДСТУ ОСТ 2У16-1-78 Штангенциркуль ШЦ-III-300-0,1 ДСТУГОСТ 166-89
	3.6. Підрізати торець 15, витримуючи розмір 67 мм		Різець 2145-0563 ДСТУГОСТ 20874-75 Державка 191711088 ДСТУ 2-024-5539-81 Штангенциркуль ШЦ-III-250-0,1 ДСТУГОСТ 166-89

Продовження таблиці 3.4

1	2	3	4
	3.7. Точити пов. 8 в розмір Ø1380 ^{-1,25} , витримуючи розмір 5 мм	3-х кул. патрон	Різець 2101-0655 ДСТУГОСТ 20872-80 Різцетримач 191811004 ДСТУОСТ 2У16-1-78 Штангенциркуль ШЦ-III-300-0,1 ДСТУГОСТ 166-89
	3.8. Підрізати торець, витримуючи розмір 50 мм		Різець 2145-0563 ДСТУГОСТ 20874-75 Державка 191711088 ДСТУ 2-024-5539-81 Штангенциркуль ШЦ-III-250-0,1 ДСТУГОСТ 166-89
	3.9. Точити фаску 16 в розмір 4x45°		Різець 2101-0655 ДСТУГОСТ 20872-80 Різцетримач 191811004 ДСТУОСТ 2У16-1-78
	3.10. Точити пов. 9 в розмір Ø1660 мм		Різець 2101-0655 ДСТУГОСТ 20872-80 Різцетримач 191811004 ДСТУОСТ 2У16-1-78 Штангенциркуль ШЦ-III-300-0,1 ДСТУГОСТ 166-89
	3.11. Точити пов. 6 і 7 на глибину 6 мм		Різець 2101-0655 ДСТУГОСТ 20872-80 Різцетримач 191811004 ДСТУОСТ 2У16-1-78
	3.12. Розточити отвір 2, витримуючи розмір Ø322 ^{+1,4} на глибину 132 мм		Різець 2145-0563 ДСТУГОСТ 20874-75 Державка 191711088 ДСТУ 2-024-5539-81 Нутромір НИ 100 -160 - 1 ДСТУГОСТ 868-82 Штангенглибиномір ШГ-160-0,05 ДСТУГОСТ 162-90
	3.13. Розточити фаску 13 в розмір 3x45°		Різець 2145-0563 ДСТУ ГОСТ 20874-75 Державка 191711088 ДСТУ ТУ 2-024-5539-81
	3.14. Розточити начорно отвір 3, витримуючи Ø353 ^{+1,4} на глибину 82 мм		Різець 2145-0563 ДСТУГОСТ 20874-75 Державка 191711088 ДСТУТУ 2-024-5539-81 Штангенглибиномір ШГ-160-0,05 ДСТУГОСТ 162-90
	3.15. Розточити фаску 11 в розмір 3x45°		Різець 2145-0563 ДСТУГОСТ 20874-75 Державка 191711088 ДСТУТУ 2-024-5539-81
	3.16. Розточити начисто отвір 3, витримуючи Ø360 ^{+0,57} на глибину 70 мм		Різець 2145-0563 ДСТУГОСТ 20874-75 Калібр-пробка 8140-0217 Н7 ДСТУГОСТ 14824-69

Продовження таблиці 3.4

1	2	3	4
			Калібр-пробка 8140-0267 Н7 ДСТУГОСТ 14825-69
	3.17.Розточити фаску 12 під кутом 7°		Різець 2145-0563 ДСТУГОСТ 20874-75 Державка 191711088 ДСТУТУ 2-024-5539-81
	4. Установ Б	3-х кул. патрон	
	4.1. Переустановити, закріпити і зняти		
	4.2. Підрізати торець 21, витримуючи розмір 620 ^{-1,75}		Різець 2145-0563 ДСТУГОСТ 20874-75 Державка 191711088 ДСТУТУ 2-024-5539-81 Штангенциркуль ШЦ-III-250-0,1 ДСТУГОСТ 166-89
	4.3. Точити фаску 22 в розмір 4x45°		Різець 2101-0655 ДСТУГОСТ 20872-80 Різцетримач 191811004 ДСТУОСТ 2У16-1-78
	4.4. Підрізати торець 23, витримуючи розмір 165 ^{-1,75}		Різець 2145-0563 ДСТУГОСТ 20874-75 Державка 191711088 ДСТУТУ 2-024-5539-81 Штангенциркуль ШЦ-III-250-0,1 ДСТУГОСТ 166-89
	4.5. Точити фаску 24 в розмір 4x45		Різець 2101-0655 ДСТУГОСТ 20872-80 Різцетримач 191811004 ДСТУОСТ 2У16-1-78
	4.6. Розточити начорно отвір 25 в розмір Ø246 ^{+0,185}		Різець 2145-0563 ДСТУГОСТ 20874-75 Державка 191711088 ДСТУТУ 2-024-5539-81 Нутромір НИ 100 -160 - 1 ДСТУГОСТ 868-82 Штангенглибиномір ШГ-160-0,05 ДСТУГОСТ 162-90
	4.7. Розточити начисто отвір 25 в розмір Ø250 ^{+0,046} на глибину 500 мм		Різець 2145-0563 ДСТУГОСТ 20874-75 Державка 191711088 ДСТУТУ 2-024-5539-81 Калібр-пробка 8140-0217 Н7 ДСТУГОСТ 14824-69 Калібр-пробка 8140-0267 Н7 ДСТУГОСТ 14825-69

Продовження таблиці 3.4			
1	2	3	4
010	1. Багатоопераційна		
	2. ГВМ мод.2570ПМФ4М		
	3.1 Установити, закріпити і зняти деталь	Оправка	
	3.2 Центрувати 12 отворів 1, витримуючи Ø5мм на глибину 2 мм		Свердло 035-2317-0101 ДСТУОСТ 2И20-5-80 Патрон 191113050 ДСТУ ТУ 2-035-986-85
	3.3. Свердлити наскрізь 12 отворів 1, в розмір Ø26Н14		Свердло 035-2301-1089 ДСТУОСТ 2 И20-2-74; Втулка 191831072 ДСТУТУ 2-035-978-85
	3.4. Фрезерувати 12 пазів 1 в розмір 26 ^{+0,52}		Фреза 2223-1141 ДСТУОСТ2 И62-2-75; Втулка 191831072 ДСТУ 2-035-978-85
	3.5. Центрувати 8 отворів 4, витримуючи Ø5мм на глибину 2 мм		Свердло 035-2317-0101 ДСТУОСТ 2И20-5-80 Патрон 191113050 ДСТУТУ 2-035-986-85
	3.6. Свердлити 8 отворів 4, витримуючи Ø21 на глибину 30 мм		Свердло 035-2301-1065 ДСТУОСТ 2 И20-2-74; Втулка 191831072 ДСТУТУ 2-035-978-85
	Зенкувати 8 фасок 1,6×45° в 8 отв. 4		Зенківка 2353-0136 ДСТУГОСТ 14953-80 Патрон 191113050 ДСТУТУ 2-035-986-85
	3.7. Нарізати різьбу М24 в 8 отв. 4 на глибину 25 мм		Мітчик 035-2620-0592 ДСТУОСТ2 И52-1-74 Державка 191112051 ДСТУ 2-035-763-80 Патрон 191221030А ДСТУ 2-035-975-85 Пробка 8221-3068 7Н ДСТУГОСТ 17758-72
	3.8. Центрувати 32 отв., витримуючи Ø5мм на глибину 2 мм		Свердло 035-2317-0101 ДСТУОСТ 2И20-5-80 Патрон 191113050 ДСТУ 2-035-986-85
	3.9. Розсвердлити 32 наскрізних отв.8, витримуючи Ø20 на глибину 45 мм		Свердло 035-2301-1065 ДСТУОСТ 2 И20-1-74; Втулка 191831072 ДСТУ 2-035-978-85
	3.10. Розсвердлити 32 наскрізних отв.8, витримуючи Ø54 на глибину 45 мм.		Свердло 035-2301-0604 ДСТУОСТ 2 И20-1-74; Втулка 191831072 ДСТУ 2-035-978-85 Штангенциркуль ШЦ-I-150-0,05 ДСТУГОСТ 166-89

					КНУ.КМР. 131.25.1-17.03.ПТП	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

3.5.1 Розрахунок міжопераційних лінійних розмірів

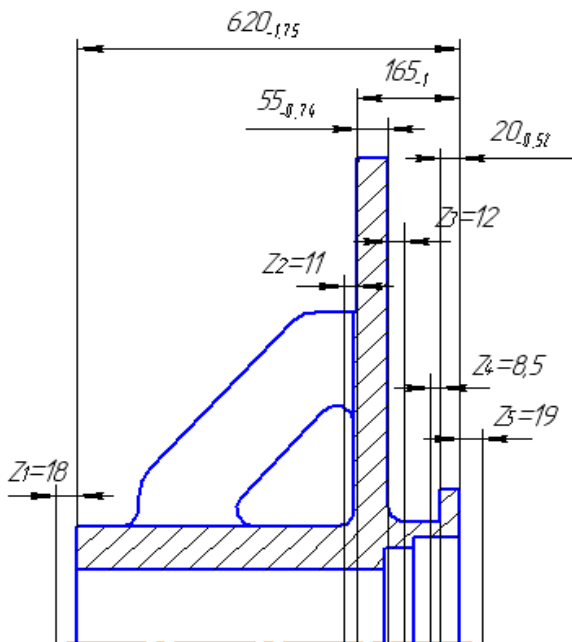
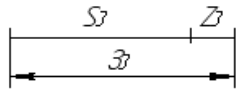
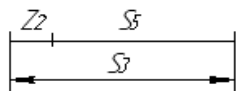
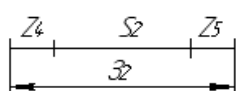
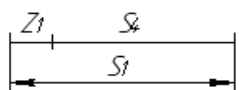
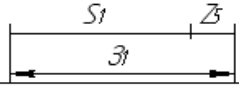
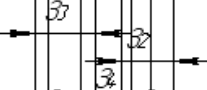
Розроблюємо послідовну обробку торців і зводимо її в таблицю 3.5.

Таблиця 3.5 – Послідовність обробки торцевих поверхонь

Позначення поверхні	Послідовність обробки поверхонь	Номинальний розмір	Шорсткість R_z	Точність ІТ	Допуск Т	Припуск t	Позначення припуску, Z_i
1	2	3	4	5	6	7	8
19	1.Заготовка	657	320	17	8,0	19	
	2. Підрізання чорнове	638	80	14	2,0	19	Z_5
16	1.Заготовка	28,5	320	17	2,1	8,5	
	2. Підрізання чорнове	20	80	14	0,52	8,5	Z_4
12	1.Заготовка	78	320	17	3,00	12	
	2. Підрізання чорнове	66	80	14	0,74	12	Z_3
1	1.Заготовка	638	320	17	2,0	18	
	2. Підрізання чорнове	620	80	14	1,75	18	Z_1
5	1.Заготовка	66	320	17	3,0	11	
	2. Підрізання чорнове	55	80	14	0,74	11	Z_2

Изм.			Таблиця 3.6- Розрахунок технологічних розмірних ланцюгів			
Лист						
№ док.						
Подпись						
Дата						
КНУ.КМР. 131.25.1-17.03.ПТТ						
Лист						

Таблиця 3.6 – Побудова розмірної схеми технологічного процесу обробки фланцю

		
010		  
005		 
0		
№ операції	Розмірна схема технологічного процесу	Схема розмірних ланцюгів

3.5.2 Вибір міжопераційних розмірів і припусків на обробку

На основі таблиці 3.6 і розрахунків, заповнюємо таблицю 3.7 для самих точних поверхонь .

Таблиця 3.7 – Міжопераційні розміри з допусками

№ пов., розмір	Найменування переходів	Шорсткість, R_z	Точність IT	Допуск T	Припуск t	Міжопера- ційний розмір з допуском
1	2	3	4	5	6	7
пов. 8, $\varnothing 1660f9$	1. Заготовка 2. Точіння чорнове	$R_z 500$ $R_z 80$	17 9	5 0,37	– 16	$\varnothing 1676 \pm 2,5$ $\varnothing 1660^{+0,12}_{-0,49}$
пов. 21, $\varnothing 360H12$	1. Заготовка 2. Точіння чорнове 3. Точіння напівчистове	$R_z 500$ $R_z 80$ $R_z 40$	17 14 12	8 1,4 0,57	17 10 7	$\varnothing 343 \pm 4$ $\varnothing 353^{+1,4}$ $\varnothing 360^{+0,57}$
пов. 2, $\varnothing 250H7$	1. Заготовка 2. Розточування чорнове 3. Розточування чистове	$R_z 500$ $R_z 40$ $R_a 2,5$	17 10 7	1,4 0,185 0,046	10 6 4	$\varnothing 240 \pm 0,7$ $\varnothing 246^{+0,185}$ $\varnothing 250^{+0,046}$

3.6 Розрахунок і вибір режимів різання, нормування технологічних операцій знаходяться в Додатку А

На інші операції і переходи, режими різання призначаємо табличним способом і вносимо до таблиці 3.8.

Таблиця 3.8 – Розробка технологічних операцій

№ операції	1. Назва операції 2. Верстат 3. Зміст переходів технологічної операції	Верстат- не пристосу- вання	Інструмент (ріжучий, допоміжний, вимірювальний)	Режими різання							Норми часу					
				D	l	t	S	V	n	i	T_o	T_v	T_{on}	$T_{отд}$ $T_{обс}$	$T_{шт}$	$T_{шт-к}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
005	1. Токарно-карусельна	3-х кул. патрон														
	2. Верстат мод. 1А516МФ3															
	3. Установ А															
	3.1. Встановити і закріпити заготовку															
	3.2. Підрізати торець 1, витримуючи розмір 638 ₂		Різець 2145-0563 ДСТУГОСТ 20874-75 Державка 191711088 ДСТУ 2-024-5539-81 Штангенциркуль ШЦ-III-250-0,1 ДСТУГОСТ 166-89	561	109	19	0,12	159	90	1	2,6					
	3.3. Точити пов. 5 в розмір Ø525 _{-1,75} , витримуючи розмір 28,5 мм		Різець 2101-0655 ДСТУГОСТ 20872-80 Різцетримач 191811004 ДСТУОСТ 2У16-1-78 Штангенциркуль ШЦ-III-300-0,1 ДСТУГОСТ 166-89	525	28,5	18	0,11	148	90	1	2,3	13,1	60,15	4,8	64,9	65,2
	3.4. Підрізати торець 14, витримуючи розмір 20 _{-0,52}		Різець 2145-0563 ДСТУГОСТ 20874-75 Державка 191711088 ДСТУ 2-024-5539-81 Штангенциркуль ШЦ-III-250-0,1 ДСТУГОСТ 166-89	525	37	8,5	0,11	148	90	1	2,1					

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	КНУ.КМР. 131.25.1-17.03.ПТП													Лист
Продовження таблиці 3.8																		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
	3.5 Точити пов. 4 і 10 в розмір Ø415 _{-1,55} і R25	3-х кул. патрон	Різець 2101-0655 ДСТУГОСТ 20872-80 Різцетримач 191811004 ДСТУОСТ 2У16-1-78 Штангенциркуль ШЦ-III-300-0,1 ДСТУГОСТ 166-89	415	82	18	0,12	117,3	90	1	1,87							
	3.6. Підрізати торець 15, витримуючи розмір 67 мм		Різець 2145-0563 ДСТУГОСТ 20874-75 Державка 191711088 ДСТУ 2-024-5539-81 Штангенциркуль ШЦ-III-250-0,1 ДСТУГОСТ 166-89	1380	482,5	12	0,18	136,5	31,5	1	4,2							
	3.7. Точити пов. 8 в розмір Ø1380 _{-1,25} , витримуючи розмір 5 мм		Різець 2101-0655 ДСТУГОСТ 20872-80 Різцетримач 191811004 ДСТУОСТ 2У16-1-78 Штангенциркуль ШЦ-III-300-0,1 ДСТУГОСТ 166-89	1380	5	5	0,17	136,5	31,5	1	3,7							
	3.8. Підрізати торець, витримуючи розмір 50 мм		Різець 2145-0563 ДСТУГОСТ 20874-75 Державка 191711088 ДСТУ 2-024-5539-81 Штангенциркуль ШЦ-III-250-0,1 ДСТУГОСТ 166-89	1660	140	5	0,18	164,2	31,5	1	5,68							

Изм.	
Лист	
№ докум.	
Подпись	
Дата	
КНУ.КМР. 131.25.1-17.03.ПТП	
	Лист

Продовження таблиці 3.8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	3.9. Точити фаску 16 в розмір 4x45°	3-х кул. патрон	Різець 2101-0655 ДСТУГОСТ 20872-80 Різцетримач 191811004 ДСТУОСТ 2У16-1-78	1660	4	4	0,23	164,2	31,5	1	0,08					
	3.10. Точити пов. 9 в розмір Ø1660 мм		Різець 2101-0655 ДСТУГОСТ 20872-80 Різцетримач 191811004 ДСТУОСТ 2У16-1-78 Штангенциркуль ШЦ-III-300-0,1 ДСТУГОСТ 166-89	1660	50	8	0,17	164,2	31,5	1	4,4					
	3.11. Точити пов. 6 і 7 на глибину 6 мм		Різець 2101-0655 ДСТУГОСТ 20872-80 Різцетримач 191811004 ДСТУОСТ 2У16-1-78	755: :581	6	6	0,19	74,7	31,5	1	2,8					
	3.12. Розточити отвір 2, витримуючи розмір Ø322 ^{+1,4} на глибину 132 мм		Різець 2145-0563 ДСТУГОСТ 20874-75 Державка 191711088 ДСТУ 2-024-5539-81 Нутромір НИ 100 - 160 - 1 ДСТУГОСТ 868-82 Штангенглубиномір ШГ-160-0,05 ДСТУГОСТ 162-90	322	132	15	0,27	90,9	90	1	1,44					
	3.13. Розточити фаску 13 в розмір 3x45°		Різець 2145-0563 ДСТУГОСТ 20874-75 Державка 191711088 ДСТУ 2-024-5539-81	322	3	3	0,29	90,9	90	1	0,07					

Изм.	
Лист	
№ док.м.	
Подпись	
Дата	
КНУ.КМР. 131.25.1-17.03.ПТП	
	Лист

Продовження таблиці 3.8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	4.3. Точити фаску 22 в розмір 4x45°	3-х кул. патрон	Різець 2101-0655 ДСТУГОСТ 20872-80 Різцетримач 191811004 ДСТУОСТ 2У16-1-78	400	4	4	0,13	113	90	1	0,09					
	4.4. Підрізати торець 23, витримуючи розмір 165-1,75		Різець 2145-0563 ДСТУГОСТ 20874-75 Державка 191711088 ДСТУ 2-024-5539-81 Штангенциркуль ШЦ-ІІІ-250-0,1 ДСТУГОСТ 166-89	1660	260	5	0,34	164,2	31,5	1	5,7					
	4.5. Точити фаску 24 в розмір 4x45		Різець 2101-0655 ДСТУГОСТ 20872-80 Різцетримач 191811004 ДСТУОСТ 2У16-1-78	1660	4	4	1,5	164,2	31,5	1	1,1					
	4.6. Розточити начорно отвір 25 в розмір Ø246 ^{+0,185}		Різець 2145-0563 ДСТУГОСТ 20874-75 Державка 191711088 ДСТУ 2-024-5539-81 Нутромір НИ 100-160-1 ДСТУГОСТ 868-82 Штангенглубиномір ШГ-160-0,05 ДСТУГОСТ 162-90	246	500	4	0,23	69,5	90	1	2,2					
	4.7. Розточити начисто отвір 25 в розмір Ø250 ^{+0,046} на глибину 500 мм		Різець 2145-0563 ДСТУГОСТ 20874-75 Державка 191711088 ДСТУ 2-024-5539-81 Калібр-пробка 8140-0217 Н7 ДСТУГОСТ 14824-69 Калібр-пробка 8140-0267 Н7 ДСТУГОСТ 14825-69	250	500	2	0,21	70,65	90	1	2,1					

Изм.			Продовження таблиці 3.8																
Лист			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
№ докум.			010	1. Багатоопераційна	Оправ- ка										4,54	23,61	1,88	25,5	26,8
Подпись			2. ГВМ мод. 2570ПМФ4М																
Дата			3.1 Установити, закріпити і зняти деталь																
КНУ.КМР. 131.25.1-17.03.ПТТ			3.2 Центрувати 12 отворів 1, витримуючи Ø5мм на глибину 2 мм	Свердло 035-2300-1024 ДСТУОСТ 2И20-1-74 Патрон 191113050 ДСТУ 2-035-986-85		5	2	2,5	0,15	19,7	1250	1	0,34						
			3.3. Свердлити наскрізь 12 отворів 1, в розмір Ø26Н14	Свердло 035-2301-1089 ДСТУОСТ 2 И20-2-74; Втулка 191831072 ДСТУ 2-035-978-85		26	20	13	0,7	65,3	800	1	1,82						
			3.4. Фрезерувати 12 пазів 1 в розмір 26 ^{+0,52}	Фреза 2223-1141 ДСТУОСТ2 И62-2-75; Втулка 191831072 ДСТУ 2-035-978-85		26	20	13	0,34	64,8	1250	1	2,15						
			3.5. Центрувати 8 отворів 4, витримуючи Ø5мм на глибину 2 мм	Свердло 035-2317-0101 ДСТУОСТ 2И20-5-80 Патрон 191113050 ДСТУ 2-035-986-85		5	2	2,5	0,15	19,7	1250	1	0,16						
			3.6. Свердлити 8 отворів 4, витримуючи Ø21 на глибину 30 мм	Свердло 035-2301-1065 ДСТУОСТ 2 И20-2-74; Втулка 191831072 ДСТУ 2-035-978-85		21	30	10,5	0,27	52,8	800	1	3,8						
			Зенкувати 8 фасок 1,6×45° в 8 отв. 4	Зенківка 2353-0136 ДСТУГОСТ 14953-80 Патрон 191113050 ДСТУ 2-035-986-85	13,7	1,6	1,6	0,3	53,8	1250	1	0,1							
Лист																			

Изм.	
Лист	
№ докум.	
Подпись	
Дата	
КНУ.КМР. 131.25.1-17.03.ІТТІ	
	Лист

Продовження таблиці 3.8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	3.7. Нарізати різьбу М24 в 8 отв. 4 на глибину 25 мм	Оправ-ка	Мітчик 035-2620-0592 ДСТУОСТ 2 И52-1-74 Державка 191112051 ДСТУ 2-035-763-80 Патрон 191221030А ДСТУ 2-035-975-85 Пробка 8221-3068 7Н ДСТУГОСТ 17758-72	24	25	1,5	1	15,1	200	1	0,82					
	3.8. Центрувати 32 отв., витримуючи Ø5мм на глибину 2 мм		Свердло 035-2317-0101 ДСТУОСТ 2И20-5-80 Патрон 191113050 ДСТУ 2-035-986-85	5	2	2,5	0,15	19,7	1250	1	0,84					
	3.9. Розсвердлити 32 скрізних отв.8, витримуючи Ø20 на глибину 45 мм		Свердло 035-2301-1065 ДСТУОСТ 2 И20-1-74; Втулка 191831072 ДСТУ 2-035-978-85	20	45	10	0,95	31,4	500	1	3,9					
	3.10. Розсвердлити 32 скрізних отв.8, витримуючи Ø54 на глибину 45 мм.		Свердло 035-2301-0604 ДСТУОСТ 2 И20-1-74; Втулка 191831072 ДСТУ 2-035-978-85 Штангенциркуль ШЦ-І-150-0,05 ДСТУГОСТ 166-89	54	45	27	1,14	84,8	500	1	4,6					

4 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВАРІАНТІВ МАРШРУТУ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

Вихідні дані для розрахунку економічного ефекту.

Базовий варіант: три радіально-свердлильні верстати моделі VR–8.

Новий варіант: гнучкий виробничий модуль свердлильно-фрезерно-розточний з ЧПК моделі 2570ПМФ4М.

Вихідні дані					
Дані	Базовий варіант				Новий варіант
	VR–8	VR–8	VR–8	4-ий верстат	2570ПМФ4М
<i>Деталі</i>					
Річний обсяг випуску деталей N, шт.	200				600
Кількість запусків партій деталей в рік, шт	12				12
Тривалість випуску деталей Z, років	3				3
Штучний час обробки деталі $t_{шт}$, хв.	72	72	72		35
Час наладки верстата, хв.	125	125	125		60,5
Розряд:					
контролера	5				5
верстатника	4	3	3		2
наладчика	3	3	3		5
наладчика інструменту					4
Кількість кадрів програми, шт.					600
Вартість заготовки $S_{заг}$, грн.	9450				9450
Вартість комплексу спец. пристосувань $K_{пр}$, грн					
Кількість кадрів програми, шт.					600
Вартість заготовки $S_{заг}$, грн.	9450				9450
Вартість комплексу спец. пристосувань $K_{пр}$, грн					
Оптова ціна на прокат одного УСП $\Pi_{усп}$, грн					120
Середній час налагодження за прибором одного інструменту поза верстатом, хв.					4
Середній період стійкості інструменту, хв.	45	45	45		90
Середня кількість граней пластинки, шт.	1	1	1		3
Коефіцієнт, що враховує питому вагу основного часу в штучному k_T	0,083	0,083	0,083	0	0,2
Вартість одного кадру ПК, грн.					8,9
Вартість розробки ПК $K_{пк}$, грн.					5340
Середньочасова зарплата робітника, грн:					
верстатника $H_{ст}$	33,6	33,6	33,6		30,1
наладчика $H_{нал}$	28,2	28,2	28,2		34,3

					КНУ.КМР. 131.25.1-17.04.ТЕО		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.	Хмельницький				ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВАРІАНТІВ МАРШРУТУ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ	Лит.	Лист
Провер.	Цивінда						47
Реценз.						Каф.ТМ гр.ПМ-24м	
Н. Контр.	Нечаєв						
Утверд.	Рязанцев						

наладчика Н _{нал}	28,2	28,2	28,2		34,3
наладчика інструмента Н _{ін}					31,1
контролера Н _к	29,8				29,8
Верстати					
Клас точності верстата	Н	Н	Н		А
Маса верстата, т	10,5	10,5	10,5		37
Габарити верстата (довжина x ширина), м.	3,5x1,63 3,5x1,63 3,5x1,63				12,11x9,35
Габарити пристрою ЧПК, м		1,2 x 1,2			0,5 x 0,5
Тип пристрою ЧПК					FANUC 0iMF
Строк служби верстата до капітального ремонту Т _{рп} , років	7	7	7		15
Встановлена потужність всіх електродвигунів головного руху, кВт	60	60	60		120
Категорія складності ремонту верстата ЕРС:					
механічної частини R _м	12	12	12		11
електротехнічної частини R _е	43	43	43		29,52

Кількість верстатів, що обслуговує один робочий d, шт	1	1	1		3
Оптова ціна верстата Ц, грн.	35000	35000	35000		250000
Коефіцієнт завантаження верстата п _з	0,75	0,75	0,75		0,95
Площа верстата за габаритами А, м. кв.	25,0	48,7	51,4		60,0
Площа пристрою ЧПК А _у , м. кв.		1,44			0,25
Витрати на одну одиницю ЕРС верстата, грн.					
механічної частини Н _м	401	329	401		272
електротехнічної частини Н _е	86	71	86		60
Норматив річних витрат на поточне обслуговування та ремонт ПЧПК Q, грн.					11950
Коеф., що враховує додаткову площу верстата, γ	4,5	4,5	4,5	0	4
Коеф., що враховує клас точності верстата, μ	1	1	1	0	1,8
Ефективний річний фонд часу роботи верстата Φ _{об} , год	4055	4055	4055	0	3935

Виробничі та інші площі					
Вартість 1 м. кв. площі механічної Цпл.зд., грн	500				500
Вартість 1 м. кв. площі, що займають службово-побутові приміщення Цсл. поб, грн	1000				1000
Площа службово-побутових приміщень, що приходяться на одного робочого Аб, м. кв.	7				7
Витрати на утримання та амортизаційні витрати на 1 м. кв. цеху Нпл, грн.	180	180	180	0	200

Розрахунок допоміжних показників					
Дані	Базовий варіант				Новий варіант
	VR-8	VR-8	VR-8	4-ий верстат	2570ПМФ4 М
Трудомісткість обробки Тшт, год	240	240	240	0	350
Час наладки верстата впродовж року Тн, год	25	25	25	0	12,1
Час наладки інструмента поза верстатом впродовж року Тн.ін, год	0	0,00	0	0	5,39
Час контролю деталей впродовж року Тк, год	19,92	19,92	19,92	0	19,92
Кількість верстатників Рст, чол. (розрах.)	0,13	0,13	0,13	0,00	0,06
(дійсна)	1	1	1	0	1
Кількість наладчиків верстатів Рн, чол. (розрахункова)	0,0134	0,0134	0,0134	0,0000	0,0065
(дійсна)	1	1	1	0	1
Кількість контролерів Рк, чол. (розрах.)	0,01	0,01	0,011	0,00	0,01
(дійсна)	1				1
Додаткова кількість робочих по обслуговуванню верстатів з ЧПК Рдод, чол (розрахункова)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05
(дійсна)	0	0	0	0	1
Загальна кількість працівників на річну програму випуску деталей, чол.	7				5
Частка завантаження верстата обробкою деталі в обсязі річного випуску β	0,09	0,09	0,0871	0,000	0,10

1. Зарплатня верстатника (основна та додаткова) I_1

$$I_1 = N_{\text{ст.зг}} \cdot T_{\text{шт}} / d$$

де $N_{\text{ст.зг}}$ – середньочасова заробітна платня верстатників зі усіма нарахуваннями, грн.;

$T_{\text{шт}}$ – час обробки деталей в обсязі їх річного випуску, год;

d – кількість верстатів, які обслуговує один робочий

$$N_{\text{ст.зг}} = N_{\text{ст}} + Z_d + C_{\text{вп}} + C_{\text{спр}}.$$

де $N_{\text{ст}}$ – тарифна ставка верстатника, грн;

Z_d – додаткова заробітна платня, 8%

$C_{\text{вп}}$ – відрахування на соціальне

страхування, 12%

$C_{\text{спр}}$ – преміальні доплати, 35%

$$T_{\text{шт}} = t_{\text{шт}} \cdot N / 60$$

Базовий варіант					Новий варіант					
a	VR-8	$I_3 =$	$N_{\text{ст.зг}}$	$T_{\text{шт}}$	d	2570ПМ Ф4М	$I_3 =$	$N_{\text{ст.зг}}$	$T_{\text{шт}}$	d
		13403	55,85	240	1		5837	50,03	350	3
	VR-8	$I_3 =$	$N_{\text{ст.зг}}$	$T_{\text{шт}}$	d	Всього I_{12}	5837			
		13168	54,87	240	1					
	VR-8	$I_3 =$	$N_{\text{ст.зг}}$	$T_{\text{шт}}$	d					
		13403	55,85	240	1					
	4-ий верстат	$I_3 =$	$N_{\text{ст.зг}}$	$T_{\text{шт}}$	d					
		0	0	0	0					
Всього I_{11}		39975								

2. Зарплатня за наладку верстата I_2

$$I_2 = N_{\text{нал.зг}} \cdot T_n$$

де $N_{\text{нал.зг}}$ – середньочасова зарплатня наладчиків з усіма нарахуваннями, грн;

T_n – час наладки верстата впродовж року, год

$$N_{\text{нал.зг}} = N_{\text{нал}} + Z_d + C_{\text{вп}} + C_{\text{спр}}$$

де $N_{\text{нал}}$ – тарифна ставка наладчика, грн;

Z_d – додаткова заробітна платня, 8%

$C_{\text{вп}}$ – відрахування на соціальне страхування, 12%

$C_{\text{спр}}$ – преміальні доплати, 30%

$$T_n = t_n \cdot j_p / 60$$

де t_n – час наладки верстата для обробки партії деталей, хв;

j_p – кількість запусків партій деталей за рік

Базовий варіант				Новий варіант			
VR-8	$I_{\text{н}} =$ 1108,60	$N_{\text{нал}}$ 44,34	$T_{\text{н}}$ 25	2570ПМФ4М	$I_{\text{н}} =$ 652,63	$N_{\text{нал}}$ 53,94	$T_{\text{н}}$ 12,1
VR-8	$I_{\text{н}} =$ 1108,60	$N_{\text{нал}}$ 44,34	$T_{\text{н}}$ 25	Всього $I_{\text{н}2}$	652,63		
VR-8	$I_{\text{н}} =$ 1108,60	$N_{\text{нал}}$ 44,34	$T_{\text{н}}$ 25				
4-ий верстат	$I_{\text{н}} =$ 0,00	$N_{\text{нал}}$ 0,00	$T_{\text{н}}$ 0				
Всього $I_{\text{н}1}$	3325,80						

3. Зарплатня налагоджувальника інструмента поза верстатом, I_{11}

$$I_{11} = N_{11} \cdot T_{11}$$

де N_{11} – середньочасова зарплатня наладчика, грн;

T_{11} – час, який затрачується на налагодження інструмента поза верстатом, хв

$$T_{11} = 1,3 \cdot t_{11} \cdot T_{\text{шт}} \cdot k_T / (T \cdot n_T)$$

де 1,3 – коеф., що враховує випадкову втрату інструменту та його вихід з ладу;

t_{11} – середній час налагодження за прибором одного інструмента, хв.;

$T_{\text{шт}}$ – час обробки деталей в обсязі їх річного випуску поза верстатом з ЧПК, год;

k_T – коеф., який враховує питому вагу основного часу в штучному і дорівнює 0,7...0,85;

T – середній період стійкості інструменту, хв.;

n_T – кількість граней пластинки, що не

Базовий варіант				Новий варіант			
VR-8	$I_{111} =$ 0	N_{111} 0	T_{111} 0	2570ПМФ4М	$I_{111} =$ 167,71	N_{111} 31,1	T_{111} 5,39
VR-8	$I_{111} =$ 0,00	N_{111} 0	T_{111} 0,00	Всього I_{112}	167,71		
VR-8	$I_{111} =$ 0,00	N_{111} 0	T_{111} 0				
4-ий верстат	$I_{111} =$ 0,00	N_{111} 0	T_{111} 0				
Всього I_{111}	0,00						

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

КНУ.КМР. 131.25.1-17.04.ТЕО

Лист

4. Витрати на підготовку та поновлення керуючої програми $I_{пк}$				Базовий варіант			Новий варіант		
$I_{пк} = K_{пк} / Z$				VR-8	$I_{пк} = K_{пк} / Z$		2570ПМФ4М	$I_{пк} = K_{пк} / Z$	
					0	0		1780	5340
									3
	4-ий верстат	$I_{пк} = K_{пк} / Z$		VR-8	$I_{пк} = K_{пк} / Z$		Всього $I_{пк2}$	1780	
					0,00	0			
				Всього $I_{пк1}$	0,00				

5. Витрати на ремонт та утримання спеціальних пристосувань $I_{пр}$				Базовий варіант			Новий варіант		
$I_{пр} = K_{пр} (1/Z + 0,04)$ де 0,04 – коеф., що враховує витрати на ремонт спеціальних пристосувань				VR-8	$I_{пр} = K_{пр} \cdot (1/Z + 0,04)$		2570ПМФ4М	$I_{пр} = K_{пр} \cdot (1/Z + 0,04)$	
					0	0		0	0,33
				VR-8	$I_{пр} = K_{пр} \cdot (1/Z + 0,04)$		Всього $I_{пр2}$	0	
					0	0			
				VR-8	$I_{пр} = K_{пр} \cdot (1/Z + 0,04)$				
					0	0			
	4-ий верстат	$I_{пр} = K_{пр} \cdot (1/Z + 0,04)$			0	0			
				Всього $I_{пр1}$	0				

6. Витрати на прокат універсально-збірних пристосувань при їх використанні $I_{усп}$				Базовий варіант			Новий варіант		
$I_{усп} = C_{усп} \cdot j_p$ де $C_{усп}$ – оптова ціна за прокат одного пристосування, грн				VR-8	$I_{усп} = C_{усп} \cdot j_p$		2570ПМФ4М	$I_{усп} = C_{усп} \cdot j_p$	
					0	0		1440	120
									12
				VR-8	$I_{усп} = C_{усп} \cdot j_p$		Всього $I_{усп2}$	1440	
					0	0			
				VR-8	$I_{усп} = C_{усп} \cdot j_p$				
					0	0			
	4-ий верстат	$I_{усп} = C_{усп} \cdot j_p$			0	0			
				Всього $I_{усп1}$	0				

7. Амортизаційні відрахування на повне відновлення обладнання I_a				Базовий варіант			Новий варіант		
$I_a = K_5 \cdot A$ де A – норма амортизаційних відрахувань на повне відновлення верстата, що приймається: • для верстатів масою до 10 т, які оброблюють деталі металевими та абразивними інструментами, відповідно – 0,053 та 0,056; • для верстатів масою вище 10 т – 0,04 та 0,042 відповідно				VR-8	$I_a = K_5 \cdot A$		2570ПМФ4М	$I_a = K_5 \cdot A$	
					134,19	3355		1065,50	26637
						0,04			0,04
				VR-8	$I_a = K_5 \cdot A$		Всього I_{a2}	1065,50	
					134,19	3355			
						0,04			
				VR-8	$I_a = K_5 \cdot A$				
					134,19	3355			
						0,04			
	4-ий верстат	$I_a = K_5 \cdot A$			0,00	0			
				Всього I_{a1}	402,56				

					КНУ.КМР. 131.25.1-17.04.ТЕО				Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

8. Витрати на утримання приміщення, яке займає верстат Ил

$$И_{л1} = И_{л1} \cdot (A + A_{\gamma}) \cdot \gamma \cdot \beta$$

де $И_{л1}$ – вартість амортизації та утримання 1 м. кв. площі механічного цеху

- для верстатів класів точності Н та П – 180 грн
- для верстатів класів точності В та ОБ – 200 грн

Базовий варіант							Новий варіант						
VR-8	$I_{лп} =$ 1764,65	$I_{лп}$ 180	$(A + A_{\gamma})$ 25,00225	γ 0	β 4,5	β 0,09	2570ПМФ4М	$I_{лп} =$ 4669	$I_{лп}$ 200	$(A + A_{\gamma})$ 60	γ 0,25	β 4	β 0,10
VR-8	$I_{лп} =$ 3540,27	$I_{лп}$ 180	$(A + A_{\gamma})$ 48,72	γ 1,44	β 4,5	β 0,09		Всього Илп2	4668,82				
6610	$I_{лп} =$ 3624,99	$I_{лп}$ 180	$(A + A_{\gamma})$ 51,3604	γ 0	β 4,5	β 0,09							
4-ий верстат	$I_{лп} =$ 0,00	$I_{лп}$ 0	$(A + A_{\gamma})$ 0	γ 0	β 0	β 0,00							
Всього Илп1	8929,91												

9. Витрати на амортизацію і утримання службово-побутових приміщень Ил

$$И_{сл} = И_{сл} \cdot A_{\delta} \cdot (P_{ст} + P_{н} + P_{под} + P_{к})$$

Базовий варіант						
К _{сл} =	Ц _{пл.б}	A _δ	(P _{ст} + P _н + P _{под} + P _к)			
49000	1000	7	3	3	0	1
Всього К _{сл1}	49000					

Новий варіант						
К _{сл} =	Ц _{пл.б}	A _δ	(P _{ст} + P _н + P _{под} + P _к)			
35000	1000	7	1	2	1	1
Всього К _{сл2}	35000					

10. Витрати на ремонт та технічне обслуговування обладнання И_р

$$И_{р} = (И_{р} \cdot R_{м} + И_{р} \cdot R_{э}) \cdot \mu \cdot \beta$$

де $И_{р}$, $И_{э}$ – витрати на оцінювання ремонтної складності відповідного механічної та електротехнічної частин, грн.;
 $R_{м}$, $R_{э}$ – ремонтна складність відповідно механічної та електротехнічної часток, що приймається за паспортом верстата, а для левих верстатів ЧПК;
 μ – коефіцієнт, який враховує клас точності верстата, що приймається для класів точності Н, П, В, А, С – відповідно 1; 1,2; 1,5; 1,8; 2,2

Базовий варіант							Новий варіант							
VR-8	$I_p =$	$(H_m \cdot R_m + H_e \cdot R_e)$	μ	β			2570ПМФ4М	$I_p =$	$(H_m \cdot R_m + H_e \cdot R_e)$	μ	β			
	741,5	401	12	86	43	1		830,5	272	11	60	29,52	1,8	0,10
VR-8	$I_p =$	$(H_m \cdot R_m + H_e \cdot R_e)$	μ	β			Всього И _{р1}	830,5						
	610,0	329	12	71	43	1								
6610	$I_p =$	$(H_m \cdot R_m + H_e \cdot R_e)$	μ	β										
	741,5	401	12	86	43	1								
4-ий верстат	$I_p =$	$(H_m \cdot R_m + H_e \cdot R_e)$	μ	β										
	0,0	0	0	0	0	0								
Всього И _{р1}	2093,1													

11. Витрати на технічне обслуговування і ремонт ЧПК И_у

$$И_{у} = Q \cdot \beta$$

де Q – річні витрати при експлуатаванні у дві зміни і повний загрузці верста з ЧПК, грн

Базовий варіант				Новий варіант			
VR-8	$I_y =$	Q	β	FOUR-STAR FD	$I_y =$	Q	β
	0	0	0,09		1157,5	11950	0,10
VR-8	$I_y =$	Q	β	Всього I_{y2}	1157,5		
	0	0	0,09				
6610	$I_y =$	Q	β				
	0	0	0,09				
4-ий верстат	$I_y =$	Q	β				
	0	0	0,00				
Всього I_{y1}	0,0						

12. Зарплатня контролера И_к

$$И_{к} = Н_{к} \cdot Т_{к}$$

де $Н_{к}$ – середньочасова заробітна платня контролера 5-го розряду, грн.;

$Т_{к}$ – час контролю деталей впродовж року, год.

Для базових верстатів:

$$Т_{к1} = 0,083 \cdot Т_{шт}$$

де 0,083 – середньостатистична частка трудомісткості контрольних операцій

Для обробки на верстатах з ЧПК

$$Т_{к1} = 0,2 \cdot Т_{шт}$$

Базовий варіант				Новий варіант			
VR-8	И _к = 593,62	Н _к = 29,8	Т _к = 19,92	2570ПМФ4 М	И _к = 593,616	Н _к = 29,8	Т _к = 19,92
VR-8	И _к = 593,62	Н _к = 29,8	Т _к = 19,92	Всього И _{к2}	593,616		
6610	И _к = 593,62	Н _к = 29,8	Т _к = 19,92				
4-ий верстат	И _к = 0,00	Н _к = 29,8	Т _к = 0,00				
Всього И _{к1}	1780,85						

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

КНУ.КМР. 131.25.1-17.04.ТЕО

Лист

Собівартість механічної обробки річного випуску деталей

$$C = I_3 + I_4 + I_{ин} + I_{лк} + I_{пр} + I_{усп} + I_а + I_{пл} + I_{сл} + I_r + I_y + I_k,$$

де I_3 – зарплатня верстатника;

I_4 – зарплатня за наладку верстата;

$I_{ин}$ – зарплатня налагоджувальника інструмента поза верстатом I_r – витрати на ремонт та технічне обслуговування обладнання;

$I_{лк}$ – витрати на підготовку та поновлення керуючої програми I_y – витрати на технічне обслуговування і ремонт ЧПК;

$I_{пр}$ – витрати на ремонт та утримання спеціальних пристосувань; I_k – зарплатня контролера

$I_{усп}$ – витрати на прокат універсально-зорних пристосувань при їх використанні;

$I_а$ – 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;

C_1 на деталь = 527,54

C_2 на деталь = 88,66

$C_1 =$	39975	+	3325,80	+	0,00	+	0,00	+	0	+	0	+	402,56	+	8929,91	+	49000	+	2093,1	+	0,0	+	1780,85	=	105507,05
$C_2 =$	5837	+	652,63	+	167,71	+	1780	+	0	+	1440	+	1065,50	+	4668,82	+	35000	+	830,5	+	1157,5	+	593,616	=	53193,09

1. Балансова вартість верстата K_6

$$K_6 = C \cdot \alpha \cdot \beta$$

де C – оптова ціна верстата, грн

α – коеф., що враховує витрати на доставку та встановлення верстата та приймається рівним 1,1;

β – частка завантаження верстата

$$\beta = T_{шт} + T_n / (\Phi_{об} \cdot \eta_r)$$

Базовий варіант					Новий варіант				
VR-8	$K_6 =$	C	α	β	2570ПМФ4М	$K_6 =$	C	α	β
	3355	35000,00	1,1	0,09		26637	250000,00	1,1	0,10
VR-8	$K_6 =$	C	α	β	Всього K_6	26637			
	3355	35000,00	1,1	0,09					
VR-8	$K_6 =$	C	α	β					
	3355	35000	1,1	0,09					
4-ий верстат	$K_6 =$	C	α	β					
	0	0	1,1	0,00					
Всього K_6	10064								

2. Вартість приміщень, які займає верстат $K_{пл}$

$$K_{пл} = C_{пл.пл} (A + A_y) \cdot \gamma \cdot \beta$$

де $C_{пл.пл}$ – вартість 1 м. кв. площі механічного цеху;

A – площа, яку займає верстат по габаритах, м. кв.;

A_y – площа, яку займають вносині, допоміжні пристрої, м. кв.;

γ – коефіцієнт, який враховує додаткову площу

Базовий варіант							Новий варіант						
VR-8	$K_6 =$	$C_{пл.пл}$	$(A + A_y)$	γ	β		2570ПМФ4М	$K_6 =$	$C_{пл.пл}$	$(A + A_y)$	γ	β	
	4902	500	25,002	0	4,5	0,09		11672,052	500	60	0,25	4	0,10
VR-8	$K_6 =$	$C_{пл.пл}$	$(A + A_y)$	γ	β		Всього $K_{пл2}$	11672,05					
	9834	500	48,72	1,44	4,5	0,09							
VR-8	$K_6 =$	$C_{пл.пл}$	$(A + A_y)$	γ	β								
	10069	500	51,36	0	4,5	0,09							
4-ий верстат	$K_6 =$	$C_{пл.пл}$	$(A + A_y)$	γ	β								
	0	500	0	0	0	0,00							
Всього $K_{пл1}$	24805												

3. Вартість службово-побутових приміщень $K_{сл}$

$$K_{сл} = C_{пл.б} \cdot A_б \cdot (P_{ст} + P_n + P_{дод} + P_k)$$

де $C_{пл.б}$ – вартість 1 м. кв. службово-побутових приміщень, грн;

$A_б$ – площа службово-побутових приміщень, яка приходить на одного робочого;

$P_{ст}$, P_n , $P_{дод}$ – кількість відповідно верстатників, наладчиків та додаткових робочих по обслуговуванню верстатів з ЧПК;

P_k – кількість контролерів

Базовий варіант						
$K_{сл} =$	$C_{пл.б}$	$\cdot A_б$	$\cdot (P_{ст} +$	P_n	$+ P_{дод} + P_k)$	
49000	1000	7	3	3	0	1
Всього $K_{сл1}$	49000					
Новий варіант						
$K_{сл} =$	$C_{пл.б}$	$\cdot A_б$	$\cdot (P_{ст} +$	P_n	$+ P_{дод} + P_k)$	
35000	1000	7	1	2	1	1
Всього $K_{сл2}$	35000					

4. Обігові кошти в незакінченому виробництві $K_{вез}$

$$K_{вез} = 3 \cdot n'' \cdot (S_{заг} + C / N_{річн} \cdot 0,5) \cdot \beta$$

де 3 – число партій деталей, які приходяться всередньому на одне робоче місце;

n'' – розмір налагодочної партії деталей (партії запуску), шт:

$$n'' = N_{річ} / j_p$$

$S_{заг}$ – вартість заготовки, грн;

C – собівартість механічної обробки річного випуску деталей, грн;

0,5 – коеф. наростання витрат

Базовий варіант

$$K_{вез} = 3 \cdot n'' \cdot (S_{заг} + C / N_{річн} \cdot 0,5) \cdot \beta$$

126961,70	16,667	9450	105507,05	200	0,26
-----------	--------	------	-----------	-----	------

Всього $K_{сл1}$	126962
------------------	--------

Новий варіант

$$K_{вез} = 3 \cdot n'' \cdot (S_{заг} + C / N_{річн} \cdot 0,5) \cdot \beta$$

137948,08	50	9450	53193,09	600	0,10
-----------	----	------	----------	-----	------

Всього $K_{сл1}$	137948
------------------	--------

Капітальні вкладення споживача

$$K = K_б + K_{зд} + K_{сл} + K_{вез} + K_{пр} + K_{п.у.}$$

де $K_б$ – балансова вартість верстата, грн;

$K_{зд}$ – вартість приміщення, яке займає верстат, грн.;

$K_{сл}$ – вартість службово-побутових приміщень, грн.;

$K_{вез}$ – 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.

	$K_б$	$K_{зд}$	$K_{сл}$	$K_{вез}$	$K_{пр}$	$K_{п.у.}$	
$K_1 =$	10064	+	24805	+	49000	+	126962
					0	+	0
							= 210831
$K_2 =$	26637	+	11672,05	+	35000	+	137948
					0	+	5340
							= 216597,59

Приведені витрати

$$Z_1 = C_1 + E_n \cdot K_1$$

137132	105507	0,15	210831
--------	--------	------	--------

$$Z_2 = C_2 + E_n \cdot K_2$$

85683	53193	0,15	216598
-------	-------	------	--------

Строк окупності

$$T_{ок} = (K_2 - K_1) / (C_1 - C_2)$$

0,11	216597,59	210831	105507,05	53193,09
------	-----------	--------	-----------	----------

Річний економічний ефект

$$E = Z_1 - Z_2$$

51449	137131,7	85683
-------	----------	-------

Як видно з автоматичного розрахунку, заміна 3 універсальних верстатів на багатоцільовий оброблювальний центр дає економічний ефект 51449 грн. Вкладення окупляться менш ніж за рік.

5 ПРОГРАМУВАННЯ ТА МОДЕЛЮВАННЯ ОПЕРАЦІЙ CAM СИСТЕМИ Delcam PowerMILL

Розробка верстатно-інструментального налагодження та розрахунково-технологічної карти виконується для обробки 8 отворів М24–7Н на гнучкому виробничому модулі свердлильно-фрезерно-розточному з ЧПК моделі 2570ПМФ4М зі змішаною системою ЧПК.

Обробка складається з наступних переходів:

перший перехід – центрування 8 отворів діаметром 5 мм на глибину 2,5 мм, свердло 035-2317-0101 ОСТ 2И20-5-80;

другий перехід – свердлення 8 отворів діаметром 21 мм на глибину 30 мм, свердло 035-2301-1065 ОСТ 2И20-2-74;

третій перехід – зенкування 8 фасок 1х45°, зенківка 2353 – 0136 ГОСТ 14953–80;

четвертий перехід – нарізання різьби М24–7Н в 8 отворах на глибину 25 мм, мітчик 035-2620-0592 ОСТ 2И52-1-74.

На рисунках 5.1 і 5.2 зображені розрахунково-технологічна карта і схема обробки отворів.

					КНУ.КМР. 131.25.1-17.05.ПМО							
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ПРОГРАМУВАННЯ ТА МОДЕЛЮВАННЯ ОПЕРАЦІЙ			Лит.	Лист	Листов		
Разраб.		Хмельницький								55		
Провер.		Цивінда						Каф.ТМ гр.ПМ-24м				
Реценз.												
Н. Контр.		Нечаєв										
Утверд.		Рязанцев										

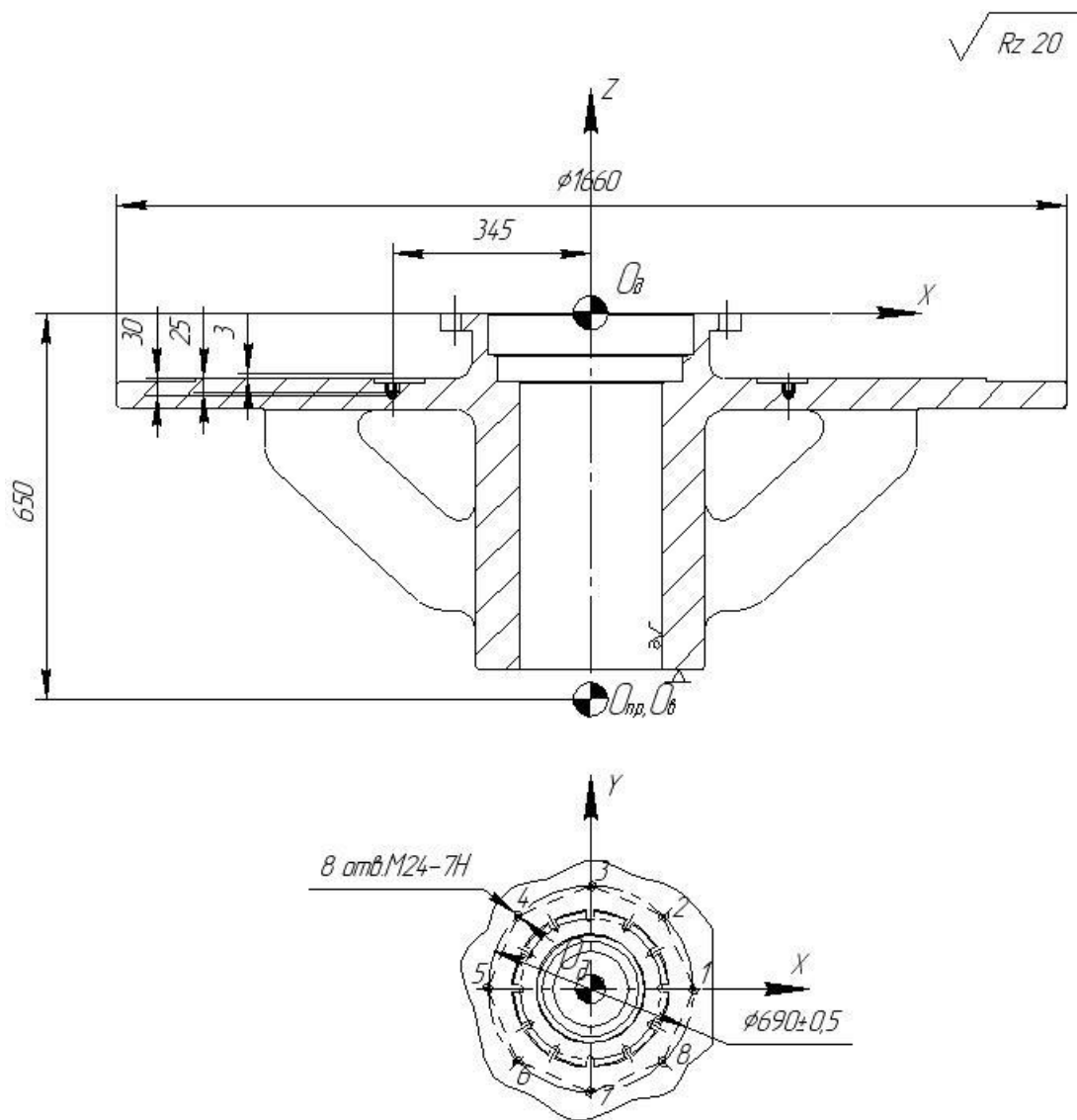
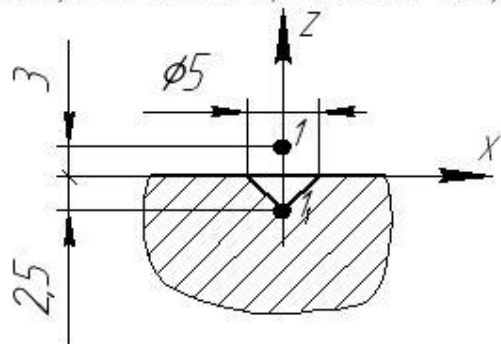


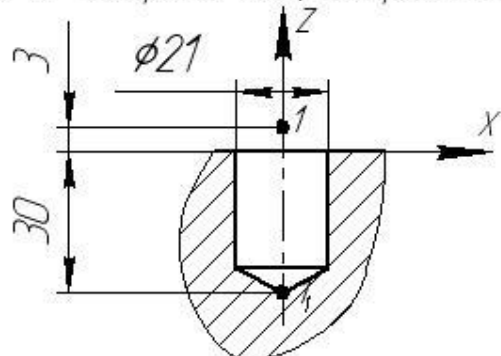
Рисунок 5.1 – Розрахунково-технологічна карта

					КНУ.КМР. 131.25.1-17.05.ПМО	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

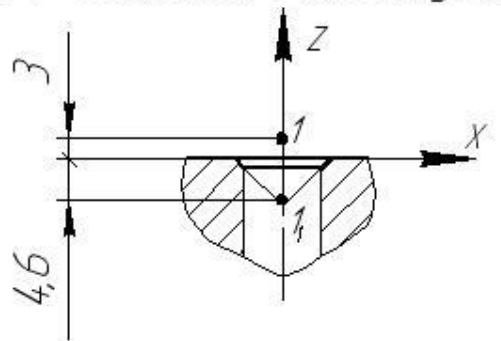
Позиція 1 – центровочне свердло $\phi 5$, свердлення отворів 1-8



Позиція 2 – свердло $\phi 21$, свердлення отворів 1-8



Позиція 3 – зенківка $\phi 31,5$, зенкування отворів 1-8



Позиція 4 – мітчик M24, нарізання різьби в отворах 1-8

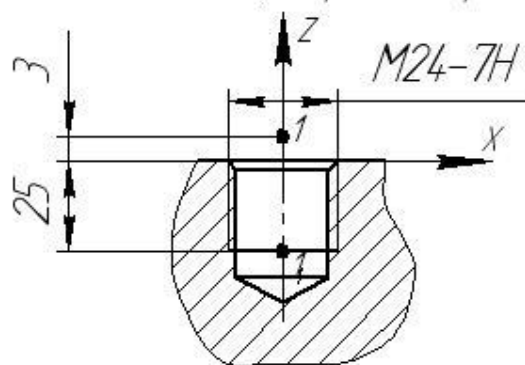


Рисунок 5.2 – Схема обробки отворів

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Розробку керуючої програми та візуалізацію здійснюємо в САМ системі Delcam PowerMILL.

Послідовність розробки керуючої програми представлена на рисунках 5.3-5.6

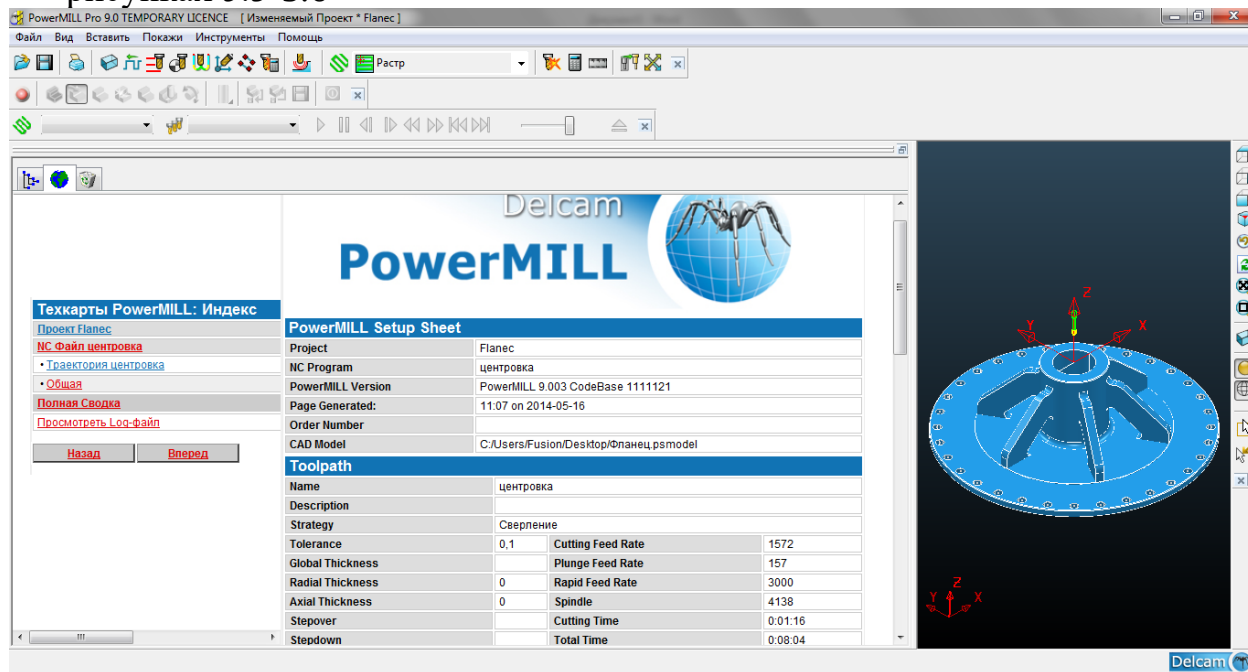


Рисунок 5.3-Вибір координат

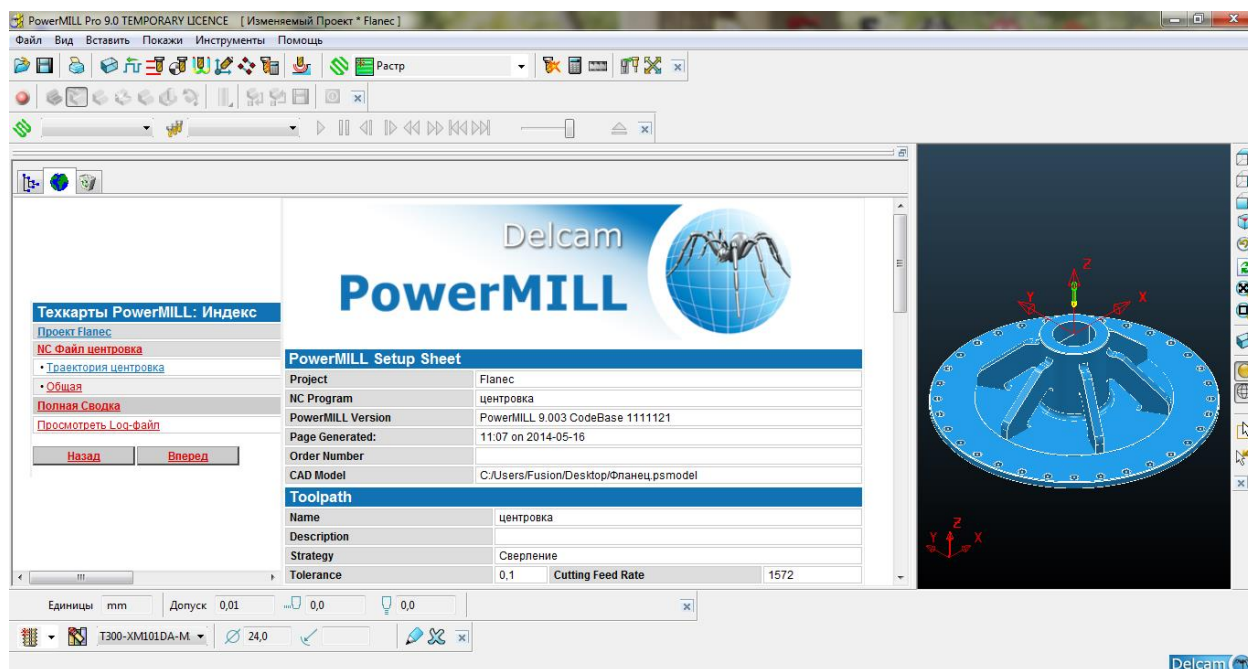


Рисунок 5.4- Центрування отворів


```

--^IN;
!MC1;
V15.0;
^PR;Z0,0,1626;
^PA;
Z0,0,8000.;
Z0,0,2000.;
Z-12016.24,29009.8,2000.;
G81V26.2
Z-17444.92,26108.16
Z-22203.16,22203.16
Z-26108.16,17444.92
Z-29009.8,12016.24
Z-30796.64,6125.84
Z-31400.,0
Z-30796.64,-6125.84
Z-29009.8,-12016.24
Z-26108.16,-17444.92
Z-22203.16,-22203.16
Z-17444.92,-26108.16
Z-12016.24,-29009.8

```

```

Z-6125.84,-30796.64
Z0,-31400.
Z6125.84,-30796.64
Z12016.24,-29009.8
Z17444.92,-26108.16
Z22203.16,-22203.16
Z26108.16,-17444.92
Z29009.8,-12016.24
Z30796.64,-6125.84
Z31400.,0
Z30796.64,6125.84
Z29009.8,12016.24
Z26108.16,17444.92
Z22203.16,22203.16
Z17444.92,26108.16
Z12016.24,29009.8
Z6125.84,30796.64
Z0,31400.
Z-6125.84,30796.64
G80
Z0,0,2000.;
Z0,0,400.;
!MC0;

```

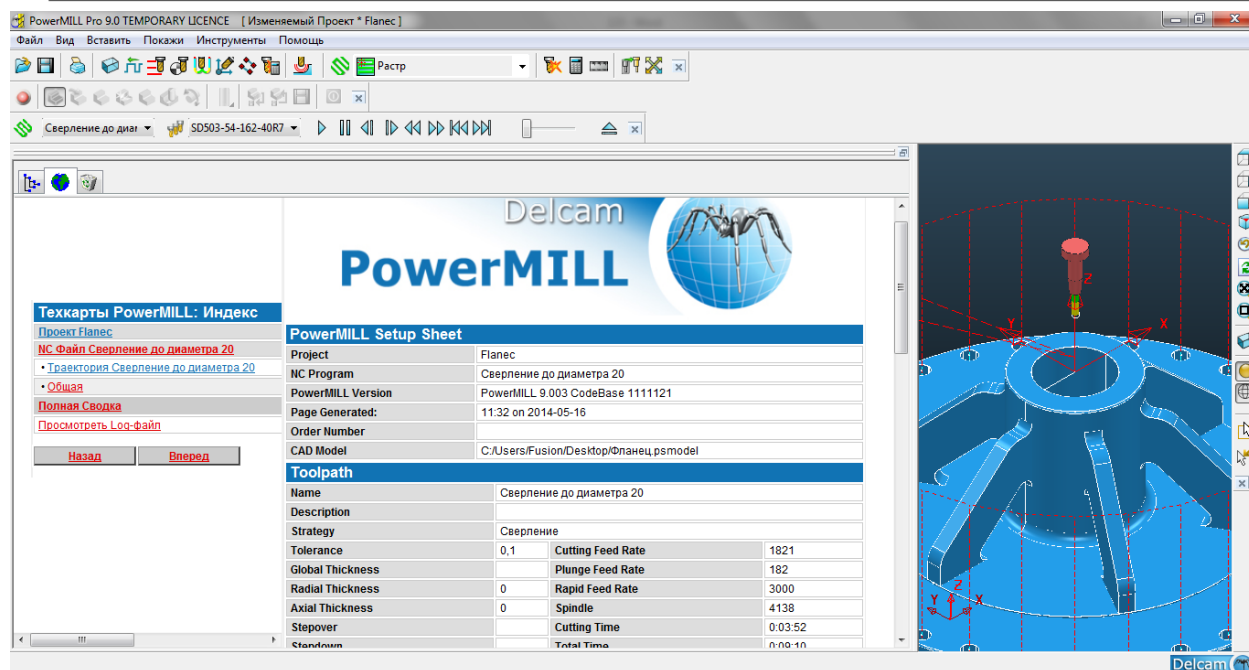


Рисунок 5.7- Свердления до диаметру 20

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

КНУ.КМР. 131.25.1-17.05.ПМО

Лист

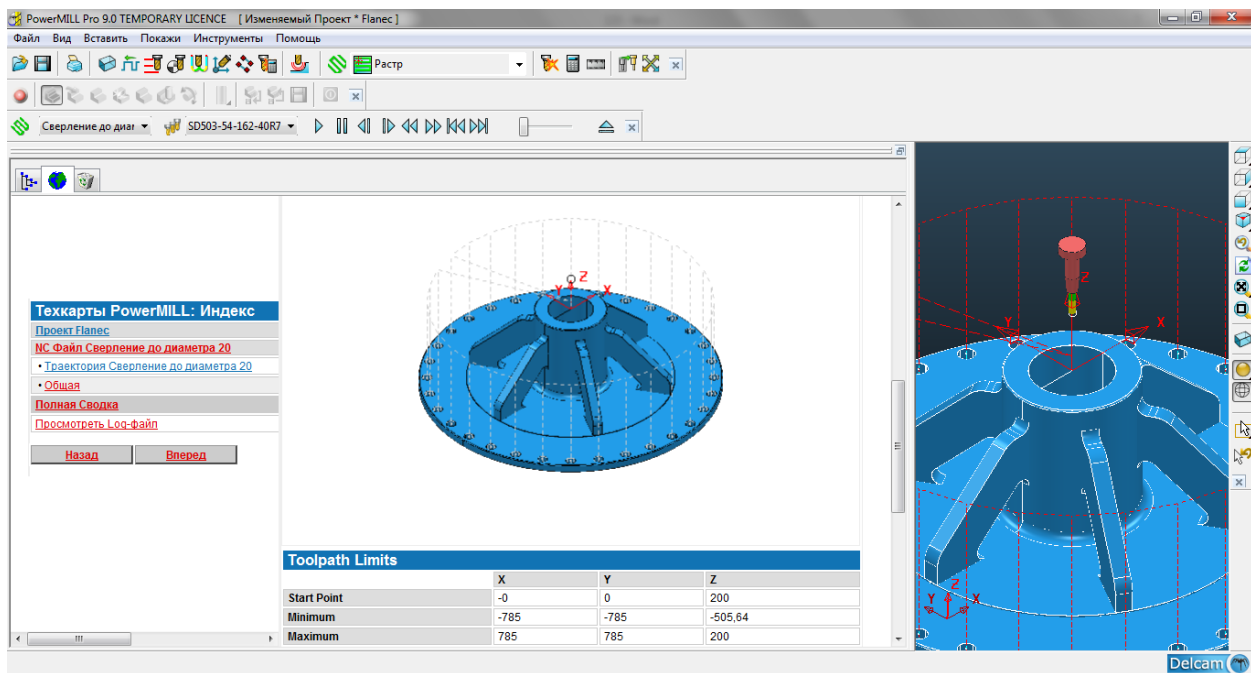


Рисунок 5.8- Вибір координат свердлення

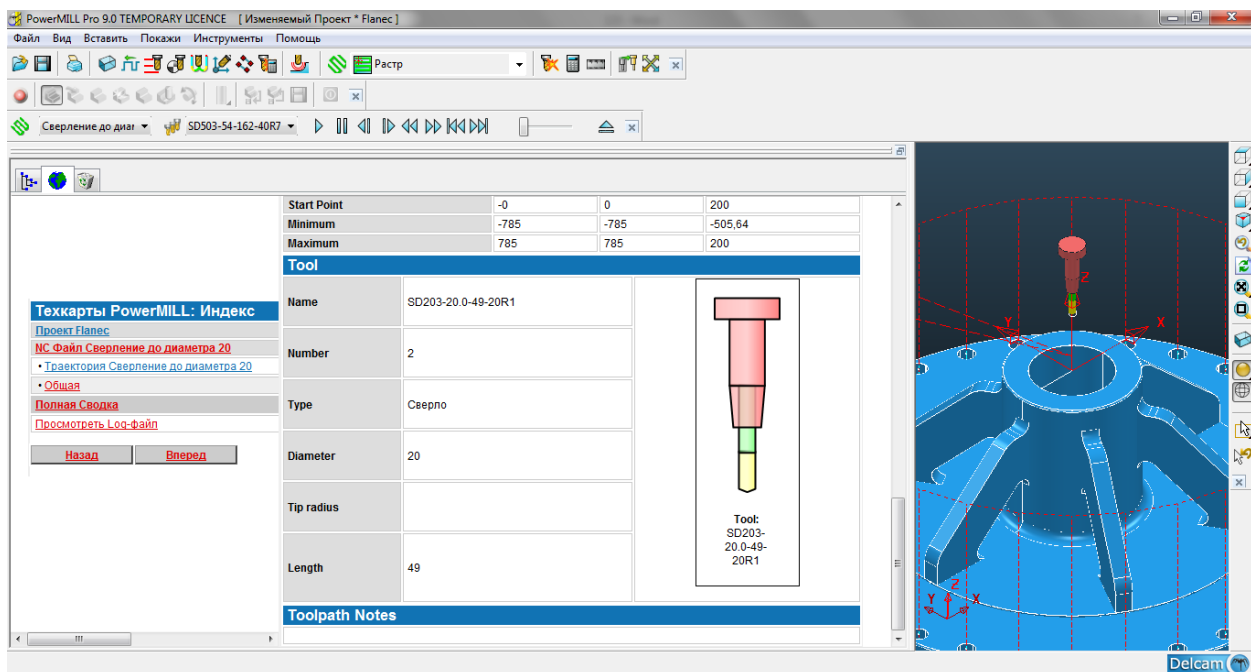


Рисунок 5.9- Вибір інструменту

Керуюча програма

<pre> ::^IN; !MC1; V15.0; ^PR;Z0,0,1626; ^PA; Z0,0,8000.; Z0,0,2000.; Z-12016.24,29009.8,2000.; G81V30.3 Z-17444.92,26108.16 Z-22203.16,22203.16 Z-26108.16,17444.92 Z-29009.8,12016.24 Z-30796.64,6125.84 Z-31400.,0 Z-30796.64,-6125.84 Z-29009.8,-12016.24 Z-26108.16,-17444.92 Z-22203.16,-22203.16 Z-17444.92,-26108.16 Z-12016.24,-29009.8 </pre>	<pre> Z-6125.84,-30796.64 Z0,-31400. Z6125.84,-30796.64 Z12016.24,-29009.8 Z17444.92,-26108.16 Z22203.16,-22203.16 Z26108.16,-17444.92 Z29009.8,-12016.24 Z30796.64,-6125.84 Z31400.,0 Z30796.64,6125.84 Z29009.8,12016.24 Z26108.16,17444.92 Z22203.16,22203.16 Z17444.92,26108.16 Z12016.24,29009.8 Z6125.84,30796.64 Z0,31400. Z-6125.84,30796.64 G80 Z0,0,2000.; Z0,0,400.; !MC0; </pre>
---	--

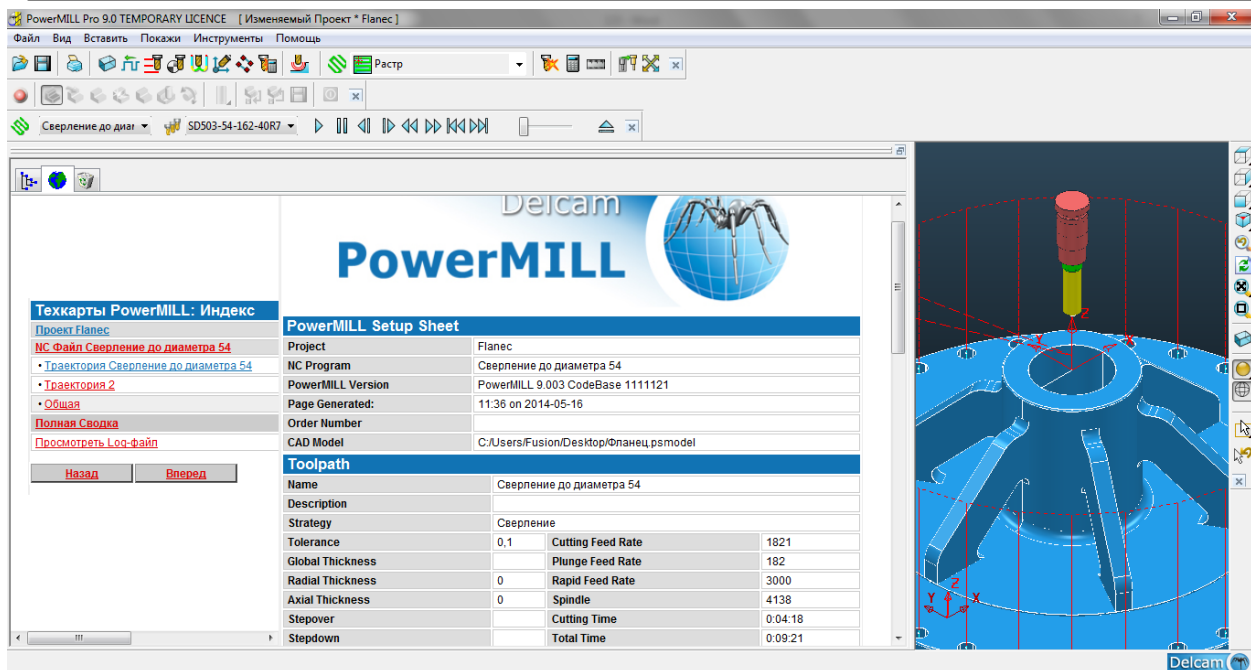


Рисунок 5.9- Вибір інструменту для свердлення діаметру 54

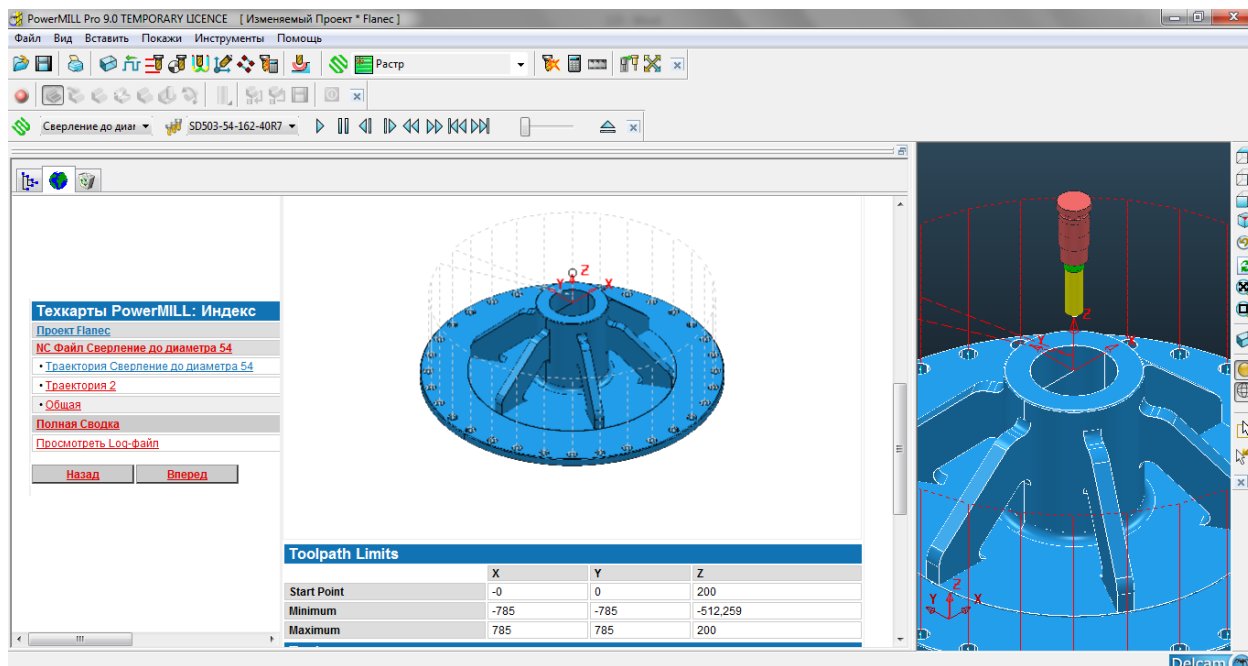


Рисунок 5.10- Вибір системи координат

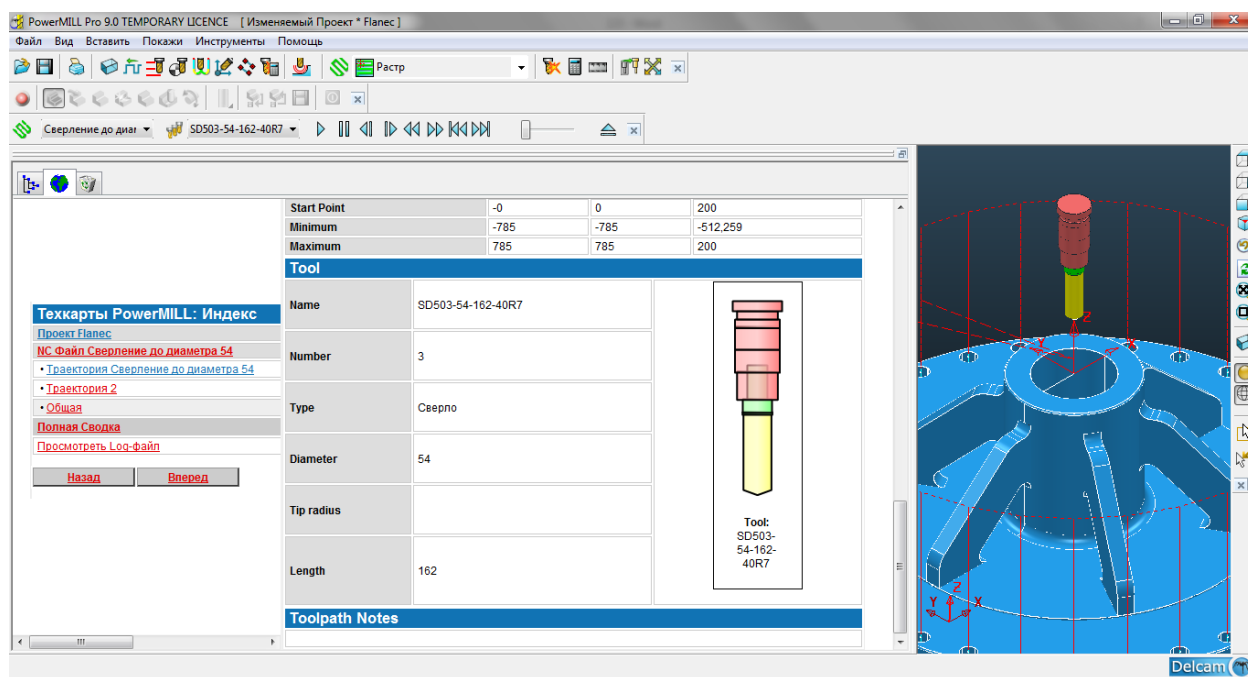


Рисунок 5.11- Вибір інструменту

<pre> ::^IN; !MC1; V15.0; ^PR;Z0,0,1626; ^PA; Z0,0,8000.; Z0,0,2000.; Z-12016.24,29009.8,2000.; G81V30.3 Z-17444.92,26108.16 Z-22203.16,22203.16 Z-26108.16,17444.92 Z-29009.8,12016.24 Z-30796.64,6125.84 Z-31400.,0 Z-30796.64,-6125.84 Z-29009.8,-12016.24 Z-26108.16,-17444.92 Z-22203.16,-22203.16 Z-17444.92,-26108.16 Z-12016.24,-29009.8 </pre>	<pre> Z-6125.84,-30796.64 Z0,-31400. Z6125.84,-30796.64 Z12016.24,-29009.8 Z17444.92,-26108.16 Z22203.16,-22203.16 Z26108.16,-17444.92 Z29009.8,-12016.24 Z30796.64,-6125.84 Z31400.,0 Z30796.64,6125.84 Z29009.8,12016.24 Z26108.16,17444.92 Z22203.16,22203.16 Z17444.92,26108.16 Z12016.24,29009.8 Z6125.84,30796.64 Z0,31400. Z-6125.84,30796.64 G80 Z0,0,2000.; Z0,0,400.; !MC0; </pre>
---	--

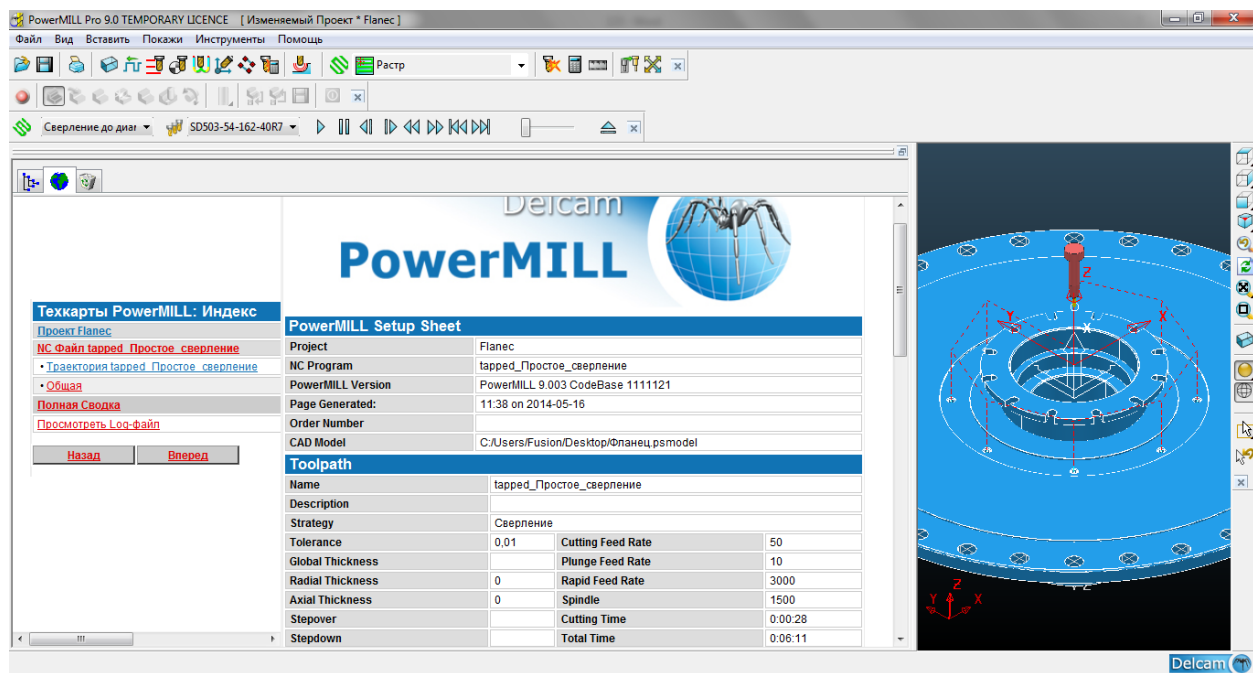


Рисунок 5.12- Вибір траєкторії для свердлення отворів

					КНУ.КМР. 131.25.1-17.05.ПМО	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

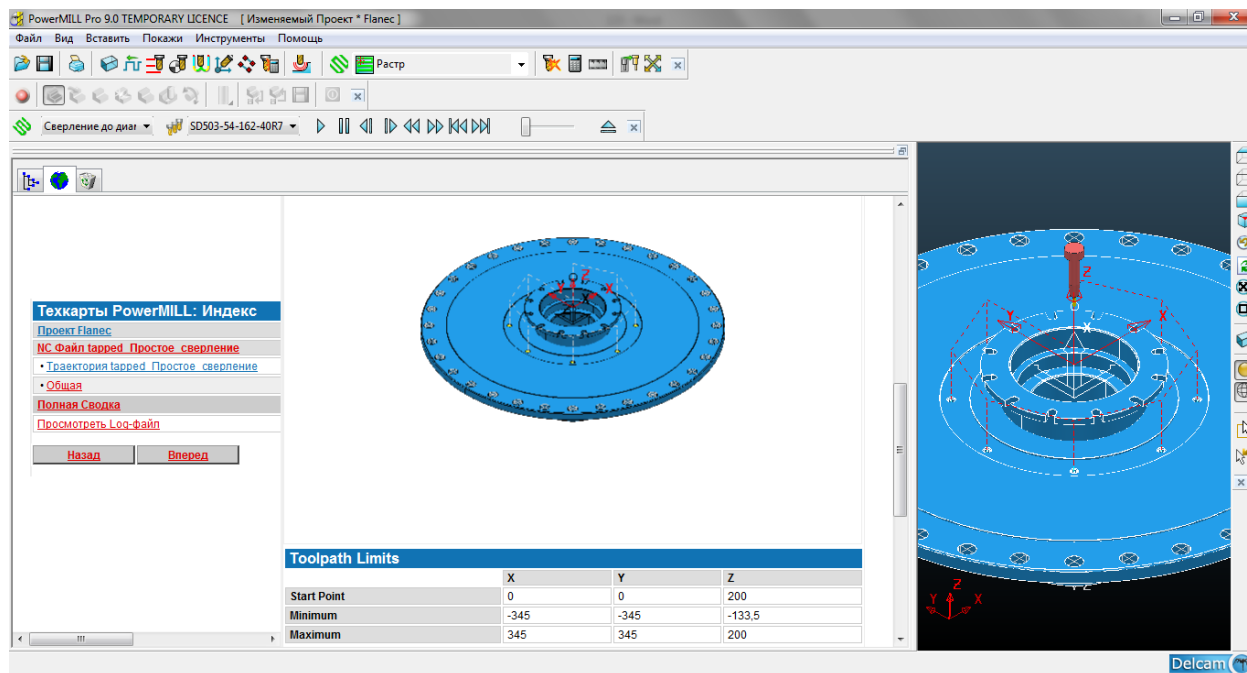


Рисунок 5.13- Вибір системи координат

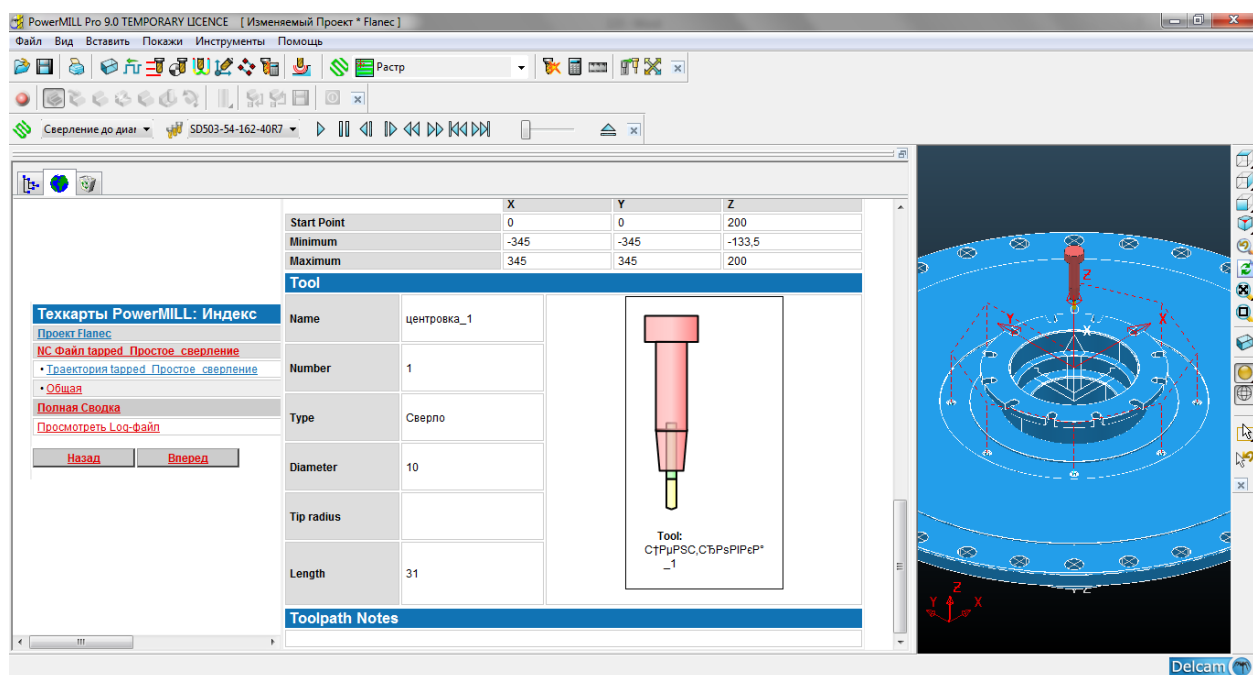


Рисунок 5.14- Вибір інструменту для центрування отворів

Керуюча програма

<pre> --^IN; !MC1; V15.0; ^PR;Z0,0,1626; ^PA; Z0,0,8000.; Z0,0,2000.; Z0,13800.,2000.; Z0,13800.,-4140.; V.8; Z0,13800.,-5340.; Z0,13800.,2000.; Z-9758.08,9758.08,2000.; Z-9758.08,9758.08,-4140.; Z-9758.08,9758.08,-5340.; Z-9758.08,9758.08,2000.; Z-13800.,0,2000.; Z-13800.,0,-4140.; Z-13800.,0,-5340.; </pre>	<pre> Z-13800.,0,2000.; Z-9758.08,-9758.08,2000.; Z-9758.08,-9758.08,-4140.; Z-9758.08,-9758.08,-5340.; Z-9758.08,-9758.08,2000.; Z0,-13800.,2000.; Z0,-13800.,-4140.; Z0,-13800.,-5340.; Z0,-13800.,2000.; Z9758.08,-9758.08,2000.; Z9758.08,-9758.08,-4140.; Z9758.08,-9758.08,-5340.; Z9758.08,-9758.08,2000.; Z13800.,0,2000.; Z13800.,0,-4140.; Z13800.,0,-5340.; Z13800.,0,2000.; Z9758.08,9758.08,2000.; Z9758.08,9758.08,-4140.; Z9758.08,9758.08,-5340.; Z9758.08,9758.08,2000.; Z0,0,2000.; Z0,0,400.; !MC0; </pre>
---	---

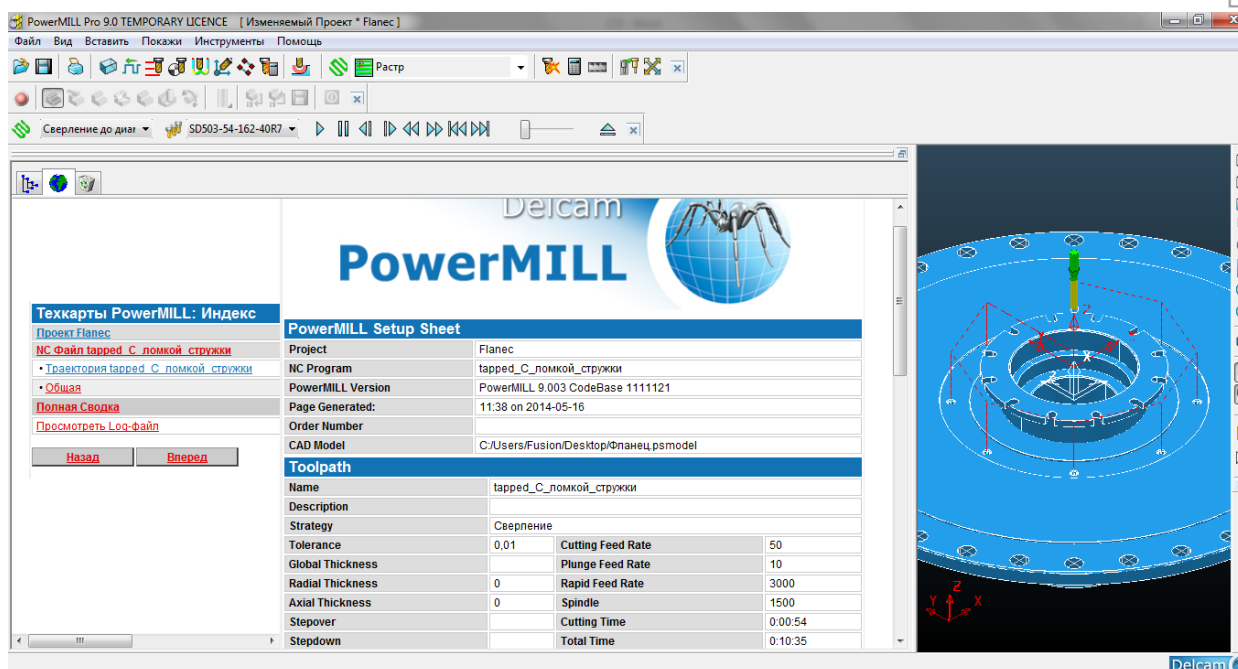


Рисунок 5.15- Вибір інструменту для центрування отворів

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

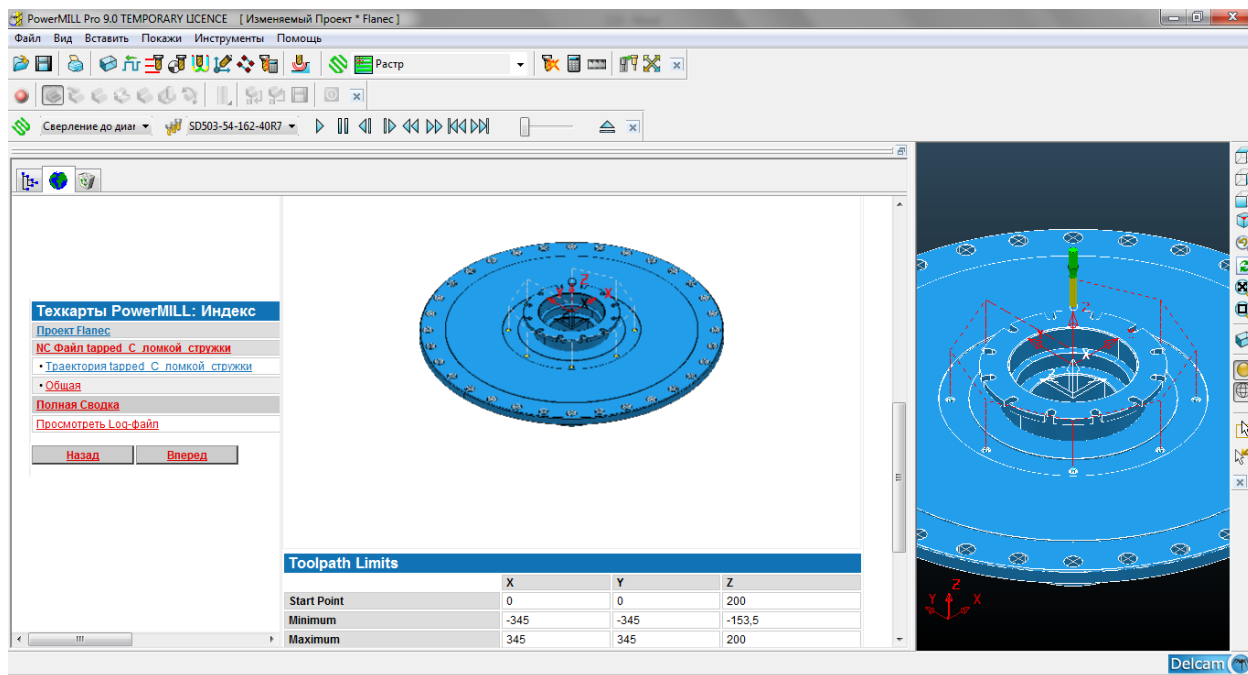


Рисунок 5.16- Вибір інструменту

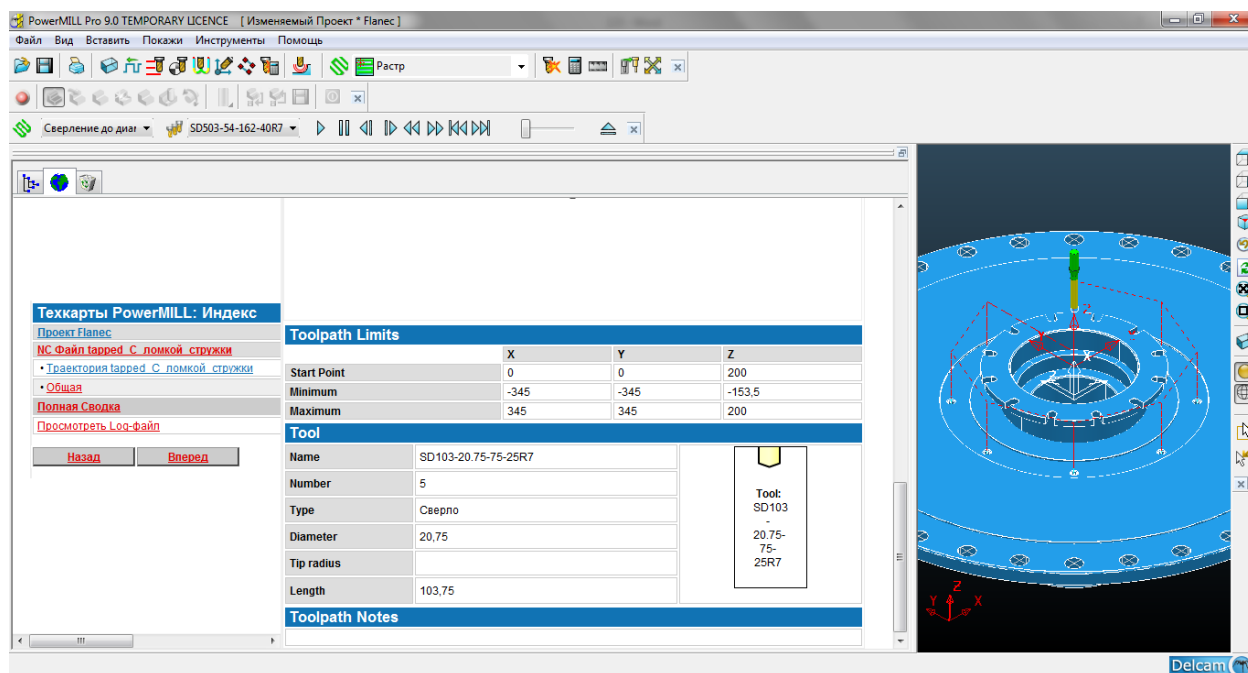


Рисунок 5.15- Вибір інструменту



;;^IN; !MC1; V15.0; ^PR;Z0,0,1626; ^PA; Z0,0,8000.; Z0,0,2000.; Z0,13800.,2000.; Z0,13800.,-4140.; V.8; Z0,13800.,-4740.; Z0,13800.,-4700.; Z0,13800.,-4940.; Z0,13800.,-4900.; Z0,13800.,-5140.; Z0,13800.,-5100.; Z0,13800.,-5340.; Z0,13800.,-5300.; Z0,13800.,-5540.; Z0,13800.,-5500.; Z0,13800.,-5740.; Z0,13800.,-5700.; Z0,13800.,-5940.; Z0,13800.,-5900.; Z0,13800.,-6140.; Z0,13800.,2000.;	Z-9758.08,-9758.08,-6140.; Z-9758.08,-9758.08,2000.; Z0,-13800.,2000.; Z0,-13800.,-4140.; Z0,-13800.,-4740.; Z0,-13800.,-4700.; Z0,-13800.,-4940.; Z0,-13800.,-4900.; Z0,-13800.,-5140.; Z0,-13800.,-5100.; Z0,-13800.,-5340.; Z0,-13800.,-5300.; Z0,-13800.,-5540.; Z0,-13800.,-5500.; Z0,-13800.,-5740.; Z0,-13800.,-5700.; Z0,-13800.,-5940.; Z0,-13800.,-5900.; Z0,-13800.,-6140.; Z0,-13800.,2000.; Z9758.08,-9758.08,2000.; Z9758.08,-9758.08,-4140.; Z9758.08,-9758.08,-4740.; Z9758.08,-9758.08,-4700.; Z9758.08,-9758.08,-4940.; Z9758.08,-9758.08,-4900.;
Z-9758.08,9758.08,2000.; Z-9758.08,9758.08,-4140.; Z-9758.08,9758.08,-4740.; Z-9758.08,9758.08,-4700.; Z-9758.08,9758.08,-4940.; Z-9758.08,9758.08,-4900.; Z-9758.08,9758.08,-5140.; Z-9758.08,9758.08,-5100.; Z-9758.08,9758.08,-5340.; Z-9758.08,9758.08,-5300.; Z-9758.08,9758.08,-5540.; Z-9758.08,9758.08,-5500.; Z-9758.08,9758.08,-5740.; Z-9758.08,9758.08,-5700.; Z-9758.08,9758.08,-5940.; Z-9758.08,9758.08,-5900.; Z-9758.08,9758.08,-6140.; Z-9758.08,9758.08,2000.; Z-13800.,0,2000.; Z-13800.,0,-4140.; Z-13800.,0,-4740.; Z-13800.,0,-4700.;	Z9758.08,-9758.08,-5140.; Z9758.08,-9758.08,-5100.; Z9758.08,-9758.08,-5340.; Z9758.08,-9758.08,-5300.; Z9758.08,-9758.08,-5540.; Z9758.08,-9758.08,-5500.; Z9758.08,-9758.08,-5740.; Z9758.08,-9758.08,-5700.; Z9758.08,-9758.08,-5940.; Z9758.08,-9758.08,-5900.; Z9758.08,-9758.08,-6140.; Z9758.08,-9758.08,2000.; Z13800.,0,2000.; Z13800.,0,-4140.; Z13800.,0,-4740.; Z13800.,0,-4700.; Z13800.,0,-4940.; Z13800.,0,-4900.; Z13800.,0,-5140.; Z13800.,0,-5100.; Z13800.,0,-5340.; Z13800.,0,-5300.;

					КНУ.КМР. 131.25.1-17.05.ПМО	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



Z-13800.,0,-4940.;	Z13800.,0,-5540.;
Z-13800.,0,-4900.;	Z13800.,0,-5500.;
Z-13800.,0,-5140.;	Z13800.,0,-5740.;
Z-13800.,0,-5100.;	Z13800.,0,-5700.;
Z-13800.,0,-5340.;	Z13800.,0,-5940.;
Z-13800.,0,-5300.;	Z13800.,0,-5900.;
Z-13800.,0,-5540.;	Z13800.,0,-6140.;
Z-13800.,0,-5500.;	Z13800.,0,2000.;
Z-13800.,0,-5740.;	Z9758.08,9758.08,2000.;
Z-13800.,0,-5700.;	Z9758.08,9758.08,-4140.;
Z-13800.,0,-5940.;	Z9758.08,9758.08,-4740.;
Z-13800.,0,-5900.;	Z9758.08,9758.08,-4700.;
Z-13800.,0,-6140.;	Z9758.08,9758.08,-4940.;
Z-13800.,0,2000.;	Z9758.08,9758.08,-4900.;
Z-9758.08,-9758.08,2000.;	Z9758.08,9758.08,-5140.;
Z-9758.08,-9758.08,-4140.;	Z9758.08,9758.08,-5100.;
Z-9758.08,-9758.08,-4740.;	Z9758.08,9758.08,-5340.;
Z-9758.08,-9758.08,-4700.;	Z9758.08,9758.08,-5300.;
Z-9758.08,-9758.08,-4940.;	Z9758.08,9758.08,-5540.;
Z-9758.08,-9758.08,-4900.;	Z9758.08,9758.08,-5500.;
Z-9758.08,-9758.08,-5140.;	Z9758.08,9758.08,-5740.;
Z-9758.08,-9758.08,-5100.;	Z9758.08,9758.08,-5700.;
Z-9758.08,-9758.08,-5340.;	Z9758.08,9758.08,-5940.;
Z-9758.08,-9758.08,-5300.;	Z9758.08,9758.08,-5900.;
Z-9758.08,-9758.08,-5540.;	Z9758.08,9758.08,-6140.;
Z-9758.08,-9758.08,-5500.;	Z9758.08,9758.08,2000.;
Z-9758.08,-9758.08,-5740.;	Z0,0,2000.;
Z-9758.08,-9758.08,-5700.;	Z0,0,400.;
Z-9758.08,-9758.08,-5940.;	!MC0;
Z-9758.08,-9758.08,-5900.;	

					КНУ.КМР. 131.25.1-17.05.ПМО	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

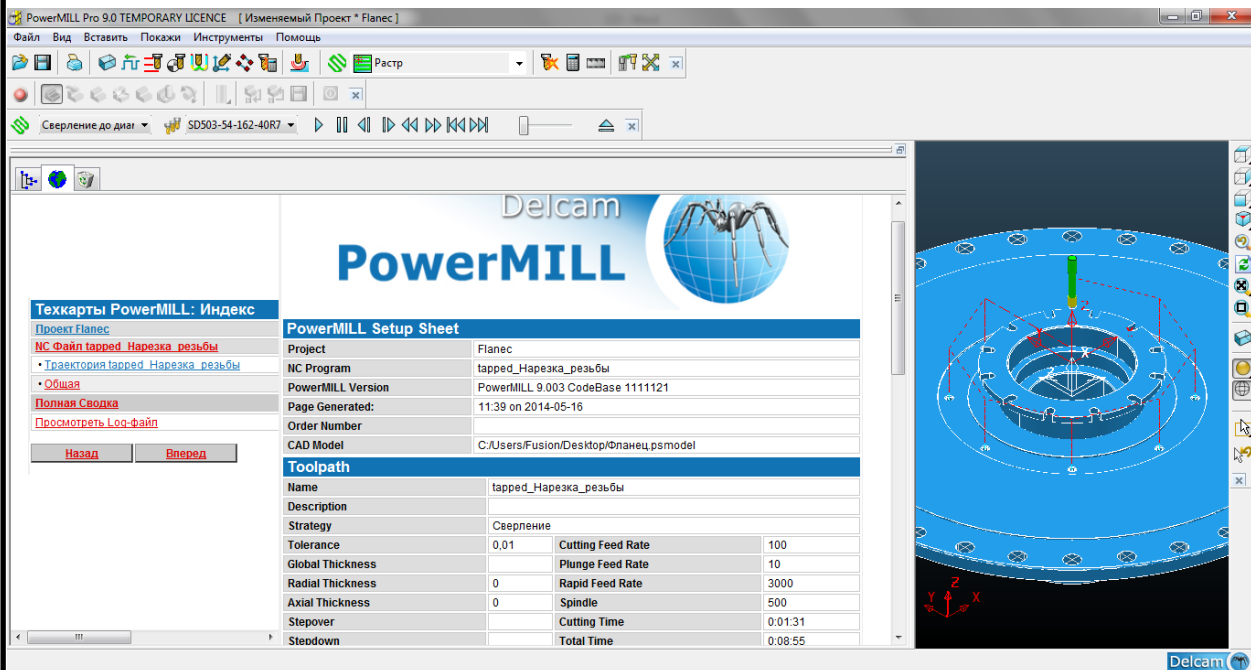


Рисунок 5.16- Нарізання різьби

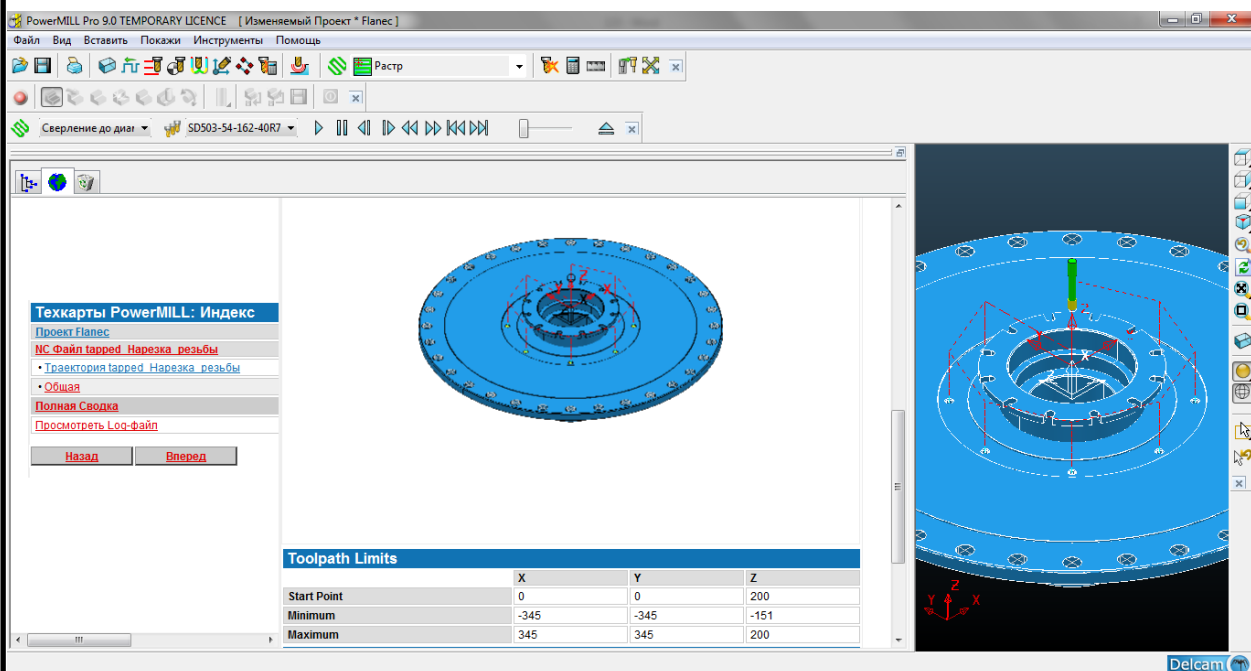


Рисунок 5.17- Вибір координат

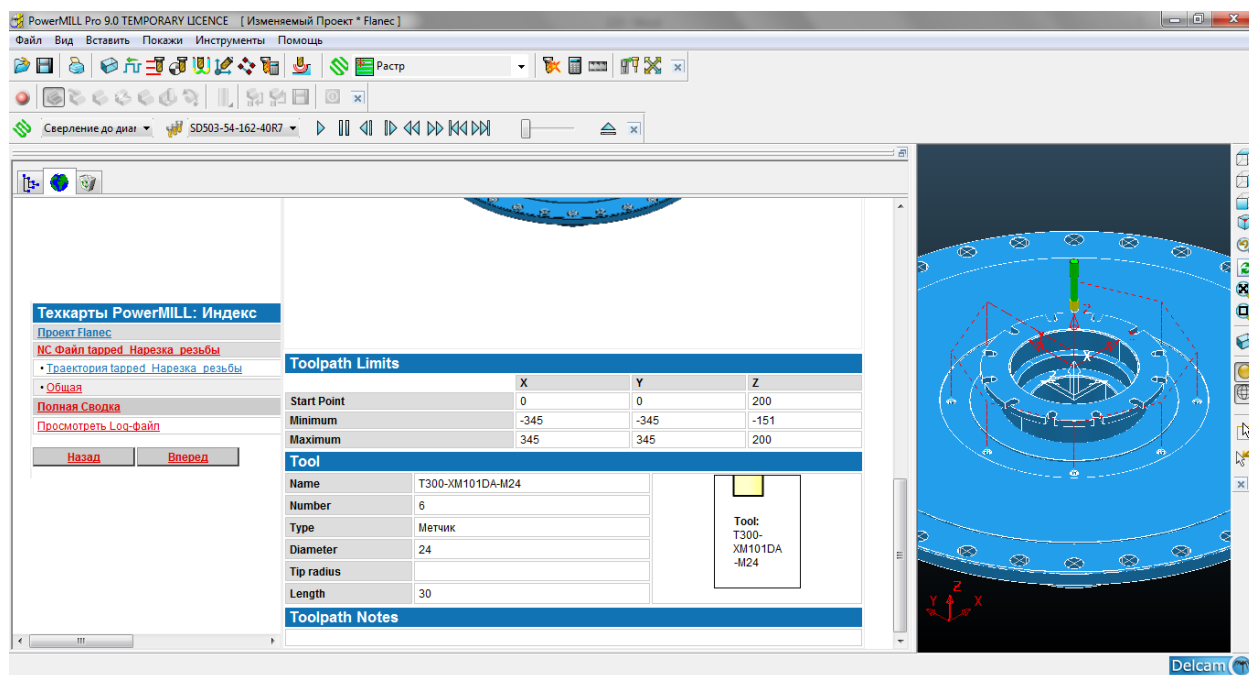


Рисунок 5.17 -Вибір мітчика

Керуюча програма

<pre> ::^IN; !MC1; V15.0; ^PR;Z0,0,1626; ^PA; Z0,0,8000.; Z0,0,2000.; Z0,13800.,2000.; Z0,13800.,-4140.; V1.6; Z0,13800.,-6040.; Z0,13800.,-4140.; Z0,13800.,2000.; Z-9758.08,9758.08,2000.; Z-9758.08,9758.08,-4140.; Z-9758.08,9758.08,-6040.; Z-9758.08,9758.08,-4140.; Z-9758.08,9758.08,2000.; Z-13800.,0,2000.; Z-13800.,0,-4140.; Z-13800.,0,-6040.; Z-13800.,0,-4140.; Z-13800.,0,2000.; Z-9758.08,-9758.08,2000.; Z-9758.08,-9758.08,-4140.; Z-9758.08,-9758.08,-6040.; </pre>	<pre> Z-9758.08,-9758.08,-4140.; Z-9758.08,-9758.08,2000.; Z0,-13800.,2000.; Z0,-13800.,-4140.; Z0,-13800.,-6040.; Z0,-13800.,-4140.; Z0,-13800.,2000.; Z9758.08,-9758.08,2000.; Z9758.08,-9758.08,-4140.; Z9758.08,-9758.08,-6040.; Z9758.08,-9758.08,-4140.; Z9758.08,-9758.08,2000.; Z13800.,0,2000.; Z13800.,0,-4140.; Z13800.,0,-6040.; Z13800.,0,-4140.; Z13800.,0,2000.; Z9758.08,9758.08,2000.; Z9758.08,9758.08,-4140.; Z9758.08,9758.08,-6040.; Z9758.08,9758.08,-4140.; Z9758.08,9758.08,2000.; Z0,0,2000.; Z0,0,400.; !MC0; </pre>
---	--

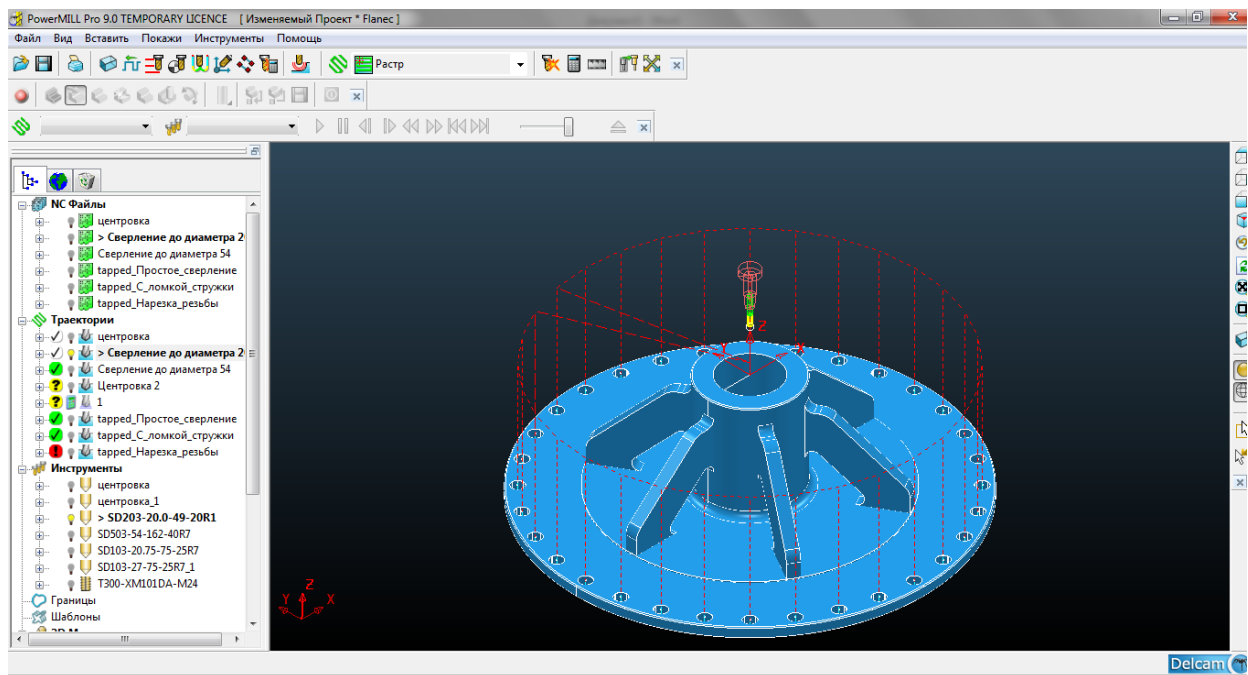


Рисунок 5.17- Візуалізація свердлення отворів

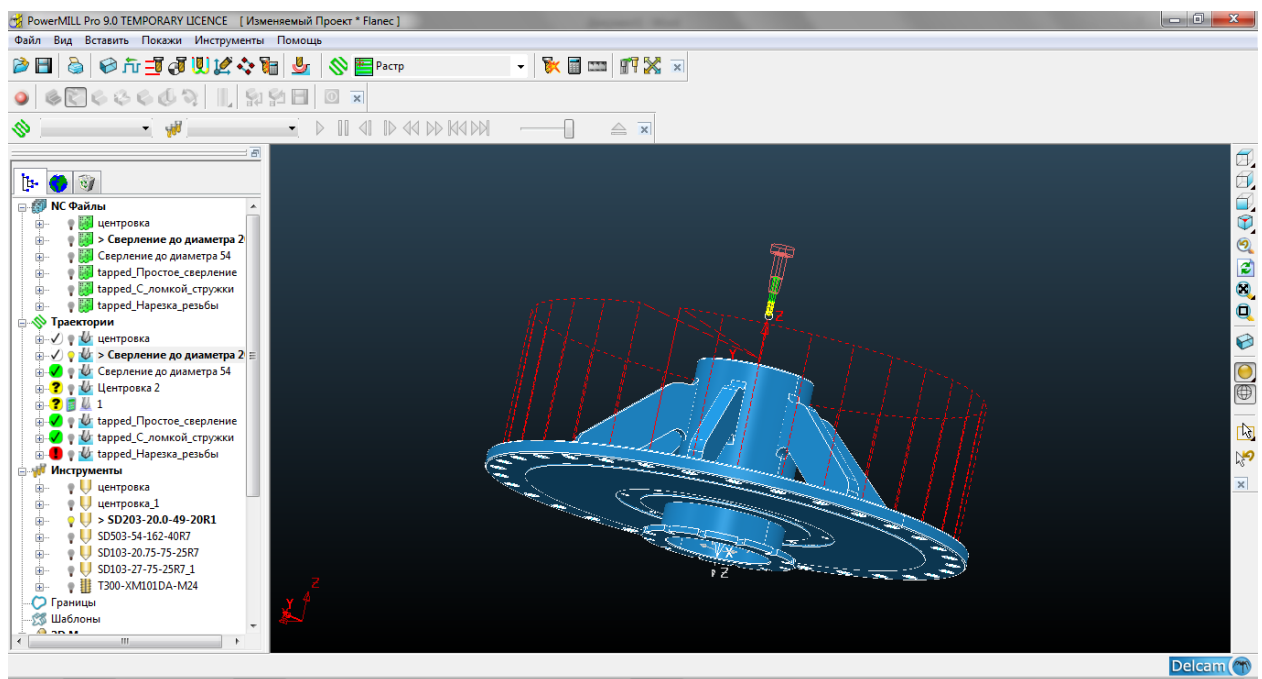


Рисунок 5.18- Візуалізація обробки отворів

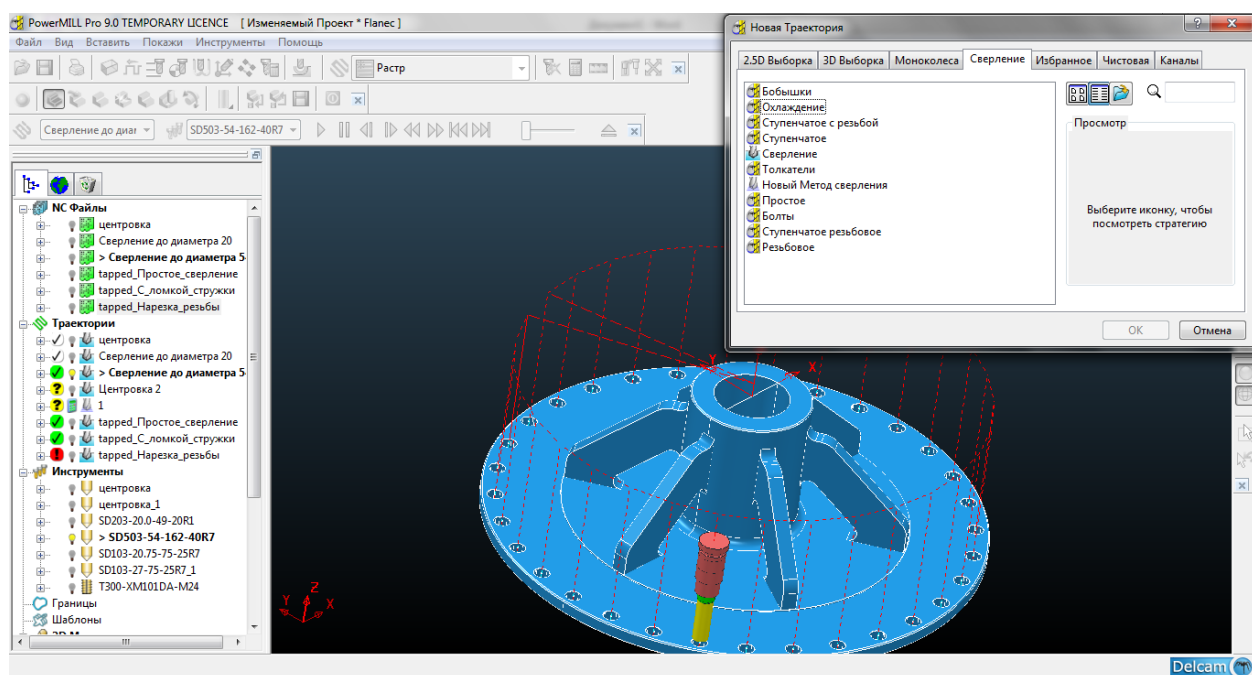


Рисунок 5.19- Сверления 32 отв. Ø54Н14

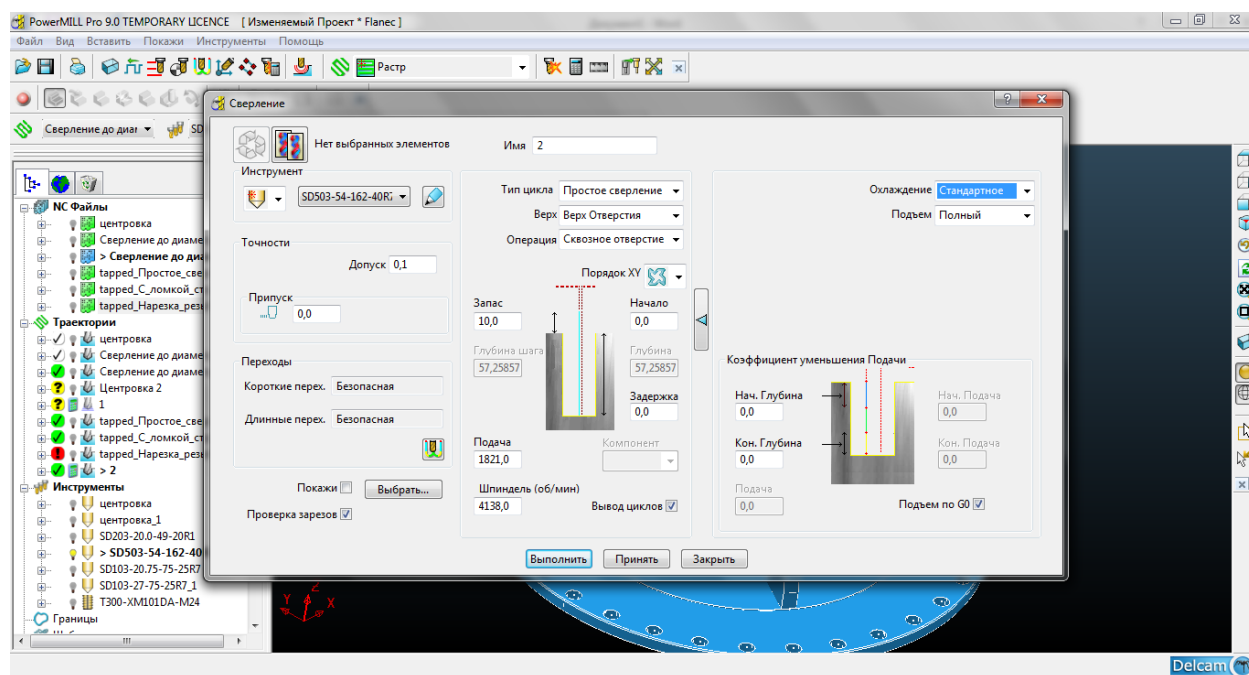


Рисунок 5.20- Вибір стратегії обробки

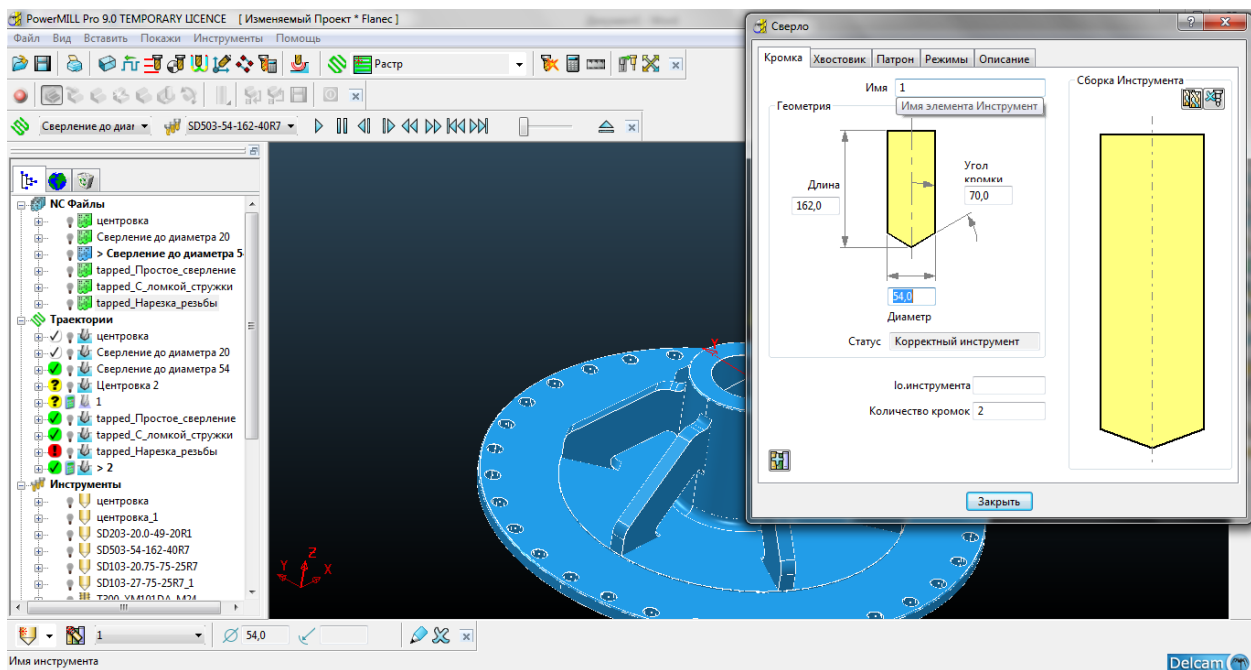


Рисунок 5.21- Вибір інструменту

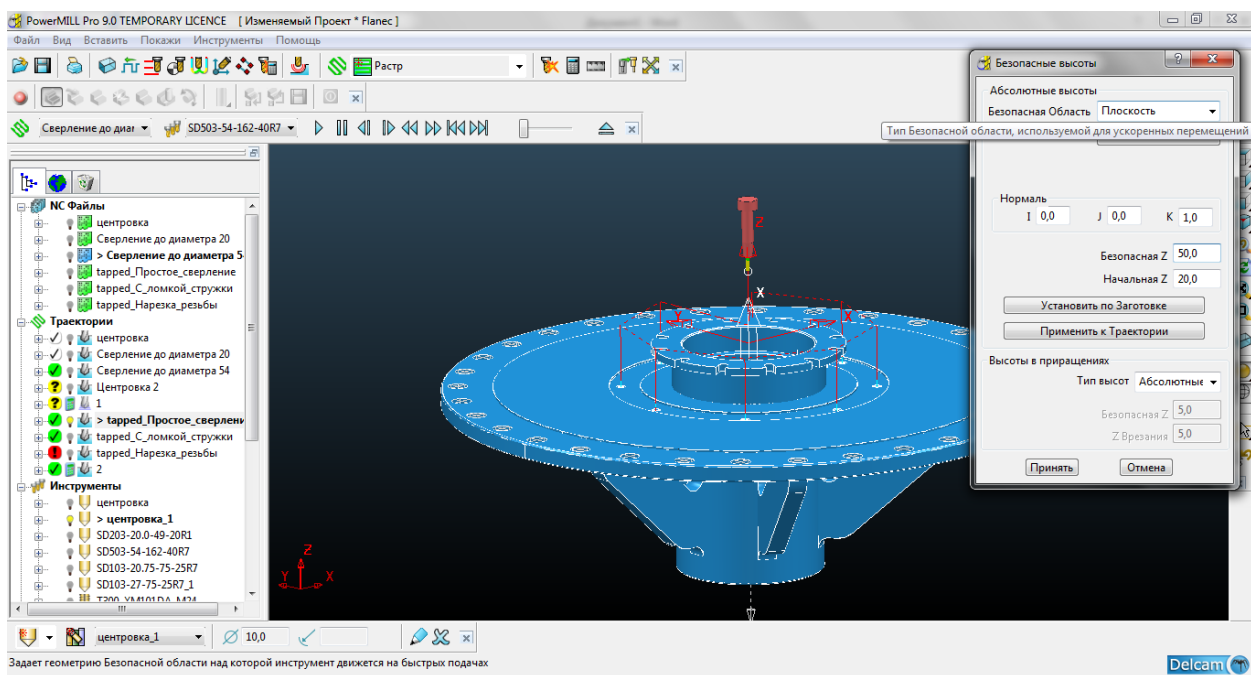


Рисунок 5.22- Вибір інструменту для обробки 8 отв М24

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

КНУ.КМР. 131.25.1-17.05.ПМО

Лист

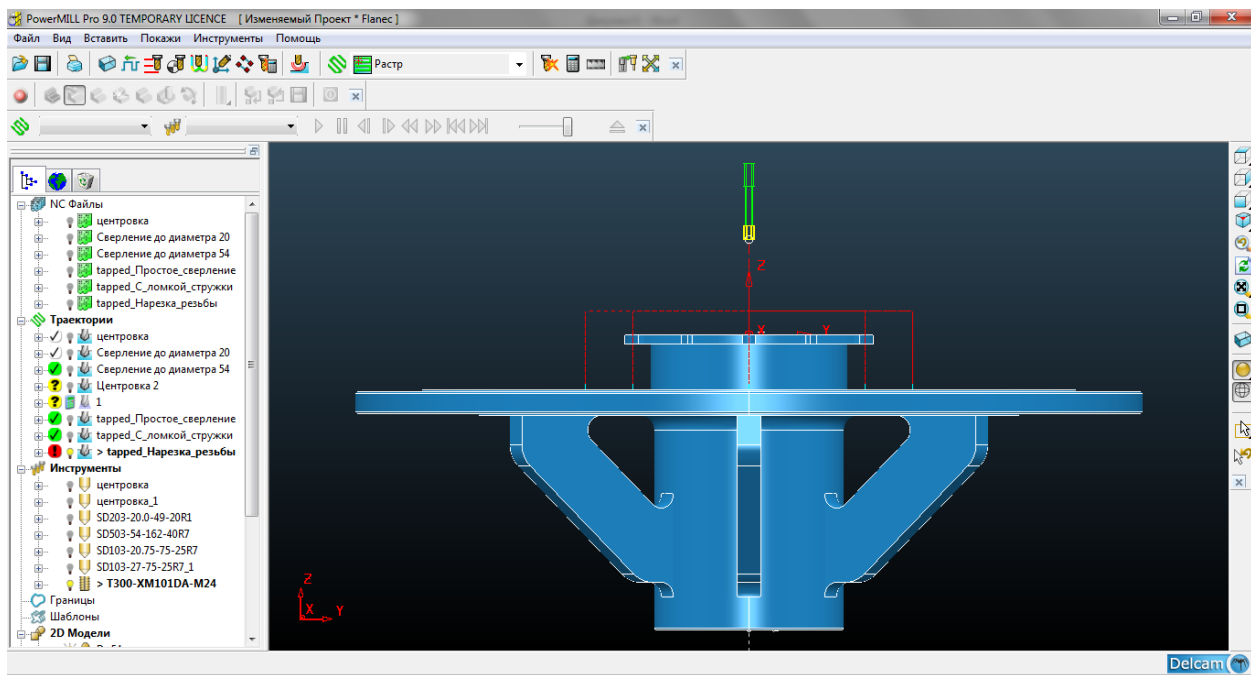


Рисунок 5.22- Візуалізація процесу

					КНУ.КМР. 131.25.1-17.05.ПМО	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

6 КОНСТРУКТОРСЬКА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА

6.1 Проектування складально-розбірного верстатного пристосування

6.1.1 Розробка ескізу механічної обробки деталі

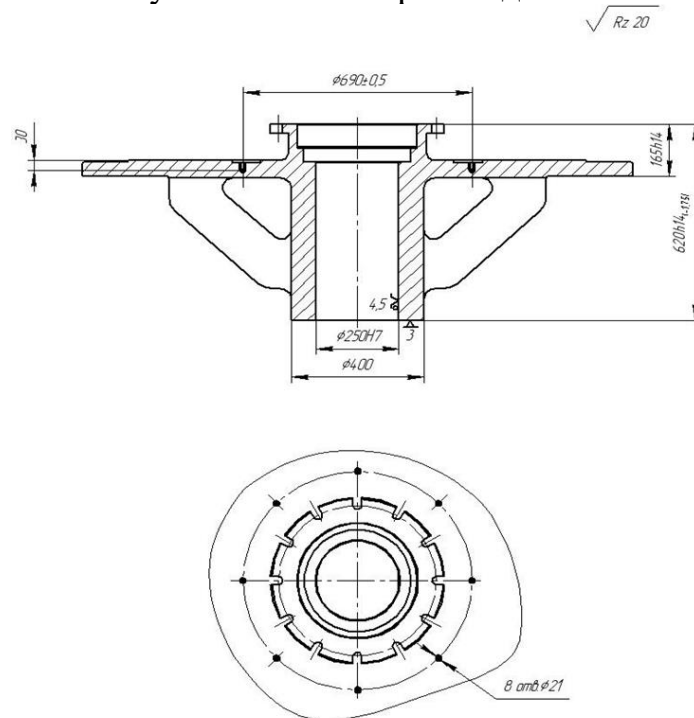


Рисунок 6.1 – Ескіз механічної обробки поверхні

Розроблюємо ескіз механічної обробки деталі – фланець.

Зобразимо деталь в тому вигляді, в якому вона буде розташовуватись на гнучкому виробничому модулі свердлильно-фрезерно-розточному з ЧПК моделі 2570ПМФ4М під час свердлення 8 отворів діаметром 21 мм під різьбу М24–7Н. На рисунку 6.1 покажемо умовну схему базування відповідно до існуючих стандартів. На оброблюванні поверхні нанесемо розміри з вимогами по точності та шорсткості.

6.1.2 Вибір режимів різання

Маршрут обробки вибираємо в залежності від діаметра, точності і шорсткості оброблюючого отвору, виду пристрою ЧПК.

					КНУ.КМР. 131.25.1-17.06 .КПВ						
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата							
Разраб.		Хмельницький			КОНСТРУКТОРСЬКА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА			Лит.	Лист	Листов	
Провер.		Цивінда								76	
Реценз.								Каф.ТМ гр.ПМ-24м			
Н. Контр.		Нечасв									
Утверд.		Рязанцев									

Вибір режимів різання виконуємо для свердлення 8 отворів Ø21 мм на гнучкому виробничому модулі свердлильно-фрезерно-розточному з ЧПК моделі 2570ПМФ4М. Верстат має потужність двигуна головного руху $N=19$ кВт.

Для обробки 8 отворів Ø21мм вибираємо свердло 035-2301-1065 ДСТУОСТ 2 И20-2-74, діаметром Ø21мм.

Так як розрахунок режимів був виконаний вище і тому згідно таблиці 2.13 і розрахунків в п. 2.12 вони мають такі значення:

- діаметр свердлення $D=21$ мм;
- глибина свердлення $l=30$ мм;
- припуск на обробку $t=10,5$ мм;
- подача $S=0,23$ мм/об;
- швидкість $V=19,7$ м/хв.;
- частота обертання $n=300$ об/хв.;
- осьова сила $P=6193$ Н
- крутний момент $M_{кр}=40,1$ Нм;
- потужність різання $N=1,35$ кВт.

Згідно паспорта верстата потужність двигуна $N_d=19$ кВт, коефіцієнт корисної дії $\eta=0,9$, допустима сила подачі $R_{ст}=30000$ Н. Перевіряємо умову $N < N_d \eta$, тобто $1,35 < 17,1$ – умова виконується.

Максимальна сила подачі необхідна для переходу свердлення складає $P=6193$ Н, що менше допустимого значення по верстату.

6.1.3 Тип пристрою

Під час свердлення 8 отворів Ø21мм на гнучкому виробничому модулі свердлильно-фрезерно-розточному з ЧПК моделі 2570ПМФ4М використаємо пристрій складально-розбірний.

6.1.4 Металорізальний верстат та його технічна характеристика в додатку Б

На рисунку 6.3 зобразимо пази палети.

					КНУ.КМР. 131.25.1-17.06.КПВ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

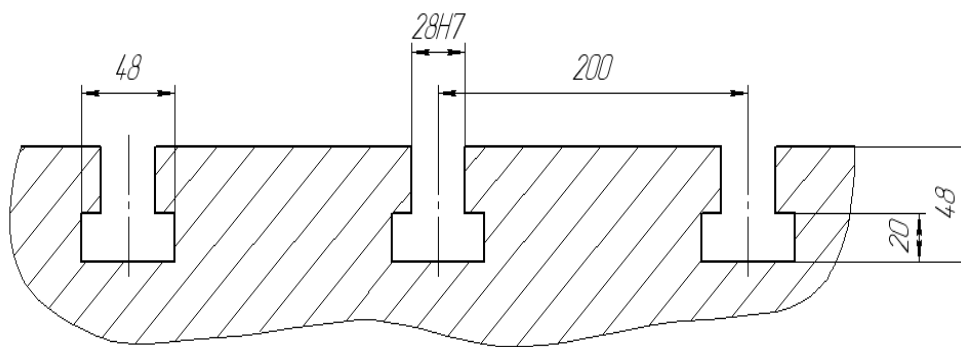


Рисунок 6.3 – Пазы палети

6.1.5 Річна програма

Річна програма випуску даної деталі – фланець – 600 шт.

Тип виробництва – середньосерійне.

6.1.6 Аналіз схеми базування деталі

За головну базу (установочну базу) приймаємо поверхню 1. Вона позбавляє заготовку трьох ступенів вільності. За направляючу базу приймемо поверхню 2, яка позбавляє заготовку двох ступенів вільності. Тобто взагалі на заготовку накладено п'ять точок.

Представляємо схему базування деталі, яка оброблюється, у пристрої з позбавленням її потрібної кількості ступенів вільності.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

КНУ.КМР. 131.25.1-17.06.КПВ

Лист

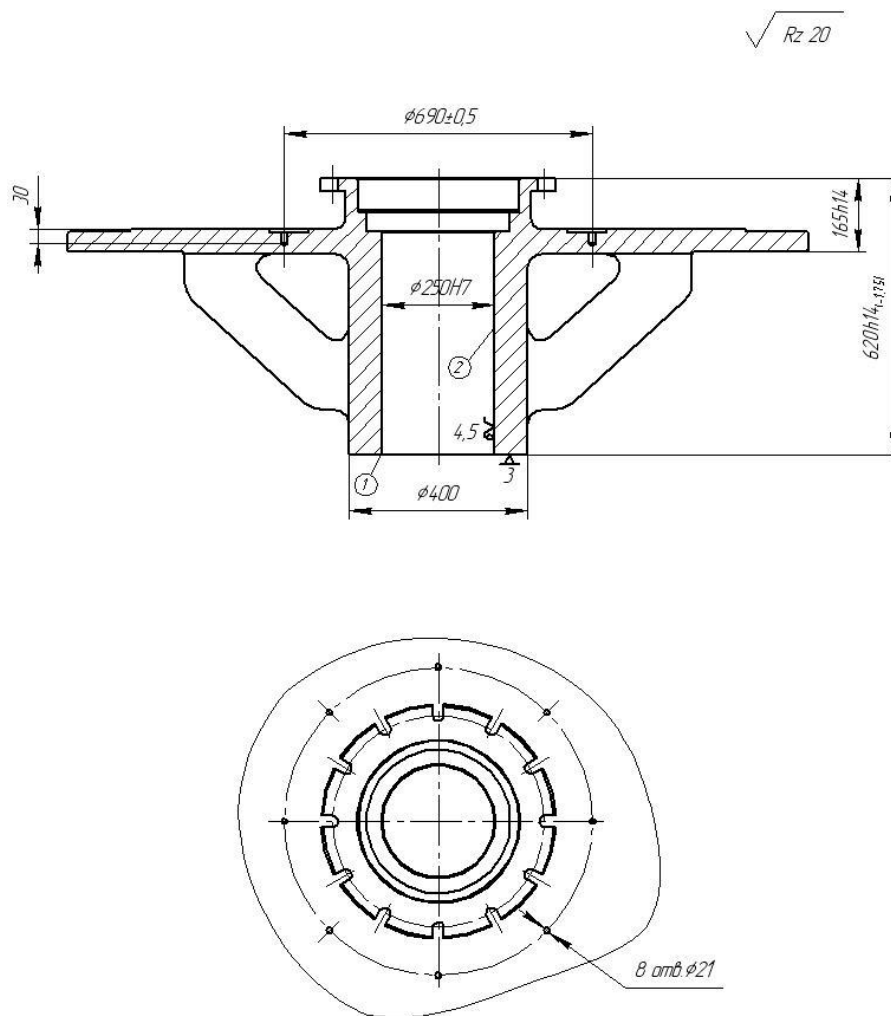


Рисунок 6.4 – Схема базування деталі

6.1.7 Вибір конструкції установчих елементів

Згідно схеми базування обираємо за існуючими стандартами конструкцію установочних елементів [35]. На стандартні установочні елементи указуємо ДСТУ і приводимо конструктивні параметри.

При проектуванні СРП використовується оправка. Так як стандартної оправки діаметром 250 мм не існує, тому виконуємо проектування її конструкції.

					КНУ.КМР. 131.25.1-17.06.КПВ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

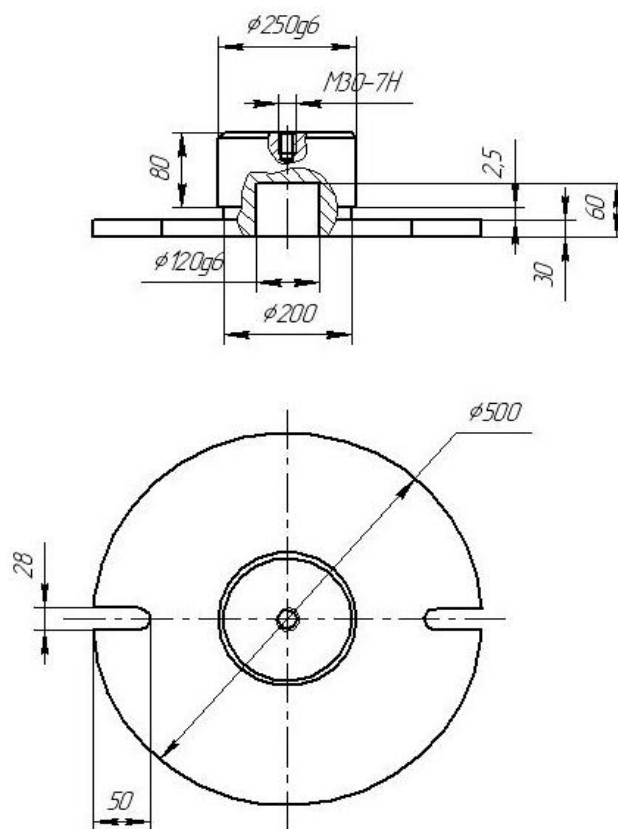


Рисунок 6.5 – Оправка

6.1.8 Розрахунок похибки базування

Згідно до аналізу схем базування деталі виконуємо розрахунок дійсного значення похибки базування [36].

Похибка базування буде виникати в наслідок установки деталі на оправку. В такому випадку похибка базування буде складати:

$$\varepsilon_{\bar{o}} = 0,5IT_D + IT_P + \Delta_{гар.}, \quad (6.1)$$

де IT_D , IT_P – допуски на розміри деталі і оправки;

$\Delta_{гар}$ – гарантований діаметральний зазор між базою деталі і оправкою.

$$\varepsilon_{\bar{o}} = 0,5 \cdot 0,046 + 0,029 + 0 = 0,052 \text{ мм}$$

6.1.9 Розробка схеми закріплення

На рисунку 6.4 виконуємо схему закріплення деталі.

В загальному виді посилення рівноваги деталі в пристрої, яке виникає під дією сил різання і сил затиску визначається за формулою:

$$W = KfP_0 \quad (6.2)$$

де K – коефіцієнт запасу;

f – коефіцієнт тертя в місцях контакту заготовки і пристосування ($f_1=f_2=0,1$);

P_0 – осьова сила різання.

$$\sum M_A = 0$$

Сила тертя визначається за формулою:

$$F_{mp.} = Wf \quad (6.3)$$

$$F_{mp_1} \cdot \frac{250}{2} + F_{mp_2} \cdot \frac{400}{2} + F_{mp_3} \cdot 200 = KM_{кр.} + P_0 \frac{d_{омв.}}{2} \cdot f$$

$$Wf \cdot \frac{250}{2} + Wf \cdot \frac{400}{2} + Wf \cdot 200 = kM_{кр.} + P_0 \frac{d_{омв.}}{2} \cdot f$$

$$W = \frac{KM_{кр.} + P_0 \cdot \frac{d_{омв.}}{2}}{f \cdot 125 + f \cdot 200 + f \cdot 200}$$

$$W = \frac{2,5 \cdot 40,1 + 6193 \cdot \frac{21}{2} \cdot 0,11}{0,11 \cdot 125 + 0,11 \cdot 200 + 0,11 \cdot 200} = 125,6 \text{ Н}$$

					КНУ.КМР. 131.25.1-17.06.КПВ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

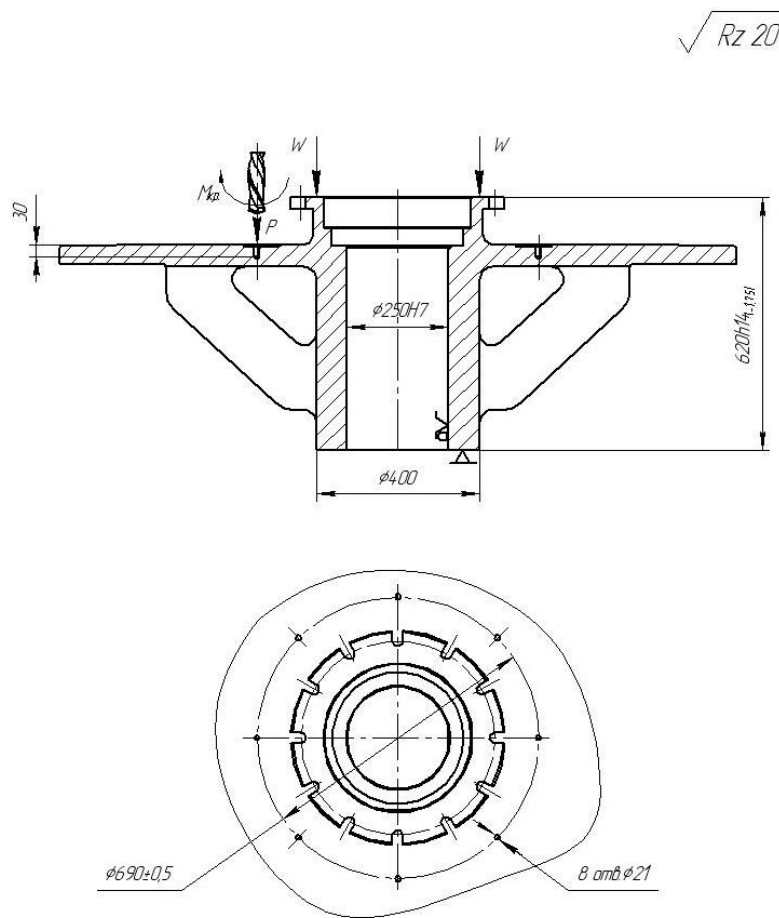


Рисунок 6.6 – Схема закріплення деталі

6.1.10 Вибір або проектування конструкції затискного механізму

Розрахунок затискних механізмів виконуємо згідно формул для визначення зусилля затиску затискних елементів.

Згідно умов базування деталі, типу затискних елементів великої ваги і габаритних розмірів деталі вибираю механізований затиск гвинт-гайка, розрахунок якого веде з визначення діаметра гвинта.

Силу прикладену до рукоятки розрахуємо по формулі:

$$Q = \frac{W_{cp.} \cdot \tan(\alpha + \varphi) + 0,33 f \frac{D_H^3 - D_B^3}{D_H^2 - D_B^2}}{l}, \quad (6.4)$$

де W – необхідна сила затиску деталі;

l – довжина ключа різбового затиску, мм;

$r_{cp.}$ – середній радіус різьби гвинта, мм;

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

					КНУ.КМР. 131.25.1-17.06.КПВ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

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

f – коефіцієнт тертя при плоскому контакті двох суміжних деталей ($f=0,1 \div 0,15$);

D_n – зовнішній діаметр опорного торця гайки, мм;

D_v – внутрішній діаметр опорного торця гайки, мм.

По необхідній силі затиску W і допустимим напруженням визначається номінальний діаметр d гвинта з рівняння:

$$W = 0,64 \cdot \pi d^2 / 4 \cdot \sigma = 0,5 d^2 \sigma, \quad (6.5)$$

де σ – допустима напруга розтягнення матеріалу гвинта ($\sigma=800 \text{ кГ/см}^2$), звідси:

$$d = \sqrt{\frac{W}{0,5\sigma}} \quad (6.6)$$

$$d = \sqrt{\frac{1256}{0,5 \cdot 800}} = 2,77 \text{ см} = 27,7 \text{ мм} \approx 30 \text{ мм}$$

Тоді сила прикладена до рукоятки:

$$Q = \frac{125,6 \cdot 14,9(2,5 + 6,5) + 0,33 \cdot 0,15 \frac{42,7^3 - 32,4^3}{42,7^2 - 32,4^2}}{250} = 9,3 \text{ Н}$$

6.1.11 Вибір або проектування базових та допоміжних елементів пристрою

Вибираємо і приводимо конструктивні параметри базових та допоміжних елементів пристрою відносно до існуючих стандартів.

Базовим елементом буде палета 2000x2500 мм .

Допоміжними елементами будуть: болти, шайби, шайби, шпильки та гайки.

На рисунку 6.7 приведений в ескізного варіанті базовий елемент пристрою з вказівкою конструктивних параметрів.

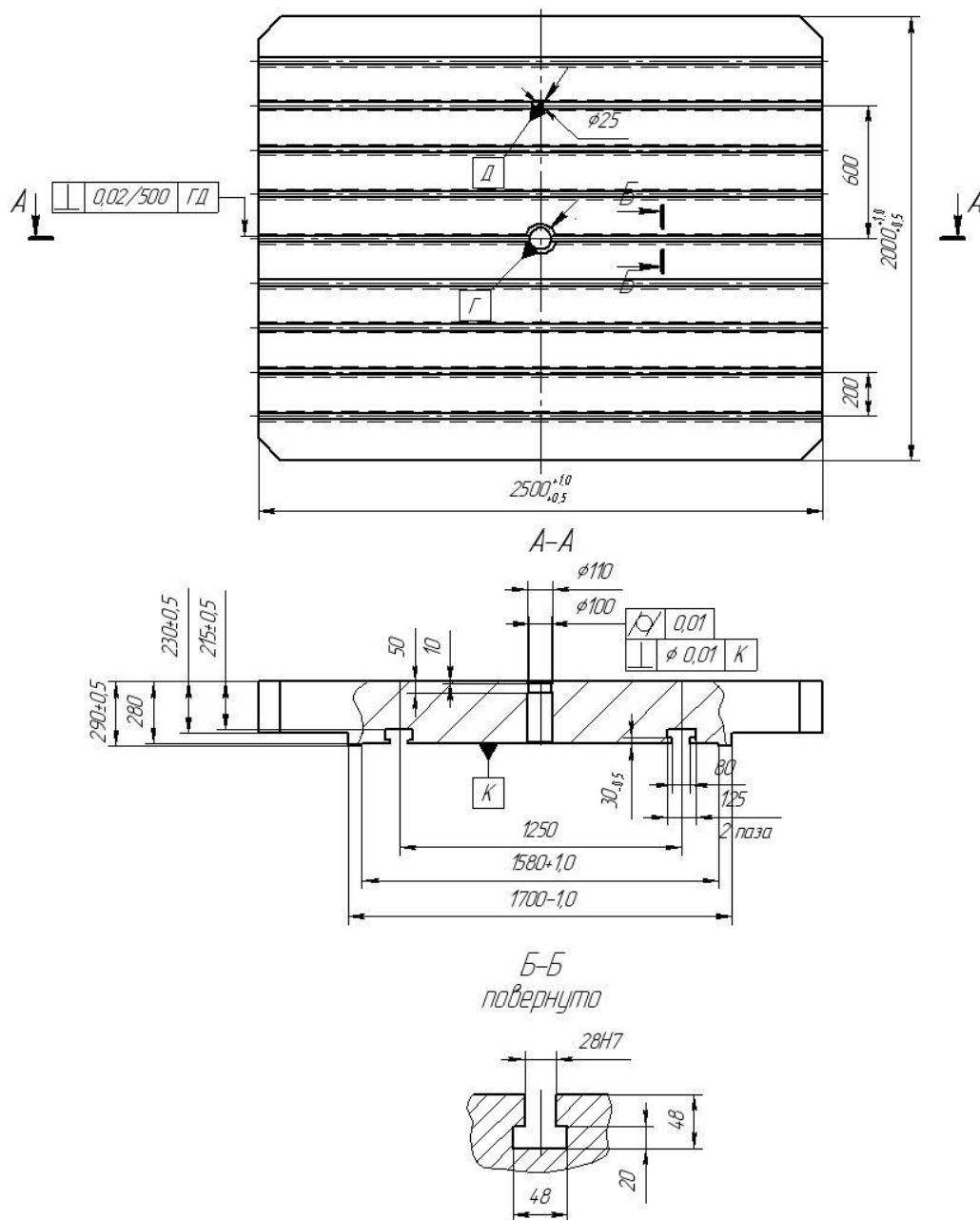


Рисунок 6.7 – Палета

6.1.12 Розрахунок на міцність елементів пристрою

Розрахунок на міцність залежить від виду напруженого стану в небезпечній точці.

При розрахунку на зріз умова міцності буде мати вид:

$$\sigma_{cp} = \frac{P_z}{F} \leq [\sigma_{cp}],$$

де P_z – осьова сила різання;

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

F – площа поперечного перерізу;

$$[\sigma_{\text{ср}}] = 120000 \text{ Н/см}^2$$

Так як:

$$2065 \leq 120000$$

Умова виконується.

При розрахунку на кручення умова міцності буде мати вид:

$$\tau = \frac{P_z}{F} \leq [\tau],$$

$$[\tau] = 25000 \text{ Н/см}^2$$

Так як:

$$2065 \leq 25000$$

Умова виконується.

6.1.13 Вибір засобів встановлення і визначення похибки розташування пристрою на верстаті

Погоджуємо засіб встановлення пристрою з обраним верстатом і його паспортними даними. На кресленні проставляємо розміри і допуски, що визначають взаємне розташування посадкових і опорних поверхонь в пристрої. Виявляємо і розраховуємо похибку розташування пристрою на верстаті за формулою:

$$\delta_{p.n} = \frac{S_{\text{max}} \cdot l}{L} \quad (6.7)$$

де S_{max} – максимальний зазор;

l – довжина поверхні, що оброблюється;

L – відстань між болтами.

$$\delta_{p.n} = \frac{0,075 \cdot 30}{650} = 0,003 \text{ мм}$$

Таким чином похибка розташування пристрою на гнучкому виробничому модулі свердлильно-фрезерно-розточному з ЧПК моделі 2570 складає 0,003 мм.

6.1.14 Розрахунок на точність верстатного пристрою

Сумарна похибка при розрахунку точності верстатних пристроїв визначається за формулою [38]:

$$\delta_{\Sigma} = K \sqrt{\delta_{\theta}^2 + \delta_{p.n}^2 + \delta_{n.p}^2 + \delta_3^2 + \delta_{3n}^2} \quad (6.8)$$

					КНУ.КМР. 131.25.1-17.06.КПВ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

де K – коефіцієнт, який враховує відхилення розсіювання значень складових величин від закону нормального розподілення ($K=1,1 \dots 1,2$);

δ_6 – похибка базування заготовки у верстатному пристрої ($\delta_6=0,052$ мм);

$\delta_{p.п}$ – похибка розташування пристрою на металорізальному верстаті ($\delta_{p.п}=0,003$ мм);

$\delta_{п.р}$ – похибка взаємного розташування в верстатному пристрої опорних елементів з базовими поверхнями деталі;

δ_3 – похибка закріплення заготовки в пристрої;

$\delta_{зн}$ – похибка зносу елементів верстатного пристрою.

Похибка δ_6 є відхилення фактично досягнутого положення заготовки при базуванні від потрібного. Визначається, як граничне поле розсіяння між технологічною і вимірювальною базами в напрямку розміру, який витримується.

Похибка $\delta_{p.п}$ залежить від зміщення або перекосу корпусів пристрою на столі. Зміщення і перекося виникають із-за зазорів між спряженими поверхнями пристрою верстата. Розрахунок цієї похибки залежить від її схеми і заданої точності виготовлення посадкових елементів, тобто від величини зазору між Т-образним пазом верстата і шпонкою верстатного пристрою $\delta_{p.п}=S_{\max}$, а також залежить від величини кута перекосу між двома шпонками верстатного пристрою.

Похибка δ_3 складається в зміні положення деталі в результаті прикладення до неї зусилля закріплення і визначається як різниця між найбільшою і найменшою проекціями зміщення вимірювальної бази в напрямку виконуємого розміру.

Похибку δ_3 визначаємо $\delta_3=0,2$ мм.

На знос впливають розміри і конструкція установчих елементів, матеріал і маса оброблюваної деталі, стан її базових поверхонь і складає $\delta_{зн}=0,1$.

Похибка $\delta_{п.р}$ взаємного розташування в верстатному пристрою опорних елементів з базовими поверхнями деталі визначається по формулі:

$$\delta_{п.р} = (1/3 \dots 1/5) \cdot T = \frac{0,5}{5} = 0,1 \text{ мм} \quad (6.9)$$

де T – допуск розміру.

Обчислюємо сумарну похибку:

$$\delta_{\Sigma} = 1,1 \sqrt{0,052^2 + 0,003^2 + 0,1^2 + 0,1^2 + 0,2^2} = 0,28 \text{ мм}$$

Знайдена сумарна похибка пристрою менше допуску на обробку ($0,28 < 0,5$).

Отже, пристрій буде забезпечувати задану точність обробки.

6.1.15 Опис та принцип роботи пристрою

					КНУ.КМР. 131.25.1-17.06.КПВ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Складаально-розбірний пристрій призначений для свердлення 8 отворів діаметром 21 мм під різьбу М24–7Н. Обробка виконується на гнучкому виробничому модулі свердлильно-фрезерно-розточному з ЧПК моделі 2570ПМФ4М.

При обробці отворів деталі, на палету верстата встановлюємо установчі елементи. За рахунок того, що в палеті є центральний отвір діаметром 100 мм в цьому отворі закріплюємо палець, а на палець одягаємо спроектовану оправку діаметром 250 мм.

Затиск деталі здійснюється за допомогою знімного елемента – швидкознімної шайби, яка виконана у вигляді вилки.

Вихідне зусилля передається через гвинтову пару гвинт-гайка за допомогою ключа, довжина якого приймається рівною 250 мм.

Посадкове місце верстата виконане діаметром 250q6 з шорсткістю $R_{a2,5}$.

Спроектowana оправка виготовлена зі сталі 45 ДСТУ 7809:2015 з термообробкою.

Приєднання установчих елементів до палети виконується за допомогою болтів.

6.1.16 Техніко-економічне обґрунтування пристрою

Річні витрати $P_{СРП}$ на створення і експлуатацію однієї компоновки УСП при умові багаторазового збирання цієї компоновки протягом року можна визначити за формулою:

$$P_{СРП} = \frac{S_c}{M_k} + S_v \cdot g, \quad (6.10)$$

де M_k – число оригінальних компоновок УСП, які збираються протягом року ($M_k=2500$ комплектів на рік);

g – повторюваність складання однієї і тієї самої компоновки протягом року, яка дорівнює числу партій деталей одного найменування, яке запускається протягом року ($g=6$);

S_c , S_v – постійні та відповідно змінні витрати, які залежать від конкретних умов виробництва.

При незмінних розмірах випуску виробів та об'єму комплекту СРП затрати S_c і S_v достатньо стабільні для кожного заводу

$$S_c = S_{СРП} \cdot k_a + L_k(1 + k_k) \quad (6.11)$$

$$S_v = l_{T_{СК}} t_{СК} (1 + k_{СК}), \quad (6.12)$$

де $S_{СРП}$ – ціна (або собівартість) заводського комплекту деталей СРП та організаційно-технічної оснастки ($S_{СРП}=200000$ грн.);

k_a – коефіцієнт амортизації комплекту деталей СРП та організаційно-технічної оснастки ($k_a = 0,1$);

L_k – річний фонд заробітної плати конструкторської групи СРП ($L_k=3600$ грн.);

					КНУ.КМР. 131.25.1-17.06.КПВ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

k_k – коефіцієнт непрямих витрат, які відносяться до конструкторської групи ($k_k=0,5$);

l_T – погодинна тарифна ставка слюсаря-складальника компоновок ($l_T = 0,7$ грн./год.);

$t_{ск}$ – час складання, компоновки та наладки її на робочому місці ($t_{ск}=3$ год.);

$k_{ск}$ – коефіцієнт непрямих витрат, які відносяться до групи складальників СРП ($k_{ск}=0,8$).

$$S_c = 200000 \cdot 0,1 + 3600(1 + 0,5) = 25400 \text{ грн./год.}$$

$$S_v = 0,7 \cdot 3(1 + 0,8) = 3,8 \text{ грн./комп.}$$

$$P = \frac{25400}{2500} + 3,8 \cdot 6 = 32,96 \text{ грн./комп.}$$

Проводимо визначення річної економії. Економія при застосуванні пристосування виникає головним чином від скорочення часу обробки на верстаті, тобто від зниження трудомісткості. Зниження трудомісткості на першій операції визначаємо за формулою:

$$\Delta t_k = t_{k_1} - t_{k_2}, \quad (6.13)$$

t_{k_1} t_{k_2} – штучно-калькуляційний час відповідно до і після впровадження оснащення.

$$\Delta t_k = 0,56 - 0,44 = 0,12 \text{ хв.}$$

При використанні пристосування економія на зарплатні та витратах на експлуатацію обладнання визначається за формулою:

$$\varepsilon = \Delta t_k \cdot (l_t + \frac{S_{м.ч.}}{60}), \quad (6.14)$$

де l_t – годинна тарифна ставка робітника;

$S_{м.ч.}$ – витрати на машино-годину роботи верстата, який оснащений даним пристосуванням.

В свою чергу $S_{м.ч.}$ визначається за формулою:

$$S_{м.ч.} = S_{м.ч.п} \cdot K_m, \quad (6.15)$$

де $S_{м.ч.п}$ – витрати на машино-годину роботи базового верстата;

K_m – машино-коефіцієнт даного верстата.

$$S_{м.ч.} = 0,13 \cdot 1,137 = 0,15 \text{ грн./год.}$$

$$\varepsilon = 0,12 \cdot (3,6 + 0,15) = 0,45 \text{ грн.}$$

Сумарна річна економія визначається за формулою:

$$\varepsilon_r = \varepsilon \cdot N, \quad (6.16)$$

де N – кількість виробів на рік.

$$\varepsilon_r = 0,45 \cdot 10000 = 4500 \text{ грн.}$$

6.2 Проектування контрольного пристрою

					КНУ.КМР. 131.25.1-17.06.КПВ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

6.2.1 Розробка технічного завдання

Розробку контрольного пристрою виконуємо з розробки технічного завдання.

Контролювати, виходячи з технічного завдання на кресленні, будемо торцеве биття торцю до бази Б, воно повинно складати не більше ніж 0,2 мм. Виконаємо ескіз деталі з вказівкою вимог точності по відхиленню форми та розташування поверхонь.

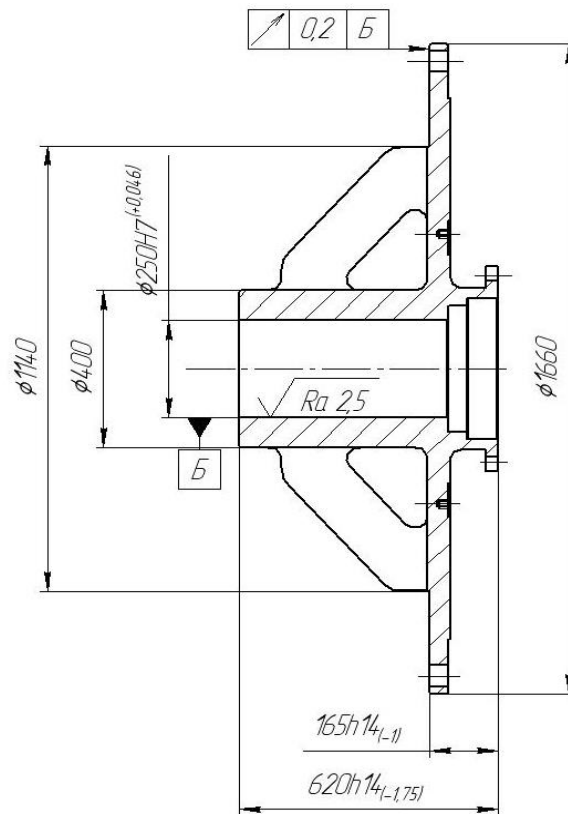


Рисунок 6.8 – Ескіз деталі з вказівкою вимог точності по відхиленню форми

6.2.2 Вибір або розробка схеми контролю

Схему контролю виконуємо відносно вимог по точності відхиленню форми і розташування поверхонь деталі.

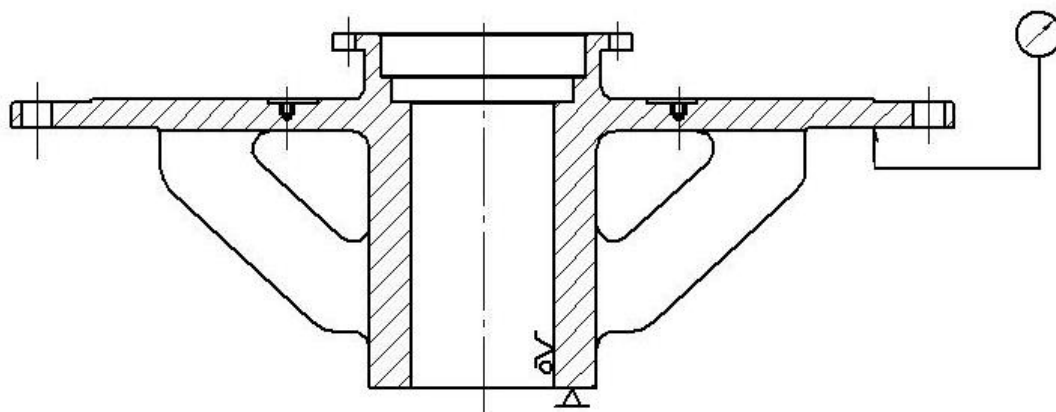


Рисунок 6.9 – Ескіз схеми контролю торцевого биття

6.2.3 Розробка схеми базування деталі при виконанні контролю

Поверхня 1 на схемі базування при контролі деталі (зображено на рисунку 6.10) є установчою базою, що позбавляє деталь трьох ступенів вільності. Деталь встановлюється на палець в отвір $\varnothing 250H7$. Ця поверхня є направляючою базою і позбавляє деталь двох ступенів вільності. Отже на деталь накладено п'ять точок, відповідно вона позбавлена п'яти ступенів вільності

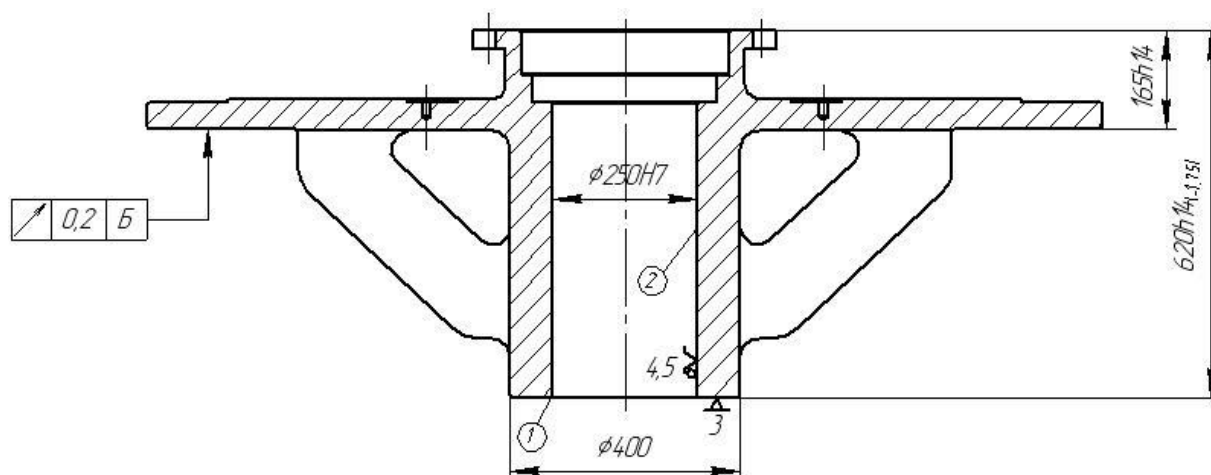


Рисунок 6.10 – Схема базування деталі при контролі торцевого биття

6.2.4 Вибір конструкції установчих елементів

Вибір установчих елементів пристрою виконуємо відносно схем базування і контролю (відповідно до рисунків 6.9 і 6.10).

Контроль торцевого биття відносно базового отвору виконується безпосередньо на токарно-карусельному верстаті моделі 1А516МФ3. Деталь буде встановлюватись в кулачки, які закріплені на планшайбі.

6.2.5 Вибір контрольного приладу

Конструкторськими і технологічними базами для даної деталі являються торець і отвір. Для витримування принципу суміщення баз, деталь встановлюють на ці поверхні. Вимірювальні засоби вибираються залежно від точності вимірюваної величини.

В якості вимірювального пристрою вибираємо електронний індикатор TESA DIGICO, тип 19.30111, дискретність цифрової шкали 0,01мм/0,0005дюйм, найбільша похибка 10 мкм.

6.2.6 Загальна компоновка контрольного пристрою

Вибір стандартних деталей виконуємо ..

На рисунку 6.5 зображена схема контрольного пристрою для контролю торцевого биття.

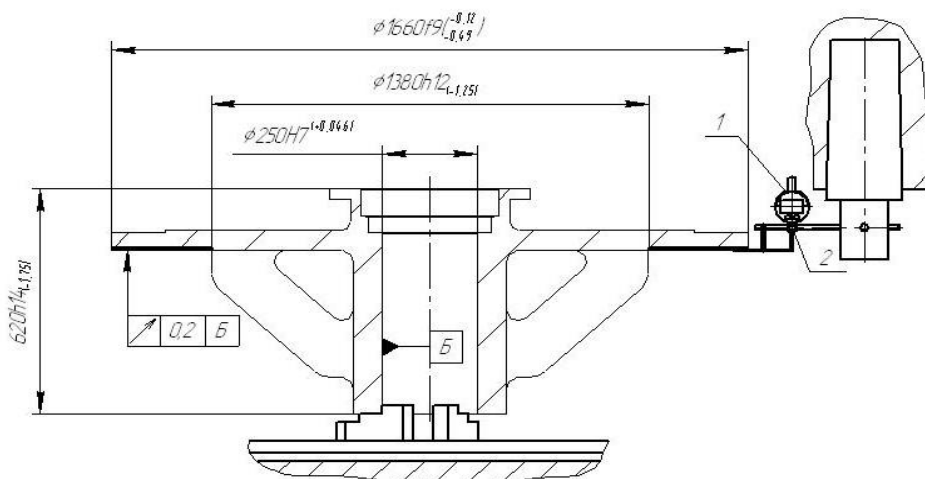


Рисунок 6.5 – Схема контрольного пристрою для контролю торцевого биття:
1 – індикатор; 2 – різьбовий замок

6.2.7 Розрахунок точності контрольного пристрою

Визначаємо допустиму похибку вимірювання.

Так як деталь фланець є не дуже відповідальною деталлю то допустима сумарна похибка складає 20% допуску на контрольований розмір. Отже:

					КНУ.КМР. 131.25.1-17.06.КПВ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$[\Delta] = 0,2 \cdot 0,2 = 0,04 \text{ мм}$$

Визначаємо точність пристрою [39].

Після аналізу пристрою приходимо до висновку, що вираз приймає вид:

$$\Delta_{\Sigma} = \Delta_{y.э} + \sqrt{(\Delta_{сл}^2 + \Delta_{ин}^2)},$$

де $\Delta_{сл}$ – випадкова похибка, приймає від 3 до 5 % допуску вимірювального розміру

$$\Delta_{сл} = 0,03T = 0,03 \cdot 0,2 = 0,006 \text{ мм.}$$

$\Delta_{ин}$ – похибка вимірювального пристрою, $\Delta_{ин} = 0,01 \text{ мм}$

Отже:

$$0,04 = \Delta_{y.э} + \sqrt{(0,006^2 + 0,01^2)}$$

$$\Delta_{y.э} = 0,04 - \sqrt{0,000036 + 0,0001}$$

$$\Delta_{y.э} = 0,04 - 0,011 = 0,029$$

Тобто торцеве биття не повинно перевищувати 0,029 мм.

					КНУ.КМР. 131.25.1-17.06.КПВ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

7 ІНЖЕНЕРНИЙ АНАЛІЗ У СИСТЕМІ SOLIDWORKS SIMULATION

Проведемо інженерний аналіз у CAE-модулі SolidWorks Simulation. Обираємо тип аналізу – статичний. Мета дослідження – проаналізувати поведінку фланцю під впливом діючих навантажень.

Першим кроком призначаємо відповідний матеріал. Сталі 45ФЛ немає в стандартній базі матеріалів, тому створюємо її самостійно та вказуємо відповідні характеристики (рис. 7.1).

Property	Value	Units
Elastic Modulus	210000	N/mm ²
Poisson's Ratio	0.3	N/A
Shear Modulus	80000	N/mm ²
Mass Density	7850	kg/m ³
Tensile Strength	589	N/mm ²
Compressive Strength		N/mm ²
Yield Strength	392	N/mm ²
Thermal Expansion Coefficient	1.1e-05	/K
Thermal Conductivity	50	W/(m·K)
Specific Heat	500	J/(kg·K)
Material Damping Ratio		N/A

Рисунок 7.1 – Характеристики матеріалу для дослідження

Додаємо кріплення та створюємо навантаження у вигляді крутного моменту у розмірі 300 кНм, контактної тиску від запресовки на вал у 100 МПа та ваги деталі. Результат наведено на рис. 7.2.

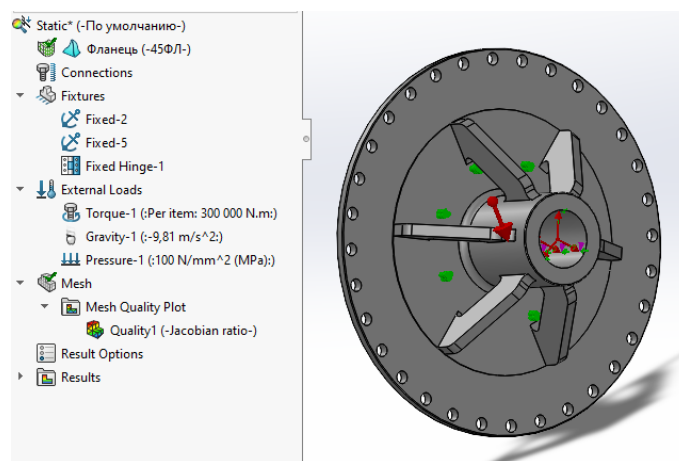


Рисунок 7.2 – Кріплення та навантаження, діючі на фланець

Створюємо сітку на основі змішаної кривизни з найбільшим розміром елемента 30 мм (рис. 7.3). При таких налаштуваннях максимальний коефіцієнт Якобіана складає 4,2, що менше 10 та свідчить про високу якість сітки.

					КНУ.КМР. 131.25.1-17.07.ІА						
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ІНЖЕНЕРНИЙ АНАЛІЗ У СИСТЕМІ SOLIDWORKS SIMULATION			Лит.	Лист	Листов	
Разраб.	Хмельницький										
Провер.	Цивінда								93		
Реценз.								Каф.ТМ гр.ПМ-24м			
Н. Контр.	Нечасв										
Утверд.	Рязанцев										

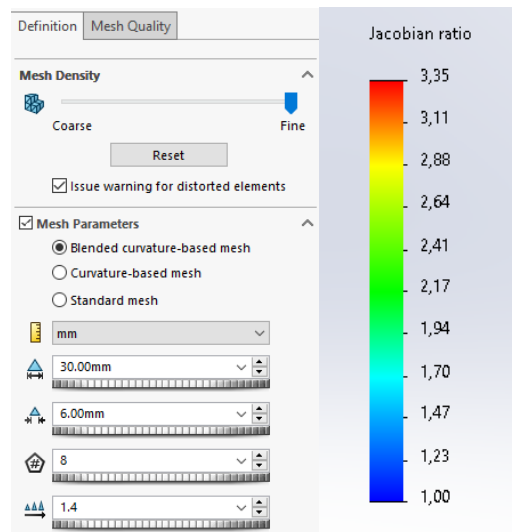


Рисунок 7.3 — Налаштування сітки та коефіцієнт Якобіана

Запускаємо дослідження. Результати наведено на рис.7. 4 –7. 8.

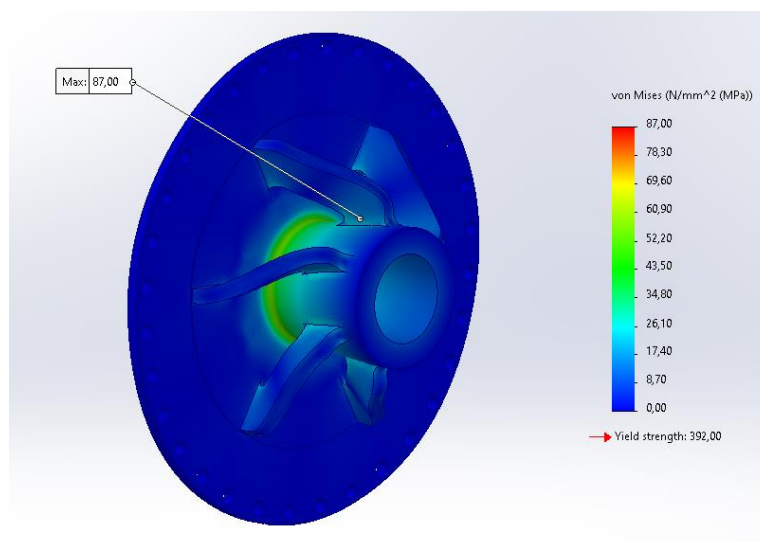


Рисунок 7.4 – Епюра напружень

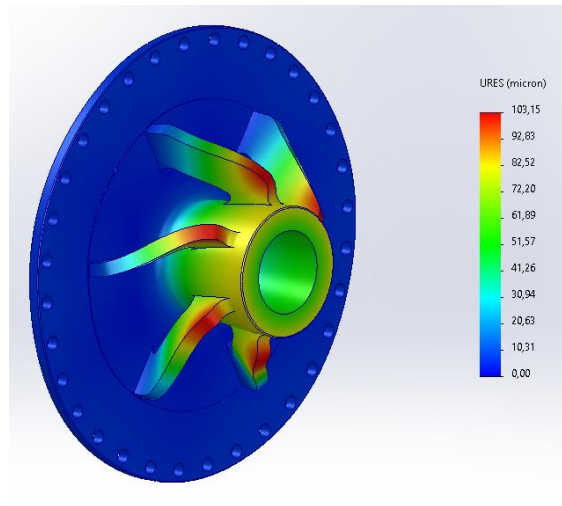


Рисунок 7.5 – Епюра переміщень

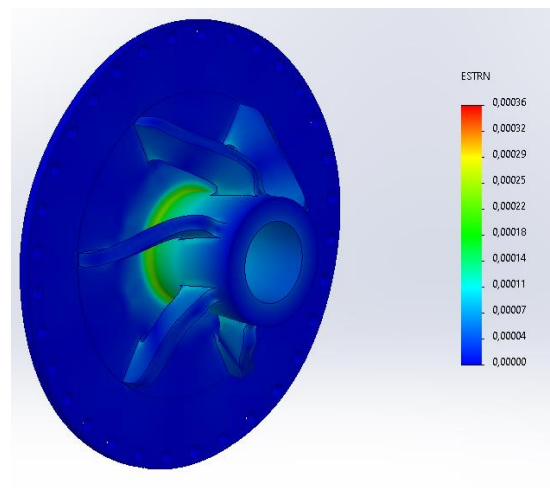


Рисунок 7.6 – Епюра еквівалентної деформації

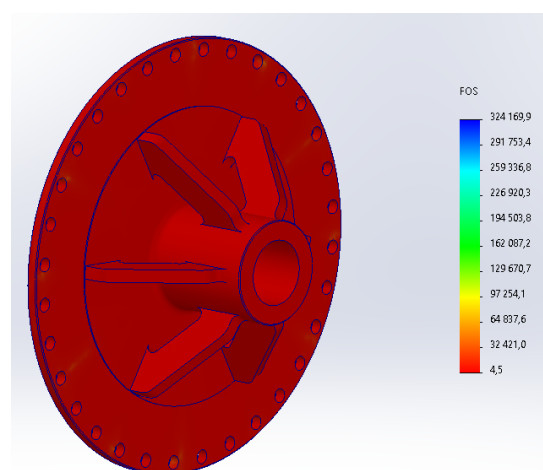


Рисунок 7.7 – Епюра запасу міцності

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

КНУ.КМР. 131.25.1-17.07.1А

Лист

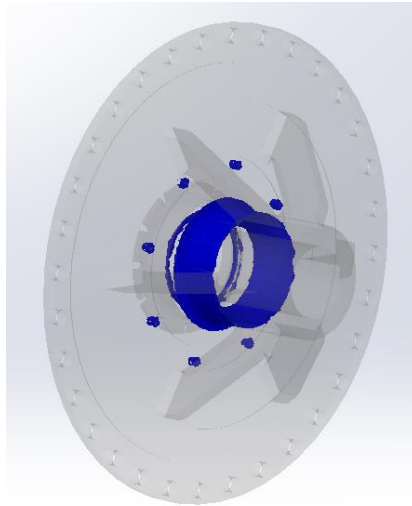


Рисунок 7.8 – Епюра Design Insight

Як видно з результатів, найбільше напруження складає 87 МПа, що значно менше за межу текучості матеріалу 35ФЛ у 392МПа. Максимальне переміщення 103 мкм, що також є незначним для даних габаритів деталі і не потребує внесення змін до її конструкції. Мінімальний коефіцієнт запасу міцності складає 4,5. Це свідчить про те, що фланець задовольняє вимогам міцності і надійності при заданих режимах роботи.

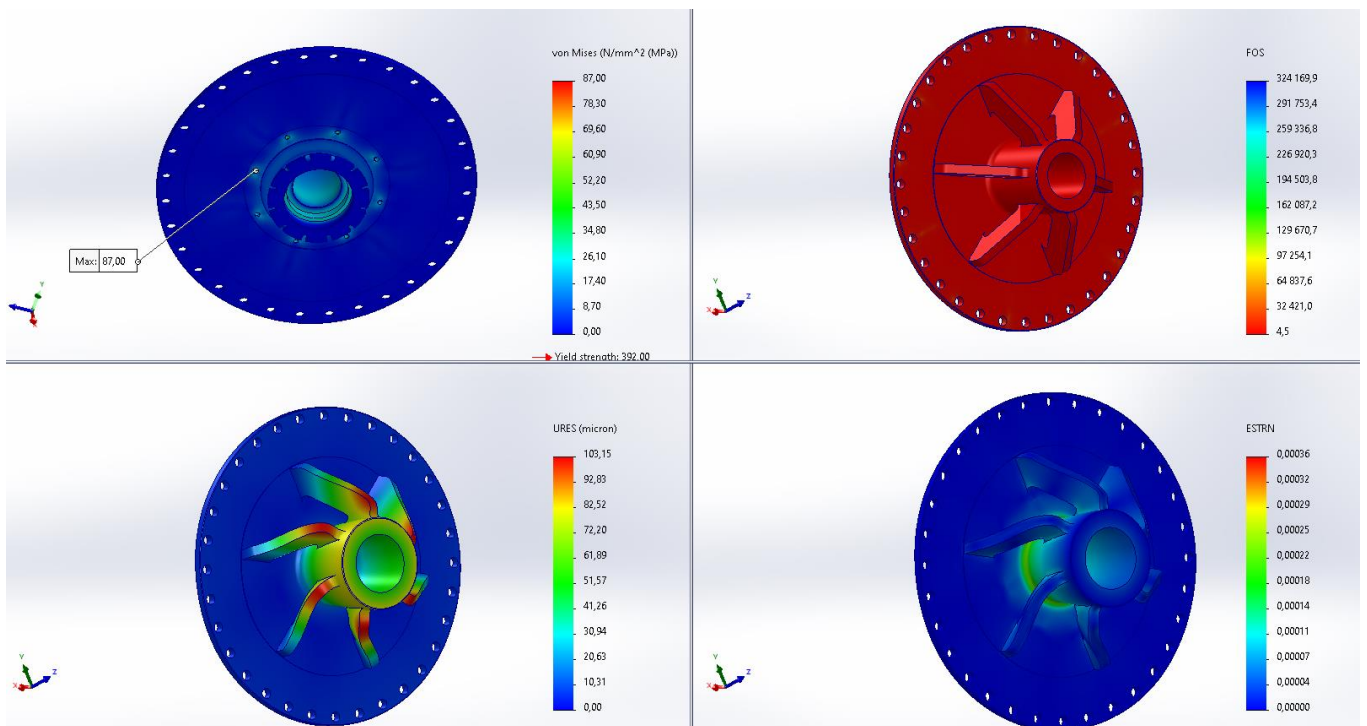


Рисунок 7.8 — Зведена епюра напружень, переміщень, запасу міцності, деформацій

8 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА: АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ РЕМОНТУ ДЕТАЛЕЙ ЛЕГОВАНИХ ВАНАДІЄМ ЗВАРЮВАННЯМ

Метою дослідження було розглянути можливість ремонту деталі фланець, яка виготовлена із спеціальної сталі 35ФЛ–І ТВ14-1-1631-76.

Сталь 35ФЛ має високу в'язкість і міцність, зносостійкість, корозійну стійкість. Наявність ванадія сприяє утворенню мілко дисперсних карбідів, які збільшують твердість і міцність сталі. Тому ця сталь використана для отримання фланцю і забезпечує його міцність і довговічність при роботі в агресивному середовищі пульпи.

Тому вивчення аспектів зварюваності, пов'язаних зі сталями мікролегованими ванадієм, для конструкційного застосування в механізмах згущення пульпи, а також особливості зварюваності, розтріскування при кристалізації, розтріскування при повторному нагріванні, водневому розтріскуванні під час виготовлення, зміцненні в зоні термічного впливу (ЗТВ), а також в'язкості ЗТВ та металу шва актуальна тема.

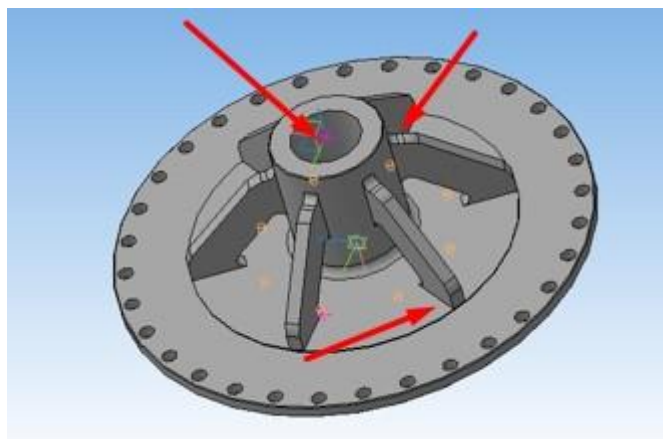


Рисунок 8.1- Зони підвищеного спрацювання чи руйнування при роботі фланцю механізму згущення пульпи

Ванадієва сталь відома своїм відмінним співвідношенням міцності до ваги, високою ударною в'язкістю та покращеною стійкістю до зносу.

Переваги:

- Висока міцність і в'язкість: Ванадієва сталь має чудову міцність на розтягування та стійкість до ударів, що робить її ідеальною для високонавантажених механізмів.

					КНУ.КМР. 131.25.1-17.08. НДЧ		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА		
Разраб.	Хмельницький						
Провер.	Цивінда						
Реценз.							
Н. Контр.	Нечаєв						
Утверд.	Рязанцев				Каф.ТМ гр.ПМ-24м		
					Лит.	Лист	Листов
						97	

- Покращена стійкість до зносу: Дрібно-дисперсні карбіди, що утворюються в процесі обробки, підвищують стійкість до зносу, збільшуючи термін служби деталей.

- Хороша зварюваність: Ванадієва сталь може бути зварена з використанням стандартних технологій, що дозволяє створювати універсальні варіанти виготовлення.

Недоліки:

- Вартість: Додавання ванадію може збільшити витрати на виробництво порівняно зі стандартними вуглецевими сталями.

- Крихкість при низьких температурах: Хоча при кімнатній температурі ванадієва сталь має високу в'язкість, вона може стати крихкою при дуже низьких температурах, що обмежує її застосування в криогенних умовах.

Таблиця 8.1- Замінники сталі 35ФЛ

Стандарт	Позначення /Група	Країна	Примітки
UNS	K10400	США	Еквівалент AISI 6150
AISI/SAE	6150	США	Використовується в машинобудуванні
ASTM	A322	США	Специфікація для легованих прутків
EN	1.7220	Європа	Еквівалент AISI 6150 с
JIS	SCM440	Японія	Використовується в машинобудуванні

Найбільш доцільно буде замінити спеціальну марку сталі 35ФЛ-I TB14-1-1631-76 на сталь 45ФЛ ДСТУ 7806:2015 .

Часто можна бачити використання ванадію до хромо-молібденових сталей, таких як 35ХМФЛ, для використання при підвищених температурах.

Відмінності між еквівалентними групами можуть суттєво впливати на продуктивність. Наприклад, хоча AISI 6150 та EN 1.7220 мають схожі механічні властивості, конкретні процеси термообробки можуть давати різні результати щодо міцності та твердості.

8.1 Аналіз позитивного ефекту мікролегуючої добавки ванадію для випадку дугового зварювання

Аналіз досліджень вчених показав, що у випадку дугового зварювання переваги, які мікролегуючі добавки можуть принести до складу сталі з точки зору зниження вмісту вуглецю позитивний ефект.

Зварюваність-здатність сталі утворювати при установленій технології зварювання з'єднання, що відповідає експлуатаційним вимогам.

Найбільший вплив на зварюємість має вміст вуглецю та легуючих елементів.

Класична формула, підтверджена інститутом ім. Патона (Україна) визначення кількісної характеристики зварюваності визначає еквівалентний вміст вуглецю та має вигляд :

$$C_{\text{екв}} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr+Mo+V}{5} + \frac{Ni+Cu}{15}, \quad (1)$$

де C – вміст вуглецю, %

Mn, V.....вміст легуючих елементів, %

Таблиця 8.2 –Кількісна характеристика зварює мості

Зварюємість (група зварюємості)	C екв, %	Марки сталей	
		вуглецевих	легованих
Добра (I)	Не більше 0,25	Ст ₁ , Ст ₂ , сталі 08,10,15,20,25	15Г, 20Г,15Х,15ХА, 20Х, 15ХМ,15ХСНД,
Задовільна (II)	0,25...0,35	Ст5, сталі 30,35	12ХН2,12ХН3А,30Х,30ХМ
Обмежена (III)	0,35...0,45		35Г, 45Г, 40Г2, 40ХН, 30ХГС, 20Х2Н4МА, 40ХМФА, 5ХМ,35ФЛ, 45ФЛ
Погана (IV)	Більше 0,45		50Г, 50Г2, 50Х,50ХН, ХГС,45ХН3МФА

застосування в Криворізькому басейні сталі 40ХМФА, то можна вважати що вона відноситься до обмеженої групи зварюваності.

Систематичні дослідження впливу складових змінних на розтріскування під час закалювання проводилися за кордоном; їхні результати були враховані в британських і пізніше в європейських стандартах щодо дугового зварювання феритних сталей. Дослідження виконувалися із застосуванням дугового зварювання під флюсом, яке характеризується істотною розводкою основної сталі, що надало можливість оцінити вплив складу основних металів на процес. На основі отриманих даних була виведена формула, яка зв'язує схильність до розтріскування — виражену в одиницях UCS (units of cracking susceptibility) — зі складом металу шва.

$$UCS = 230C + 190S + 75P + 45Nb - 12.3Si - 5.4Mn - 1, \quad (8.1)$$

Рівняння дійсне для наступного діапазону складів металу шва: 0,08-0,23%С, 0,010-0,050%S, 0,010-0,045%Р, 0,15-0,65%Si, 0,45-1,6Mn, 0-0,07%Nb.

Було зроблено висновок, що присутність до 1%Ni, 0,5%Cr, 0,4%Mo, 0,07%V, 0,3%Cu, 0,02%Ti, 0,03%Al, 0,002%B не має суттєвого впливу на ризик розтріскування.

В одному з досліджень, присвячених вивченню впливу ванадію під час зварювання під флюсом труб зі вмістом 0,16 % С та 1,4 % Mn, було встановлено, що введення ванадію, ймовірно, сприяє зниженню ризику розтріскування в процесі затвердіння.

Висновок. Хоча розтріскування при затвердінні в дугових зварних швах на сьогодні трапляється рідко, головним чином через зменшений вміст вуглецю та сірки, як проблема зварюваності воно знову набуло актуальності у високошвидкісних променевих методах зварювання, зокрема лазерному. У зв'язку з цим доцільним є дослідження питання, чи поширюється задекларований позитивний вплив ванадію, характерний для дугового зварювання під флюсом, також і на лазерне зварювання, яке нині розглядається як перспективний спосіб з'єднання труб.

8.2 Аналіз явищ розтріскування, що виникає внаслідок повторного нагрівання або під час зняття напружень

Розтріскування, що виникає внаслідок повторного нагрівання або під час зняття напружень, зазвичай властиве низьколегованим сталям, які містять щонайменше два з таких елементів, як Cr, Mo, V та B. Водночас через обмежене коло сталей, для яких характерна ця проблема, було здійснено небагато спроб розроблення універсальних залежностей для прогнозування такого типу розтріскування. Нижче наведено два приклади формул, що застосовувалися на практиці.:

$$\Delta G = Cr + 3.3Mo + 8.1V, \quad (8.3)$$

де $\Delta G < 0$ вказує на низьку сприйнятливості, а

$$P_{SR} = Cr + Cu + 2Mo + 10V + 7Nb + 5Ti - 2, \quad (8.4)$$

коли $P_{SR} < 0$ вказує на низьку сприйнятливості

Оскільки розтріскування має міжкристалічний характер, на ймовірність його виникнення можуть впливати й інші елементи, що визначають відпускну крихкість, тому дана проблема не обмежується лише вмістом легувальних компонентів. Для конструкційних сталей прагнення уникати післязварювальної термічної обробки призводить до того, що таке розтріскування загалом трапляється нечасто, проте останнім часом його прояви фіксуються дедалі частіше.

На початкових етапах розвитку мікролегованих сталей водневе розтріскування в зоні термічного впливу становило серйозну проблему зварюваності. Це було зумовлено, зокрема, відносно високим вмістом вуглецю, а також підвищеним рівнем водню у зварювальних матеріалах — як у стані постачання, так і внаслідок неналежного зберігання та використання. За останні 10–15 років обидва ці чинники зазнали суттєвого поліпшення: вміст вуглецю в сталях продовжив знижуватися, а кількість водню в зварних швах значно зменшилася завдяки вдосконаленню зварювальних матеріалів.

Водночас ризик виникнення цієї проблеми й надалі пов'язаний з можливістю формування загартованих, переважно мартенситних мікроструктур у зоні термічного впливу. Чутливість матеріалу до водневого розтріскування, як і раніше, зазвичай оцінюється за параметром, що характеризує хімічний склад сталі, відомим як вуглецевий еквівалент.

Ці параметри часто пов'язані з методами розробки мінімального попереднього нагрівання для уникнення цієї проблеми. Після аналізу установлено, що найповнішими з цих схем сьогодні, ймовірно, є ті, що використовуються у Великій Британії, такі, як і Україні (8.5) розроблені в Кембриджі, (8.6) в Японії, часто звані методом CEN, (8.7, 8.8) включені до AWS D1.1 та новіший метод, що походить з Німеччини (8.9). Та використовують такі параметри характеристики складу.

$$\text{Секв} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr+Mo+V}{5} + \frac{Ni+Cu}{15}, \quad (8.5)$$

$$\text{Секв} = C + f(C) \left\{ \frac{Si}{24} + \frac{Mn}{6} + \frac{Cu}{15} + \frac{Ni}{20} + \frac{Cr+Mo+V}{5} \right\}, \quad (8.6)$$

де $f(C) = 0.75 + 0.25 \lg[20 (C-0.12)]$

$$\text{Секв} = C + \frac{Mn+Si}{6} + \frac{Cr+Mo+V}{5} + \frac{Ni+Cu}{15}, \quad (8.7)$$

$$P_{cm} = C + \frac{Si}{30} + \frac{Mn}{20} + \frac{Ni}{60} + \frac{Cr}{20} + \frac{Mo}{15} + \frac{V}{10} + 5B, \quad (8.8)$$

$$\text{Секв} = C + \frac{Mn+Mo}{10} + \frac{Cr+Cu}{20} + \frac{Ni}{40}, \quad (8.9)$$

Більшість із цих досліджень показують, що ванадій має незначний негативний вплив на ризик водневого розтріскування в зоні термічного впливу (ЗТВ), хоча цікаво відзначити, що в новішому німецькому дослідженні, яке застосовується до сталей з вмістом вуглецю до 0,18% V, не було виявлено необхідності включати цей елемент до параметра, що характеризує склад.

Дослідження Харта та Гаррісона у 80-х роках, проведене на серії експериментально виготовлених вуглецево-марганцевих нікель-ванадієво-молібденових сталей, показало, що критичний час охолодження для запобігання розтріскуванню в ЗТВ може бути пов'язаний зі складом сталі за виразом:

$$\log \Delta t_{800-500^{\circ}\text{C}}(\text{crit}) = 3.7 \left(C + \frac{Mn}{13} + \frac{V}{6} + \frac{Ni}{40} + \frac{Mo}{10} \right) - 0,31, \quad (8.10)$$

Ризик розтріскування, який описується відповідним виразом, визначається сумарною дією двох незалежних складових. Перша з них пов'язана з прогартуваністю сталі та відображає ймовірність формування загартованих мікроструктур, схильних до утворення тріщин. Друга складова характеризує внутрішню схильність самих загартованих мікроструктур до розтріскування і зазвичай оцінюється через показник критичної твердості.

Харт і Гаррісон дійшли висновку, що вплив ванадію на зазначені чинники є різноспрямованим. За значень твердості, наближених до критичного рівня, встановленого в цьому дослідженні (близько 350 HV), введення ванадію призводило до зменшення прогартуваності сталі, що, у свою чергу, знижувало ризик розтріскування.

Разом із тим цей позитивний ефект частково компенсувався зменшенням критичної твердості під впливом ванадію, тобто підвищенням схильності мікроструктур до утворення тріщин, що відображено у відповідному рівнянні, (8.11).

$$HV = 283.3 + 668.1 \left(C + \frac{Mn}{42} - \frac{V}{4} + \frac{Mo}{24} \right), \quad (8.11)$$

У подальшому регресійному аналізі набагато більшої бази даних сталей типу С: Mn, багатьох мікролегованих з Nb, Харт та ін., отримали аналогічне рівняння для параметра, що характеризує склад:

$$HV_{\text{crit}} = 207 + 692 \left(C + \frac{3Mn}{100} + \frac{3Mo}{50} + \frac{3Cu}{25} + \frac{2Cr}{25} + \frac{17Al}{25} + \frac{5P}{3} - \frac{V}{4} - \frac{4Nb}{4} \right), \quad (8.12)$$

Як зазначали Харт та його співавтори, оскільки мікроструктури, критичні з точки зору виникнення розтріскування, зазвичай мають мартенситний характер, виражена залежність критичної твердості $HV_{\text{крит}}$ від вмісту вуглецю є цілком закономірною. Крім того, дослідники вказували на наявність низки робіт, у яких показано, що залишкові стискуючі напруження, які формуються під час охолодження зварного шва, пов'язані з хімічним складом сталі та мають менші значення для сталей із нижчими температурами фазових перетворень. З огляду на це, тенденція до зменшення $HV_{\text{крит}}$ зі зростанням вмісту вуглецю та вуглецевого еквівалента також є очікуваною.

Під час оцінювання ризику розтріскування, пов'язаного з певним легувальним елементом, його вплив доцільно розглядати з позиції збільшення загального рівня легування. Оскільки значна частина розробок сталей спрямована на досягнення заданого рівня міцності, коректне порівняння слід виконувати з альтернативними схемами легування, що забезпечують однакові міцнісні характеристики. Харт і Гаррісон показали, що порівняно з марганцем, навіть у нормалізованій сталі, необхідне підвищення міцності може бути досягнуте за меншого зростання ризику розтріскування при використанні легування ванадієм, а не марганцем.

Зокрема, в хромомолібденових сталях, призначених для роботи за підвищених температур, легування ванадієм відіграло помітну роль у розвитку нових марок, таких як модифіковані сталі 9Cr1Mo (відомі як P91), ванадієвмісні сталі 2,25Cr1MoV, а також сталі типу 3CrMoVTiB. Оскільки ці матеріали є відносно новими розробками, кількість досліджень, присвячених впливу ванадію, є обмеженою. Проте для сталей класу P91 у роботах Panton-Kent показано, що ризик водневого розтріскування зварного металу не перевищує відповідний показник для традиційного складу 9Cr1Mo.

Для сталей типу 2¼Cr1Mo наявні дані свідчать про суттєві переваги введення ванадію з точки зору стійкості до водневого окрихчення під час експлуатації. Ймовірно, це пов'язано з підвищеною здатністю таких сталей до захоплення водню та зниженими коефіцієнтами його дифузії у ванадіймодифікованих сплавах. Крім того, результати інших досліджень показують, що застосування ванадію сприяє зменшенню проблеми розшарування на межі з'єднання плакування. Потенційні наслідки зниження коефіцієнта дифузії водню для зварювальних технологій виготовлення хроммодифікованих сталей, зокрема щодо застосування дегідрувальних процедур, є предметом майбутнього спільного промислового проєкту, що планується в TWI.

Очевидно, що вплив мікролегування на процеси гартування в зоні термічного впливу є важливим через його роль у формуванні ризику водневого розтріскування ЗТВ, як зазначалося раніше. Хоча загальна небезпека водневого розтріскування ЗТВ нині зменшилася, цей аспект залишається значущим, а подекуди набуває ще більшої актуальності, зокрема з позицій запобігання розтріскуванню в експлуатаційних умовах. Це стосується насамперед впливу твердості ЗТВ на розвиток тріщин, пов'язаних з водневим окрихченням — як у разі катодного захисту, так і при корозійному розтріскуванні під напруженням у сульфідному середовищі.

Ці форми розтріскування в умовах навколишнього середовища запобігаються шляхом контролю твердості ЗТВ до заданих меж, які для повністю кислого режиму зазвичай становлять максимум 250HV.

Окрім розгляду ризику водневого розтріскування ЗТВ, у дослідженні Харта та Гаррісона також були розроблені рівняння для прогнозування рівнів твердості ЗТВ у діапазоні 250-450 HV.

Таблиця 8.3 – Лінійні регресійні рівняння для прогнозування часу охолодження ($\Delta t_{800^{\circ}-500^{\circ}\text{C/S}}$)

Рівняння середньої лінії		Параметр характеристики композиції (ПХК)
1	$\text{Log } \Delta t$ (250HV) = M (ПХК ₁) + K	$C + 0.1191\text{Mn} + 0.3010\text{V} + 0.0828\text{Ni} + 0.1777\text{Mo}$ $\left(C + \frac{\text{Mn}}{8} + \frac{\text{V}}{3} + \frac{\text{Ni}}{12} + \frac{\text{Mo}}{6}\right)$
2	$\text{Log } \Delta t$ (275HV) = M (ПХК ₂) + K	$C + 0.1032\text{Mn} + 0.2480\text{V} + 0.0700\text{Ni} + 0.1508\text{Mo}$ $\left(C + \frac{\text{Mn}}{10} + \frac{\text{V}}{4} + \frac{\text{Ni}}{14} + \frac{\text{Mo}}{76}\right)$
3	$\text{Log } \Delta t$ (300HV) = M (ПХК ₃) + K	$C + 0.0828\text{Mn} + 0.0213\text{V} + 0.0362\text{Ni} + 0.1037\text{Mo}$ $\left(C + \frac{\text{Mn}}{12} + \frac{\text{V}}{47} + \frac{\text{Ni}}{28} + \frac{\text{Mo}}{10}\right)$
4	$\text{Log } \Delta t$ (325HV) = M (ПХК ₄) + K	$C + 0.0641\text{Mn} - 0.0293\text{V} + 0.0136\text{Ni} + 0.0969\text{Mo}$ $\left(C + \frac{\text{Mn}}{16} + \frac{\text{V}}{34} + \frac{\text{Ni}}{74} + \frac{\text{Mo}}{10}\right)$
5	$\text{Log } \Delta t$ (350HV) = M (ПХК ₅) + K	$C + 0.0485\text{Mn} - 0.0565\text{V} + 0.0047\text{Ni} + 0.0758\text{Mo}$ $\left(C + \frac{\text{Mn}}{21} + \frac{\text{V}}{18} + \frac{\text{Ni}}{213} + \frac{\text{Mo}}{13}\right)$
6	$\text{Log } \Delta t$ (375HV) = M (ПХК ₆) + K	$C + 0.0508\text{Mn} - 0.0390\text{V} + 0.0020\text{Ni} + 0.0836\text{Mo}$ $\left(C + \frac{\text{Mn}}{30} + \frac{\text{V}}{26} + \frac{\text{Ni}}{500} + \frac{\text{Mo}}{12}\right)$
7	$\text{Log } \Delta t$ (400HV) = M (ПХК ₇) + K	$C + 0.1972\text{Mn} - 0.0996\text{V} + 0.0917\text{Ni} + 0.1792\text{Mo}$ $\left(C + \frac{\text{Mn}}{5} + \frac{\text{V}}{10} + \frac{\text{Ni}}{11} + \frac{\text{Mo}}{6}\right)$
8	$\text{Log } \Delta t$ (450HV) = M (ПХК ₈) + K	$C + 0.3743\text{Mn} - 0.3930\text{V} + 0.0240\text{Ni} + 0.3854\text{Mo}$ $\left(C + \frac{\text{Mn}}{3} + \frac{\text{V}}{3} + \frac{\text{Ni}}{42} + \frac{\text{Mo}}{3}\right)$

Для вищих рівнів твердості 325 HV і вище, які, як правило, пов'язані з швидшими умовами охолодження і, отже, коротшими термічними циклами, можна побачити, що ванадій знижує прогартовуваність, тоді як для м'якших мікроструктур від 300 до 250 HV вплив ванадію мав дедалі позитивний ефект. Ця зміна знака коефіцієнта для ванадію не очевидна з інших робіт, що досліджують твердість ЗТВ, наприклад, з роботи Сузукі, Юріоки та Дюрена але це може бути пов'язано з нижчими рівнями ванадію, які досліджували, та тим фактом, що вони не розробили вирази для кожного конкретного рівня твердості.

Причина зміни знаку невідома, але може бути безпосередньо пов'язана з впливом ванадію на перетворення $\gamma \rightarrow \alpha$. Це також можна частково пояснити впливом ванадію як V(C/N), який забезпечує певне закріплення меж зерен аустеніту та таким чином зменшує ріст зерен аустеніту у високотемпературній зоні термічного впливу. Ванадій має лише слабкий вплив у цьому відношенні, і тому ефект, швидше за все, спостерігатиметься у швидких термічних циклах, коли найменше часу для розчинення цих частинок та подальшого росту зерен. При нижчих рівнях твердості, які загалом досягаються за рахунок тривалішого часу охолодження, можна очікувати певного позитивного внеску в твердість через механізм дисперсійного твердіння, що пояснює зростаючу позитивну величину ванадію.

8.3 Вплив вмісту ванадію на в'язкість в зоні термічного впливу (ЗТВ) зварювання сталей

Кількість досліджень, спрямованих безпосередньо на вивчення впливу підвищеного вмісту ванадію на в'язкість зони термічного впливу (ЗТВ), є відносно обмеженою. Водночас для більшості зварних умов характерно те, що збільшення концентрації ванадію до приблизно 0,15 % (що зазвичай є верхньою межею досліджуваних значень) або не чинить помітного впливу на в'язкість зварних з'єднань, або може забезпечувати певні позитивні зміни. Характер отриманих результатів не завжди є однозначним, оскільки інколи спостерігаються відмінності між даними, отриманими на модельованих ЗТВ та реальних зварних з'єднаннях, а також між результатами випробувань за методами Шарпі та CTOD. Проте автор цієї роботи зосереджується насамперед на результатах, отриманих для зварних з'єднань, вважаючи їх найбільш репрезентативними щодо реальних умов експлуатації.

					КНУ.КМР. 131.25.1-17.08.НДЧ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

За даними Мітчелла та співавторів, у багатопрохідних зварних швах, виконаних із підведенням тепла 2 кДж/мм, у сталях з вмістом вуглецю 0,12 % спостерігалось суттєве підвищення ударної в'язкості за Шарпі, тоді як температура переходу за критерієм CTOD залишалася практично незмінною (рис. 8.2). У дослідженні двопрхідних зварних з'єднань у серії низьковуглецевих сталей (0,07 % C) Харт і Сейдж встановили, що при вмісті ванадію 0,05–0,10 % відзначалося певне покращення в'язкості грубозернистої ЗТВ другого проходу (рис. 8.2). Мітчелл та ін., використовуючи власні результати, а також дані Кроутера і Ванга, проаналізували вплив тепловкладення на в'язкість ванадієвмісних сталей після зварювання; відповідні результати наведені на рис. 3. Отримані дані свідчать про чіткі відмінності між сталями, мікролегованими ванадієм, та сталями з мікролегуванням ніобієм або ніобій-ванадієвими добавками. Зокрема, ванадієві мікролеговані сталі демонструють вищу стійкість до збільшення тепловкладення, а за оцінкою в'язкості через температуру переходу CTOD — покращену поведінку.

Зазначені вище дослідження переважно стосуються випадків, коли склад сталі змінювався лише за рахунок вмісту ванадію, що створює найбільш сприятливі умови для аналізу його впливу на в'язкість ЗТВ. Водночас цікаві закономірності простежуються і в сталях зі змінним вмістом інших легувальних елементів. Так, у масштабному проєкті, результати якого наведені Гаррісоном і Хартом, показано, що при дослідженні субкритично повторно нагрітого грубозернистого металу ЗТВ сталі з ванадієм забезпечують нижчу температуру переходу CTOD 0,1 мм за однакової твердості порівняно зі сталями без ванадію та зі сталями, легованими ніобієм (рис.8. 4).

Примітно, що ця тенденція зберігалася як для зварених зразків, так і для зварених і термооброблених з'єднань (2 години при 590 °C). Лі та співавтори, досліджуючи ЗТВ з міжкритично повторно нагрітим грубозернистим перегріванням (ICGC), також встановили, що сталь із вмістом 0,05 % V має вищу в'язкість руйнування в цій зоні порівняно зі звичайними сталями типу C–Mn або C–Mn–0,3Nb. Водночас за вмісту ванадію 0,10 % спостерігалось зниження в'язкості, пов'язане зі зростанням частки структур типу M–A.

Під час оцінювання в'язкості зони термічного впливу (ЗТВ) у вуглецево-марганцевих і мікролегованих сталях необхідно враховувати роль азоту. За наявними даними, більшість досліджень, присвячених впливу азоту на в'язкість ЗТВ у сталях типу C–Mn та C–Mn–Nb, свідчать про те, що підвищення вмісту азоту зазвичай призводить до зниження в'язкості ЗТВ. Це, як правило, пояснюється присутністю вільного азоту в зоні термічного впливу.

					КНУ.КМР. 131.25.1-17.08.НДЧ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Натомість для сталей типу С–Мn–V ситуація є дещо іншою. Хоча кількість відповідних досліджень є обмеженою, більшість із них демонструють скоріше толерантність до зростання вмісту азоту, ніж його негативний вплив на в'язкість ЗТВ. Так, Ханнерц встановив, що збільшення концентрації азоту з 60 до 130 ppm практично не впливає на в'язкість ЗТВ. Аналогічні результати отримали Мітчелл та співавтори, які показали, що підвищення вмісту азоту з 80 до 170 ppm у багатопрхідних зварних швах також має незначний або відсутній ефект, що узгоджується з даними, наведеними Лагнеборгом та ін. для багатопрхідних з'єднань. Водночас Лагнеборг зазначав, що для однопрхідних зварних швів, виконаних за високого тепловкладення (8,0 кДж/мм), може проявлятися несприятливий вплив азоту.

У контексті зниження виробничих витрат простежується тенденція до скорочення застосування післязварювальної термічної обробки за рахунок доведення можливості забезпечення достатньої в'язкості зварних з'єднань у вихідному стані. У цьому аспекті позитивний ефект легування ванадієм щодо підвищення в'язкості зварних з'єднань має важливе практичне значення. Водночас у низці випадків післязварювальна термічна обробка залишається необхідною, і поведінку ванадійвмісних сталей у таких умовах слід обов'язково враховувати.

Як показано на рис. 8.2а, результати випробувань за Шарпі свідчать, що за вмісту ванадію до приблизно 0,06 % в'язкість зварних з'єднань після термообробки залишається на рівні або перевищує показники у стані після зварювання. За більш високих концентрацій ванадію спостерігається певне зниження в'язкості. На відміну від цього, дані щодо температури переходу за критерієм CTOD для багатопрхідних зварних швів (рис. 8.2б) демонструють істотне покращення після післязварювальної термічної обробки — температура переходу знижується на 30–50 °С. Для зварних з'єднань більшої товщини (50 мм), виконаних з підвищеним тепловкладенням (5 кДж/мм), Харт і Мітчелл показали, що для сталі складу 0,12С–0,10V температура переходу за Шарпі 40 J покращилася з –24 до –39 °С, тоді як значення CTOD при –10 °С зменшилося лише незначно — з 0,46 до 0,30 мм.

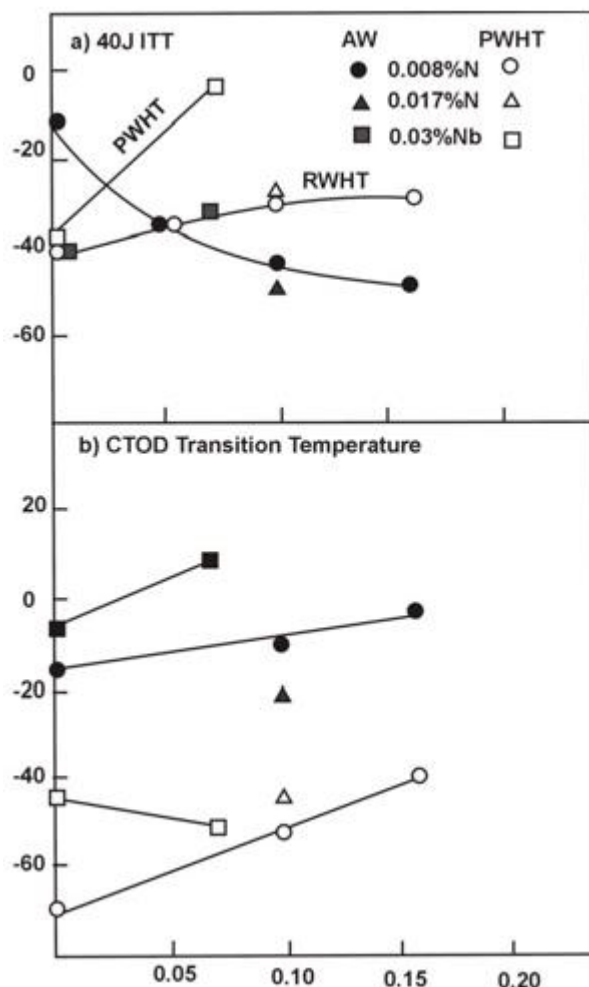


Рисунок 8.2- Вплив ванадію на в'язкість у зоні термічного зварювання сталей 0,12%C-1,6%Mn, зварених багатопрхідним зварюванням при 2 кДж/мм. ($\Delta t_{8/5} = 12$ сек)

Ця змішана модель поведінки буде підсумовуванням впливу процесів відпуску та дисперсійного зміцнення під час післязварювальної термічної обробки. Ступінь цих ефектів також залежатиме від стану попередньої мікроструктури, що саме по собі відображає, чи було зварювання виконано при середньому чи високому підведенні тепла.

8.4 Вплив мікролегування основної сталі на в'язкість зварного металу

Вплив мікролегування основного металу на в'язкість зварного шва при дуговому зварюванні фактично проявляється лише в тих процесах,

які супроводжуються значним розчиненням основної сталі в металі шва. Серед дугових методів зварювання такою особливістю найбільшою мірою характеризується зварювання під флюсом.

Питання впливу ванадію та ніобію в умовах цього процесу було проаналізовано Dolby ще кілька років тому. Попри складність і багатофакторність ситуації, було встановлено, що введення ванадію загалом переноситься краще, ніж легування ніобієм. Крім того, відзначалося, що ванадій сприяє формуванню голчастих феритових мікроструктур, що в більшості випадків позитивно впливає на в'язкість зварного металу.

Після публікації цього огляду значно зріс інтерес до застосування струменевих (променевих) процесів зварювання, які в типовому режимі автогенного з'єднання без присадного матеріалу характеризуються дуже високим ступенем розведення. Формування мікроструктури металу шва при струменевому зварюванні істотно відрізняється від більшості дугових процесів, оскільки за відсутності флюсів і активних захисних газів вміст кисню в зварному металі є значно нижчим і наближеним до рівня, характерного для основної сталі.

У цьому контексті заслуговує на увагу робота Абсона та Френсіса-Скраттона, у якій показано, що за низького вмісту кисню, притаманного TIG-зварним швам і подібного до умов струменевого зварювання, введення ванадію в кількості близько 0,04 % у метал шва (за рахунок розведення основної сталі) забезпечує корисне збільшення частки голчастого фериту на 20–30 %.

Що стосується в'язкості зварних з'єднань, наведені дані свідчать про наявність ряду зафіксованих випадків, коли додавання ванадію до сталей типу C–Mn або призводить до помітного підвищення в'язкості, або ж викликане цим зміцнення має прийнятний характер.

Ймовірно, ключовим чинником, який об'єднує різні пояснення цих спостережень, є зміна типу трансформованої мікроструктури, що формується під впливом ванадію. Йдеться про перехід від структур, у яких переважає зародження по межах зерен, характерних для сталей C–Mn та особливо C–Mn–Nb, до мікроструктур із суттєвою часткою внутрішньозернистого зародження — так званого внутрішньозернистого фериту, типового для ванадіймікролегованих сталей.

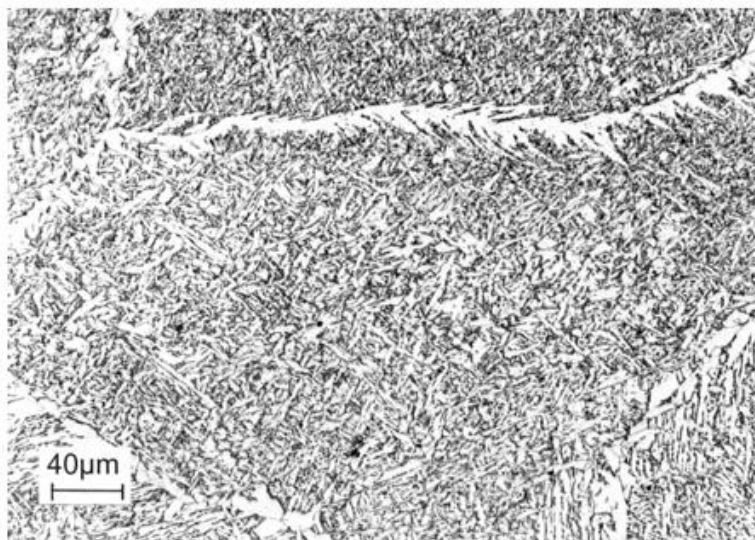
Перевага цієї зміни для в'язкості полягає в тому, що вона має тенденцію до зменшення ефективного розміру колоній бейніту або фериту з вирівняною другою фазою, тим самим зменшуючи ефективний розмір тріщини сколу та покращуючи температуру переходу від пластичного до крихкого стану.

Цей «ванадієвий ефект» на трансформовану мікроструктуру, здається, може бути активним як у зоні термічного впливу, так і в розвитку мікроструктури зварного металу. Дійсно, автор спостерігав це в кількох випадках, де це можна порівняти з грубим типом мікроструктури, яка зазвичай розвивається за його відсутності.

Вплив ефекту зварювання в зоні амортизації з високим підведенням тепла (5 кДж/мм) з роботи Гаррісона та Харта, і вважається, що він сприяв кращим характеристикам ванадієвих сталей на рис. 8.3.



a) C:Mn:Nb steel

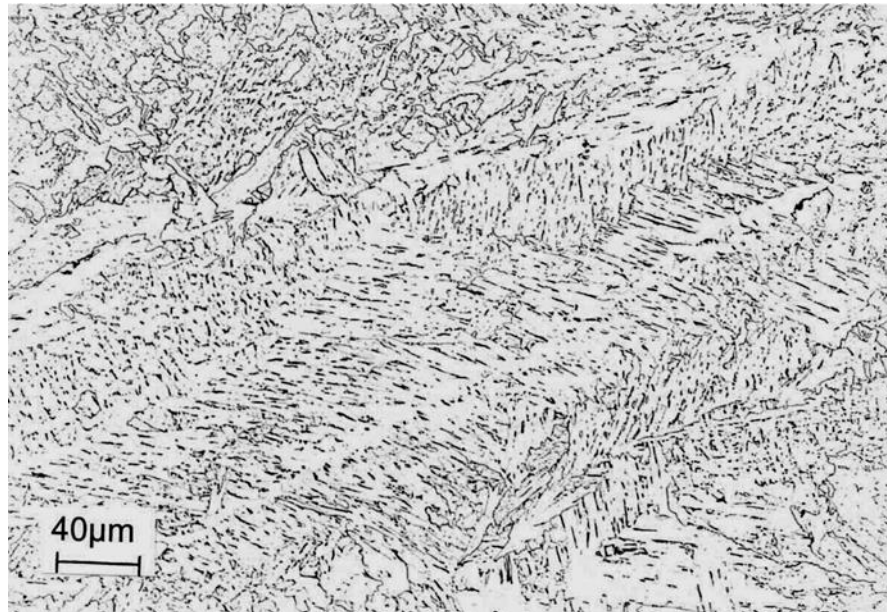


a) C:Mn:0.1V steel

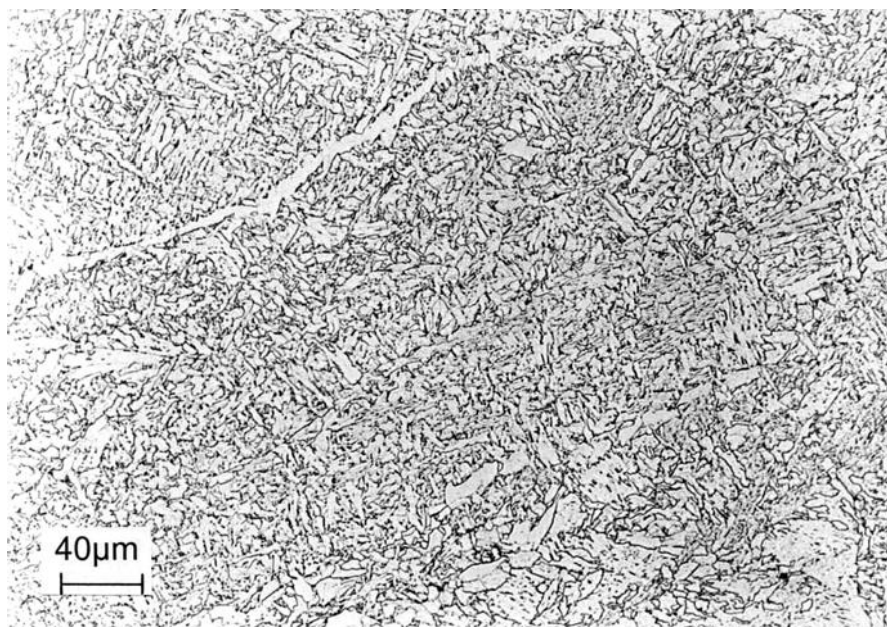
Рисунок 8.3-Мікроструктури зони термічного впливу при 5 кДж/мм

					КНУ.КМР. 131.25.1-17.08.НДЧ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Цей ефект також спостерігався як при лазерному, так і при електронно-променевому зварюванні ванадійвмісних сталей, що підтверджується мікроструктурами на рис. 8.4 .



а) 0.07C, 1.7Mn, 0.43Si, 0.026Al steel

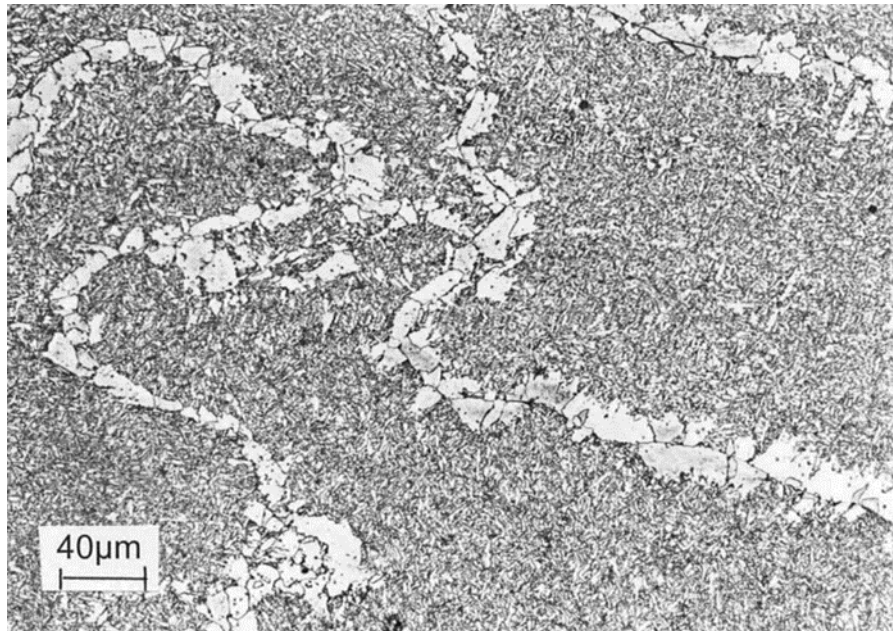


б) 0.07C, 1.7Mn, 0.43Si, 0.16V, 0.029Al steel

Рисунок 8.4- Мікроструктура зони плавлення автогенних лазерних зварних швів.

					КНУ.КМР. 131.25.1-17.08.НДЧ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Нарешті, найбільший контраст, що відображає ванадієвий ефект, мабуть, представлений на рис. 8.5, де показано вплив високого рівня ванадію на метал шва, отриманий з целюлозно покритих електродів, як частину програми розвитку наприкінці 70-х та на початку 80-х років. З точки зору зварюваності, ванадієвий ефект є великою потенційною перевагою, але, схоже, потрібно провести більше роботи, щоб краще зрозуміти, як він відбувається, щоб максимізувати цей ефект.



а) 0.03C, 1.7Mn, 0.45V steel

Рисунок 8.5- Мікроструктури металу кореневого шва зварних швів труб, виконаних електродами типу E6010.

Розвиток внутрішньозернистого голчастого фериту в металах швів давно визнано суттєво пов'язаним з наявністю неметалевих включень, які утворюються у значних кількостях у більшості металів дугового зварювання. Однак їхній точний склад часто вважається важливим аспектом, що дозволяє їм бути ефективними агентами контролю мікроструктури частинок. Варто запитати, чи проявляється вплив цих частинок у металах швів виключно через роль зародження гамма-альфа-перетворення, чи існує інше, додаткове або альтернативне пояснення/механізм, який може пояснити ефект ванадію, який, принаймні у вихідних сталях, навряд чи пов'язаний з впливом на неметалеві включення.

Поточна інформація в літературі, яка могла б допомогти зрозуміти «ванадієвий ефект», є небагаточисленною, але рання коротка стаття Учіно та ін. та Хасегава та ін., що розглядає механізми подрібнення феритового зерна в нормалізованих сталях з високим вмістом ніобію та ванадію, свідчить про те, що це може виникати внаслідок міжфазного осадження VN на межі гамма-альфа, що запобігає росту феритового зерна, а також внаслідок осадження VN всередині зерен аустеніту. Очі та ін. повідомили, що вони виявили, що VC, осаджений на VN, сам осаджений на частинках MnS, забезпечує ефективні місця для внутрішньозернистого зародження фериту.

ВИСНОВКИ

Як і інші способи мікролегування, мікролегування ванадію, сприяючи зменшенню вмісту вуглецю в сталі, може забезпечити покращення зварюваності сталі. Більше того, зараз є чіткі докази того, що мікролегування ванадію може принести додаткові переваги, особливо для в'язкості зварного з'єднання, завдяки його впливу на розвиток мікроструктури. Зокрема, сприяння внутрішньозернистому розкладу аустеніту дозволяє розвивати дрібніші ефективні розміри зерен з супутнім покращенням стійкості до відколу.

На відміну від ніобію, мікролегування ванадію є найефективнішим при підвищеному рівні азоту, проте існує зрозуміле занепокоєння з цього приводу, виходячи з встановленого негативного впливу азоту на в'язкість зварного з'єднання сталей C:Mn та C:Mn:Nb.

Потрібні додаткові дані про вплив азоту на мікролеговані ванадієм сталі, але принаймні для зварювання з низьким підведенням тепла наявні дані показують незначний або відсутній негативний вплив, можливо, через позитивний вплив ванадію на зону термічного впливу та мікроструктури зварного металу.

Зварювання силовим променем, особливо лазерне, набуває все більшої популярності та надає значні можливості для застосування та максимізації «ванадієвого ефекту» як для розвитку мікроструктури зон термічного впливу (ЗТВ), так і для розвитку мікроструктури в зоні плавлення.

					КНУ.КМР. 131.25.1-17.08.НДЧ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ВИСНОВКИ

Мета магістерської випускної роботи покликана в підвищенні ефективності виробництва вузла опори нижньої комплексу згущення пульпи за рахунок використання САПР технологій в проектуванні технологічного процесу виготовлення фланцю. З цією метою був розроблений технологічний процес складання вузла опора нижня, та визначений метод складання.

Застосування САПР-технологій у проектуванні технологічного процесу виготовлення фланця зі сталі 35ФЛ для вузла опори нижньої комплексу згущення пульпи дозволяє суттєво підвищити ефективність виробництва. Автоматизація конструкторсько-технологічної підготовки забезпечує:

- скорочення часу розроблення технології;
- підвищення точності моделей та креслень;
- оптимізацію режимів обробки;
- зниження собівартості при програмі випуску 600 шт;
- підвищення надійності виготовлених деталей.

Використання САПР є доцільним і перспективним напрямом модернізації виробничих процесів на машинобудівних підприємствах України.

Техніко-економічні розрахунки показали перспективність проекту.

					КНУ.КМР. 131.25.1-17.В						
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата							
Разраб.		Хмельницький			ВИСНОВОК			Лит.	Лист	Листов	
Провер.		Цивінда								115	
Реценз.								Каф.ТМ гр.ПМ-24м			
Н. Контр.		Нечасв									
Утверд.		Рязанцев									

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- 1.С.Г. Бондаренко. Розмірні розрахунки механоскладального виробництва. – Київ, 1993.
- 2.ДСТУ 2413-94 Основні норми взаємозамінності. Шорсткість поверхні.
- 3.ДСТУ 2498-94 Основні норми взаємозамінності. Допуски форми та розташування поверхонь. Терміни та визначення
- 4.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
5. ДСТУ 8981:2020 Відливки з металів і сплавів. Допуски розмірів, маси і припуски на механічну обробку
6. Боженко Л.І. Технологія машинобудування. Проектування та виробництво заготовок - Львів, Світ ,1996.
- 7.Дипломне проектування з технології машинобудування/ Григурко О.І, Брендюля МФ., Доценко С.М, Навчальний посібник. Львів., Новий світ-2008,- 860 с.
- 8.ДСТУ 3.1107-81. Базування та бази в машинобудуванні
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.Кіяновський М.В., Цивінда Н.І., Цівко Ф.В. Довідник нормувальника машинобудівного виробництва. – Кривий Ріг: Видавничий центр КТУ, 2008.
- 12.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, 2019.
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, Брендюля МФ., Доценко С.М, Навчальний посібник. Львів., Новий світ-2008, 576 с.

					КНУ.КМР. 131.25.1-17.СВД			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Хмельницький			СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	Лит.	Лист	Листов
Провер.		Цивінда					116	
Реценз.						Каф.ТМ гр.ПМ-24м		
Н. Контр.		Нечаєв						
Утверд.		Рязанцев						

- 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. Дикань С.А. Безпека людини [Текст]: підручник для студ. вищ. закл. / С. А. Дикань, І. О. Іваницька. – Полтава: ТОВ «АСМІ», 2019. – 279 с.
- 18.А.І.Грабченко, М.В.Верезуб, Ю.М.Внуков, П.П.Мельничук, Г.М.Виговський Робочі процеси високих технологій у машинобудуванні /Під ред. Грабченко А.І.- Житомир: ЖДТУ, 2004.-451с.
- 19.Шкурупій В. Г. Системи технологій : навчальний посібник. Ч. 1 / В. Г. Шкурупій, Ф. В. Новіков, Ю. В. Шкурупій. – Х. : Вид. ХНЕУ, 2008. – 288 с.
20. Шкурупій В. Г. Системи технологій : навчальний посібник. Ч. 2 / В. Г. Шкурупій, Ф. В. Новіков, Ю. В. Шкурупій. – Х. : Вид. ХНЕУ, 2008. – 480 с.
- 21.ДСТУ ГОСТ 3.1127:2014. Єдина система технологічної документації. Загальні правила виконання текстових технологічних документів. (ГОСТ 3.1127-93, IDT).
- 22.ДСТУ ГОСТ 3.1128:2014. Єдина система технологічної документації. Загальні правила виконання графічних технологічних документів. (ГОСТ 3.1128-93, IDT).
- 23.ДСТУ 2974-95. Технологічне підготування виробництва. Основні терміни та визначення.
- 24.ДСТУ 2925-94. Якість продукції. Оцінювання якості. Терміни та визначення.
- 25.ДСТУ ГОСТ 3.1102:2014 Єдина система технологічної документації. Стадії розробки та види документів. Загальні положення).
- 26.ДСТУ ГОСТ 3.1105:2014 Єдина система технологічної документації. Форми та правила оформлення документів загального призначення
- 27.ДСТУ ГОСТ 2.308:2013 ЄСКД. Зазначення допусків форми та розміщення поверхонь (ГОСТ 2.308-2011, IDT).
- 28.Єдина система конструкторської документації НАНЕСЕННЯ РОЗМІРІВ І ГРАНИЧНИХ ВІДХИЛІВ (ГОСТ 2.307-2011, IDT) ДСТУ ГОСТ 2.307:2013
- 29.ДСТУ 3008:2015. Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлювання
30. ДСТУ 8302:2015. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання
31. ДСТУ EN ISO 7200:2005 Розроблення технічної документації. Графи у штампах та основних написах.
- 32.Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної магістерської роботи для студентів спеціальності 131“Прикладна механіка” Освітньо-професійної програми Технології машинобудування усіх форм навчання, Кривий Ріг: КНУ, 2025.

Додаток

АЛЬБОМ ТЕХНОЛОГІЧНИХ КАРТ

Дубл.														
Взам.														
Подл.														
										Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
													Листов	Лист
Розроб.														
Перев														
Согласов.														
Т. контр.														
Н. Контр.														

«Затверджую»

Зав. кафедрою технології машинобудування

_____(Рязанцев А.О.)

«__»_____2025 р.

ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС

Виготовлення деталі фланцю

Узгоджено:

Керівник _____Цивінда Н.І. _____(_____)

Розробник _____Хмельницький О.М.. _____(_____)

Н.контроль _____Нечаєв В.П. _____(_____)

Міністерство освіти і науки України
Криворізький національний університет
Факультет механічної інженерії та транспорту
Кафедра технологія машинобудування

**АЛЬБОМ КРЕСЛЕНЬ ТА ІНФОРМАЦІЙНО-ЗАСВІДЧУЮЧИХ
АРКУШІВ**

КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка
освітньо-професійної програми «Технології машинобудування»

на тему: Підвищення ефективності виробництва вузла опори нижньої
комплексу згущення пульпи за рахунок використання САПР
технологій в проектуванні технологічного процесу виготовлення
фланцю

Виконав:

ст. групи ПМ-24м _____

Хмельницький О.М.

Керівник роботи _____

к.т.н, доцент

Цивінда Н.І.

Нормоконтроль _____

(підпис)

к.н.т., доцент

Нечаєв В.П.

Завідувач кафедри _____

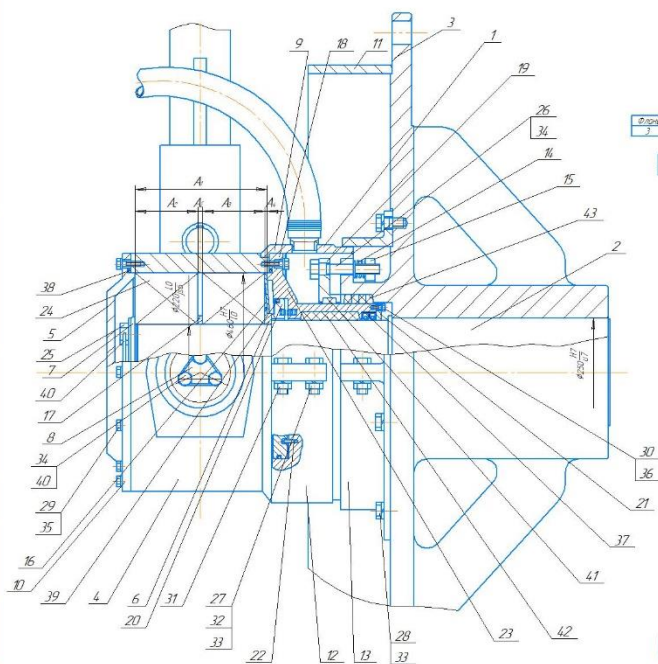
к.т.н., доцент

Рязанцев А.О.

Кривий Ріг

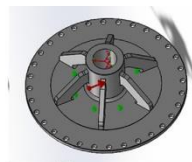
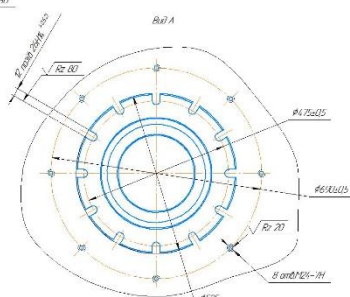
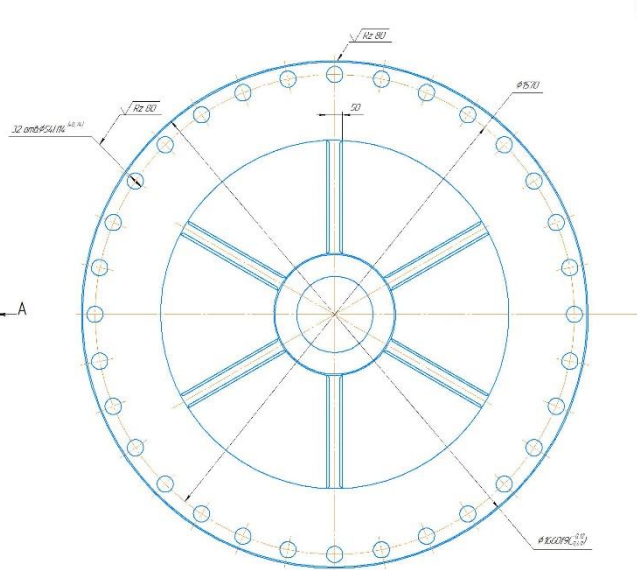
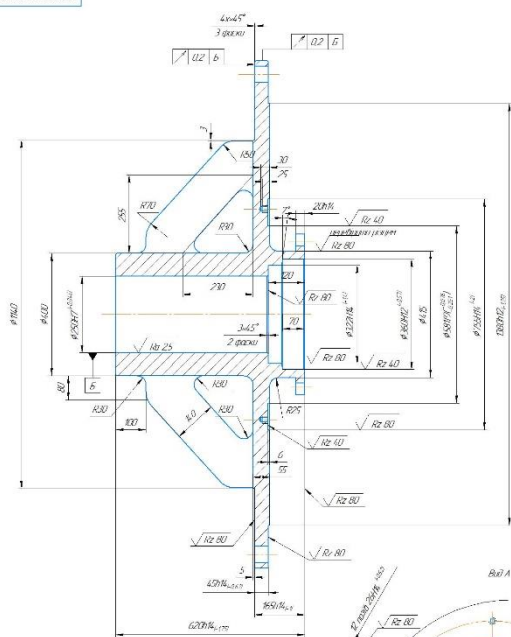
2025 р.

Схеми визначення точності складання вузла

[illegible]

Позначення ланки	Номинальний розмір	i	Квалітет	Допуск	Розмір з відхиленням	ΔC
A_1	310	3,22	9	0,13	$310 \pm 0,065$	0
$A_2 = A_3$	18	ст.	ст.	0,3	$18^{+0,3}_{-0,2}$	-0,15
A_4	7,5	0,9	10	0,058	$7,5^{+0,027}_{-0,022}$	0,6

[illegible]

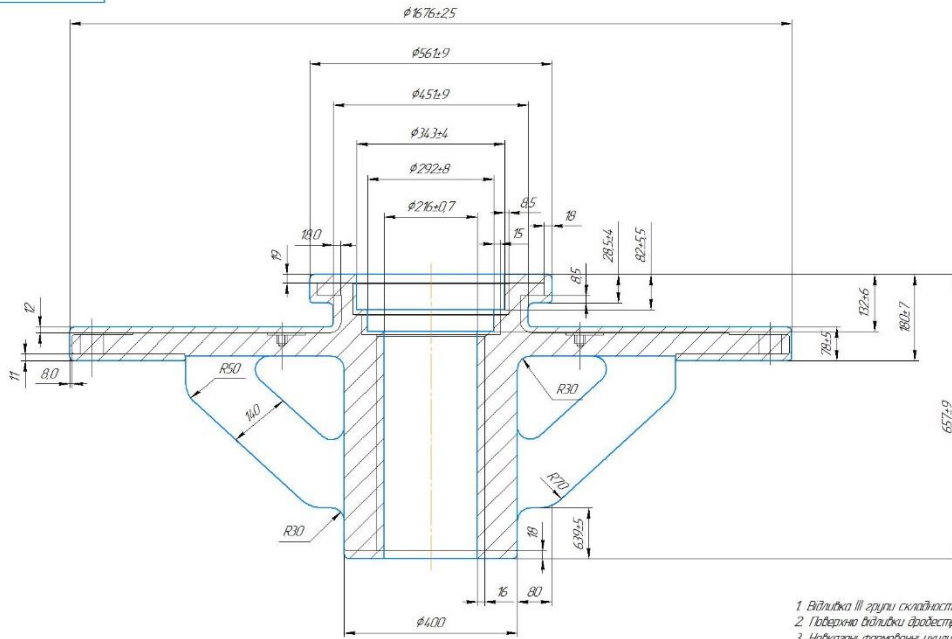


1. Проверить детали на соответствие ТУ 13.125-1-17Ф.
2. Проверить детали на соответствие ТУ 13.125-1-17Ф.
3. Проверить детали на соответствие ТУ 13.125-1-17Ф.
4. Проверить детали на соответствие ТУ 13.125-1-17Ф.
5. Проверить детали на соответствие ТУ 13.125-1-17Ф.
6. Проверить детали на соответствие ТУ 13.125-1-17Ф.

КНДК/П.13.125-1-17Ф			
Фланец			
Материал	12Х1Н2А	Класс	15
Длина	40	Диаметр	1160
Диаметр	620	Диаметр	1000
Диаметр	100	Диаметр	50
Диаметр	50	Диаметр	100

КНУ.КМР.13125.1-17.ФВ

Rz 320

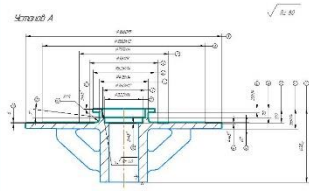


1. Відливка III групи складності
2. Поверхню відливки фродеструїти
3. Недокладні фартковані цилінди 3°, лати радіуси R10
4. Точність відливки IT-6-3 ДСТУ 8781:2018
5. Граничне відхилення карбонізації відливки не більш ± 2.4 мм
6. Значення по лінії розрізу допускається до 16 мм
7. Контролювати 20% відливок

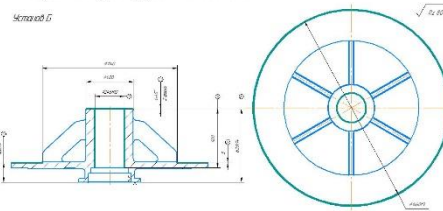
					КНУ.КМР.13125.1-17.ФВ					
					Фланець (відливка)			Діа	Маса	Матеріал
Кон. Акт	№ доп.	Лист	Дат						2400	15
Розроб	Інженер									
Виконав	Інженер									
Вірн.	Розроб									
Матеріал	Вироб				Сталь 35Ф4 ДСТУ 8781:2018			Категорія ПМ за ПР-24ч		
Вірн.	Розроб				Категорія			Формат А2		

Технологічний процес виготовлення деталі "Фланець" в умовах заводу

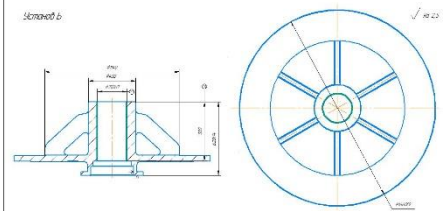
005 Токарно-карусельна
Верстат токарно-карусельний мод. SK-25



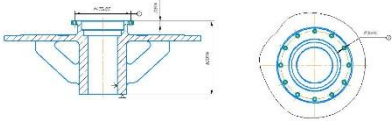
005 Токарно-карусельна
Точіння чорнобев
Верстат токарно-карусельний мод. SK-25



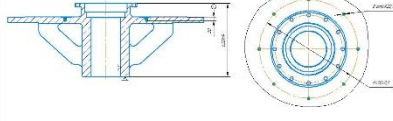
005 Токарно-карусельна
Точіння чистобев
Верстат токарно-карусельний мод. SK-25



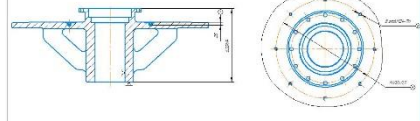
010 Радіально-свердильна
1) Свердлення 12 отб. $\Phi 26H14$
Верстат радіально-свердильний мод. VR-8



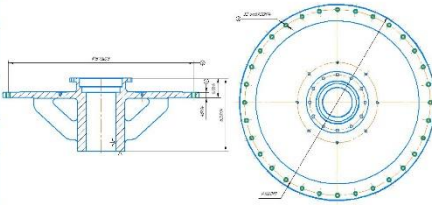
010 Радіально-свердильна
2) Свердлення 8 отб. $\Phi 20H9m$
Верстат радіально-свердильний мод. VR-8



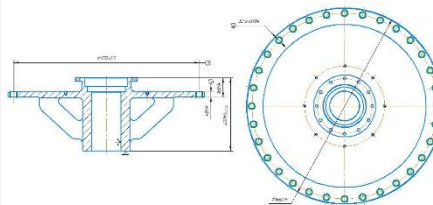
010 Радіально-свердильна
3) Нарізка різьби 8 отб. M24-7H
Верстат радіально-свердильний мод. VR-8



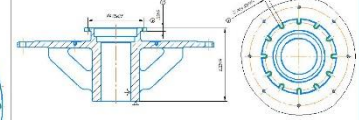
010 Радіально-свердильна
4) Свердлення 32 отб. $\Phi 20H7$
Верстат радіально-свердильний мод. VR-8



010 Радіально-свердильна
5) Розсвердлення 32 отб. $\Phi 54H14$
Верстат радіально-свердильний мод. VR-8



015 Фрезерна
Фрезерування 12 отб. 26H14
Верстат вертикально-фрезерний мод. 26635

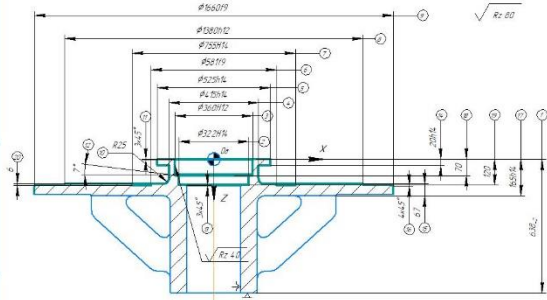


КНИКУР 13125.1-17.003			
Ескізи операцій (забодський)			
Лист	11	Лист	11
Корисний	11	Корисний	11
Всього	11	Всього	11

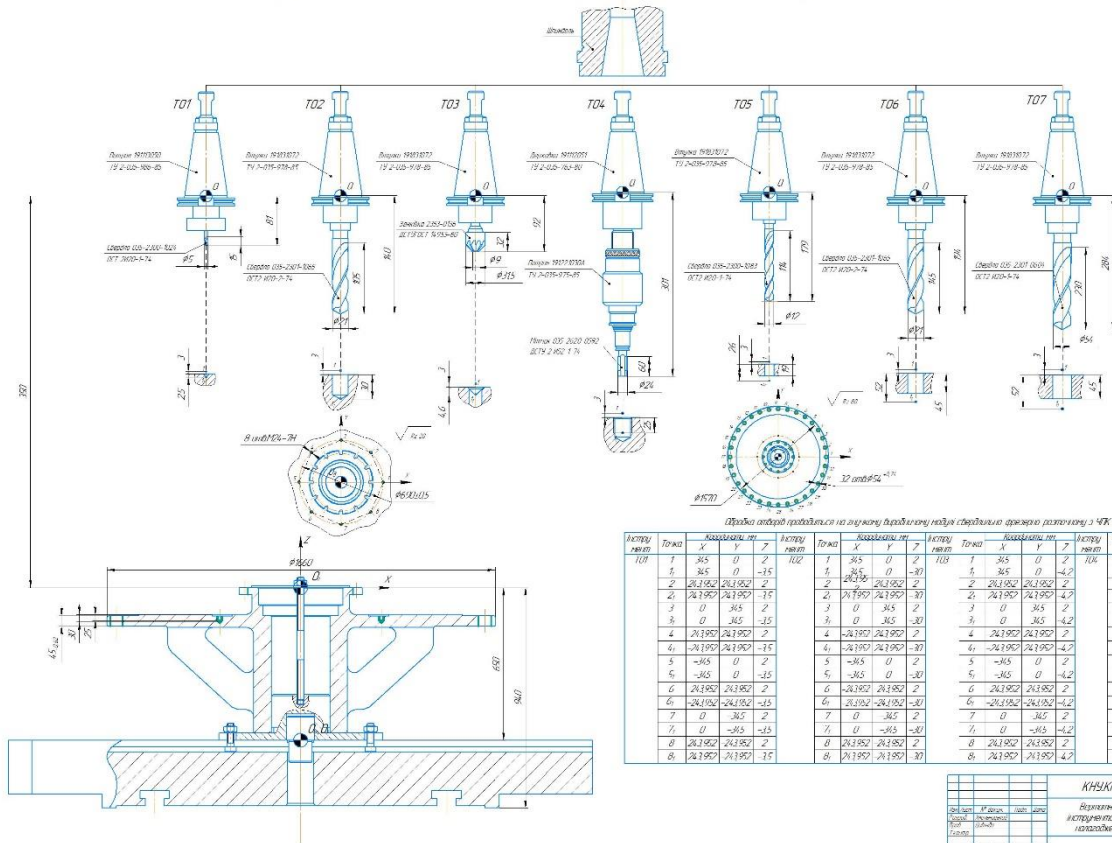
Вдосконалений технологічний процес виготовлення деталі "Фланець"

ОДБ Токерно-карусельна з ЧПК
Верстат токарно-карусельний мод. 14516МР3

Установка А



Верстатно-інструментальне налагодження на ГВМ свердильно-фрезерно-розточний з ЧПК моделі 2570ПМФ4М



Пробки свердильні на ланцюгу виробництва свердильно-фрезерно-розточний з ЧПК моделі 2570ПМФ4М

Інструмент	Позиція	Висновки	Інструмент	Позиція	Висновки	Інструмент	Позиція	Висновки
T01	1	36,5 0 2	T02	1	36,5 0 2	T03	1	36,5 0 2
	2	36,5 0 -15		2	36,5 0 -15		2	36,5 0 -15
	3	36,5 0 2		3	36,5 0 2		3	36,5 0 2
	4	36,5 0 2		4	36,5 0 2		4	36,5 0 2
	5	36,5 0 2		5	36,5 0 2		5	36,5 0 2
	6	36,5 0 2		6	36,5 0 2		6	36,5 0 2
	7	36,5 0 2		7	36,5 0 2		7	36,5 0 2
	8	36,5 0 2		8	36,5 0 2		8	36,5 0 2

КНІЖКА ДІЛ 125-1-17.ВН

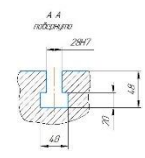
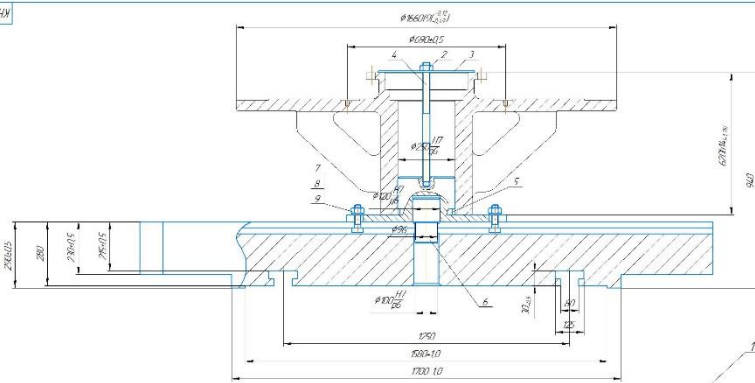
Верстатно-інструментальне налагодження

Лист 125

Корисний інструмент

Всього 11

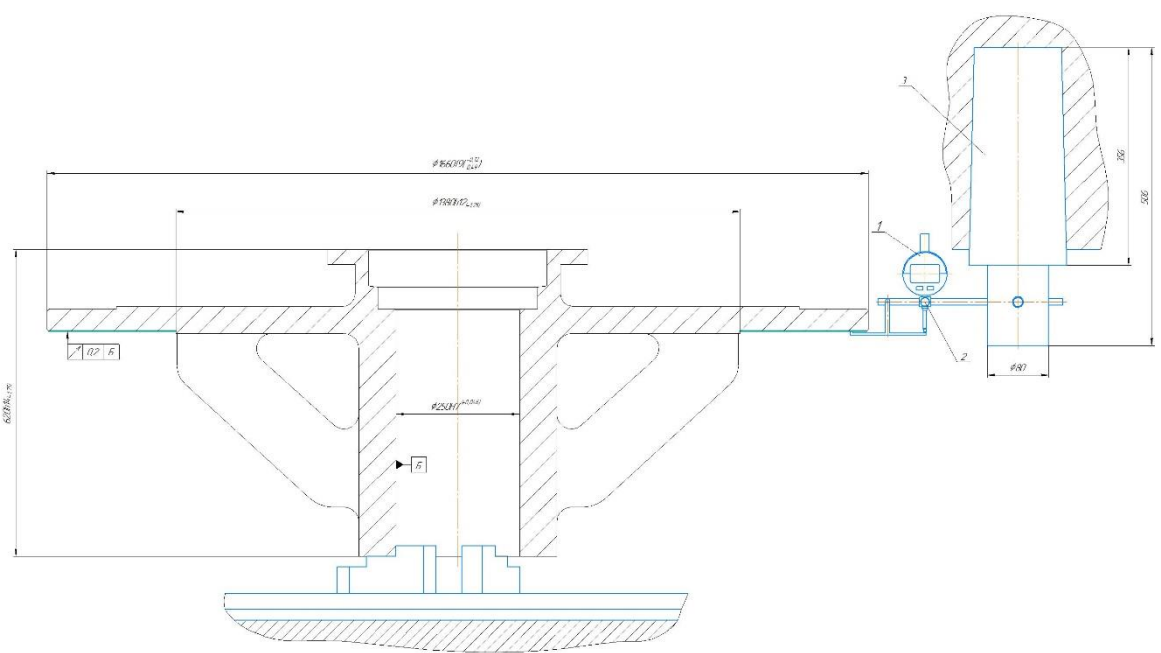
КНУКМР Б125.1-17.СРП



1. Пристрій призначений для вимірювання діаметра отвору $\varnothing 125$ мм.
2. Прилад вимірювання отвору $\varnothing 125$ мм.
3. Прилад вимірювання отвору $\varnothing 125$ мм.
4. Прилад вимірювання отвору $\varnothing 125$ мм.
5. Прилад вимірювання отвору $\varnothing 125$ мм.

КНУКМР Б125.1-17.СРП				Пристрій		170
Складально-розбірний				Картон 17		17
Картон 17				Картон 17		17
Картон 17				Картон 17		17

КНУКМР Б125.1-17.ПК



1. Пристрій призначений для контролю товщини стінки отвору $\varnothing 125$ мм на поздовжньому напрямку.
2. Прилад вимірювання отвору $\varnothing 125$ мм.

КНУКМР Б125.1-17.ПК				Пристрій		17
Контрольний				Картон 17		17
Картон 17				Картон 17		17
Картон 17				Картон 17		17