

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 продуктивності процесу технологічної підготовки виробництва гвинтових насосів МВН1-01 за рахунок використання САД/САМ технологій при виготовленні деталі «Корпус».

Виконав: магістрант
групи ПМ-23м
Худорожков П.Р.

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

Кривий Ріг
2024 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 продуктивності процесу технологічної підготовки виробництва гвинтових насосів МВН1-01 за рахунок використання CAD/CAM технологій при виготовленні деталі «Корпус».

Виконав магістрант гр. ПМ-23м

(підпис)

Худорожков П.Р.

Керівник КМР

(підпис)

Цивінда Н.І.

Нормоконтроль

(підпис)

Нечаєв В.П.

Завідувач кафедри

(підпис)

Рязанцев А.О.

м. Кривий Ріг
2024 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**

Магістранта гр. ПМ-23м Худорожкова Павла Руслановича

Тема: Підвищення продуктивності процесу технологічної підготовки виробництва гвинтових насосів МВН1-01 за рахунок використання CAD/CAM технологій при виготовленні деталі «Корпус».

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

Затверджена наказом по КНУ № 858с від « 18 » вересня _____ 2024 р.

2. Термін подання магістрантом закінченої роботи 03.12.2024р.

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

4. Зміст пояснювальної записки: 1 Проектування технологічного процесу складання. 2 Техніко – економічний аналіз вихідних даних проекту.3. Проектування технологічного процесу 4 Розробка верстатно–інструментального налагодження та розрахунково-технологічної карти для операції на верстаті з ЧПК. 5 Конструкторська підготовка виробництва. 6.Проектування технологічного оснащення.7.Науково-дослідна частина

5. Перелік графічного матеріалу: 1. Складальне креслення. 2. Корпус. 3. Корпус (відливка). 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
1 Розробка та узгодження технічного завдання	12.09.2024
1.1 Технічне завдання та аналіз вихідних даних	17.09.2024
1.2 Службове призначення виробу	22.09.2024
2 Проектування технологічного процесу складання	28.09.2024
3 Проектування технологічного процесу обробки деталі	01.10.2024
3.1 Проектування заготовок литтям та зварної	05.10.2024
3.2 Розробка маршруту ТП	15.10.2024
4 Моделювання та програмування операцій механічної обробки	18.10.2024
5 Конструкторська підготовка виробництва	23.10.2024
5.1 Проектування оснащення	24.10.2024
6 Організаційно-економічна підготовка виробництва	06.11.2024
6.1 Техніко-економічне обґрунтування варіантів маршруту технологічного процесу	10.11.2024
7 Науково-дослідна частина	16.11.2024
Висновки	17.11.2024
Додатки	18.11.2024
Попередній захист	21.11.2024

Дата видачі завдання: « ____ » _____ 2024 р.

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

Завдання отримав
магістрант _____ /Худорожков П.Р./

РЕФЕРАТ

Об'єктом проектування є процес конструкторсько-технологічної підготовки виробництва гвинтових насосів МВН1-01.

Мета роботи: за рахунок використання CAD/CAM технологій розробити прогресивний технологічний процес виготовлення корпусу насосу.

По заданій річній програмі вибраний тип виробництва – серійний. Розроблений маршрутний та операційний технологічний процес обробки деталі, вибраний спосіб одержання заготовки, обладнання та оснащення вибрані припуски на обробку, режими різання. Сконструйовані і розраховані верстатне і контрольне пристосування. За допомогою системи FeatureCAM підготовлена керуюча програма. В результаті проведеного техніко – економічного обґрунтування показана ефективність розробленого варіанту.

Для підвищення продуктивності процесу обробки гвинта насосу була проведена науково-дослідна робота по аналізу методу глибокого шліфування та визначення можливості застосування його для обробки гвинта веденого насосу.

НАСОС МАСЛЯНИЙ, КОРПУС, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС,
ЕФЕКТИВНІСТЬ, ПРОДУКТИВНІСТЬ, ГЛИБИННЕ ШЛІФУВАННЯ,
СОБІВАРТІСТЬ, ЯКІСТЬ

ABSTRACT

The design object is the process of design and technological production of MVN1-01 screw pumps.

The purpose of the work: due to the use of CAD/CAM technologies, to develop a progressive technological process for manufacturing the pump housing.

According to the given annual program, the selected type of production is serial. The routing and operational technological process of processing the part is developed, the method of receiving the workpiece, equipment and equipment is selected, allowances for processing, cutting modes are selected. The machine tool and control device are designed and calculated. Using the FeatureCAM system, a control program was prepared.

As a result of the technical and economic substantiation, the effectiveness of the developed option is shown.

In order to improve the productivity of the pump screw processing, research was conducted to analyze the deep grinding method and determine the possibility of using it for processing the driven pump screw.

OIL PUMP, HOUSING, TECHNOLOGICAL PROCESS, EFFICIENCY,
PRODUCTIVITY, DEEP GRINDING, COST, QUALITY

					KHU.KMP.131.24.1-17.P			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Худорожков				РЕФЕРАТ	Літ.	Арк.	Аркуші
Перевір.	Цивінда							
Н. Контр.	Нечаєв							
Зав. каф.	Рязанцев							
					Кафедра ТМ ПМ -23м			

Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<i>Перв. папмен</i>						
				<u>Документація загальна</u>		
A4				<u>Пояснювальна записка</u>		
A4				<u>Технологічний процес виготовлення деталі корпус</u>		
<i>Стор. №</i>						
A4				<u>Документація по розділам проекту</u>		
		1	КНУ.КМР.131.24.1-17.Н	Насос		
A1		2	КНУ.КМР.131.24.1-17.К	Корпус	1	
A1		3	КНУ.КМР.131.24.1-17.КВ	Корпус (відливка)	1	
		4	КНУ.КМР.131.24.1-17.ЕО	Ескізи операцій	1	
A2		5	КНУ.КМР.131.24.1-17.ВІН	Верстатно-інструментальне налагодження	1	
A1		6	КНУ.КМР.131.24.1-17.ВП	Верстатне пристосування	1	
A1		7	КНУ.КМР.131.24.1-17.КП	Контрольне пристосування	1	
A1		8	КНУ.КМР.131.24.1-17.НДЧ	Науково-дослідна частина	1	
<i>Підп. і дата</i>						
<i>Інв. № діляк</i>						
<i>Взам. інв. №</i>						
<i>Підп. і дата</i>						
				КНУ.КМР.131.24.1-17.ВМ		
<i>Ізм. Лист</i>		<i>№ док.м.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		
<i>Разроб.</i>		<i>Худорожков</i>			<i>Лист.</i>	<i>Листов</i>
<i>Пров.</i>		<i>Цивінда</i>			1	1
<i>Н.контр.</i>		<i>Нечаєв</i>			Кафедра ТМ гр.ПМ-23м	
<i>Чтв.</i>		<i>Рязанцев</i>				
Відомість матеріалів КМР						
<i>Копіював</i>				<i>Формат А4</i>		

ЗМІСТ

- Вступ
1. Проектування технологічного процесу складання вузла
 - 1.1 Службове призначення складального вузла
 - 1.2 Визначення точності спряжених розмірів
 - 1.2.1 Розрахунок лінійного розмірного ланцюга
 - 1.2.2 Розрахунок кутових розмірів ланцюгів
 - 1.2.3 Розробка схеми та технологічної карти складання
 2. Техніко – економічний аналіз вихідних даних проекту
 - 2.1 Службове призначення деталі. Вибір матеріалів та варіантів замін
 - 2.2 Аналіз якостей поверхонь деталей
 - 2.3 Технічний контроль робочого креслення
 - 2.4 Аналіз технологічності деталі
 - 2.5 Вибір типу виробництва. Задачі проектування
 3. Проектування технологічного процесу
 - 3.1 Техніко – економічне обґрунтування вибору заготовки
 - 3.2 Проектування заготовок
 - 3.3 Вибір та обґрунтування баз
 - 3.4 Вибір та обґрунтування послідовності обробки
 - 3.5 Розробка маршруту обробки деталі
 - 3.6 Розробка технологічної операції
 - 3.7 Розрахунок між операційний розмірів та припусків на обробку
 - 3.8 Розрахунок та вибір режимів різання, нормування технологічних операцій
 4. Техніко-економічне обґрунтування варіантів маршруту технологічного процесу
 5. Розробка верстатно–інструментального налагодження та розрахунково-технологічної карти для операції на верстаті з ЧПК
 6. Проектування технологічного оснащення
 7. Науково-дослідницька робота
- Висновки
Список використаних джерел

					КНУ.КМР.131.24.1-17.3			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
Розроб.		Худорожков			ЗМІСТ	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
Перевір.		Цивінда						
<i>Н. Контр.</i>		Нечаєв			Кафедра ТМ ПМ -23м			
<i>Зав. каф.</i>		Рязанцев						

ВСТУП

Машинобудування, яке постачає нову техніку усім галузям народного господарства, визначає технічний прогрес країни та має вирішальний вплив на створення матеріальної бази нового суспільства.

Проблема визначення та підвищення якості продукції є комплексна, потребує значних зусиль у багатьох галузях людської діяльності. Соціальні та інші заходи по підвищенню якості зрозумілі усім та успішно проводяться. Складніше діло з інженерними методами управлінням якістю. Для такого управління необхідно проводити оцінку та прогнозування якості продукції.

Якість виробу — це сукупність властивостей, що зумовлюють його здатність задовольняти потреби відповідно до призначення.

Важливими показниками якості виробу є: експлуатаційні (визначають технічний його рівень, надійність та інші характеристики); виробничо-технологічні (характеризують технологічність його конструкції); економічні (інформують про, вартість його виготовлення, експлуатації та ремонту) та інші.

Підвищення якості виробів дає змогу відповідно зменшувати витрати праці та використання матеріальних та енергетичних ресурсів. В умовах сучасного виробництва контроль якості виробів став невід'ємною функцією систем забезпечення якості продукції.

Сучасна система технологічної підготовки виробництва передбачає операції контролю заготовок, вихідних матеріалів, виконання технологічного процесу, стану та якості устаткування, спорядження та інструментів.

Основні завдання служб контролю — забезпечувати якість вихідних матеріалів і заготовок, що надходять у виробництво; встановлювати відповідність режимів і послідовність виконання технологічних операцій до передбачених у технічній документації; визначати рівень якості виготовлених заготовок відповідно до технічних вимог стандартів, креслень; знаходити причини і здійснювати заходи щодо уникнення бракованої продукції; визначати шляхи підвищення якості заготовок.

У зв'язку з поширенням автоматизації виробництва, особливо гнучких автоматизованих виробничих систем, контролю якості заготовок приділяють значну увагу.

Дана робота вирішувала проблеми забезпечення якості продукції за рахунок сучасної конструкторсько-технологічної підготовки виробництва, впровадження нових технологій, прогресивного обладнання, одержання заготовок з найменшим коефіцієнтом використання матеріалу, режимів різання, які б скорочували підготовчо-заклучний час.

					КНУ.КМР.131.24.1-17.В			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Худорожков			ВСТУП	Літ.	Арк.	Аркуші
Перевір.		Цивінда						
Н. Контр.		Нечаєв			Кафедра ТМ ПМ -23м			
Зав. каф.		Рязанцев						

1 ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ СКЛАДАННЯ ВУЗЛА

1.1 Службове призначення складального вузла

Система гідростатичного підйому (ГП) роторів турбіни, що призначена для очистки мастила від води і механічних домішок та для подачі мастила високого тиску в опорні підшипники турбоагрегату при заданій швидкості обертання з метою попередження зносу вкладишів підшипників і зменшення потужності валоповоротного пристрою.

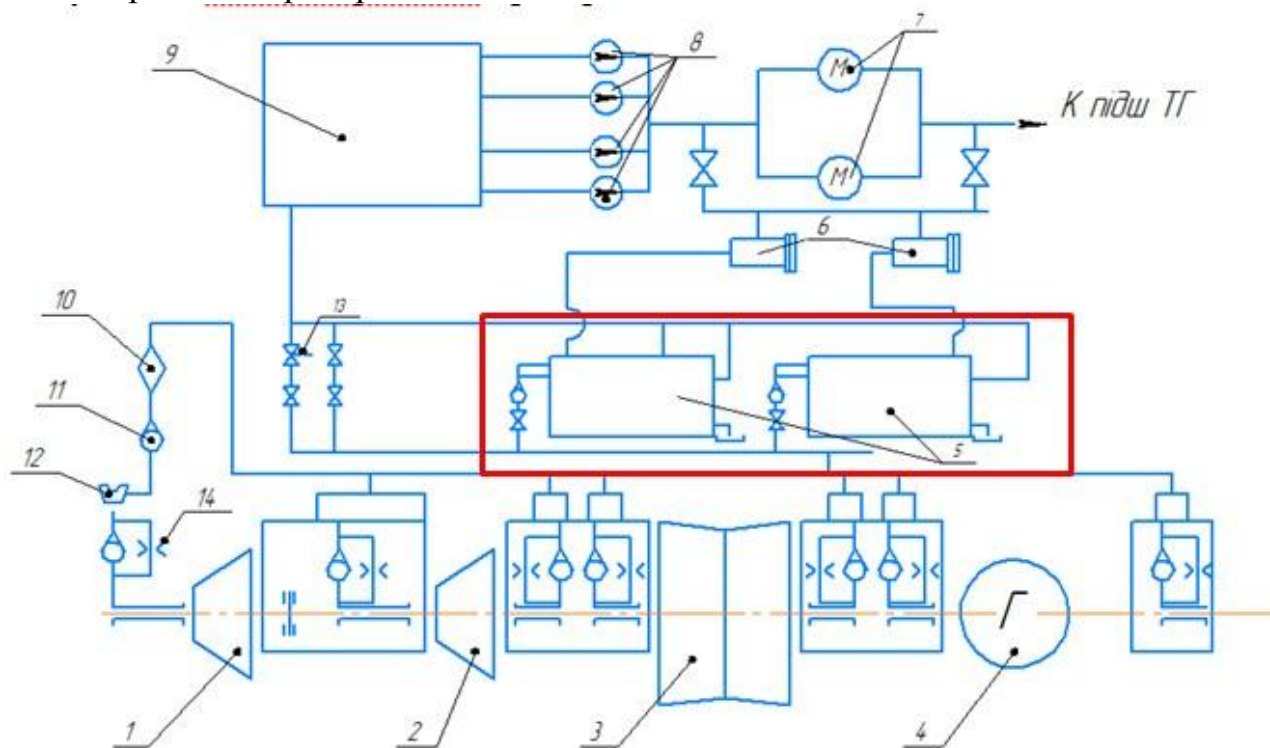


Рисунок 1.1-. Принципова схема гідростатичного підйому роторів турбіни:

1 - циліндр високого тиску; 2 - циліндр середнього тиску; 3 - циліндр низького тиску; 4 - генератор; 5 - насоси гідропідйому з блоками клапанів; 6 - фільтри (сітки); 7 - маслоохолоджувачі; 8 - маслонуасоси; 9 - масляний бак системи змащення; 10 - фільтр; 11 - зворотний клапан; 12 - пристрій вимикання; 13 - запобіжний клапан; 14 - дросельна шайба

Система газоперекачуючих роторів складається з двох насосів МВН1-01-5.

На фланці насосу ГП встановлюється блок клапанів, що складається з пускового запобіжного і зворотного клапанів. Мастило на сторону всасу насосу гідростатичного підйому (НГП) подається зі сторони нагнітання масляних насосів системи змащення турбоагрегату через два фільтри (сітки). До підшипників турбоагрегату мастило подається через дозуючі шайби діаметром 3,2 - 4,2 мм (чи

					КНУ.КМР.131.24.1-17.01.ПТПС			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Хвдорожков			ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ СКЛАДАННЯ	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Цивінда						
Н. Контр.		Нечаєв			Кафедра ТМ ПМ -23м			
Зав. каф.		Рязанцев						

регулюючі вентилі).

Спливання роторів складає 0,02 - 0,2 мм. Тиск в напорному колекторі НГП складає 6,0 - 8,0 МПа.

Насос мастильний трьох гвинтовий МВН1-01, призначений для подачі турбінного мастила у гідравлічні системи з тиском до 7,35 МПа (табл.1.1).

Таблиця 1.1 - Технічні характеристики насосу

№	Найменування параметру	Одиниці вимірювання	Норма
1	2	3	4
1	Частота обертання вихідного гвинту	об/хв	2900
2	Тиск	МПа	7.35
3	Об'ємна подача (при в'язкості мастила 75 мПа×с)	л/с	3.5
4	Потужність	кВт	47+4.5
5	Допустима вакууметрична висота всмоктування	мм.вод.ст.	5000

Насос МВН відноситься до гвинтових насосів, у яких витиснення рідини здійснюється гвинтовими, виконуючими тільки обертовий рух.

Робочі органи – три гвинта, з яких один – ведучий, а два інші – ведені.

Гвинти насосу двохзаходні з циклоїдним зачепленням.

Ведучий гвинт насосу з боку напорної камери ущільнюється шпонковою нашивкою або гумовою манжетою. У насосі передумовлене гідравлічне розвантажування від вісьового тиску на гвинти.

Обойми гвинтів та п'ят – сталі з бабітовим наповненням.

Корпус насосу литий сталевий, має всмоктуючий та напорний патрубки з фланцями. В корпусі передбачені два отвори для заливу мастила перед першим пуском після закінчення складання.

Протікання мастила з напорної камери насосу відводяться назовні через штуцер. Насос повинен експлуатуватись на турбінному мастилі Тп22 ДСТУ 9032:2020 у зачиненому, опалюваному приміщенні.

1.2 Визначення точності спряжених розмірів

Розрахунки на точність складальних вузлів та машин виконуються за допомогою складальних розмірних ланцюгів.

Насос масляний гвинтовий розраховуємо на точність за допомогою лінійних та кутових розмірних ланцюгів.

У результаті розрахунку лінійних розмірних ланцюгів визначаємо відстань між поверхнями деталей гвинта веденого та фланця. Кутовий розмірний ланцюг розраховуємо для визначення зазору між гвинтом ведучим та обоймою гвинтів.

					КНУ.КМР.131.24.1-17.01.ПТПС	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.2.1 Розрахунок лінійного розмірного ланцюга

Виконаємо розрахунок лінійного розмірного ланцюга методом max – min.

Лінійний зазор між гвинтом веденим та фланцем дорівнює.

$$A_{\Sigma} = 0_{+1.0}^{+2.0} \text{ мм}; T_{\Sigma} = 1,0 \text{ мм}; \Delta C_{\Sigma} + 1,5 \text{ мм}$$

Для забезпечення нормальної роботи вузла необхідно забезпечити :

$$A_{\Sigma \min} = 1,0 \text{ мм}; A_{\Sigma \max} = 2,0 \text{ мм}.$$

1) Виявлення та зображення лінійного ланцюга виконаємо згідно з [1].

2) Розв'язуємо пряму задачу методом однакової точності. Розраховуємо кількість одиниць допуску з нормальною точністю відхилення від розташування поверхонь :

$$a = \frac{0.7(T_{\Sigma} - \Sigma T_{cm})}{\sum_{n=i}^n i} \quad (1.1)$$

де T_{Σ} - допуск вихідної ланки;

ΣT_{cm} - сума допусків стандартних деталей;

i – одиниця допуску яка залежить від величини розміру;

n – кількість ланок ланцюга.

Знайдене значення кількості одиниць $a = 37.1$ мкм відповідно IT9 (та входить в інтервал $a =$ до 40 мкм.

3) Перевірка вірності призначення допусків .

$$T_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n (T_{A_i} + \beta_i), \quad (1.3)$$

$$\Delta C_i = \frac{e s_i + e i_i}{2}, \quad (1.4)$$

де $e s$ та $e i$ – відповідно верхнє та нижнє граничне відхилення ланки.

Координату середини поля допуску торцевого биття визначаємо за виразом:

$$\Delta \beta_i = \frac{\beta_i}{2}, \quad (1.5)$$

де β_i – торцеві биття спряжених поверхонь.

В якості залежної ланки обираємо A_3 та виділяємо її квадратом.

5) Визначення граничних відхилень залежної ланки починаємо з визначення координати середини поля допуску цієї ланки, обраної з числа зменшуючи ланок:

$$\overline{\Delta C_x} = \sum_{i=1}^n (\overline{\Delta C_i} + \overline{\Delta \beta_i}) - \sum_{j=1}^m (\overline{\Delta C_j} + \overline{\Delta \beta_j}) - \Delta C_x \quad (1.6)$$

де $\overline{\Delta C_j}$, $\overline{\Delta \beta_j}$ – відповідно координата середини поля допуску та торцеве биття зменшуючи ланок;

$\overline{\Delta C_i}$, $\overline{\Delta \beta_i}$ – те ж саме для збільшуючих ланок;

ΔC_x – координата середини поля допуску замикаючої ланки.

Граничні відхилення залежної ланки визначаємо за виразом:

					КНУ.КМР.131.24.1-17.01.ПТПС	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\left. \begin{aligned} eS_x &= \Delta C_x + \frac{T_x}{2} \\ ei_x &= \Delta C_x - \frac{T_x}{2} \end{aligned} \right\}, \quad (1.7)$$

де ΔC_x – координата середини поля допуску залежної ланки;
 T_x – допуск залежної ланки.

б) Перевірка вірності призначення граничних розмірів

$$\Delta C_z = \sum_{i=1}^n (\overline{\Delta C_i} + \frac{\overline{\Delta \beta_i}}{2}) - \sum_{j=1}^m (\overline{\Delta C_j} + \frac{\overline{\Delta \beta_j}}{2}) \quad (1.8)$$

$$\left. \begin{aligned} ei_z &= \Delta C_z - \frac{T_z}{2} \\ eS_z &= \Delta C_z + \frac{T_z}{2} \end{aligned} \right\}, \quad (1.9)$$

де $\overline{\Delta C_j}$, $\overline{\Delta \beta_j}$ - координати середини полів допусків та торцеві биття збільшуючих ланок;

$\overline{\Delta C_i}$, $\overline{\Delta \beta_i}$ - те ж саме для зменшуючих ланок;

C_z - координата середини поля допуску замикаючої ланки;

T_z - допуск замикаючої ланки.

Розрахунок виконаний вірно. Але вимоги до точності лінійних розмірів дуже високі, тому переходимо до розрахунку розмірних ланцюгів ймовірностним методом:

1) Розрахунок кількості одиниць допуску проведемо за виразом:

$$a_z = \frac{T_z - \sqrt{1,44 \cdot T_{cm}^2 + 0,0648 T_z^2}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n i_i^2}}, \quad (1.10)$$

де T_z – допуск вихідної ланки,

T_{cm} – допуск стандартних деталей,

i_i – одиниці допусків.

Знайдене значення кількості одиниць $a=107,6$ мкм відповідає ІТ11, ІТ12 (та входить у інтервал $a=100-160$ мкм).

2) Перевірку вірності призначення допусків проведемо за виразом:

$$T_z = \sqrt{1,44 \sum_{i=1}^n T_i^2 + 0,72 \sum_{j=1}^m \beta_j^2}, \quad (1.11)$$

де T_i – допуск на i -ту ланку,

β_j – торцеве биття.

3) Похибку розрахунку проведемо за виразом (1.3.)

Похибка розрахунку складає $\epsilon = 2,0\%$, що менше ніж допустима похибка $[\epsilon] = 5\%$. Допуски призначені вірно.

4) Призначення граничних відхилів проводимо так само, як при розрахунку розмірних ланцюгів методом max-min.

У якості залежної ланки обираємо A_3 , та розміщуємо її у квадрат.

					КНУ.КМР.131.24.1-17.01.ПТПС	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5) Визначення граничних відхилень залежної ланки.

Координату середини поля допуску залежної ланки, обраної з числа зменшуючи ланок, визначаємо за виразом:

$$\begin{aligned} \overline{\Delta C_x} = & \sum_{i=1}^n [\overline{\Delta C_i} + \overline{\Delta \beta_i} + 0,05(\overline{T_i} + \overline{\beta_i})] - \\ & - \sum_{j=1}^m [\overline{\Delta C_j} + \overline{\Delta \beta_j} + 0,05(\overline{T_j} + \overline{\beta_j})] - [\Delta C_{\Sigma}] - 0,05T_{\Sigma} \end{aligned} \quad (1.12)$$

де $\overline{\Delta C_i}$, $\overline{\Delta \beta_i}$, $\overline{T_i}$, $\overline{\beta_i}$ – координати середини поля допуску, координати середини поля допуску торцевого биття, допуск, торцеве биття збільшуючих ланок;

$\overline{\Delta C_i}$, $\overline{\Delta \beta_i}$, $\overline{T_i}$, $\overline{\beta_i}$ - те саме для зменшуючи ланок;

$[\Delta C_{\Sigma}]$ - координата середини поля допуску вихідної ланки (необхідна);

T_{Σ} - допуск вихідної ланки.

Граничні відхилення залежної ланки визначаємо за виразом (1.7.).

6) Перевірка вірності призначення граничних відхилень

$$\begin{aligned} \Delta C_{\Sigma} = & \sum_{i=1}^n [\overline{\Delta C_i} + \overline{\Delta \beta_i} + 0,05(\overline{T_i} + \overline{\beta_i})] - \\ & - \sum_{j=1}^m [\overline{\Delta C_j} + \overline{\Delta \beta_j} + 0,05(\overline{T_j} + \overline{\beta_j})] - 0,05T_{\Sigma} \end{aligned} \quad (1.13)$$

Граничні відхилення знайдемо за виразом (1.9.).

Розрахунок виконаний вірно.

Перейдемо до розрахунку лінійного розмірного ланцюга методом регулювання. Ланка компенсатор обрана з деталей вузлу.

У якості ланки компенсатора обираємо ланку A_3 , тому що її розмір можливо міняти без розбору вузлу.

Умови задачі залишаються тими ж: $A_{\Sigma} = 0_{+1.0}^{+2.0}$ мм,

$T_{\Sigma} = 1,0$ мм, $\Delta C_{\Sigma} = +1,5$ мм

1) Призначаємо технологічно досягаємі допуски на усі ланки та заносимо їх значення у таблицю 1.5.

Визначаємо граничні відхилення по розрахунку лінійних розмірних ланцюгів методом max-min на усі ланки крім А.

2) Допуск технологічно досягаєміий замикаючої ланки визначаємо за виразом (1.2.).

3) Координату середини поля допуску визначаємо за виразом (1.8.).

4) Граничні відхилення технологічно досягаєміий замикаючої ланки визначаємо за виразом (1.9.).

5) Величину компенсації визначаємо за виразом:

$$T_k = T_{\Sigma} - [T_{\Sigma}], \quad (1.14)$$

де T_{Σ} – технологічно досягаєміий допуск замикаючої ланки;

$[T_{\Sigma}]$ - необхідний допуск замикаючої ланки.

6) Необхідна кількість ступеней компенсатора визначається за виразом:

					КНУ.КМР.131.24.1-17.01.ПТПС	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$N = \frac{T_k}{[T_\Sigma] - T_{komp}} + 1, \quad (1.15)$$

де T_k - величина компенсації;

$[T_\Sigma]$ - необхідний допуск замикаючої ланки;

T_{komp} – допуск ланки компенсатору.

7) Уточнений допуск ступені ланки компенсатору визначаємо за виразом:

$$T_{cm} = \frac{T_k}{N - 1}. \quad (1.16)$$

8) Середній розмір ланки компенсатора, обраної з числа зменшуючи ланок, визначаємо за виразом:

$$\overline{A_{ck}} = \overline{A_{komp}} + \Delta C_{komp} + \Delta C_\Sigma - [\Delta C_\Sigma], \quad (1.17)$$

де $\overline{A_{komp}}$ - номінальне значення ланки компенсатора;

ΔC_{komp} - координата середини поля допуску ланки компенсатора,

ΔC_Σ - координата середини поля допуску замикаючої ланки при технологічно досягаємий допусках,

$[\Delta C_\Sigma]$ - необхідна координата середини поля допуску вихідної ланки.

9) Граничні значення ланки компенсатору визначаємо за виразом:

$$\left. \begin{aligned} A_{k \max} &= A_{ck} + \frac{T_k}{2} \\ A_{k \min} &= A_{ck} - \frac{T_k}{2} \end{aligned} \right\}, \quad (1.18)$$

де A_{ck} - середній розмір компенсатору;

T_k - величина компенсації.

10) Розміри змінних деталей узятих зі зменшуючи ланок визначаємо за виразом:

$$n\text{-на ступінь } [A_{k \max} - (n - 1) \cdot T_{cm}] \pm \frac{1}{2} T_{комп}, \quad (1.19)$$

де $A_{k \max}$ - граничний розмір ланки компенсатору;

n – число ступенів ланки компенсатору;

T_{cm} - величина ступені ланки компенсатору;

$T_{комп}$ - допуск ланки компенсатору.

Похибка розрахунку:

$$\varepsilon = \frac{IV_{cmA} - A_{min}}{A_{min}} \cdot 100\%, \quad (1.20)$$

Похибка розрахунку складає $\varepsilon = 0,04\%$. Розрахунок проведено вірно.

Виконаємо розрахунок лінійного розмірного ланцюга методом компенсації за рахунок прокладок однакової товщини.

Умови задачі залишаються тими ж $A_\Sigma = 0_{+1.0}^{+2.0}$ мм; $T_\Sigma = 1,0$ мм; $\Delta C_\Sigma = +1,5$ мм.

На усі ланки ланцюга призначаємо технологічно досягаємі допуски та заповнюємо таблицю 1.2. На усі ланки призначаємо граничні відхилення.

					КНУ.КМР.131.24.1-17.01.ПТПС	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- 1) Визначаємо допуск замикаючої ланки за виразом (1.2.).
- 2) Величину компенсації визначаємо за виразом (1.14.).
- 3) Розміри прокладок обираємо з умови:

$$T_{\text{комп}} \leq [T_{\Sigma}], \quad (1.21)$$

де $[T_{\Sigma}]$ - необхідний допуск вихідної ланки.

У якості прокладок використовуємо металевий лист, товщина котрого S дорівнює:

$$S = A_{\text{комп}} = [T_{\Sigma}] \quad (1.22)$$

де $A_{\text{комп}}$ - розмір компенсуючої ланки;

$[T_{\Sigma}]$ - необхідний допуск вихідної ланки.

- 4) Попереднє число прокладок у наборі визначаємо за виразом:

$$Z = T_k / [T_{\Sigma}] \quad (1.23)$$

Приймаємо $Z=3$ прокладок.

5) Строїмо новий розмірний ланцюг на складальному вузлі. Нову ланку позначаємо A та воно являється збільшуючим. Строїмо схему розмірного ланцюга у таблиці 1.6. та записуємо нову ланку у праву частину таблиці.

6) Величина компенсатору, складеного з Z прокладок визначаємо за виразом:

$$A = Z \times A_{\text{комп}} \quad (1.24.)$$

7) Номінальний розмір замикаючої ланки нового розмірного ланцюга визначаємо за виразом:

$$A_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n \overrightarrow{A_i} - \sum_{j=1}^m \overleftarrow{A_j}, \quad (1.25)$$

де $\overrightarrow{A_i}$ - збільшуючи ланка;

$\overleftarrow{A_j}$ - зменшуючи ланка;

n – кількість збільшуючих ланок;

m – кількість зменшуючи ланок.

8) Допуск замикаючої ланки нового розмірного ланцюга визначається за виразом (1.2).

9) Координату середини поля допуску визначаємо за виразом (1.8).

10) Визначаємо величину компенсації за виразом (1.14).

11) Остаточна кількість прокладок визначаємо за виразом:

$$Z = \frac{T_k}{[T_{\Sigma}]} + 1, \quad (1.26)$$

Приймаємо $Z=4$ прокладок.

12) У якості залежної ланки обираємо ланку A_3 . Величина поправки визначається за виразом:

$$\overleftarrow{\Delta'} = [\Delta C_{\Sigma}] - \Delta C_{\Sigma} + \frac{T_{\Sigma}}{2} - \Delta C_{\text{комп}} - A_{\text{комп}}, \quad (1.27)$$

де $[\Delta C_{\Sigma}]$ - необхідна координата середини допуску вихідної ланки;

ΔC_{Σ} - координата середини поля допуску замикаючої ланки;

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КМР.131.24.1-17.01.ПТПС				

T_{Σ} - технологічно досягаємий допуск на замикаючу ланку;

$\Delta C_{\text{комп}}$ - координата середини поля допуску ланки компенсатора;

$A_{\text{комп}}$ - номінальне значення ланки компенсатора.

Нову координату середини поля допуску залежної ланки визначаємо за виразом:

$$\Delta C'_x = \Delta C_x + \Delta', \quad (1.28)$$

де ΔC_x - початкове значення координати середини поля допуску залежної ланки;

Δ' - поправка.

Граничні відхилення залежної ланки визначаємо за виразом (1.7).

Нові значення залежної ланки записуємо у таблицю 1.6.

13) Перевірка вірності проведених розрахунків:

а) середній розмір усіх прокладок визначаємо за виразом

$$\vec{A}_c = \vec{A}_{\text{комп}} + \Delta C_{\text{комп}} - \Delta C_{\Sigma} + [\Delta C_{\Sigma}] \quad (1.29)$$

б) граничні відхилення визначаємо за виразом (1.16.)

в) максимальну кількість прокладок визначаємо за виразом

$$Z_{\text{max}} = \frac{A_{k \text{ max}}}{[T_{\Sigma}]} \quad (1.30)$$

Приймаємо $Z_{\text{max}}=4$ прокладок

г) мінімальну кількість прокладок у наборі буде

$$Z_{\text{min}} = \frac{A_{k \text{ min}}}{[T_{\Sigma}]} \quad (1.31)$$

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

д) кількість прокладок у наборі визначаємо за виразом

$$Z = Z_{\text{max}} - Z_{\text{min}} \quad (1.32)$$

Розрахунок виконано вірно.

1.2.2 Розрахунок кутових розмірів ланцюгів

Розрахунок кутового розмірного ланцюгу ведемо методом прецедентів.

1) У розглянутому вузлі виявляємо перетини, через котрі проводимо вертикальні лінії з номерами. Перетини 1-2 проходять крізь опори гвинта та утворюють основний кутовий розмірний ланцюг γ , котрий відповідає за розташування гвинта у корпусі. Усім осям та поверхням, потрапивши у ці перетини присвоюємо порядковий номер.

Побудову розмірного ланцюгу γ проведемо [1], а зображення приведемо у таблиці 1.7.

3) Вибір величини вихідної ланки $e_{\Sigma} = 0^{+0.09}_{+0.06}$ мм, $T_{e_{\Sigma}} = 0,03$ мм.

4) Допуски зазорів визначаємо за виразом

$$T_{S_i} = S_{\text{max}_i} - S_{\text{min}_i}, \quad (1.33)$$

де S_{max} - максимальний зазор,

S_{min} - мінімальний зазор.

$$S_{\text{max}} = ES - ei, \quad (1.34)$$

					КНУ.КМР.131.24.1-17.01.ПТПС	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де ES – верхнє відхилення отвору;
ei – нижнє відхилення валу.

$$S_{\min} = eI - eS \quad (1.35)$$

де Ej – нижнє відхилення отвору;
eS – верхнє відхилення валу.

5) Координату середини поля допуску зазору визначаємо за виразом:

$$em_{S_i} = \frac{em_D + em_d}{2}, \quad (1.36)$$

де em_D - координата середини поля допуску отвору;
 em_d - координата середини поля допуску валу.

Координати середини полів допуску отвору та валу визначаємо за виразом:

$$\left. \begin{aligned} em_D &= \frac{ES + Ej}{2} \\ em_d &= \frac{eS - ei}{2} \end{aligned} \right\}, \quad (1.37)$$

6) Допуск на вихідну ланку визначаємо за виразом:

$$T_{e_{\Sigma}} = 0,5 \sum_{i=1}^n T_{S_i} + \sum_{j=1}^m T_{e_j} \quad (1.38)$$

де T_{S_i} - допуск на зазор;

T_{e_j} - відносний зсув осей;

n – кількість зазорів в спряженні;

m – кількість відносних відхилень поверхонь.

$T_{e_{\Sigma}} = 0,5(0,042 + 0,07 + 0 + 0,05) + (0,08 + 4 \cdot 0,012) = 0,137$ мм, що значно перевищує необхідний допуск $[T_{e_{\Sigma}}] = 0,03$ мм. Тому перейдемо до методу селективної зборки.

7) Координату середини поля допуску визначаємо за виразом

$$em_{e_{\Sigma}} = \sum_{i=1}^n (\overline{em_{S_i}} + 0,5\overline{e_i}) - \sum_{j=1}^m (\overline{em_{S_j}} + 0,5\overline{e_j}) \quad (1.39)$$

де em – координата середини поля допуску діаметральних розмірів;
e – відносний зсув осей.

$$\begin{aligned} em_{e_{\Sigma}} &= (0,0207 - 0,025 + (0,012 \cdot 3) \cdot 0,5) - \\ &\quad - (-0,01 - 0,018 + (0,008 + 0,012) \cdot 0,5) = 0,0317 \text{ мм.} \end{aligned}$$

8) Граничні відхилення визначаємо за виразом

$$\left. \begin{aligned} eS_{e_{\Sigma}} &= em_{e_{\Sigma}} + \frac{T_{e_{\Sigma}}}{2} \\ ei_{e_{\Sigma}} &= em_{e_{\Sigma}} - \frac{T_{e_{\Sigma}}}{2} \end{aligned} \right\}, \quad (1.40)$$

де $em_{e_{\Sigma}}$ - координата середини поля допуску;

$T_{e_{\Sigma}}$ - допуск на вихідну ланку.

$$eS_{e_{\Sigma}} = 0,0317 + 0,5 \cdot 0,137 = 0,1002$$

					КНУ.КМР.131.24.1-17.01.ПТПС	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$ei_{e_x} = 0,0317 - 0,5 \cdot 0,137 = -0,0368$$

При селективній зборці необхідний допуск на вихідну ланку збільшуємо до технологічно досяжних розмірів. Визначаємо кількість груп сортування за виразом:

$$n = \frac{T_{e_{\Sigma T}}}{[T_{e_x}]}, \quad (1.41)$$

де $T_{e_{\Sigma T}}$ - технологічно досяжний допуск; $[T_{e_x}]$ - необхідний допуск.

$$n = \frac{0,137}{0,03} = 4,56$$

Приймаємо кількість груп сортування рівною $n=5$ групам.

9) Уточнимо допуск ступені:

$$Te_{cm} = \frac{Te_{\Sigma}}{n-1}, \quad (1.42)$$

де Te_{Σ} - технологічно досяжний допуск;

n – кількість груп сортування.

$$Te_{cm} = \frac{0,137}{5-1} = 0,034 \text{ мм.}$$

10) Розмір ступені визначається за виразом

$$n\text{-на ступень } (ei_{\Sigma} + (n-1)Te_{cm}) \pm T, \quad (1.43)$$

де ei_{Σ} - нижнє відхилення вихідної ланки; Te_{cm} - допуск ступені;

T - допуск на виготовлення деталі, $T = \pm 0,005 \text{ мм.}$

1-а ступень: $(-0,0368 + 0) \pm 0,005 = -0,0368 \pm 0,005 \text{ мм}$

2-а ступень: $(-0,0368 + 0,034) \pm 0,005 = -0,0028 \pm 0,005 \text{ мм}$

3-я ступень: $(-0,0368 + 2 \cdot 0,034) \pm 0,005 = +0,0312 \pm 0,005 \text{ мм}$

4-а ступень: $(-0,0368 + 3 \cdot 0,034) \pm 0,005 = +0,0652 \pm 0,005 \text{ мм}$

5-а ступень: $(-0,0368 + 4 \cdot 0,034) \pm 0,005 = +0,0992 \pm 0,005 \text{ мм}$

11) Похибка розрахунку

$$\varepsilon = \frac{V_{cm} - eS_{e_x}}{eS_{e_x}} \cdot 100\%; \quad (1.44)$$

$$\varepsilon = \frac{0,0992 - 0,1002}{0,1002} \cdot 100\% = 0,9\%$$

У результаті розрахунку лінійного розмірного ланцюга методом max-min отримали високі вимоги до точності розмірів, що є економічно невиправданим.

Розрахунок методом ймовірності привів до зниження вимог по точності, відповідаючий 11 квалітету. Розрахунок лінійного розмірного ланцюга методом регулювання (компенсатор обраний з деталі вузла) та компенсації за рахунок прокладок однакової товщини дають можливість виготовлення деталей з більш низькою точністю, що відповідає нормальній собівартості деталі.

У результаті розрахунку кутового розмірного ланцюга методом max-min отримали значно більший допуск на вихідну ланку ніж необхідний. Тому складання виконуємо селективним методом.

					КНУ.КМР.131.24.1-17.01.ПТПС	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Змін.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата	Таблиця 1.2- Розрахунок лінійної розмірного ланцюга A методом регулювання								
					Призначення розмірного ланцюга	ланка А: Забезпечення зазору між гвинтом та фланцем	Значення вихідної ланки	$A_z = 0_{+1.0}^{+0.2} \text{ мм } T_z = 1.0 \text{ мм } \Delta C_z = +1,5 \text{ мм}$					
					Схема розмірного ланцюга		Вихідні дані			Розрахункові величини			
							Позначення ланки	Номинал розмір	i	Квалітет	Допуск	Розмер з відхиленням	ΔC_i
							\bar{A}_1	125		12	0,400	125±0,200	0
							\bar{A}_2	435		14	1,550	435±0,775	0
							\bar{A}_3	4		10	0,048	4±0,024	0
							\bar{A}_4	26		10	0,084	26 - 0,084	-0,042
							\bar{A}_5	36		10	0,100	36 - 0,1000	-0,050
							\bar{A}_6	76		12	0,120	76 - 0,120	-0,060
							\bar{A}_7	316		10	0,230	316 - 0,230	-0,115
							\bar{A}_8	46		10	0,100	46 - 0,100	-0,050
							\bar{A}_9	56		11	0,120	56 - 0,120	-0,060
					Назва ланок розмірного ланцюга		$\bar{\beta}_2$	262		10	0,160		+0,080
					A_1/A_2	відстань від торця корпусу до обойми гвинтів	$\bar{\beta}_4$	262		11	0,250		+0,125
					A_3	Висота ножки кришки	$\bar{\beta}_6$	180		13	0,500		+0,250
					A_4	Висота кришки п'яти	$\bar{\beta}_8$	180		9	0,100		+0,050
					A_5	Висота п'яти	$\bar{\beta}_{10}$	100		9	0,050		+0,025
					A_6	Відстань між торцями гвинта	$\bar{\beta}_{12}$	105		9	0,050		+0,025
					A_7	Висота обойми	$\bar{\beta}_{16} = \bar{\beta}_{14}$	30		11/9	0,1/0,04		+0,05/0,020
					A_8	Відстань між торцями гвинта	Розрахунок розмірного ланцюга						
					A_9	Висота фланцю							
					β_2	Торцеве биття фланцю	$T_z = 0,4 + 1,55 + 0,048 + 0,084 + 0,10 + 0,12 + 0,23 + 0,1 + 0,12 + 0,16 + 0,25 + 0,5 + 0,1 + 0,05 \cdot 2 + 0,1 + 0,04 = 4,002$						
					β_4/β_6	Торцеве биття корпусу	$\Delta C_z = (0 + 0 + 0,125 + 0,250) - (0 - 0,42 - 0,05 - 0,06 - 0,115 - 0,05 - 0,06 + 0,08 + 0,05 + 0,025 \cdot 2 + 0,05 + 0,02) = \pm 0,162$						
					β_8	Торцеве биття кришки	$T_k = 4,002 - 1,0 = 3,002$; $N = [3,002 / (1,0 - 0,048)] \pm 1 = 4,15 \approx 4$ ступені; $T_{cm} = 3,002 / (4 - 1) = 1,001$;						
					β_{10}	Торцеве биття кришки п'яти	$A_{\text{кк}} = 4 + 0 + 0,162 - 1,5 = 2,662$; $A_{\text{max}} = 4,00 + 3,002 / 2 = 5,501$; $A_{\text{min}} = 4,0 - 3,002 / 2 = 2,499$;						
					β_{12}	Торцеве биття п'яти	I ступень: $A_3 = 5,501 \pm 0,024 \text{ мм}$;						
					β_{14}	Торцеве биття гвинта	II ступень: $A_3 = (5,501 - 1,001) = 4,500 \pm 0,024 \text{ мм}$						
					β_{16}	Торцеве биття гвинта	III ступень: $A_3 = (5,501 - 2 \cdot 1,001) = 3,499 \pm 0,024 \text{ мм}$						
							IV ступень: $A_3 = (5,501 - 3 \cdot 1,001) = 2,498 \pm 0,024 \text{ мм}$; $\varepsilon = [(2,498 - 2,499) / 2,499] \cdot 100\% = 0,04\%$						

КНУ. КМР. 131.24.1-17.01 ЛТПС

Арк.

Таблиця 1.3- Розрахунок лінійного розмірного ланцюга А методом регулювання ІІ

Призначення розмірного ланцюга		Ланцюг А: Забезпечення зазору між гвинтом і фланцем		Значення вихідної ланки		$A_z = 0^{+0,2}_{+1,0} \text{ мм } T_z = 1,0 \text{ мм } \Delta C_z = +1,5$				
Схема розмірного ланцюга				Вихідні дані			Розрахункові величини			
				Позначення ланки	Номинал розмір	<i>i</i>	Квалітет	Допуск	Розмір з відхиленням	ΔC_i
				\bar{A}_1	125		12	0,400	125±0,200	0
				\bar{A}_2	435		14	1,550	435±0,775	0
				\bar{A}_3	4		10	0,048	4±0,024	0
				\bar{A}_4	26		10	0,084	26 - 0,084	-0,042
				\bar{A}_5	36		10	0,100	36 - 0,1000	-0,050
				\bar{A}_6	76		12	0,120	76 - 0,120	-0,060
				\bar{A}_7	316		10	0,230	316 - 0,230	-0,115
				\bar{A}_8	46		10	0,100	46 - 0,100	-0,050
				\bar{A}_9	56		11	0,120	56 - 0,120	-0,060
A_1/A_2	Відстань від торцю корпусу до обойми гвинтів			\bar{A}_{10}	3			0,6	3±0,3	0
A_3	Висота ніжки кришки			$\bar{\beta}_2$	262		10	0,160		+0,080
A_4	Висота кришки п'яти			$\bar{\beta}_4$	262		11	0,250		+0,125
A_5	Висота п'яти			$\bar{\beta}_6$	180		13	0,500		+0,250
A_6/A_8	Відстань між торцями гвинта			$\bar{\beta}_8$	180		9	0,100		+0,050
A_7	Висота обойми гвинтів			$\bar{\beta}_{10}$	100		9	0,050		+0,025
A_9	Висота фланця			$\bar{\beta}_{12}$	105		9	0,050		+0,025
A_{10}	Товщина прокладок			$\bar{\beta}_{16} = \bar{\beta}_{14}$	30		11/9	0,1/0,04		+0,05/0,020
β_2	Торцеве биття фланця			Розрахунок розмірного ланцюга $T_z = 0,4 + 1,55 + 0,048 + 0,084 + 0,1 + 0,12 + 0,23 + 0,1 + 0,12 + 0,16 + 0,25 + 0,5 + 0,1 + 0,05 \cdot 2 + 0,1 + 0,04 = 4,002$ $\Delta C_z = (0 + 0 + 0,125 + 0,250) - (0,042 + 0,05 + 0,06 + 0,115 + 0,05 + 0,06 + 0,08 + 0,05 + 0,025 \cdot 2 + 0,05 + 0,02) = +0,162$ $T_k = 4,002 - 1,0 = 3,002$; $T_{ком} = 0,2 \text{ мм}$; $\Delta C_{ком} = 0 \text{ мм}$; $Z = 3,002 / 1,0 = 3,002 \approx 3$ прокладки; $A_{10} = 3 \pm 0,3 \text{ мм}$. $T'_z = 4,002 + 0,6 = 4,602 \text{ мм}$; $T'_k = 4,602 - 1,0 = 3,602 \text{ мм}$; $Z = [3,602 / 1,0] + 1 = 4,602 \approx 4$ прокладки $\Delta' = 1,5 - 0,162 + 4,602 / 2 - 0 - 1,0 = 2,639 \text{ мм}$; $\Delta C'_{A_9} = 2,639 \text{ мм}$; $eS_{A_9} = 2,639 + 0,120 / 2 = 2,699 \text{ мм}$; $ei_{A_9} = 2,579 \text{ мм}$. $Ac_{A_{10}} = 1,0 + 0 - 0,162 + 1,5 = 2,338 \text{ мм}$; $A_{10max} = 2,338 + 3,602 / 2 = 4,139 \text{ мм}$; $A_{10min} = 2,338 - 3,602 / 2 = 0,537 \text{ мм}$. $Z_{max} = 4,139 / 1,0 = 4,139 \approx 4$ прокл. $Z_{min} = 0,537 / 1,0 = 0,537 \approx 0$ прокл. $Z = 4 - 0 = 4$ прокладки						
β_4/β_6	Торцеве биття корпусу									
β_8	Торцеве биття кришки									
β_{10}	Торцеве биття кришки п'яти									
β_{12}	Торцеве биття п'яти									
β_{14}	Торцеве биття гвинта									
β_{16}	Торцеве биття гвинта									

КНУ. КМР. 131.24.1-17.01. ПТПС

Арк.

Змін. Арк. № докум. Підпис Дата
 КНУ.КМР.131.24.1-17.01.ПТПС
 Арк.

Таблиця 1.7-Розрахунок кутового розмірного ланцюга

Позначення і призначення розмірного ланцюга	γ - забезпечення зазору між гвинтом та обоймою	Призначення початкової ланки розмірного ланцюга					
Зображення розмірного ланцюга			Шукана величина	Значення шуканої величини			
			ϵ_{Σ}	$0_{+0.06}^{+0.09} \text{ мм}$			
			$\epsilon m_{e_{\Sigma}}$	+0,075мм			
			$T e_{\Sigma}$	0,03мм			
			P_{Σ}				
Ланка	Найменування розміру або посадки	Величина	emi	$emsi$	Tsi	ϵi	Ki
$\overline{S_1}$	посадка гвинта у п'яту	$\varnothing 22,4 \frac{H7}{f7} \left(\begin{matrix} +0.021 \\ -0.020/-0.041 \end{matrix} \right)$	$\frac{+0.0105}{+0.0305}$	-0.01	0.042	0.01	1.22
$\overline{S_2}$	посадка п'яти у корпус	$\varnothing 105 \frac{H7}{f7} \left(\begin{matrix} +0.035 \\ -0.036/-0.071 \end{matrix} \right)$	$\frac{+0.0175}{-0.0535}$	-0.018	0.07	0.01	1.22
$\overline{S_3}$	посадка обойми у корпус	$\varnothing 118 \frac{H7}{f7} \left(\begin{matrix} +0.035 \\ +0.035/+0.013 \end{matrix} \right)$	$\frac{+0.0175}{+0.024}$	+0.0207	0	0.01	1.22
$\overline{S_4}$	посадка гвинта у обойму	$\varnothing 50 \frac{H7}{f7} \left(\begin{matrix} +0.025 \\ -0.050/-0.075 \end{matrix} \right)$	$\frac{+0.0125}{-0.0625}$	-0.025	0.05	0.01	1.22
$\overrightarrow{e_{20}}$	Радіальне биття гвинта	$\varnothing 22,4 \frac{0.016}{2} = 0.008$	0.004			0.01	0.75
$\overrightarrow{e_{22}}$	зсув нар. поверхні п'яти відн. внутр.	$\varnothing 105 \frac{0.025}{2} = 0.0125$	0.006			0.01	0.75
$\overrightarrow{e_{24}}$	зсув осей отворів у корпусі	$\varnothing 118 \frac{0.025}{2} = 0.0125$	0.006			0.01	0.75
$\overleftarrow{e_{25}}$	зсув нар. поверхні обойми відносно внутр.	$\varnothing 118 \frac{0.025}{2} = 0.0125$	0.006			0.01	0.75
$\overleftarrow{e_{27}}$	радіальне биття гвинта	$\varnothing 50 \frac{0.025}{2} = 0.0125$	0.006			0.01	0.75

Продовження таблиці 1.2

1	2	3
7	Встановити з нижньої сторони пробку 12 для зливу мастила, щільно загвинтити до упору, попередньо поставивши ущільнюючу прокладку 13.	1.00
8	Встановити штуцер 11 з прокладкою 15 .	0.45
9	Залити турбінне мастило крізь отвір та загвинтити пробкою 12 попередньо поставивши ущільнюючу прокладку 13 .	1.50
10	Випробувати складений насос на герметичність та робото здатність .	180.00
V 1	Приєднати таблички 16 та 17 гвинтовим з'єднанням (по чотири гвинти). Вісім гвинтів 20 щільно загвинтити до упору .	0.15
2	Провести ґрунтування та пофарбування .	15.00
	Усього	261.87 хв. або 4 години 21.87 хв.

					КНУ.КМР.131.24.1-17.01.ПТПС	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ ВИХІДНИХ ДАНИХ ПРОЕКТУ

2.1 Службове призначення деталі. Вибір матеріалів та варіантів замін

Корпус є базовою деталлю насоса та призначений для відносного розташування у просторі деталей, точність положення котрих повинна забезпечуватися як у статиці, так і у процесі роботи машини під навантаженням. Згідно з цим корпус повинен мати необхідну точність, мати необхідну жорсткість та вібростійкість, що забезпечує потрібне відносне положення складаємих деталей, правильність роботи механізмів та відсутність вібрацій.

До внутрішніх циліндричних поверхонь пред'являються завищені вимоги до точності діаметральних розмірів і точності форми та розташування поверхонь. Внутрішні циліндричні поверхні знаходяться у спряженні з іншими деталями, працюють на знос, тому до них пред'явлені високі вимоги по шорсткості та зносостійкості.

До торцевих поверхонь також пред'являються вимоги по шорсткості, що забезпечує щільні з'єднання з кришкою та фланцем та запобігає протіканню мастила.

Корпус насосу мастильного трьохгвинтового виготовлено з хромісто – молібденової сталі 35ХМЛ ДСТУ 7806:2015 [2].

У якості заміни матеріалу обираємо сталь – сталь 35 ХМ ДСТУ 9182:2022, тому що її склад та механічні властивості схожі зі складом та властивостями сталі, а заготовку отримуємо зварюванням.

Таблиця 2.1 - Хімічний склад сталі 35 ХМ та сталі 35 ХМЛ (%)

Матеріал	С	Si	Mn	Cr	Mo	P	S	Cu	Ni
						Не більш			
Сталь 35 ХМЛ	0,30- 0,40	0,20- 0,40	0,40- 0,90	0,80- 1,10	0,20- 0,30	0,040	0,040	0,30	0,30
Сталь 35 ХМ	0,32- 0,40	0,17- 0,37	0,40- 0,70	0,80- 1,10	0,15- 0,25	0,035	0,035	0,30	0,30

					КНУ.КМР.131.24.1-17.02.ТЕА					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ТЕХНІКО- ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ ВИХІДНИХ ДАНИХ			Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Худорожков								
Перевір.		Цивінда								
Н. Контр.		Нечаєв						Кафедра ТМ ПМ -23м		
Зав. каф.		Рязанцев								

На кресленні деталі відсутні деякі розміри : немає розмірів які вказують на розташування поверхонь 5 та 6 , а також недостатньо розмірів для отримання заготовки. Тому проставимо їх самі.

Поверхні 1 , 2 та 3 не мають вказану необхідну шорсткість. Поверхні 1, 2 – основні поверхні, які використовуються у якості баз при обробці інших поверхонь, тому на них призначаємо шорсткість Ra 6,3 мкм та Ra 3.2 мкм відповідно. На третю 3 поверхню призначаємо шорсткість Ra 12.5 мкм.

Лінійні розміри 225 мм та 405 мм не відповідають нормальним лінійним розмірам, але вони необхідні для виконання службового призначення вузлу, тому ми їх не змінюємо.

Матеріал деталі – сталь 35ХМЛ ДСТУ 7806:2015 вказаний у технічних вимогах, тому його необхідно записати у основний надпис.

Шорсткість Ra 2.5 мкм, Ra 5 мкм, Ra 10 мкм, Ra 20 мкм не відповідає першому ряду шорсткості по ГОСТ 2789 – 73 , переводимо її на шорсткість Ra 1.6 мкм , Ra 3.2 мкм, Ra 6.3 мкм , та Ra 12.5 мкм відповідно.

У правому верхньому куту креслення перед знаком у дужках стоїть знак тому як частина поверхонь по даному кресленню не виконується .

У технічних вимогах вказані : 1) матеріал – сталь 35ХМЛ ДСТУ7806:2015 2) не вказані граничні відхилення розмірів : Н14 ; h14 ; $\pm \frac{t2}{2}$, 3) покриття емаль ПФ – 115 сіра ДСТУ Б В.2.6-193:2013 IV УХЛ 1, 4) маркірувати шрифтом 5 .
У основному написі вказана вага 84 кг та вказаний масштаб креслення 1:2.

2.4 Аналіз технологічності деталі

2.4.1 Якісний аналіз технологічності

Корпус насосу відноситься до класу корпусів призматичного типу. Деталь виготовляється зі сталі 35ХМЛ ДСТУ 7806:2015 лиття у піщану форму. У серійному виробництві для середніх відливок , якою є наша деталь , застосовують машинну формовку з використанням металевих або дерев'яних моделей, котра не вимагає робочих високої кваліфікації . Вона забезпечує високу продуктивність та дозволяє одержати якісні однорідні відливки з стабільними параметрами точності. Формовка повинна виконуватись з застосуванням ступінчатих стержнів, формуючих внутрішні порожнини, кармани та ребра.

Деталь має зручні технологічні бази (площина 1 та два отвори 2), забезпечуючи потрібну орієнтацію та надійне закріплення на верстаті. Плоска базова поверхня виконана перервною , що дозволяє знизити час обробки.

Внутрішні оброблюємі поверхні повинні бути виконані у межах вказаних відхилень та радіальним биттям 0,015 мм відносно бази Н, діаметром $\varnothing 118H7(^{+0.035})$. Для досягнення потрібної точності ці отвори необхідно оброблювати на одному верстаті за один установ.

Нетехнологічні у даній конструкції цековки діаметром $\varnothing 34$ мм , тому як не передбачено вільного доступу інструменту. Їх обробку можливо виконувати тільки зі зворотньої сторони зенковкою зворотньою автоматичною.

					КНУ.КМР.131.24.1-17.02.ТЕА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Деталь достатньо технологічна, дозволяє використовувати високопродуктивні режими обробки, має хороші базові поверхні для початкової операції і досить проста по конструкції.

2.4.2 Кількісний аналіз технологічності

Кількісну оцінку технологічності конструкції деталі проводимо по наступним коефіцієнтам.

1) Коефіцієнт використання матеріалу визначаємо за виразом .

$$K_{um} = \frac{q}{Q}, \quad (2.1)$$

де q – вага деталі, кг ;

Q – вага матеріалу заготовки, кг .

Підставивши значення у вираз (2.1) отримаємо .

$$K_{um} = \frac{84}{100,4} = 0,84$$

2) Середню точність визначаємо за виразом :

$$\Gamma_{cp} = \frac{\sum ni \cdot \Gamma i}{N}; \quad (2.2)$$

де n – кількість поверхонь з однією точністю ;

Γ – квалітет точності ,

N – загальна кількість поверхонь .

Тоді

$$\Gamma_{cp} = \frac{10 \cdot 14 + 6 \cdot 12 + 2 \cdot 9 + 8 \cdot 7 + 40 \cdot 6}{56} = 9,4$$

3) Середню шорсткість визначаємо за виразом :

$$Ra_{cp} = \frac{\sum ni \cdot Rai}{N}, \quad (2.3)$$

де n – кількість поверхонь з однією шорсткістю ;

Ra – шорсткість поверхні ;

N – загальна кількість поверхонь .

$$Ra_{cp} = \frac{3 \cdot 12,5 + 4 \cdot 6,3 + 36 \cdot 3,2 + 13 \cdot 1,6}{56} = 3,5$$

4) Коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів деталі визначаємо за виразом :

$$K_y = \frac{Q_{y.e}}{Q_e}, \quad (2.4)$$

де $Q_{y.e}$ – число уніфікованих елементів деталі, шт.

Q_e – загальне число конструктивних елементів деталі, шт.

$$K_y = \frac{2 + 2 + 4 + 4 + 8 + 8 + 8}{56} = 0.64$$

					КНУ.КМР.131.24.1-17.02.ТЕА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таким чином до деталі пред'явлені високі вимоги по точності та нормальні вимоги по шорсткості .

Взагалі деталь являється технологічною.

2.5 Вибір типу виробництва. Задачі проектування

2.5.1 Вибір типу виробництва

Для визначення типу виробництва використовуємо річний об'єм виробництва ($N = 1500$ шт) та масу деталі ($q = 84$ кг). Визначення типу виробництва для ділянки з трьома верстатами, на яких виконуються операції механічної обробки деталі . Штучно – калькуляційний час на виконання операцій окремих верстатів складає відповідно 103,6 ; 100,1 та 119,1 хв . Місячна програма випуску 62,5 шт , $\eta_n = 0,8$.

Вихідні дані	
Річна програма N_p , шт	1500
Штучно-калькуляційний час, хв	
$T_{шт.-к.1}$	103,6
$T_{шт.-к.2}$	100,1
$T_{шт.-к.3}$	119,1
$T_{шт.-к.4}$	0
$T_{шт.-к.5}$	0
Йомірний тип виробництва (ДС=1, СС=2, ВС=3)	2
Кількість змін	1

Коефіцієнт закріплення операцій	
$K_{за} = \frac{\sum P_i}{\sum P_i}$	
де $\sum P_i$ – сумарне число різних операцій за місяць з розрахунку на одного змінного	
$\sum P_i$ – явочне число робітників ділянки, що виконують різні операції при роботі в одну	
$P_{оп} = \frac{13182 \cdot \eta_n}{T_{шт.к.} \cdot N_M}$	
де η_n – 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 $N_M = \frac{N_p}{s \cdot 12}$	
$P_{оп1} = \frac{13182 \cdot 0,8}{103,6 \cdot 125} = 0,814$	$\sum P_i = P_1 + P_2 + \dots + P_n$
$P_{оп2} = \frac{13182 \cdot 0,8}{100,1 \cdot 125} = 0,843$	$P_1 = 0,96 \cdot \eta_n = 0,96 \cdot 0,8 = 0,77$
$P_{оп3} = \frac{13182 \cdot 0,8}{119,1 \cdot 125} = 0,708$	$\sum P_i = 3 \cdot 0,768 = 2,304 = 3$
$K_{за} = \frac{2,37}{3} = 0,79$	
Виробництво серійне ###	

Розмір партії деталей	
$n = \frac{N_p \cdot a}{\Phi}$	
де Φ – число робочих днів в році;	
a – кількість днів запаса деталей на складі; для	
крупних деталей – 2...3 дн.; середніх – 3...5 дн.;	
дрібних – 5...10 дн.	
$n = \frac{1500 \cdot 2}{249} = 12 \text{ шт.}$	

Висновок: Виробництво серійне , метод роботи перемінно-поточний.

2.5.2 Вибір типового технологічного процесу

У відповідності з ДСТУ 3321:2003 (Система конструкторської документації. Терміни та визначення основних понять), розробка технологічного процесу включає класифікацію (кодування) виготовляємої деталі на основі класифікаторів.

Класифікація деталі заключається у складанні повного конструкторсько – технологічного коду.

					КНУ.КМР.131.24.1-17.02.ТЕА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- 1) Конструкторський код
- клас 730000 – деталі – не тіла обертання корпусні , опорні , ємкісні ;
 - підклас 731000 – корпусні без поверхні роз’ємну (корпуса , циліндри , блоки , моноблоки , головки циліндрів , коробки передач) ;
 - група 731300 – з плоскою основною базою з зовнішньою поверхнею комбінованою ;
 - підгрупа 731370 – з плоскими допоміжними базами з двома та більш базовими отворами ;
- вид 731378 – комбінованими.

- 2) Технологічний код
- розмірна характеристика :
 - ширина 305 мм – А ;
 - довжина 580 мм – 9 ;
 - висота 405 мм – Б ;
 - група матеріалу :
 - сталь конструкційна легована – 12;
 - вид деталі по технологічному методу виготовлення:
 - оброблюєма різанням – 4;
 - вид вихідної заготовки
 - отримана литтям у піщані форми – 11;
 - квалітет:
 - точність розмірів зовнішньої поверхні IT 14 – 1 ;
 - точність розмірів внутрішньої поверхні IT 7 – 4 ;
 - параметр шорсткості:
 - шорсткість Ra 1,6 мкм – 4;
 - ступінь точності – 4;
 - вид допоміжної обробки – 1;
 - характеристика ваги – К (q = 84 кг).

Тоді повний конструкторсько – технологічний код матиме вигляд:
731378A9B124 1114441К .

Таблиця 2.4 - Типовий технологічний маршрут обробки корпусу

Операція	Зміст та найменування операції	Верстат , обладнання	Оснастка
005 010 015	Лиття. Обрубка та очистка відливки Фрезерувати площину основи кінцево , свердлити 4 отвори $\varnothing 13$ кінцево , фрезерувати площину бобишки $\varnothing 20$ кінцево , свердлити та нарізати різьбу M10×1-7H у одному отворі кінцево . Фрезерувати торець $\varnothing 102$, витримуючи	Багатоцільовий з ЧПК та інструментальним магазином ИР 800 ПМ Ф4	Наладка УСПО

					КНУ.КМР.131.24.1-17.02.ТЕА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

3.1 Техніко – економічне обґрунтування вибору заготовки

Беручи до уваги тип виробництва (серійне), марку матеріалу (сталь 35ХМЛ ДСТУ 7806:2015), конфігурацію (проста) та вагу (84 кг) деталі обираємо наступні методи отримання заготовки: відливка та комбінована (зварна) заготовка з заміною матеріалу. Аналізуємо варіанти отримання заготовки користуючись матрицею впливу факторів.

Таблиця 3.1-Матриця впливу факторів

	Форма та розміри	Точність та якість	Технологічні властивості матеріалу	Річна програма випуску	Собівартість	Сума
Відливка	+	+	+	+	+	5
З заміною матеріалу						
Комбінована (зварна)	+	+	+	-	+	4

Проведемо техніко – економічне порівнювання вище вказаних способів отримання заготовки за їх вартістю згідно з [3,4] .

Вартість заготовки визначаємо за виразом :

$$C = Q \cdot C_m \cdot K_m \cdot K_c \cdot K_{op} - (Q - q)C_o, \quad (3.1)$$

де Q – вага заготовки , кг ;

C_m – ціна одного кілограму матеріалу заготовки , грн. ;

K_m , K_c , K_{op} – коефіцієнти , які враховують відповідно масу заготовки, групу складності та об'єм виробництва заготовок;

Q – маса готової деталі , кг;

C_o – ціна одного кілограму відходів , грн.

Вартість заготовки отриманої литтям у піщані форми складає

$$C_1 = 100,8 \cdot 3,52 \cdot 0,86 \cdot 0,82 \cdot 0,92 - (100,8 - 84,0) \cdot 0,45 = 222 \text{ грн}$$

Вартість комбінованої зварної заготовки дорівнює :

$$C_2 = 102,2 - 2,3 \cdot 0,831 \cdot 1,0 \cdot 1,15 - (102,2 - 85,4) = 0,45 \text{ грн}$$

Річний економічний ефект порівняння способів отримання заготовок , при котрих технологічний процес механічної обробки не змінюється, визначаємо за виразом :

$$E = (C_1 - C_2)N, \quad (3.2)$$

					КНУ.КМР.131.24.1-17.03.ПТП			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Худорожков				ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ	Літ.	Арк.	Аркуші
Перевір.	Цивінда							
Н. Контр.	Нечаєв					Кафедра ТМ ПМ -23м		
Зав. каф.	Рязанцев							

де C_1, C_2 – вартості порівнюємих заготовок , грн.

N – річна програма , шт.

Підставивши необхідні значення у вираз (3.2) отримаємо:

$$E = (222 - 217) \cdot 1500 = 7500 \text{ грн}$$

Таким чином річний економічний ефект комбінованої зварної заготовки складає 7500 грн. Однак зварні заготовки застосовуються, головним чином, у одиночному та мало серійному виробництві . Застосування зварних заготовок у серійному виробництві вимагає добре обладнаного зварного цеху. Отримання зварних заготовок не потребує початкових витрат, пов'язаних з виготовленням модельного комплексу. Але підготовка для зборки різних деталей (ребер, фланців, тощо) включає розкрій та різку листової сталі, виготовлення штампованих заготовок , обробку їх на верстатах , що пов'язано з немалими грошовими витратами . Необхідно також враховувати вартість зварних пристроїв та витрати на зварку.

Тому приймаємо заготовку, отриману литтям у піщані форми .

3.2 Проектування заготовок

3.2.1 Проектування литої заготовки

Аналіз креслення показує , що відливка корпусу II класу точності 3 групи складності. Відливку отримуємо по роз'ємній моделі з однією поверхнею роз'ємну. Поверхня роз'єму плоска. Тому як корпус насосу має патрубків з фланцями, то вісі патрубків необхідно розташувати горизонтально, так щоб фланці розташувалися вертикально .

1).Проектування відливки ведемо з заповненням таблиці згідно з [4].

Встановлюємо класи точності розмірів та мас відливки і ряди припусків на механічну обробку . Для відливок зі сталі з найбільшим габаритним розміром до 630 мм при литті у піщані форми, отверждаємі поза контактом з оснащенням отримуємо $\frac{7T-12}{2-4}$;

Тому як відливка виконується в умовах механізованого серійного виробництва , обираємо середнє значення класу точності розмірів та маси – 10 і ряду припусків – 3 .

2) Призначаємо допуски розмірів відливки .

Тому як оброблюємі поверхні отримуємо у одній напівформі , або поверхні утворені одним стержнем , то допуски призначаємо на один клас точніше . Таким чином допуски розмірів призначаємо по дев'ятому класу.

3) Встановлюємо граничні відхилення .

Заготовку отримуємо по роз'ємній моделі, тому встановлюємо симетричні відхилення на всі розміри .

4) Встановлюємо граничні відхилення зсуву.

При 10 класі точності розмірів відливки та відстані між центруючими пристроями форми до 630 мм граничне відхилення зсуву дорівнює 0,8 .

5)Встановлюємо граничні відхилення коробління.

					КНУ.КМР.131.24.1-17.03.ПТП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

а) Призначаємо ступінь коробління.

Відношення найменшого габаритного розміру до найбільшого складає : $305 : 560 = 0,544$.

Ступінь коробління може бути визначена у інтервалі $1 \div 7$. Менше значення ступіней коробління відносяться до простих відливок з легких цвітних сплавів , не підвержених термообробці; більше значення – до важких термооброблюємих відливок з чорних сплавів . У нашому випадку корпус відливається з сталі 35ХМЛ ДСТУ7806:2015. Назначаємо ступінь коробління 4.

б) Граничні відхилення коробління для 4 ступіні коробління при найбільшому габаритному розмірі 560 мм складає $\pm 0,3_{мм}$.

6) Призначаємо верхнє граничне відхилення маси відливки .

Маса відливки може бути визначена в інтервалі $63 \div 100_{кг}$. Верхнє граничне відхилення маси відливки для 10 класу точності маси – 4% .

7) Призначення основних припусків на механічну обробку . Довжина 560мм , шорсткість Ra 1,6 мкм , допуск розміру 3,6 мм , припуск 4,2 мм .

Діаметр $\varnothing 105H7^{(+0.035)}$, шорсткість Ra 1,6 , допуск розміру 2,4 мм , припуск 4,0 мм .

Діаметр $\varnothing 116H7^{(+0.035)}$ шорсткість Ra 1,6 мкм , допуск розміру 2,4 мм , припуск 4,0 мм .

Діаметр $\varnothing 118H7^{(+0.035)}$, шорсткість Ra 1,6 мкм , допуск розміру 2,4 мм , припуск 4,0 мм .

Діаметр $\varnothing 145H7^{(+0.040)}$, шорсткість Ra 1,6 мкм , допуск розміру 2,4 мм , припуск 4,0 мм .

Довжина 405 мм , шорсткість Ra 1,6 мкм , допуск розміру 3,6 мм , припуск 4,2 мм .

Довжина 405 мм , шорсткість Ra 6,3 мкм , допуск розміру 3,6 мм , припуск 4,2 мм .

8) Встановлюємо допоміжні припуски .

Граничне відхилення зсуву – 0,8 мм , що менше половини допуску на кожен розмір відливки , тому допоміжний припуск , компенсуючий відхилення зсуву , не призначаємо .

9) Визначаємо розміри відливки з граничними відхиленнями .

Довжина $560 + 4,2 \cdot 2 = 568,4_{мм}$; габаритний розмір складає $568,4 \pm 1,8_{мм}$.

Діаметр $\varnothing 105 - 4,0 \cdot 2 = 97,0_{мм}$; діаметр $\varnothing 97 \pm 1,2_{мм}$

Діаметр $\varnothing 116 - 4,0 \cdot 2 = 108,0_{мм}$; діаметр $\varnothing 108 \pm 1,2_{мм}$

Діаметр $\varnothing 118 - 4,0 \cdot 2 = 110,0_{мм}$; діаметр $\varnothing 110 \pm 1,2_{мм}$

Діаметр $\varnothing 145 - 4,0 \cdot 2 = 137,0_{мм}$; діаметр $\varnothing 137 \pm 1,2_{мм}$

Довжина $405 + 4,2 \cdot 2 = 413,4_{мм}$; габаритний розмір складає $413,4 \pm 1,8_{мм}$.

10) Формовані уклони .

На поверхню $568,4 \times 413,4_{мм}$ призначаємо уклон $1^\circ 30'$.

11) Формовані радіуси .

Приймаємо формовані радіуси дорівнює 5 та 8 мм .

Усі отримані данні заносимо у таблицю 4.2.

					КНУ.КМР.131.24.1-17.03.ПТП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.2-Розміри та граничні відхилення деталі та заготовки

№	Номинальний розмір деталі	Квалітет IT	Шорсткість Ra мкм	Допуск розміру мм ,	Граничні відхилення мм ,	Основний припуск мм ,	Розмір заготовки мм ,
1	$\varnothing 105H7^{(+0.035)}$	H7	1,6	2,4	± 1.2	4,0	$\varnothing 97 \pm 1.2$
2	$\varnothing 116H7^{(+0.035)}$	H7	1,6	2,4	± 1.2	4,0	$\varnothing 108 \pm 1.2$
3	$\varnothing 118H7^{(+0.035)}$	H7	1,6	2,4	± 1.2	4,0	$\varnothing 110 \pm 1.2$
4	$\varnothing 145H7^{(+0.040)}$	H7	1,6	2,4	± 1.2	4,0	$\varnothing 137 \pm 1.2$
5	560	14/14	1,6/1,6	3,6/3,6	$\pm 1.8/\pm 1.8$	4,2/4,2	568.4 ± 1.8
6	405	14/14	1,6/6,3	3,6/3,6	$\pm 1.8/\pm 1.8$	4,2/4,2	413.4 ± 1.8

3.2.2 Проектування зварної заготовки

Проектування зварної заготовки ведемо згідно з ДСТУ EN ISO 9692-1:2014 (Зварювання та споріднені процеси. Рекомендації щодо підготування зварних з'єднань. Частина 1. Ручне дугове зварювання, зварювання в захисному газі, газове зварювання, TIG - зварювання та променеве зварювання сталей (EN ISO 9692-1:2013, IDT))[5] – С 17 - ω - шов стикового з'єднання, напливи та нерівності шву обробити з плавним переходом до основного металу.

- У7 Δ 4 – шов кутового з'єднання з катетом шву 4 мм .
- Т6 – шов таврового з'єднання зі скосом однієї кромки.
- У17 - Δ 13 – шов кутового з'єднання з катетом шву 13мм .
- Т3 - Δ 5 – шов таврового з'єднання , катет шву 5мм.

Усі шви виконуємо дуговою ручною зваркою .

Розрахунок комбінованої зварної заготовки ведемо у наступній послідовності

1) Визначаємо діаметр електроду за виразом :

$$d_s = \delta / 2 + 1; \quad (3.3)$$

де δ - товщина матеріалу , мм .

$$d_s = 12 / 2 + 1 = 7 \text{ мм}$$

Обираємо електроди з діаметром $d_s = 8,0 \text{ мм}$.

2) Вибираємо тип та марку електроду .

Для зварки відповідних конструкцій , а у нашому випадку корпус насосу є самим відповідальним (тому як використовується у гідравлічних системах , працює при підвищених температурах та високих напругах) застосовується електрод типа Э-08Х20Н9Г2Б марка ЦЛ11 \varnothing 5.

Таким чином обраний електрод $\varnothing 5,0 - 2$.

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КМР.131.24.1-17.03.ПТП				

3) Визначаємо величину зварного току по виразу .

$$I_{св} = \kappa \cdot dэ; \quad (3.4)$$

де κ – щільність току у амперах на один міліметр діаметру електроду ,
 $\kappa = 60 \text{ A/мм}$;

$dэ$ – діаметр електроду , мм

$$I_{св} = 60 \cdot 8,0 = 480 \text{ A} ;$$

4) Визначаємо масу наплавленого металу за формулою :

$$G_m = F_{ш} \cdot L_{ш} \cdot \gamma; \quad (3.5)$$

де $F_{ш}$ – площа поперечного перерізу шву , см^2 ;

$L_{ш}$ – довжина зварного шву , см ,

γ – щільність металу . Для сталі $\gamma = 7.8 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$.

$$G_m = (2,5 \cdot 25,1 + 2,5 \cdot 25,1 + 2,1 \cdot 160 + 2 \cdot 113 + 2,1 \cdot 138,1) \cdot 7,8 = 7624,6 \text{ г} = 7,6 \text{ кг}$$

5) Витрату електродів визначаємо за виразом :

$$G_o = G_m \cdot (1 + K_n); \quad (3.6)$$

де K_n – коефіцієнт втрат на огарки , $K_n = 0.5$

$$G_o = 7,6 \cdot (1 + 0,5) = 11,4 \text{ кг} .$$

6) Технологічний час зварки визначаємо за виразом :

$$T_o = [60 \cdot G_m / (\alpha \cdot I_{св})] \cdot m \cdot A ; \quad (3.7)$$

де α – коефіцієнт наплавки , г/А

A – коефіцієнт, урахувуючий довжину шва . При $L_{ш} = 200 \div 100 \text{ мм}$,

$A = 1,1$;

m – коефіцієнт , який враховує положення шву у просторі .

$$T_o = [60 \cdot 7600 / (10 \cdot 480)] \cdot 1,6 \cdot 1,1 = 167,2 \text{ хв} ;$$

7) Повний час зварних робіт приймаємо рівним .

$$T_n = 1,5 T_o \quad (3.8)$$

$$T_n = 1,5 \cdot 167,2 = 250,8 \text{ хв} ;$$

8) Падіння напруги на дузі складає

$$V_d = V_{ак} + V_c; \quad (3.9)$$

де $V_{ак}$ – падіння напруги на аноді та катоді , $V_{ак} = 20 \text{ В}$;

$$V_c = E_c \cdot I_d; \quad (3.10)$$

E_c – напруженість електричного поля у стовбі , $E_c = 3 \text{ В}$;

I_d – довжина дуги , мм , $I_d = (8,0 + 2) / 2 = 5 \text{ мм}$

$$V_d = 20 + 3 \cdot 5 = 35 \text{ В} .$$

9) У якості джерела живлення обираємо випрямляч ВД – 304 УЗ з технічними характеристиками :

а) напруга холостого ходу $V_{хс} = 80 \text{ В}$;

б) номінальний розмірний ток $I_n = 500 \text{ А}$;

в) номінальна потужність

ь $P = 42 \text{ кВт}$;

г) коефіцієнт потужності $\cos \varphi = 0.6$;

10) Швидкість зварки визначаємо за виразом :

$$V_{св} = L_{ш} / T_o; \quad (3.11)$$

де $L_{ш}$ – довжина зварного шву , м ;

T_o – час зварки , год .

					КНУ.КМР.131.24.1-17.03.ПТП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$V_{св} - (0,25 + 0,25 + 0,16 + 0,113 + 0,14) / 2,8 = 0,33 \text{ м/год.}$$

11) Витрати електроенергії на зварку визначаємо за виразом :

$$P = [(V_d \cdot I_{св} \cdot T_o) / (\eta \cdot 1000)] \cdot P_{хх} \cdot (T_n - T_o); \quad (3.12)$$

де η - ККД джерела живлення , $\eta = 0.8$

$P_{хх}$ – втрати холостого ходу , $P_{хх} = 0,4 \text{ кВт.}$

$$P = [(35 \cdot 480 \cdot 167.2) / (0.8 \cdot 1000)] \cdot 0.4(250.8 - 167.2) = 1957 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Зварка виконується при постійному струмі зворотньої полярності «-«ДСТУ EN ISO 9692-1:2014 (Зварювання та споріднені процеси. Рекомендації щодо підготування зварних з'єднань. Частина 1. Ручне дугове зварювання, зварювання в захисному газі, газове зварювання, TIG - зварювання та променеве зварювання сталей (EN ISO 9692-1:2013, IDT)) на деталь.

3.3 Вибір та обґрунтування баз

Корпус відноситься до класу призматичних корпусів . Необхідно забезпечити точність розташування головного отвору витримуючи розмір $225^{+0.8}$.

Обробку заготовки корпусу припускається виконувати на верстатах з ЧПК. У якості технологічних баз для обробки більшості поверхонь деталі приймемо площину основи 1 та два перпендикулярних до неї отворів 2, матеріалізуючих схему базування по площині та двом штирям .

Основна конструкторська база – площина 1 та два отвори 2.

Технологічна база точки 1, 2, 3 - установча база; точки 4 , 5 – двійна опорна база , точка 6 – опорна база .

У якості вимірювальної бази виступає поверхня 25 (база Н) , відносно якої задане розташування інших поверхонь.

У такому випадку принцип єдності баз не виконується. Це пов'язане з тим що при контролі використовується накладний контрольний пристрій. При достатньо точному заданому розмірі від вісі отвору до установчої технологічної бази оправа , яка встановлена на поверхню 25 забезпечує нам єдність баз.

У якості технологічних баз на першу операцію приймаємо: поверхня фланців (точки 1, 2, 3,) – установча база[6].

3.4 Вибір та обґрунтування послідовності обробки

Таблиця 3.3 – Послідовність обробки поверхонь

№з/п поверхні, розмір	Найменування переходу	Шорсткість Ra , мкм	Точність IT	Допуск T , мм
1	2	3	4	5
1. $225^{+0.8}$ 2.	Фрезерувати	6,3	14	0,800

					КНУ.КМР.131.24.1-17.03.ПТП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 3.3

1	2	3	4	5
Ø19H9 2 отв.	Свердлити отвори	12,5	12	0,210
	Зенкерувати отвори	6,3	10	0,084
	Зенкувати поверхню	12,5	14	0,620
3. Ø19 2 отв.	Розгорнути отвори	3,2	H9	0,052
	Свердлити отвори	12,5	12	0,210
4. M10 – 7H 4 отв.	Зенкувати поверхню	12,5	14	0,620
	Свердлити отвори	6,3	12	0,150
	Зенкувати фаску	12,5	14	0,250
	Нарізати різьбу M10 – 7H	3,2	7H	0,300
5, 6. M20×1.5 – 6H	Свердлити отвір	6,3	12	0,210
	Цекувати начорно	6,3	14	0,250
	Цекувати начисто	3,2	14	0,250
	Нарізати різьбу M20×1.5 – 6H	3,2	6H	0,220
7. 405	Підрізати торець начорно начисто	6,3	14	1,550
		1,6	14	1,550
Ø109h12	Точити начорно начисто	6,3	14	0,870
		1,6	h12	0,350

9. 6 10. Ø95H12	Підрізати торець	6,3	14	0,300
11. M16 – 6H 4 отв.	Розточити начорно начисто	6,3	14	0,870
		1,6	H12	0,350
	Свердлувати отвори	6,3	12	0,180
		12,5	14	0,250
		3,2	6H	0,300
12. 405	Зенкувати фаску			
	Нарізати різьбу M16 – 6H			
	Підрізати торець начорно	6,3	14	1,550
		1,6	14	1,550
	Підрізати торець начисто			

					КНУ.КМР.131.24.1-17.03.ПТП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 3.3

1	2	3	4	5
13. Ø75h12	Точити начорно Точити начисто	6,3 1,6	14 h12	0,740 0.300
14. 4	Підрізати торець	6,3	14	0,300
15. 3×30°	Точити фаску начорно Точити фаску начисто	6,3 1,6	14 12	0,250 0,100
16. 3	Підрізати торець	6,3	14	0,250
17. M20 – 6H 8 отв.	Свердлувати отвори Зенкувати фаску Нарізати різьбу M20 – 6H	6,3 12,5 3,2	12 14 6H	0,210 0,250 0,400
18. 560	Фрезерувати начорно Фрезерувати начисто	6,3 1,6	14 14	1,750 1,750
19. M27 – 6H 8 отв.	Центрувати Свердлувати отвори Нарізати різьбу M27 – 6H	12,5 6,3 3,2	12 12 6H	0,120 0,400 0,400
20. Ø105H7	Розточити начорно напівчисто тонко	6,3 3,2 1,6	11 8 H7	0,220 0,057 0,035
21. 560	Фрезерувати начорно Фрезерувати начисто	6,3 1,6	14 14	1,750 1,750
22. M16 – 6H 8 отв.	Центрувати Свердлити отвори Нарізати різьбу M16 – 6H	12,5 6,3 3,2	12 12 6H	0,120 0,300 0,300
23. Ø145H7	Розточити начорно начисто тонко	6,3 3,2 1,6	11 8 H7	0,250 0,063 0,040
24.	Розточити начорно			

Продовження таблиці 3.3				
1	2	3	4	5
Ø116H7	начисто	6,3	11	0,220
	тонко	3,2	8	0,057
		1,6	H7	0,035
25. Ø118H7	Розточити начорно			
	начисто	6,3	11	0,220
	тонко	3,2	8	0,057
26. 5×45°	Розточити фаску	1,6	H7	0,035
		1,6	14	0,300
27. 1×45°	Розточити фаску	12,5	14	0,250

3.5 Розробка маршруту обробки деталі

На основі базового технологічного процесу та задач проектування розробляємо технологічну послідовність обробки корпусу насосу мастильного трьохгвинтового та заповнюємо таблицю 3.4.

Таблиця 3.4 – Маршрут обробки деталі [7]

№з/п операції	Найменування операції	№ з/п оброблюємої поверхні.	№ з/п базуємої поверхні	Тип , модель верстату
1	2	3	4	5
005	Лиття			
010	Обрубка та очистка відливки.			
	Термообробка			
015	Багатоцільова з	1 , 2 , 3 , 4 , 5	7,21	Горизонтально-фрезерний верстат з ЧПК
020	ЧПК			
				НАAS ES-800

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КМР.131.24.1-17.03. ПТП					

Продовження таблиці 3.4

1	2	3	4	5
025	Багатоцільова з ЧПК	6 , 7 , 8 , 9 , 10 , 11 , 12 , 13 , 14 , 15 , 16 , 17 .	1,2	Горизонтально-фрезерний верстат з ЧПК HAAS ES-800
030	Багатоцільова з ЧПК	18 , 19 , 20 , 21 , 22 , 23 , 24 , 25 , 26 , 27 .	1,2	Горизонтально-фрезерний верстат з ЧПК HAAS ES-800
035	Притупити гострі кромки.			
040	Технічний контроль			
045	Нанесення антикорозійного покриття.			

3.6 Розробка технологічної операції

Таблиця 3.5 – Розробка технологічних операцій

№ операції та переходів	1. Назва операції 2. Верстат 3. Склад переходів технологічної операції	Верстатний пристрій	Інструмент (різальний , допоміжний , вимірювальний)
1	2	3	4
005 010 015 020 1)	Лиття . Обрубка та очистка відливки . Термічна . 1. Багатоцільова з ЧПК 2. Горизонтально-фрезерний верстат з ЧПК HAAS ES-800 3. Фрезерувати площину основи , в = 305 мм, l = 360 мм.		Фреза торцева 326R08-B25100VM-TH за каталогом “Sandvik Coromant” Оправка 50 – 50 321,8 ОСТ 2 П14 – 6 – 84

Продовження таблиці 3.5

1	2	3	4
2) 3) 4)	Свердлити отвір $\varnothing 18.5\text{мм}$ Цекувати поверхню $\varnothing 46\text{мм}$ начорно Ценкувати поверхню $\varnothing 46\text{мм}$		Штангенрейсмас ШР60 – 600 – 0,1 ДСТУГОСТ 164 – 80. Свердло 820.1-1800-045A1-PM за каталогом “Sandvik Coromant” Зенковка $\varnothing 46$ спеціальна для обробки опорних поверхонь ОСТ2 П12 – 8 – 84
13) 14)	Свердлувати 4 отвори $\varnothing 8.5$ та зенкувати фаску $1.6 \times 45^\circ$ Нарізати різьбу у 4 отворах М10 – 7Н		Свердло – зенковка спеціальна калібрована $\varnothing 8.5 \angle 90^\circ$ Втулка 50 – 2 ОСТ2 П12 – 7 – 84 Патрон 6251 – 0186 ДСТУГОСТ 14074 – 73 . Мітчик М10 ДСТУГОСТ 3266 – 81 Патрон для мітчику 6161 – 0173 ДСТУГОСТ 22627 – 77 .
5) 6)	Зенкувати фаску $1.6 \times 45^\circ$ Нарізати різьбу $M20 \times 1.5 – 6H$		Зенкер фасочний $\angle 90^\circ$ Втулка 1 – 48 – 144 ОСТ 2 П12 – 9 – 84 Державка 50 – 48 – 231,8 ОСТ2 П12 – 8 – 84 Мітчик М20 – 6Н ДСТУГОСТ 3266 – 81 Патрон для мітчику 6161 – 0176 ДСТУГОСТ 22627 – 77 .

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КМР.131.24.1-17.03.ПТП

Арк.

Продовження таблиці 3.5

1	2	3	4
7)	Свердлувати 2 отвори Ø17мм		Свердло 820.1-1800-045A1-PM за каталогом "Sandvik Coromant"
8)	Зенкерувати 2 отвори Ø18.5мм		Зенкер спеціальний Ø18,5
9)	Зенкувати поверхню Ø34мм		Зенківка обернена автоматична .
10)	Розгорнути 2 отвори Ø19H9мм		Розгортка Ø19 Втулка 1 – 48 – 144 ОСТ2 П12 – 8 – 84 .
11)	Свердлити 2 отвори Ø19мм		Свердло 860.1-1400-045A1-PM за каталогом "Sandvik Coromant"
12)	Зенкувати поверхню Ø34мм		Зенковка обернена автоматична Втулка 1 – 48 – 144 ОСТ2 П12 – 9 – 84 Державка 50 – 48 – 231,8
025	1. Багатоцільова 2. Горизонтально-фрезерний верстат з ЧПК HAAS ES-800	Тримач Graflex EM3469 401 3612	Калібр – пробка різьбова M10 – 7H. Різева головка 570-40R123K18В Пластина R123H2-0400-0502-СМ 2135 281110
1)	3. Підрізати торець Ø109мм начорно .	Тримач регулюємий VM061 6100 40	Тримачі пластин чорнового розточування A750 50CC12 90 і A750 60CC12 90
2)	Підрізати торець Ø109 мм начисто .	Головки для чорного розточування A750 40, A750 50 і A750 60	
3)	Розточити отвір Ø93H14мм начорно .	Головка для розточування A750 40, A750 50 і A750 60	
4)	Розточити отвір Ø95H12мм начисто .	Головка для розточування A750 40, A750 50 і A750 60	

Продовження таблиці 3.5

1	2	3	4
		чистового розточування А760 03	
5) 6) 7) 8) 9) 10) 11) 12) 13) 14) 15) 16) 17)	Підрізати торець Ø180 у розмір 6 мм . Точити Ø110h14мм начорно Точити Ø109h12мм начисто Підрізати торець Ø75мм начорно . Підрізати торець Ø75мм начисто . Підрізати торець Ø98мм у розмір 4 мм . Підрізати торець Ø165мм у розмір 3 мм . Точити Ø77h14мм начорно . Точити Ø75h12 мм начисто . Точити фаску під кутом ∠30° начорно . Точити фаску під кутом ∠30° начисто . Свердлувати 8 отворів Ø17.5мм Зенкувати фаски 1.6×45° мм		Хвостовик для розточування ВАС25 МН 1660 Свердло 860.1-1400-045А1-РМ за каталогом “Sandvik Coromant” Зенкер фасочний ∠90° Свердлильна головка SD502-45-90-40R7 Пластина основна: SPGX 1504-С1 Пластина периферійна: SCGX 150512-Р2 282420
18) 19) 20)	Нарізати різьбу М20 – 6Н мм у 8 отворах . Свердлувати отвір Ø18.5мм Цекувати поверхню Ø46мм Начорно		Мітчик М20 ДСТУГОСТ 3266 – 81 Патрон для мітчику 6161 – 0176 ДСТУГОСТ 22627 – 77 . Свердло 860.1-1400-045А1-РМ за каталогом “Sandvik Coromant” Зенковка Ø46 спеціальна для обробки опорних поверхонь .

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КМР.131.24.1-17.03.ПТП

Арк.

Продовження таблиці 3.5

1	2	3	4
21)	Цекувати поверхню $\varnothing 46\text{мм}$ начисто		Зенковка $\varnothing 46$ спеціальна для обробки опорних поверхонь.
22)	Зенкувати фаску $1.6 \times 45^\circ \text{ мм}$		Зенкер фасочний $\angle 90^\circ$ Втулка 1 – 48 – 144 ОСТ2 П12 – 9 – 84
23)	Нарізати різьбу $M20 \times 1.5 - 6H$		Державка 50 – 48 – 231,8 ОСТ2 П12 – 8 – 84 Метчик M20 ДСТУГОСТ 3266 – 81.
24)	Свердлувати 4 отвори $\varnothing 14\text{мм}$ Зенкувати фаски $1,6 \times 45^\circ \text{ мм}$		Патрон для метчику ДСТУГОСТ 22627 – 77. Свердло 860.1-1400- 045A1-PM за каталогом “Sandvik Coromant”
25)	Нарізати різьбу M20 – 6H мм у 4 отворах		Зенкер фасочний $\angle 90^\circ$ Втулка 6100 – 0146 ДСТУГОСТ 13548 – 85. Мітчик M16 ДСТУГОСТ 3266 – 81
030	1. Багатоцільова з ЧПК 2. Горизонтально-фрезерний верстат з ЧПК		Патрон для мітчику 6161 – 0176 ДСТУГОСТ 22627 – 77.
1)	3. HAAS ES-800 4. Фрезерувати торець $\varnothing 262$ начорно		Фреза торцева 326R08- B25100VM-TH за каталогом “Sandvik Coromant”.
2)	Фрезерувати торець $\varnothing 262\text{мм}$ начисто		Фреза торцева 326R08- B25100VM-TH за каталогом “Sandvik Coromant”
3)	Фрезерувати торець $\varnothing 180\text{мм}$ начорно		Оправка 50 – 50 – 221,8 ОСТ2 П14 – 6 – 84 .
4)	Фрезерувати торець $\varnothing 180\text{мм}$ начисто		Різець державочний 2142 – 0150 ДСТУ ГОСТ 9795-84

Продовження таблиці 3.5

1	2	3	4
5)	Розточити отвір $\varnothing 144.6H11$ начорно		Різець державочний 2142 – 0150 ДСТУ ГОСТ 9795 – 84 .
6)	Розточити отвір $\varnothing 114.8H11$ начорно		
18)	1 = 25 мм тонко Розточити отвір $\varnothing 116H7_{мм}$		
19)	1 = 25 мм тонко		
20)	Розточити отвір $\varnothing 105H7_{мм}$ 1 = 60 мм тонко		
7)	Розточити отвір $\varnothing 112.8H11$ начорно		Різець державочний 2142 – 0150 ДСТУГОСТ 9795 – 84.
8)	Розточити отвір $\varnothing 101.8H11$ начорно		Різець державочний 2142 – 0150 ДСТУ ГОСТ 9795 – 84
9)	Центрувати 8 отворів по $\varnothing 205_{мм}$		Оправка 6300 – 0877 ДСТУГОСТ 21225 – 75. Свердло центровочне.
10)	Центрувати 8 отворів по $\varnothing 140_{мм}$		Свердло центровочне Патрон 6251 – 0186 ДСТУГОСТ 14077 – 83.
11)	Свердлувати 8 отворів $\varnothing 14_{мм}$, l = 35 мм		Свердло $\varnothing 14$ ДСТУГОСТ 10903 – 77 .
12)	Свердлувати 8 отворів $\varnothing 24_{мм}$		Свердло $\varnothing 24$ ДСТУГОСТ 10903 – 77.
13)	Розточити отвір $\varnothing 144.88H8$ начисто		Різець державочний 2142 – 0150 ДСТУ ГОСТ 9795 – 84 .
14)	Розточити отвір $\varnothing 117.8H8$ начисто		
15)	Розточити отвір $\varnothing 115.8H8_{мм}$ начисто		Оправка 6300 – 0877 ДСТУГОСТ 21225 – 75.
16)	Розточити отвір $\varnothing 104.8H8_{мм}$ начисто		
17)	Розточити отвір $\varnothing 145H7_{мм}$ 1 = 25 мм тонко		

Продовження таблиці 3.5

1	2	3	4
	Розточити отвір $\varnothing 118H7mm$		Різець державочний 2142 – 0150 ДСТУГОСТ 9795 – 84 . Різець держав очний 2142 – 0150 ДСТУГОСТ 9795 – 84 . Різець державочний 2142 – 0150 ДСТУГОСТ 9795 – 84
21)	Розточити фаску $5 \times 45^\circ mm$		Оправка 6300 – 0877 ДСТУГОСТ 21225 – 75 .
22)	Розточити фаску $1 \times 45^\circ mm$		Різець державочний $\angle 45^\circ$ 2142 – 0397 ДСТУГОСТ 9795 – 84 . Різець державочний $\angle 45^\circ$ 2142 – 0397 ДСТУГОСТ 9795 – 84 .
23)	Нарізати різьбу у 8 отворах M16 – 6H мм		Оправка 6300 – 0921 ДСТУГОСТ 21226 – 85 .
24)	Нарізати різьбу M27 – 6H мм у 8 отворах		Мітчик M16 ДСТУГОСТ 3266 – 81 . Мітчик M27 ДСТУГОСТ 3266 – 81 Патрон для мітчиків 6161 – 0176 ДСТУГОСТ 22627 – 77 .

3.7 Розрахунок між операційний розмірів та припусків на обробку

3.7.1 Розрахунок міжопераційних лінійних розмірів

Таблиця 3.6 – Послідовність обробки торцевих поверхонь [8]

Поверхня	Послідовність переходів	Шорсткість Ra мкм.	Точність IT	Допуск T, мм	Припуск t, мм	Позначення припуску
1	2	3	4	5	6	7
1	Заготовка Фрезерувати площину	25 6,3	16 14	2,9 1,55	4,2	Z ₁

					КНУ.КМР.131.24.1-17.03.ПТП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 3.6						
1	2	3	4	5	6	7
2	Заготовка Точити	25 6,3	16 14	4,0 1,55	3	Z_5
	торець начорно Точити торець начисто	16	14	1,55	1,2	Z_4
3	Заготовка Точити торець	25 6,3	16 14	0,75 0,43	3	Z_3 Z_2

3.7.3 Вибір міжопераційних розмірів та припусків на обробку

Таблиця 3.7 – Вибір міжопераційних розмірів та припусків на обробку

Поверхня	Найменування переходу	Шорсткість Ra, мкм	Точність IT	Допуск Td, мм	Припуск t, мм	Межопераційний розмір, мм
1	2	3	4	5	6	7
1) 225 ^{+0.8} 2) Ø19H9	Заготовка	25	16	2,9		413,4 ± 1,45
	Фрезерувати	6,3	14	0,800	4,2	409,2 ± 0,775
	Свердлувати отвори .	12,5	12	0,210	8,5	Ø17 ^{+0.210}
3) Ø19	Зенкерувати	6,3	10	0,084	0,75	Ø18.5 ^{+0.084}
	Зенкувати	12,5	14	0,620	7,75	Ø34 ± 0.310
	Розгорнути	3,2	H9	0,052	0,25	Ø19H9(^{+0.052})
4) M10 – 7H	Свердлувати	12,5	12	0,210	9,5	Ø19 ^{+0.210}
	Зенкувати	12,5	14	0,620	7,5	Ø34 ± 0.310
	Свердлувати	6,3	12	0,150	4,25	Ø85 ^{+0.150}
5) 6) M20 × ×1.5 – 6H	Зенкувати	12,5	14	0,250	1,6	1.6 × 45°
	Нарізати різьбу M10-7H	3,2	7H	0,300	0,75	M10 – 7H(^{+0.300})
	Свердли Цекувати начорно начисто	6,3 6,3 3.2	12 14 14	0,210 0,250 02.50	9,25 1,5 0.5	Ø 18,5+0,210 Ø46 ℓ = 1.5 Ø46 ℓ = 2

					КНУ.КМР.131.24.1-17.03.ПТП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 3.6

1	2	3	4	5	6	7
7) 12) 405	Нарізати фаску	12,5	14	0,250	1,6	1,6×45
	M20×1,5-6H	3,2	6H	0,220	0,75	M20×1.5-6H(+0.220)
	Підрізати торець начорно начисто	6,3 1,6	14 14	1,550 1,550	3,0 1,2	406.2±0.775 405±0.755
8) Ø109	Точити начорно начисто	6,3 1,6	14 h12	0,870 0,350		Ø110 _{-0.870} Ø109h12 _(-0.350)
9) 6.	Підрізати торець	6,3	14	0,300	6	6±0.150
10) Ø95	Розточити начорно начисто	6,3 1,6	14 H12	0,870 0,350	1,9	Ø93 ^{+0.870} Ø95H12 ^(+0.350)
11) M16	Свердлувати Зенкувати фаску	6,3 12,5	12 14	0,180 0,250	7 1,6	Ø14 ^{+0.180} 1.6×45°
	Нарізати різьбу M16-6H	3,2	6H	0,300	1	M16-6H ^(+0.300)
13) Ø75	Точити начорно начисто	6,3 1,6	14 h12	0,740 0,300		Ø77 _{-0.740} Ø75h12 _(-0.300)
14) 4.	Підрізати торець	6,3	14	0,300	4	4 _{-0.3}
15) 3×30°	Точити фаску начорно начисто	6,3 1,6	14 12	0,250 0,100	3	3×30°

Продовження таблиці 3.5

1	2	3	4	5	6	7
16) 3.	Підрізати торець	6,3	14	0,250	3	$3_{-0.250}$
17) M20	Свердлувати	6,3	12	0,210	8,75	$\varnothing 17.5^{+0.210}$
	Зенкувати	12,5	14	0,250	1,6	$1.6 \times 45^\circ$
	фаску					
	Нарізати					
	різьбу	3,2	6H	0,400	1,25	M20-6H($^{+0.400}$)
18	Заготовка	25	16	3,6		568.4 ± 1.8
560	Фрезерувати					
	начорно	6,3	14	1,750	2,6	$566.8_{-1.750}$
	начисто	1,6	14	1,750	1,6	$564.2_{-1.750}$
19)	Центрувати	12,5	12	0,120	1,575	
M27	Свердлувати	6,3	12	0,400	12	$\varnothing 315 \pm 0.060$
	Нарізати					$\varnothing 24^{+0.400}$
	різьбу	3,2	6H	0,400	1,5	M27-6H($^{+0.400}$)
	Заготовка	25	16	2,4		$\varnothing 97 \pm 1.2$
20	Розточити					
$\varnothing 105$	начорно	6,3	11	0,220	2,4	$\varnothing 101.8^{+0.220}$
	напівчисто	3,2	8	0,057	1,5	$\varnothing 104.8^{+0.057}$
	тонко	1,6	H7	0,035	0,1	$\varnothing 105H7(^{0.035})$
21	Фрезерувати					
560	начорно	6,3	14	1,750	2,6	$561.6_{-1.750}$
	начисто	1,6	14	1,750	1,6	$560_{-1.750}$
22	Центрувати	12,5	12	0,120	1,575	$\varnothing 3.15 \pm 0.060$
M16	Свердлувати	6,3	12	0,300	7	$\varnothing 14^{+0.300}$
	Нарізати					
	різьбу	3,2	6H	0,300	1	M16-6H($^{+0.300}$)
	Заготовка	25	16	2,4		$\varnothing 137 \pm 1.2$
23	Розточити					
$\varnothing 145$	начорно	6,3	11	0,250	3,18	$\varnothing 144.69^{+0.250}$
	напівтонко	3,2	8	0,063	0,19	$\varnothing 144.88^{+0.063}$
	Заготовка	1,6	H7	0,040	0,12	$\varnothing 145H7(^{+0.040})$
24		25	16	2,4		$\varnothing 108 \pm 1.2$

КНУ.КМР.131.24.1-17.03.ПТП

Арк.

Змн. Арк. № докум. Підпис Дата

Продовження таблиці 3.5

1	2	3	4	5	6	7
Ø116	Розточити					
	начорно	6,3	11	0,220	2,4	Ø112.8 ^{+0.220}
	напівчисто	3,2	8	0,057	1,5	Ø115.8 ^{+0.057}
	тонко	1,6	H7	0,035	0,1	Ø116H7(^{+0.035})
25	Заготовка	25	16	2,4		Ø110±1.2
Ø118	Розточити					
	начорно	6,3	11	0,220	2,4	Ø114.8 ^{+0.220}
	напівчисто	3,2	8	0,057	1,5	Ø117.8 ^{+0.057}
	тонко	1,6	H7	0,035	0,1	Ø118H7(^{+0.035})

3.8 Розрахунок та вибір режимів різання, нормування технологічних операцій

3.8.1 Розрахунок режимів різання

Режими різання на операцію № 020 перехід фрезерування площини основи в $= 305\text{мм}$, $l = 360\text{мм}$ (поверхня 1) .

Фрезерування площини виконуємо торцьовою фрезою 326R08-B25100VM-TN за каталогом "Sandvik Coromant". Точність обробки поверхні 1) – IT14 .

Шорсткість поверхні 1 – Ra 6,3 мкм .

Метод отримання заготовки – лиття у піщані форми.

Маса заготовки 100,8 кг .

Стан поверхні заготовки – без корки .

Припуск на обробку поверхні 1) – 4,2 мм .

Горизонтально-фрезерний верстат з ЧПК HAAS ES-800.

1) Для отримання розміру 409,2 h14 мм необхідно виконання чорнової стадії обробки .

2) Розмір 409,2 h12 мм стримуємо чорновим фрезеруванням, то глибина різання буде рівною припуску на обробку 4,2 мм .

3) Для обробки поверхні 1) обираємо фрезу торцьову діаметром $D = 160\text{ мм}$. Число зуб'ів дорівнює $Z = 16$ $\varphi = 67^\circ$.

4) Для чорнової стадії обробки величину подачі вибираємо у залежності від обробляемого матеріалу, діаметру та числа зуб'ів фрези, ширини та глибини фрезерування та групи подач $S_{zm} = 0.16\text{ мм/зуб}$.

											Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КМР.131.24.1-17.03.ПТП						

Обране значення подачі множимо на поправочні коефіцієнти у залежності від:

- твердість обробляє мого матеріалу $KS_M = 0.9$
- матеріалу ріжучої частини фрези $KS_n = 1.0$
- головного куту в плані $KS_\varphi = 1.0$
- засобу кріплення пластин та наявності покриття $KS_p = 1.1$
- схеми установки фрези $KS_c = 1.0$
- відношення фактичної ширини фрезерування до нормативної $KS_b = 0.8$
- групи оброблює мого матеріалу $KS_o = 1.0$

З врахуванням поправочних коефіцієнтів подачу визначимо за наступним виразом :

$$S_z = S_{zm} \cdot KS_M \cdot KS_n \cdot KS_\varphi \cdot KS_p \cdot KS_c \cdot KS_b \cdot KS_o \quad (3.20)$$

$$S_z = 0.16 \cdot 0.9 \cdot 1.0 \cdot 1.0 \cdot 1.1 \cdot 1.0 \cdot 0.8 \cdot 1.0 = 0.13 \text{ мм/зуб}$$

Проведемо перевірку вибраної подачі по забезпеченню необхідної шорсткості поверхні . Подача допустима по шорсткості поверхні $S_z' = 0.25 \text{ мм/зуб}$.

З врахуванням поправочного коефіцієнту у залежності від твердості оброблюємого матеріалу ($K'S_M = 1,2$) подача по шорсткості дорівнює :

$$S_z = S'_z \cdot K'S_M \quad (3.21)$$

$$S_z = 0.25 \cdot 1.2 = 0.3 \text{ мм/зуб}$$

Для обробки приймаємо лінійне значення подачі $S_z = 0.13 \text{ мм/зуб}$.

5) Величину швидкості різання обираємо у залежності від оброблюємого матеріалу, глибини різання та обраної подачі $\mathcal{G}_T = 266 \text{ м/хв}$.

Обране значення швидкості різання коректуємо з врахуванням поправочних коефіцієнтів у залежності від:

- твердості оброблюємого матеріалу $K_{vM} = 0,9$
- матеріалу ріжучої частини фрези $K_{vU} = 1,0$
- стан поверхні $K_{vN} = 1.0$
- головного кута у плані $K_{v\varphi} = 1.0$
- відношення ширини фрезерування до діаметру фрези $K_{vB} = 1,0$
- засобу кріплення пластини $K_{vP} = 1.15$
- періоду стійкості ріжучої частини фрези $K_{vT} = 0.8$
- наявності охолодження $K_{vЖ} = 1,0$
- групи оброблюємого матеріалу $K_{vO} = 1.0$

$$\mathcal{G} = \mathcal{G}_T \cdot K_{vM} \cdot K_{vU} \cdot K_{vN} \cdot K_{v\varphi} \cdot K_{vB} \cdot K_{vP} \cdot K_{vT} \cdot K_{vЖ} \cdot K_{vO}$$

$$\mathcal{G} = 266 \cdot 0.9 \cdot 1.0 \cdot 1.0 \cdot 1.0 \cdot 1.0 \cdot 1.15 \cdot 0.8 \cdot 1.0 \cdot 1.0 = 220.25 \text{ м/хв}$$

Частоту обертання шпинделя визначаємо за виразом

$$n = \frac{1000 \cdot \mathcal{G}}{\pi \cdot D} \quad (3.22)$$

					КНУ.КМР.131.24.1-17.03.ПТП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$n = \frac{1000 \cdot 220.25}{3.14 \cdot 160} = 438.4 \text{ об/хв}$$

б) Величину потужності різання обираємо у залежності від оброблюємого матеріалу, глибини різання та обраного значення подачі $N_T = 21.2 \text{ кВт}$.

Потужність коректуємо з рахуванням поправочних коефіцієнтів у залежності від :

- твердості оброблюємого матеріалу $K_{NM} = 1.0$
- головного куту у плані $K_{N\phi} = 1.0$
- відношення ширини фрезерування до діаметру фрези $K_{NB} = 1.2$

$$N = N_T \cdot K_{NM} \cdot K_{N\phi} \cdot K_{NB} \quad (3.23)$$

$$N = 21.2 \cdot 1.0 \cdot 1.0 \cdot 1.2 = 2544 \text{ кВт}$$

7) Хвилинна подача

$$S_M = S_Z \cdot Z \cdot n \quad (3.24)$$

$$S_M = 0.13 \cdot 16 \cdot 438.4 = 911 \text{ мм/хв}$$

3.8.2 Нормування технологічних операцій[10]

Нормування проводимо на операцію № 025 багатоцільову з ЧПК.

Основний час роботи верстату визначаємо за виразом

$$T_0 = \frac{\ell_0 + \ell_1 + \ell_2 + \ell_3}{S_M} \quad (3.25)$$

де ℓ_0 – довжина оброблюємої поверхні мм ;

ℓ_1 – довжина підводу , мм ;

$(\ell_2 + \ell_3)$ – довжина врізання та перебігу , мм ;

S_M – хвилинна подача , мм/хв. .

Для переходу фрезерування площини 1) ці складові виразу (3.15) дорівнюють: $\ell_0 = 305 \text{ мм}$ (по кресленню) ; $\ell_1 = 31 \text{ мм}$;

$$(\ell_2 + \ell_3) = D + \ell_1 = 160 + 31 = 191 \text{ мм}$$

$$S_M = 911 \text{ мм/хв, тоді : } T_0 = \frac{(305 + 31 + 191.0) \cdot 2}{911.0} = 1.6 \text{ хв.}$$

Виходячи з умов мінімізації холостих пересувань та виконення техніки безпеки , відстань від точки „0” до точки виходу фрези на оброблюєму поверхню обрано рівним $\Delta X = 100 \text{ мм}$; $\Delta y = 100 \text{ мм}$; $\Delta Z = 300 \text{ мм}$ по відповідним осям координат верстату. При переході від одного уступу до іншого фреза переміщується одночасно по вісям координат $y = 0$; Z (на величину 160мм) та x (на величину 250мм) з подачею холостого ходу $S_M = 6000 \text{ мм/хв}$.

Довжина холостого ходу визначається за формулою:

$$L_{x,x} = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2 + \Delta Z^2} \quad (3.26)$$

$$L_{x,x.1} = \sqrt{100^2 + 100^2 + 300^2} = 332 \text{ мм}$$

$$L_{x,x.2} = \sqrt{250^2 + 160^2 + 0^2} = 297 \text{ мм.}$$

					КНУ.КМР.131.24.1-17.03.ПТП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Машинно – допоміжний час визначаємо за виразом

$$T_{MB} = T_{MBИ} + T_{MBX} \quad (3.27)$$

де $T_{MBИ}$ – машинно – допоміжний час на автоматичну зміну інструменту ,
 $T_{MBИ} = 0$;

T_{MBX} – машинно – допоміжний час на виконання автоматичних допоміжних ходів та технологічні паузи .

$$T_{MB} = T_{MBX} = \frac{332}{6000} + \frac{297}{6000} = 0,2xв$$

Таким чином , час циклу автоматичної роботи верстату за програмою:

$$T_{Ц.А} = T_0 + T_{MB}; \quad (3.28)$$

де T_0 – основний час роботи верстату , хв. ;

T_{MB} – машинно – допоміжний час хв.

$$T_{Ц.А} = 1,6 + 0,2 = 1,8xв$$

На усю операцію час циклу автоматичної роботи верстату : $T_{Ц.А} = 12,5xв$.

Норму штучного часу визначимо за виразом :

$$T_{Ш} = (T_{ЦА} + T_B) \cdot \left(1 + \frac{d_{mex} + d_{opz} + d_{amg}}{100}\right) \quad (3.29)$$

де $T_{ЦА}$ – час циклу автоматичної роботи верстату , хв. ;

T_B – допоміжний час хв ;

$a_{mex} + d_{opz} + d_{omg} = 8\%$ – час на організаційне та технічне обслуговування робочого місця , відпочинок та особисті потреби .

Допоміжний час складається з складових:

$$T_B = T_{yct} + T_{B.on} + T_{uz} \quad (3.30)$$

де T_{yct} – допоміжний час на установку та зняття деталі , $T_{yct} = 4,8xв$; та на закріплення та відкріплення деталі , $T_{ecn} = 8,0xв$, $T_{B.on}$ – допоміжний час , пов'язаний з операцією ,

$$T_{e.on} = 1,5 \cdot 15 + 0,2 \cdot 3 + 1,5 \cdot 4 + 2 + 1,5 \cdot 4 + 0,7 \cdot 12 + 1,5 + 1 \cdot 14 = 63,4xв .$$

T_{uz} – допоміжний час на контрольне вимірювання , $T_{uz} = 4xв$

Сумарний допоміжний час :

$$T_B = 4,8 + 8,0 + 63,4 + 4,0 = 80,2xв$$

Кінцева норма штучного часу :

$$T_{ШФ} = (12,5 + 80,2) \cdot \left(1 + \frac{8}{100}\right) = 103,14xв.$$

3.9 Розрахунок складу та кількості верстатного обладнання.

Визначення складу та кількості обладнання для механічної обробки виконуємо для основної деталі корпусу за формою :

$$Sp = \frac{Tp}{Fd.c. \cdot m \cdot \eta z} \quad (3.31)$$

де Tp – трудомісткість виготовлення деталі .

					КНУ.КМР.131.24.1-17.03.ЛТП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$Fd.c.$ – дійсний фонд роботи верстату, години ;

m – кількість змін ;

η_z – нормуємий коефіцієнт завантаження.

Розрахунок трудомісткості виготовлення деталі ведемо за формулою :

$$T_p = T_{шт.к} \cdot N, \quad (3.32)$$

де $T_{шт.к}$ – штучно калькуляційний час операції , годин ;

N – програма випуску , шт.

$$T_{p1} = 103.6 \cdot 1500 = 155400 / 60 \text{ рік} = 2590 \text{ рік}$$

$$T_{p2} = 100.1 \cdot 1500 = 150150 / 60 \text{ рік} = 2502,5 \text{ рік}$$

$$T_{p3} = 119.1 \cdot 1500 = 178650 / 60 \text{ рік} = 2977,5 \text{ рік}$$

Загальна трудомісткість виготовлення корпусу складає :

$$T_p = (155400 + 150150 + 178650) / 60 = 8070 \text{ рік}$$

Тоді кількість обладнання :

$$S_{p1} = \frac{2590}{3890 \cdot 2 \cdot 0.8} = 0.42 \text{ шт} \text{ приймаємо один верстат .}$$

$$S_{p2} = \frac{2502.5}{4060 \cdot 2 \cdot 0.8} = 0.39 \text{ шт} \text{ приймаємо один верстат .}$$

$$S_{p3} = \frac{2977.5}{3890 \cdot 2 \cdot 0.8} = 0.48 \text{ шт} \text{ приймаємо один верстат .}$$

Таким чином склад та кількість обладнання для механічної обробки складає три горизонтально-фрезерних верстати з ЧПК HAAS ES-800.

					КНУ.КМР.131.24.1-17.03.ПТП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 ТЕХНІКО – ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ВАРІАНТІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

Розрахуємо технологічну собівартість двох варіантів обробки деталі корпус насосу.

Порівнюємо такі маршрути технологічного процесу: Горизонтально-фрезерний верстат з ЧПК HAAS ES-800 (новий варіант) порівнюється з двома верстатами фрезерним 6Н83Г, горизонтально – розточним 2636 на першій операції (підготовка баз), заготовки однакові (отримані литтям)[10].

Таблиця 4.1 – Вихідні данні для розрахунку економічного ефекту

Вихідні дані					
Дані	Базовий варіант				Новий варіант
	6Н83Г	2636	3-й верстат	4-й верстат	HAAS ES-800
<i>Деталі</i>					
Річний обсяг випуску деталей N, шт.	1500				1500
Кількість запусків партій деталей в рік, п	12				12
Тривалість випуску деталей Z, років	3				3
Штучний час обробки деталі $t_{шт}$, хв.	97,8	97,8	0		118,5
Час наладки верстата, хв.	125	125	0		60,5

					КНУ.КМР.131.24.1-17.04.ТЕО			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Худорожков				ТЕХНІКО- ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ВАРІАНТІВ ТП	Літ.	Арк.	Аркушіє
Перевір.	Цивінда							
Н. Контр.	Нечаєв					Кафедра ТМ ПМ -23м		
Зав. каф.	Рязанцев							

Розряд:					
контролера	5				5
верстатника	4	3	0		2
наладчика	3	3	0		5
наладчика інструменту		4			4
Кількість кадрів програми, шт.		0			300
Вартість заготовки S _{заг} , грн.	222				222
Вартість комплекту спец. пристосувань K _{пр} , грн					
Оптова ціна на прокат одного УСП Ц _{усп} , грн					
Середній час налагодження за прибором одного інструменту поза верстатом, хв.		4			
Середній період стійкості інструменту, хв.	45	45	0		90
Середня кількість граней пластинки, шт.	1	1	0		3
Коефіцієнт, що враховує питому вагу основного часу в штучному K _г	0,083	0,083	0	0	0,1

Вартість одного кадру ПК, грн.		0			8,9
Вартість розробки ПК K _{мк} , грн.		0			1340
Середньочасова зарплата робітника, грн:					
верстатника H _{ст}	33,6	32,3	0		30,1
наладчика H _{нал}	33,6	28,2	0		34,3
наладчика інструмента H _{ін}		0			
контролера H _к	29,8				29,8

Верстати					
Клас точності верстата	Н	Н	Н		А
Маса верстата, т	30	36,35	0		50
Габарити верстата (довжина x ширина), м.	5,495 x 4,55	8,7 x 5,6	0		9,4 x 6,4
Габарити пристрою ЧПК, м					0,5 x 0,5
Тип пристрою ЧПК					FANUC 0iMF
Строк служби верстата до капітального ремонту T _{рц} , років	7	10	0		15

					КНУ.КМР.131.24.1-17.04.ТЕО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Встановлена потужність всіх електродвигунів головного руху, кВт	60	60	0		50
Категорія складності ремонту верстата ЕРС:					
механічної частини R_m	51	97			100
електротехнічної частини R_e	43	75			99
Кількість верстатів, що обслуговує один	1	1	0		3
Оптова ціна верстата Π , грн.	11000	180000			420000
Коефіцієнт завантаження верстата η_z	0,75	0,8	0		0,95
Площа верстата за габаритами A , м. кв.	25,0	48,7	0,0		60,0
Площа пристрою ЧПК A_y , м. кв.		0			0,25
Витрати на одну одиницю ЕРС верстата, грн.					
механічної частини H_m	401	329	0		272
електротехнічної частини H_e	86	71	0		60
Норматив річних витрат на поточне обслуговування та ремонт ПЧПК Q , грн.		8600			11950
Коеф., що враховує додаткову площу верстата, γ	2,5	2	0	0	2
Коеф., що враховує клас точності верстата, μ	1	1	0	0	1,8
Ефективний річний фонд часу роботи верстата $\Phi_{об}$, год	3975	3975	0	0	4015

Виробничі та інші площі					
Вартість 1 м. кв. площі механічної $\Pi_{пл.зд.}$, грн	500				500
Вартість 1 м. кв. площі, що займають службово-побутові приміщення $\Pi_{сл. поб.}$, грн	1000				1000
Площа службово-побутових приміщень, що приходяться на одного робочого A_6 , м. кв.	7				7
Витрати на утримання та амортизаційні витрати на 1 м. кв. цеху $H_{пл.}$, грн.	180	180	0	0	200

					КНУ.КМР.131.24.1-17.04.ТЕО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок допоміжних показників

Дані	Базовий варіант				Новий варіант
	6Н83Г	2636	3-й верстат	4-ий верстат	HAAS ES-800
Трудомісткість обробки $T_{шт}$, год	2445	2445	0	0	2962,5
Час наладки верстата впродовж року T_n , год	25	25	0	0	12,1
Час наладки інструмента поза верстатом впродовж року $T_{н.ін}$, год	0	226,03	0	0	0,00
Час контролю деталей впродовж року T_k , год	202,935	202,935	0	0	296,25
Кількість верстатників $P_{ст}$, чол. (розрах.)	1,31	1,31	0,00	0,00	0,53
(дійсна)	2	2	0	0	1
Кількість наладчиків верстатів P_n , чол. (розрахункова)	0,0134	0,0134	0,0000	0,0000	0,0065
(дійсна)	1	1	0	0	1
Кількість наладчиків інструмента поза верстатом $P_{н.ін}$, чол. (розрахункова)	0	0,1215	0	0	0,00000
(дійсна)	0	0	0	0	0
Кількість контролерів P_k , чол. (розрах.)	0,11	0,11	0,000	0,00	0,16
(дійсна)	1				1
Додаткова кількість робочих по обслуговуванню верстатів з ЧПК $P_{дод}$, чол (розрахункова)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,39
(дійсна)	0	0	0	0	1
Загальна кількість працівників на річну програму випуску деталей, чол.	7				4
Частка завантаження верстата обробкою деталі в обсязі річного випуску V	0,83	0,78	0,0000	0,000	0,78

Собівартість механічної обробки річного випуску деталей

$$C = I_z + I_n + I_{нн} + I_{нк} + I_{пр} + I_{усп} + I_a + I_{пл} + I_{са} + I_r + I_u + I_k,$$

де I_z – зарплата верстатника;

$I_{пл}$ – витрати на утримання приміщення, яке займає верстат;

I_n – зарплата за наладку верстата;

$I_{са}$ – витрати на амортизацію і утримання службово-побутових приміщень;

$I_{нн}$ – зарплата налагоджувальника інструмента поза верстат I_r – витрати на ремонт та технічне обслуговування обладнання;

$I_{нк}$ – витрати на підготовку та поновлення керуючої програм I_u – витрати на технічне обслуговування і ремонт ЧПК;

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

C_1 на деталь = 276,09

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

C_2 на деталь = 117,59

I_a – амортизаційні відрахування на повне відновлення обладнання;

	I_z	I_n	$I_{нн}$	$I_{нк}$	$I_{пр}$	$I_{усп}$	I_a	$I_{пл}$	$I_{са}$	I_r	I_u	I_k	
$C_1 =$	265507	+	2429,48	+	0,00	+	0,00	+	0	+	0	+	6552,70 + 22944,81 + 49000 + 48931,6 + 6679,9 + 12094,93 = 414140,42
$C_2 =$	49404	+	652,63	+	0,00	+	446,66667	+	0	+	0	+	14411,90 + 18794,75 + 28000 + 46520,5 + 9319,4 + 8828,25 = 176378,53

					КНУ.КМР.131.24.1-17.04.ТЕО				Арк.
ЗМН.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

1. Зарплатня верстатника (основна та додаткова) I_2

$$I_2 = N_{ст.зар} \cdot T_{шт} / d$$

де $N_{ст.зар}$ – середньочасова зарплатня верстатників зі усіма нарахуваннями, грн.;

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

d – кількість верстатів, які обслуговує один робочий

$$N_{ст.зар} = N_{ст} + Z_d + C_{відр} + C_{прем}$$

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

Z_d – додаткова зарплатня платня, 8%

$C_{відр}$ – відрахування на соціальне страхування, 12%

$C_{прем}$ – преміальні доплати, 35%

$$T_{шт} = t_{шт} \cdot N / 60$$

Базовий варіант					Новий варіант				
	$I_2 =$	$N_{ст.зар}$	$T_{шт}$	d	HAAS ES-800	$I_2 =$	$N_{ст.зар}$	$T_{шт}$	d
6Н83Г	136546	55,85	2445	1	800	49404	50,03	2963	3
2636	128961	52,74	2445	1	Всього $I_{ш2}$	49404			
3-й верстат	0	0,00	0	0					
4-й верстат	0	0	0	0					
Всього $I_{ш1}$	265507								

2. Зарплатня за наладку верстата $I_{ш}$

$$I_{ш} = N_{нал.зар} \cdot T_{ш}$$

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

$T_{ш}$ – час наладки верстата впродовж року, год

$$N_{нал.зар} = N_{нал} + Z_d + C_{відр} + C_{прем}$$

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

Z_d – додаткова зарплатня платня, 8%

$C_{відр}$ – відрахування на соціальне страхування, 12%

$C_{прем}$ – преміальні доплати, 30%

$$T_{ш} = t_{ш} \cdot j_p / 60$$

де $t_{ш}$ – час наладки верстата для обробки партії деталей, хв;

j_p – кількість запусків партій деталей за рік

Базовий варіант					Новий варіант				
	$I_{ш} =$	$N_{нал}$	$T_{ш}$		HAAS ES-800	$I_{ш} =$	$N_{нал}$	$T_{ш}$	
6Н83Г	1320,88	52,84	25			652,63	53,94	12,1	
2636	1108,60	44,34	25		Всього $I_{ш2}$	652,63			
3-й верстат	0,00	0,00	0						
4-й верстат	0,00	0,00	0						
Всього $I_{ш1}$	2429,48								

3. Зарплатня наладжувальника інструмента поза верстатом, $I_{ш.ін}$

$$I_{ш.ін} = N_{ш.ін} \cdot T_{ш.ін}$$

де $N_{ш.ін}$ – середньочасова зарплатня наладчика, грн;

$T_{ш.ін}$ – час, який затрачується на налагодження інструмента поза верстатом, хв

$$T_{ш.ін} = 1,3 \cdot t_{ш} \cdot T_{шт} \cdot k_t / (T \cdot n_{г})$$

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

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

$T_{шт}$ – 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.;

$n_{г}$ – кількість граней пластинки, що не переточується

Базовий варіант					Новий варіант				
	$I_{ш.ін} =$	$N_{ш.ін}$	$T_{ш.ін}$		HAAS ES-800	$I_{ш.ін} =$	$N_{ш.ін}$	$T_{ш.ін}$	
6Н83Г	0	0	0			0,00	0	0,00	
2636	0,00	0	226,03		Всього $I_{ш.ін2}$	0,00			
3-й верстат	0,00	0	0						
4-й верстат	0,00	0	0						
Всього $I_{ш.ін1}$	0,00								

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КМР.131.24.1-17.04.ТЕО

Арк.

4. Витрати на підготовку та поновлення керуючої програми $I_{пк}$				Базовий варіант			Новий варіант			
$I_{пк} = K_{пк} / Z$	3-й верстат	$I_{пк} =$	$K_{пк} / Z$	6Н83Г	$I_{пк} =$	$K_{пк} / Z$	HAAS ES-800	$I_{пк} =$	$K_{пк} / Z$	
		0	0	1500		0	0	3	446,6667	1340
	4-й верстат	$I_{пк} =$	$K_{пк} / Z$	2636	$I_{пк} =$	$K_{пк} / Z$				
		0	0	1500		0,00	0	3		
				Всього $I_{пк1}$					446,666667	
						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	6Н83Г	$I_{пр} =$	$K_{пр} \cdot (1/Z + 0,04)$	HAAS ES-800	$I_{пр} =$	$K_{пр} \cdot (1/Z + 0,04)$	
		0	0	0,33333		0	0
	2636	$I_{пр} =$	$K_{пр} \cdot (1/Z + 0,04)$	Всього $I_{пр2}$		0	
		0	0	0,33333			
	3-й верстат	$I_{пр} =$	$K_{пр} \cdot (1/Z + 0,04)$				
		0	0	0,33333			
	4-й верстат	$I_{пр} =$	$K_{пр} \cdot (1/Z + 0,04)$				
		0	0	0,33333			
	Всього $I_{пр1}$			0			

6. Витрати на прокат універсально-збірних пристосувань при їх використанні $I_{усп}$		Базовий варіант			Новий варіант		
$I_{усп} = Ц_{усп} \cdot j_p$ де $Ц_{усп}$ – оптова ціна за прокат одного пристосування, грн	6Н83Г	$I_{усп} =$	$Ц_{усп} \cdot j_p$	HAAS ES-800	$I_{усп} =$	$Ц_{усп} \cdot j_p$	
		0	0	12		0	0
	2636	$I_{усп} =$	$Ц_{усп} \cdot j_p$	Всього $I_{усп2}$		0	
		0	0	12			
	3-й верстат	$I_{усп} =$	$Ц_{усп} \cdot j_p$				
		0	0	12			
	4-ий верстат	$I_{усп} =$	$Ц_{усп} \cdot j_p$				
		0	0	12			
	Всього $I_{усп1}$			0			

7. Амортизаційні відрахування на повне відновлення обладнання I_a		Базовий варіант			Новий варіант		
$I_a = K_6 \cdot A$ 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	6Н83Г	$I_a =$	$K_6 \cdot A$	HAAS ES-800	$I_a =$	$K_6 \cdot A$	
		401,00	10025	0,04		14411,90	360298
	2636	$I_a =$	$K_6 \cdot A$	Всього I_a2		14411,90	
		6151,70	153792	0,04			
	3-й верстат	$I_a =$	$K_6 \cdot A$				
		0,00	0	0,04			
	4-й верстат	$I_a =$	$K_6 \cdot A$				
		0,00	0	0			
	Всього I_a1			6552,70			

8. Витрати на утримання приміщення, яке займає верстат $I_{пн}$		Базовий варіант						Новий варіант					
$I_{пн} = H_{пн} \cdot (A + A_2) \cdot \gamma \cdot \beta$ де $H_{пн}$ – 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 ОВ – 200 грн	6Н83Г	$I_{пн} =$	$H_{пн} \cdot (A + A_2) \cdot \gamma \cdot \beta$	HAAS ES-800	$I_{пн} =$	$H_{пн} \cdot (A + A_2) \cdot \gamma \cdot \beta$							
		9321,59	180	25,0023	0	2,5	0,83		18795	200	60	0,25	2
	2636	$I_{пн} =$	$H_{пн} \cdot (A + A_2) \cdot \gamma \cdot \beta$	Всього $I_{пн2}$		18794,75							
		13623,22	180	48,72	0	2	0,78						
	3-й верстат	$I_{пн} =$	$H_{пн} \cdot (A + A_2) \cdot \gamma \cdot \beta$										
		0,00	0	0	0	0,00							
	4-й верстат	$I_{пн} =$	$H_{пн} \cdot (A + A_2) \cdot \gamma \cdot \beta$										
		0,00	0	0	0	0,00							
	Всього $I_{пн1}$			22944,81									

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КМР.131.24.1-17.04.ТЕО

Арк.

9. Витрати на амортизацію і утримання службово-побутових приміщень $I_{сл}$

$$I_{сл} = I_{пл} \cdot A_6 \cdot (P_{ст} + P_{н} + P_{дод} + P_{к})$$

Базовий варіант						
$K_{сл} =$	$I_{пл.б}$	A_6	$(P_{ст} +$	$P_{н} +$	$P_{дод} +$	$P_{к})$
49000	1000	7	4	2	0	1
Всього	49000					
$K_{сл1}$						

Новий варіант						
$K_{сл} =$	$I_{пл.б}$	A_6	$(P_{ст} +$	$P_{н} +$	$P_{дод} +$	$P_{к})$
28000	1000	7	1	1	1	1
Всього	28000					
$K_{сл2}$						

10. Витрати на ремонт та технічне обслуговування обладнання $I_р$

$$I_р = (H_н \cdot R_н + H_е \cdot R_е) \cdot \mu \cdot \beta$$

де $H_н, H_е$ – витрати на одиєвно ремонтної складності відповідно механічної та електротехнічної частин, грн.;
 $R_н, R_е$ – ремонтна складність відповідно механічної та електротехнічної часток, що приймається за паспортним верстата, а для деяких 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								
6Н83Г	$I_р =$	$(H_н \cdot R_н + H_е \cdot R_е) \cdot \mu \cdot \beta$			HAAS ES-800	$I_р =$	$(H_н \cdot R_н + H_е \cdot R_е) \cdot \mu \cdot \beta$						
20007,7	401	51	86	43	1	0,83	46520,5	272	100	60	99	1,8	0,78
2636	28923,9	329	97	71	75	1	0,78	Всього $I_р2$	46520,5				
3-й верстат	$I_р =$	$(H_н \cdot R_н + H_е \cdot R_е) \cdot \mu \cdot \beta$											
	0,0	0	0	0	0	0	0,00						
4-й верстат	$I_р =$	$(H_н \cdot R_н + H_е \cdot R_е) \cdot \mu \cdot \beta$											
	0,0	0	0	0	0	0	0,00						
Всього	48931,6												
$I_р1$													

11. Витрати на технічне обслуговування і ремонт ЧПК $I_у$

$$I_у = Q \cdot \beta$$

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

Базовий варіант			Новий варіант		
6Н83Г	$I_у =$	$Q \cdot \beta$	HAAS ES-800	$I_у =$	$Q \cdot \beta$
0	0	0,83	9319,4	11950	0,78
2636	6679,874	8600	0,78	Всього $I_у2$	9319,4
3-й верстат	$I_у =$	$Q \cdot \beta$			
	0	0	0,00		
4-й верстат	$I_у =$	$Q \cdot \beta$			
	0	0	0,00		
Всього	6679,9				
$I_у1$					

12. Зарплатня контролера $I_к$

$$I_к = H_к \cdot T_к$$

де $H_к$ – середньочасова заробітна платня контролера 5-го розряду, грн;

$T_к$ – час контролю деталей впродовж року, год.

Для базових верстатів:

$$T_{к1} = 0,083 \cdot T_{шт}$$

де 0,083 – середньостатистична частка трудомісткості контрольних операцій

Для обробки на верстатах з ЧПК

$$T_{к1} = 0,2 \cdot T_{шт}$$

Базовий варіант				Новий варіант			
6Н83Г	$I_к =$	$H_к \cdot T_к$		HAAS ES-800	$I_к =$	$H_к \cdot T_к$	
6047,46	29,8	202,94		8828,25	29,8	296,25	
2636	6047,46	29,8	202,94	Всього $I_к2$	8828,25		
3-й верстат	$I_к =$	$H_к \cdot T_к$					
	0,00	29,8	0,00				
4-й верстат	$I_к =$	$H_к \cdot T_к$					
	0,00	29,8	0,00				
Всього	12094,93						
$I_к1$							

Капітальні вкладення споживача

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

де $K_б$ – балансова вартість верстата, грн;

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

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

$K_{нез}$ – обігові кошти в незакінченому виробництві, грн.;

$K_{пр}$ – вартість комплексу спеціальних пристосувань, які використовуються на верстатах при обробці деталей, грн.;

$K_{п.у.}$ – витрати на створення керуючої програми (КП), грн.

$K_б$	$K_{зд}$	$K_{сл}$	$K_{нез}$	$K_{пр}$	$K_{п.у.}$			
$K_1 = 163817 + 63736 + 49000 + 216736 + 0 + 0 = 493289$								
$K_2 = 360298 + 46986,87 + 28000 + 82118 + 0 + 1340 = 518742,17$								

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

КНУ.КМР.131.24.1-17.04.ТЕО

1. Балансова вартість верстата К

$$K_6 = Ц \cdot \alpha \cdot \beta$$

де Ц – оптова ціна верстата, грн
 α – коеф., що враховує витрати на доставку та встановлення верстата та приймається рівним 1,1;
 β – частка завантаження верстата

$$\beta = T_{шт} + T_n / (Фоб \cdot \eta)$$

		Базовий варіант				Новий варіант					
6Н83Г	$K_6 = Ц \cdot \alpha \cdot \beta$	10025	11000,00	1,1	0,83	HAAS ES-800	$K_6 = Ц \cdot \alpha \cdot \beta$	360298	420000,00	1,1	0,78
2636	$K_6 = Ц \cdot \alpha \cdot \beta$	153792	180000,00	1,1	0,78	Всього К62		360298			
3-й верстат	$K_6 = Ц \cdot \alpha \cdot \beta$	0	0	1,1	0,00						
4-ий верстат	$K_6 = Ц \cdot \alpha \cdot \beta$	0	0	1,1	0,00						
Всього К61		163817									

2. Вартість приміщень, які займає верстат К_ш

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

де Ц_{пл.ш} – вартість 1 м. кв. площі механічного цеху;

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

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

γ – коефіцієнт, який враховує додаткову площу

		Базовий варіант					Новий варіант								
6Н83Г	$K_6 = Ц_{пл.ш} \cdot (A + A_y) \cdot \gamma \cdot \beta$	25893	500	25,002	0	2,5	0,83	HAAS ES-800	$K_6 = Ц_{пл.ш} \cdot (A + A_y) \cdot \gamma \cdot \beta$	46986,865	500	60	0,25	2	0,78
2636	$K_6 = Ц_{пл.ш} \cdot (A + A_y) \cdot \gamma \cdot \beta$	37842	500	48,72	0	2	0,78	Всього Кш2		46986,87					
3-й верстат	$K_6 = Ц_{пл.ш} \cdot (A + A_y) \cdot \gamma \cdot \beta$	0	500	0	0	0	0,00								
4-й верстат	$K_6 = Ц_{пл.ш} \cdot (A + A_y) \cdot \gamma \cdot \beta$	0	500	0	0	0	0,00								
Всього Кш1		63736													

3. Вартість службово-побутових приміщень К_{сл}

$$K_{сл} = Ц_{пл.б} \cdot A_6 \cdot (P_{ст} + P_n + P_{дод} + P_k)$$

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

A₆ – 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						
$K_{сл} = Ц_{пл.б} \cdot A_6 \cdot (P_{ст} + P_n + P_{дод} + P_k)$		49000	1000	7	4	2	0	1
Всього Ксл1		49000						

		Новий варіант						
$K_{сл} = Ц_{пл.б} \cdot A_6 \cdot (P_{ст} + P_n + P_{дод} + P_k)$		28000	1000	7	1	1	1	1
Всього Ксл2		28000						

4. Обігові кошти в незакінченому виробництві К_{вез}

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

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					
$K_{вез} = 3 \cdot n'' \cdot (S_{заг} + C / N_{річ} \cdot 0,5) \cdot \beta$		216735,72	125	222	414140,42	1500	1,61
Всього Квсл1		216736					

		Новий варіант					
$K_{вез} = 3 \cdot n'' \cdot (S_{заг} + C / N_{річ} \cdot 0,5) \cdot \beta$		82117,69	125	222	176378,53	1500	0,78
Всього Квсл1		82118					

Приведені витрати

$$З_1 = C_1 + E_n \cdot K_1$$

$$488134 = 414140 + 0,15 \cdot 493289$$

$$З_2 = C_2 + E_n \cdot K_2$$

$$254190 = 176379 + 0,15 \cdot 518742$$

Річний економічний ефект

$$E = З_1 - З_2$$

$$233944 = 488133,7 - 254190$$

Строк окупності

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

$$0,107 = (518742,17 - 493289) / (414140,42 - 176378,53)$$

Річний економічний ефект застосування маршруту технологічного процесу з горизонтально-фрезерним верстатом з ЧПК HAAS ES-800 та інструментальним магазином складає 233944 грн.

					КНУ.КМР.131.24.1-17.04.ТЕО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5 РОЗРОБКА ВЕРСТАТНО-ІНСТРУМЕНТАЛЬНОГО НАЛАГОДЖЕННЯ І РОЗРАХУНКОВО ТЕХНОЛОГІЧНОЇ КАРТИ НА ВЕРСТАТ З ЧПК

Програмування обробки будемо виконувати в середовищі FeatureCAM.

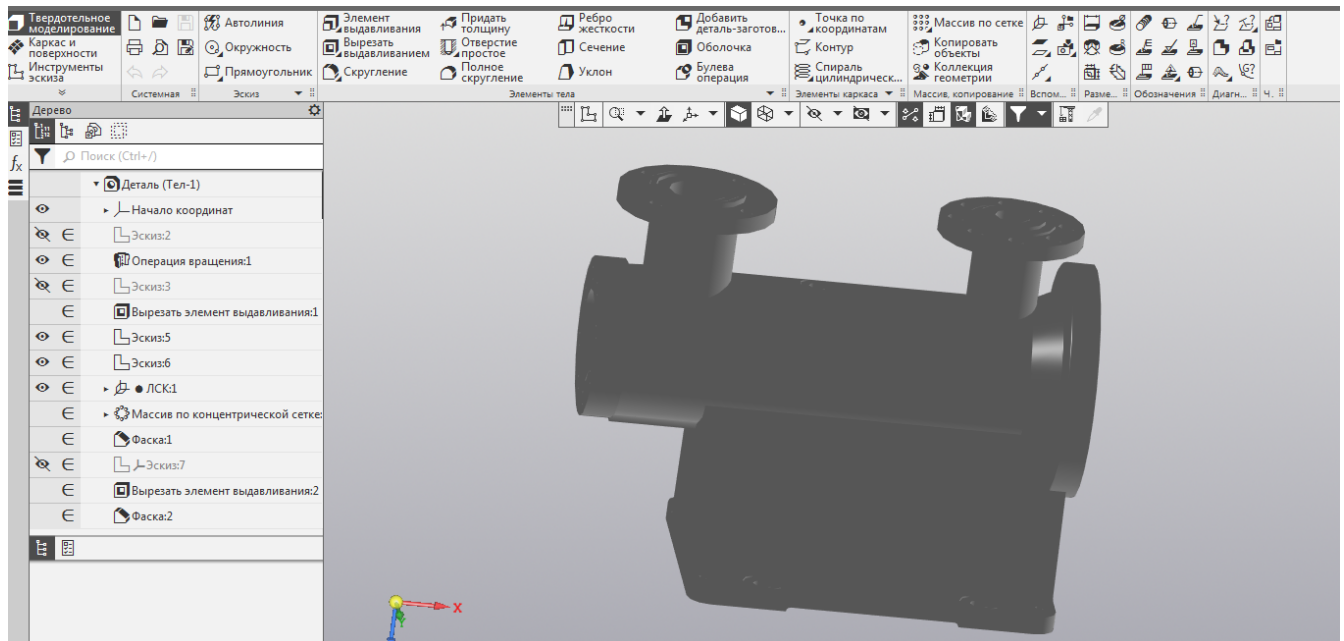


Рисунок 5.1 – Трьохвимірна модель

Таблиця 5.1 – Маршрут обробки деталі

№	Найменування операції	Номер оброблюємої поверхні	Тип та модель верстата
1	2	3	4
005	Заготівельна		
010	Багатоцільова	1, 4-18, 24, 26	Горизонтально-фрезерний верстат з ЧПК HAAS ES-800

Таблиця 5.2 – Вибір різального інструменту

№ з/п позиції	Найменування інструменту
1	2
T1	Фреза торцева 326R08-B25100VM-TH за каталогом “Sandvik Coromant”
T2	Свердло 820.1-1800-045A1-PM за каталогом “Sandvik Coromant”

					КНУ.КМР.131.24.1-17.05.РВІН			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Худорожков				РОЗРОБКА ВЕРСТАТНО-ІНСТРУМЕНТАЛЬНОГО НАЛАГОДЖЕННЯ	Літ.	Арк.	Аркуші
Перевір.	Цивінда							
Н. Контр.	Нечаєв					Кафедра ТМ ПМ -23м		
Зав. каф.	Рязанцев							

Продовження таблиці 5.2

1	2
T3	Свердло 860.1-1400-045A1-PM за каталогом “Sandvik Coromant”
T4	Свердло 860.1-2000-045A1-PM за каталогом “Sandvik Coromant”

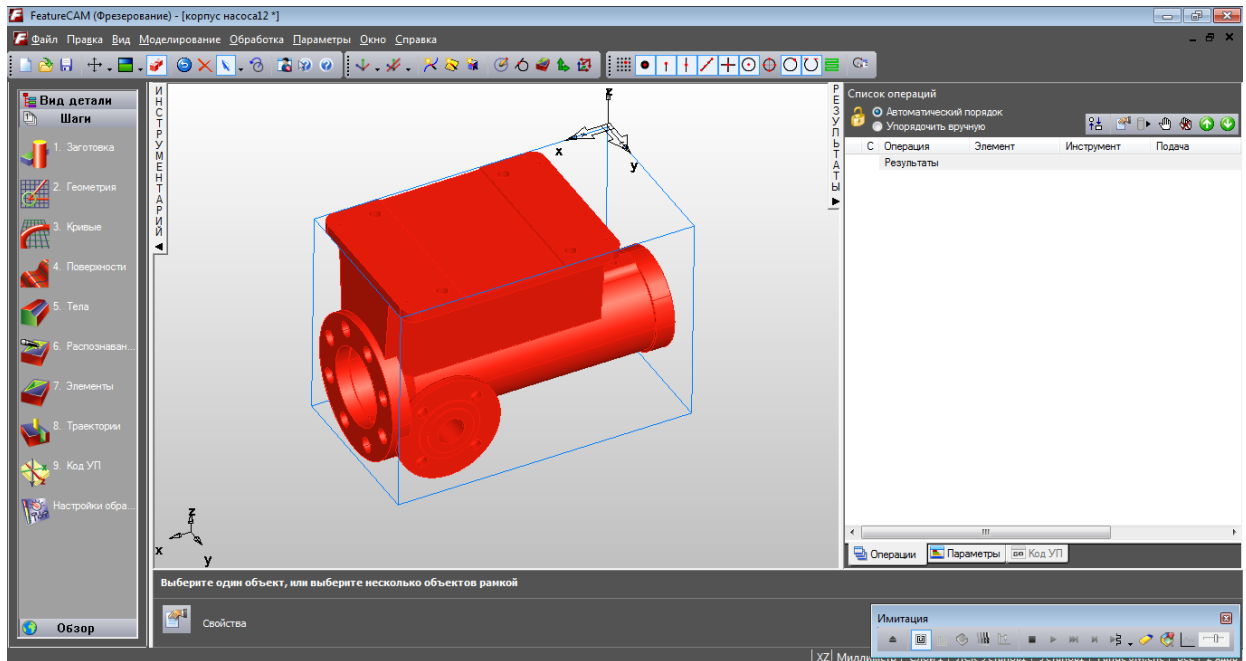


Рисунок 5.2– Імпортована модель

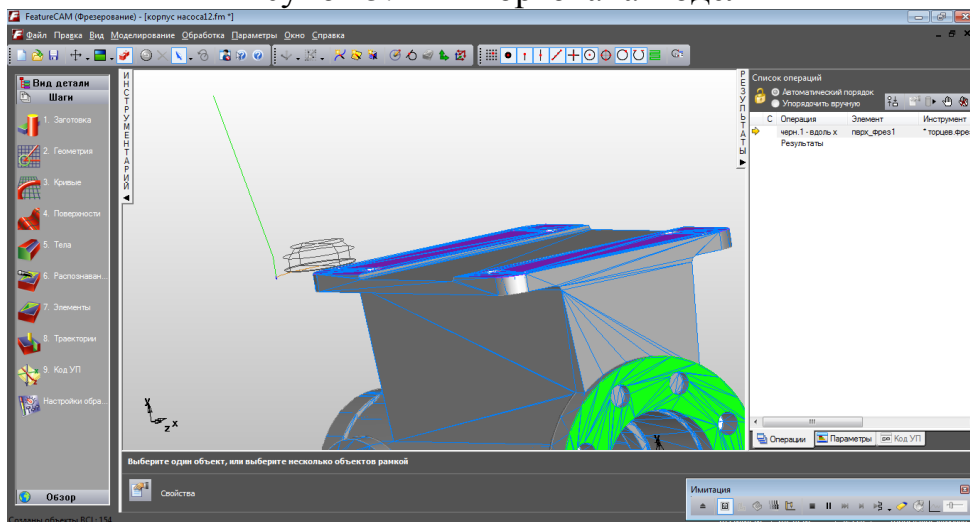


Рисунок 5.3 – Обработка базовой поверхности

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

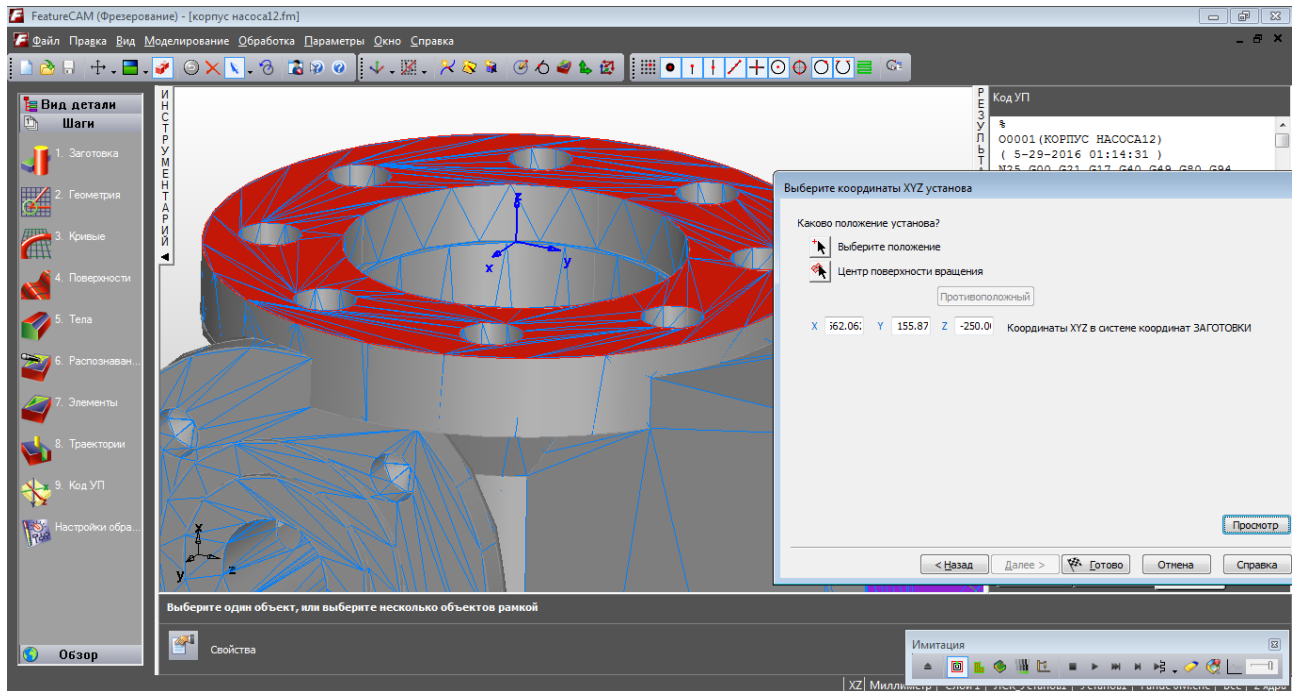


Рисунок 5.4 – Створення циклу обробки отворів

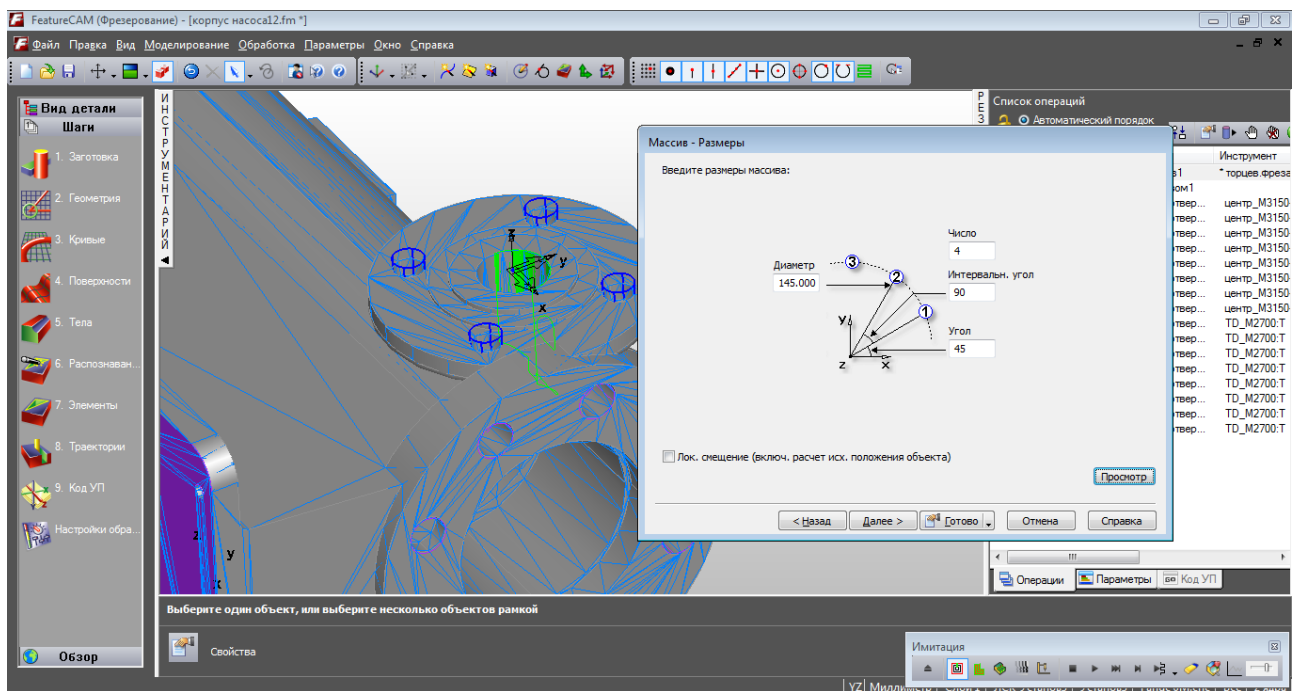


Рисунок 5.5 – Створення массиву

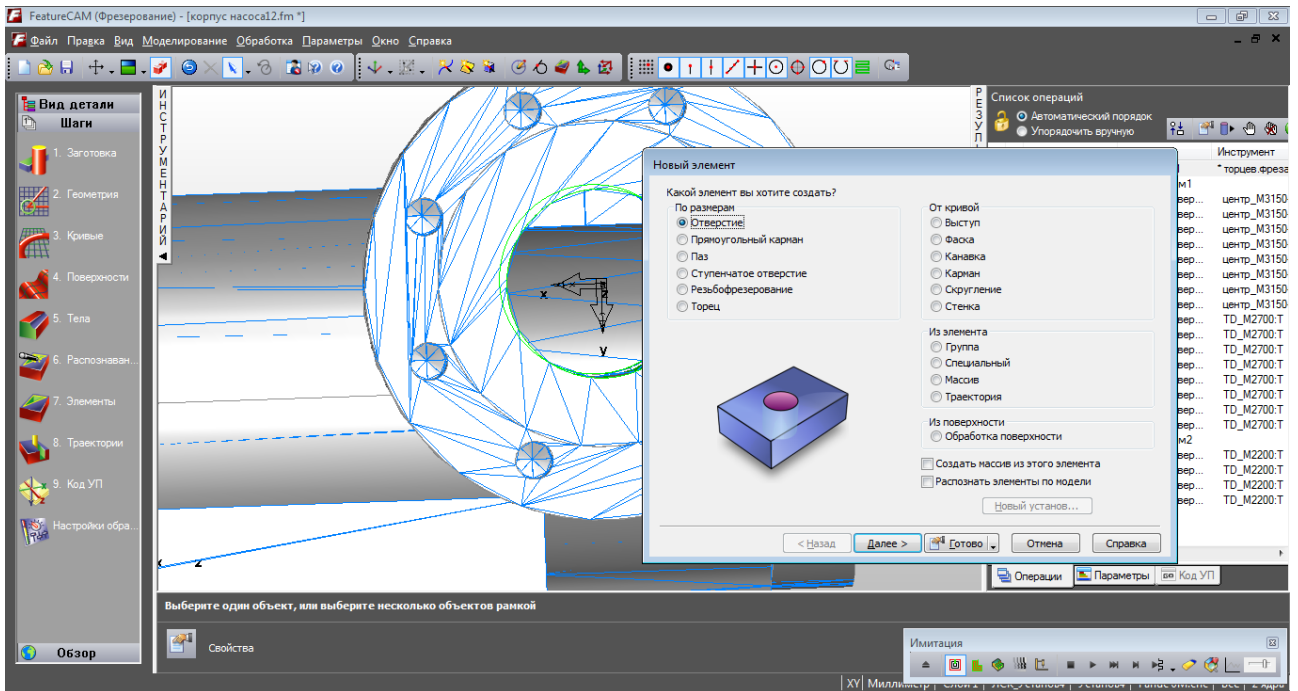


Рисунок 5.6– Створення обробки отворів

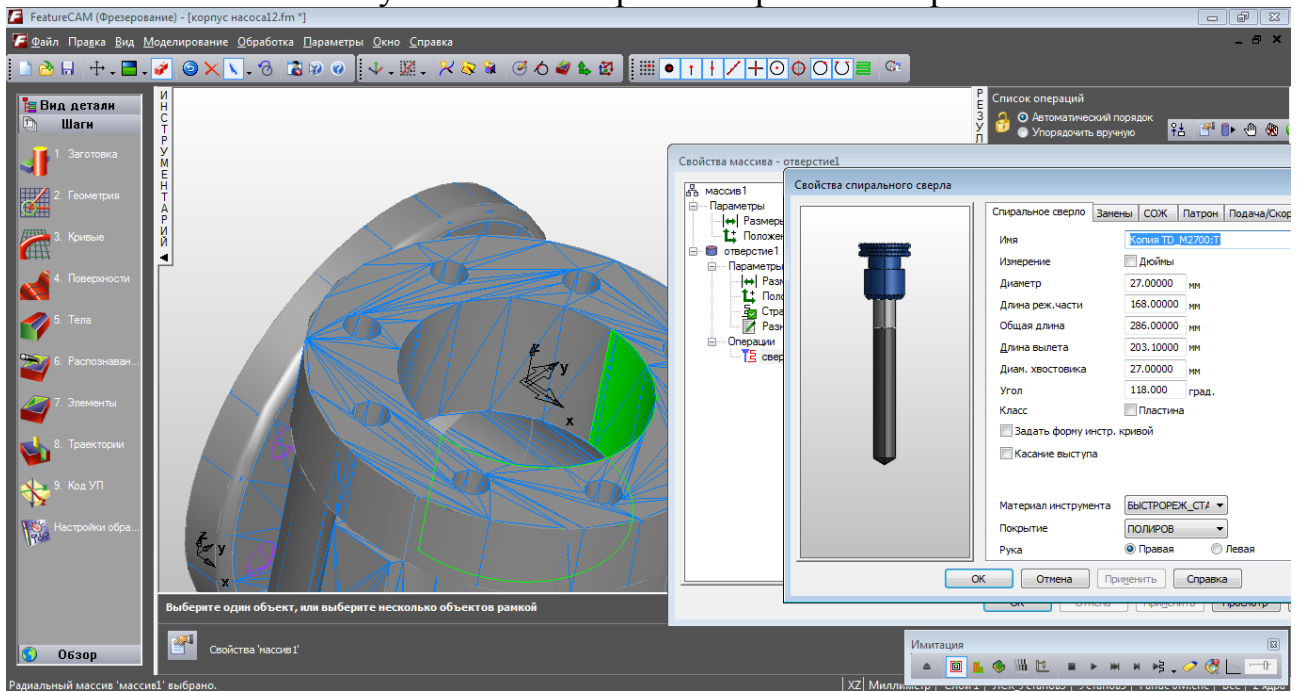


Рисунок 5.7 – Ескіз інструменту

Підготовлена програма для виконання обробки для багатоцільового верстату HAAS ES-800 наведена нижче.

%	N3300 X411.17 Z2.602
O0001 (КОРПУС НАСОСА12)	N3305 X411.115 Z2.597
(5-29-2016 01:46:38)	N3310 X411.17 Z2.592
N25 G00 G21 G17 G40 G49 G80 G94	N3315 X411.115 Z2.587
N30 G91 G28 Z0	N3320 X411.17 Z2.582
	N3325 X411.115 Z2.578
N35 (X PARALLEL ROUGH1 ПВРХ_ФРЕЗ1)	N3330 X411.17 Z2.573
N40 T1 M6	N3335 X411.115 Z2.568
N45 G00 G54 G90 X123.039 Y-31.476 S181	N3340 X411.17 Z2.563
M03	N3345 X411.115 Z2.558

N50 G43 H1 Z25.0 M08
 N55 Z3.0
 N60 G01 Z2.733 F92.
 N65 X122.975 Z2.592
 N70 X123.123 Z2.859
 N75 X123.26 Z2.991
 N80 X123.123 Z2.824
 N85 X122.975 Z2.499
 N90 X123.123 Z2.766
 N95 X123.26 Z2.897
 N100 X123.123 Z2.73
 N105 X122.975 Z2.405
 N110 X123.123 Z2.672
 N115 X123.26 Z2.804
 N120 X123.123 Z2.637
 N125 X122.975 Z2.312
 N130 X123.123 Z2.579
 N135 X123.26 Z2.711
 N140 X123.123 Z2.544
 N145 X122.975 Z2.219
 N150 X123.123 Z2.486
 N155 X123.26 Z2.617
 N160 X123.123 Z2.45
 N165 X122.975 Z2.125
 N170 X123.123 Z2.392
 N175 X123.26 Z2.524
 N180 X123.123 Z2.357
 N185 X122.975 Z2.032
 N190 X123.123 Z2.299
 N195 X123.26 Z2.431
 N200 X123.123 Z2.264
 N205 X122.975 Z1.939
 N210 X123.123 Z2.206
 N215 X123.26 Z2.337
 N220 X123.123 Z2.17
 N225 X122.975 Z1.845
 N230 X123.123 Z2.112
 N235 X123.26 Z2.244
 N240 X123.123 Z2.077
 N245 X122.975 Z1.752
 N250 X123.123 Z2.019
 N255 X123.26 Z2.151
 N260 X123.123 Z1.983
 N265 X122.975 Z1.659
 N270 X123.123 Z1.926
 N275 X123.26 Z2.057
 N280 X123.123 Z1.89
 N285 X122.975 Z1.565
 N290 X123.123 Z1.832
 N295 X123.26 Z1.964
 N300 X123.123 Z1.797
 N305 X122.975 Z1.472
 N310 X123.123 Z1.739
 N315 X123.26 Z1.87
 N320 X123.123 Z1.703
 N325 X122.975 Z1.378
 N330 X123.123 Z1.646
 N335 X123.26 Z1.777

N3350 X411.17 Z2.553
 N3355 X411.115 Z2.548
 N3360 X411.17 Z2.544
 N3365 X411.115 Z2.539
 N3370 X411.17 Z2.534
 N3375 X411.115 Z2.529
 N3380 X411.17 Z2.524
 N3385 X411.115 Z2.519
 N3390 X411.17 Z2.514
 N3395 X411.115 Z2.51
 N3400 X411.17 Z2.505
 N3405 X411.115 Z2.5
 N3410 X411.17 Z2.495
 N3415 X411.115 Z2.49
 N3420 X411.17 Z2.485
 N3425 X411.115 Z2.48
 N3430 X411.17 Z2.476
 N3435 X411.115 Z2.471
 N3440 X411.17 Z2.466
 N3445 X411.115 Z2.461
 N3450 X411.17 Z2.456
 N3455 X411.115 Z2.451
 N3460 X411.17 Z2.447
 N3465 X411.115 Z2.442
 N3470 X411.17 Z2.437
 N3475 X411.115 Z2.432
 N3480 X411.17 Z2.427
 N3485 X411.115 Z2.422
 N3490 X411.17 Z2.417
 N3495 X411.115 Z2.413
 N3500 X411.17 Z2.408
 N3505 X411.115 Z2.403
 N3510 X411.17 Z2.398
 N3515 X411.115 Z2.393
 N3520 X411.17 Z2.388
 N3525 X411.115 Z2.383
 N3530 X411.17 Z2.379
 N3535 X411.115 Z2.374
 N3540 X411.17 Z2.369
 N3545 X411.115 Z2.364
 N3550 X411.17 Z2.359
 N3555 X411.115 Z2.354
 N3560 X411.17 Z2.35
 N3565 X411.115 Z2.345
 N3570 X411.17 Z2.34
 N3575 X411.115 Z2.335
 N3580 X411.17 Z2.33
 N3585 X411.115 Z2.325
 N3590 X411.17 Z2.32
 N3595 X411.115 Z2.316
 N3600 X411.17 Z2.311
 N3605 X411.115 Z2.306
 N3610 X411.17 Z2.301
 N3615 X411.115 Z2.296
 N3620 X411.17 Z2.291
 N3625 X411.115 Z2.286
 N3630 X411.17 Z2.282
 N3635 X411.115 Z2.277

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КМР.131.24.1-17.05.РВІН

Арк.

N340 X123.123 Z1.61
 N345 X122.975 Z1.285
 N350 X123.123 Z1.552
 N355 X123.26 Z1.684
 N360 X123.123 Z1.517
 N365 X122.975 Z1.192
 N370 X123.123 Z1.459
 N375 X123.26 Z1.59
 N380 X123.123 Z1.423
 N385 X122.975 Z1.098
 N390 X123.123 Z1.365
 N395 X123.26 Z1.497
 N400 X123.123 Z1.33
 N405 X122.975 Z1.005
 N410 X123.123 Z1.272
 N415 X123.26 Z1.404
 N420 X123.123 Z1.237
 N425 X122.975 Z0.912
 N430 X123.123 Z1.179
 N435 X123.26 Z1.31
 N440 X123.123 Z1.143
 N445 X122.975 Z0.818
 N450 X123.123 Z1.085
 N455 X123.26 Z1.217
 N460 X123.123 Z1.05
 N465 X122.975 Z0.725
 N470 X123.123 Z0.992
 N475 X123.26 Z1.124
 N480 X123.123 Z0.956
 N485 X122.975 Z0.632
 N490 X123.123 Z0.899
 N495 X123.26 Z1.03
 N500 X123.123 Z0.863
 N505 X122.975 Z0.538
 N510 X123.123 Z0.805
 N515 X123.26 Z0.937
 N520 X123.123 Z0.77
 N525 X122.975 Z0.445
 N530 X123.123 Z0.712
 N535 X123.26 Z0.844
 N540 X123.123 Z0.676
 N545 X122.975 Z0.352
 N550 X123.123 Z0.619
 N555 X123.26 Z0.75
 N560 X123.123 Z0.583
 N565 X122.975 Z0.258
 N570 X123.123 Z0.525
 N575 X123.26 Z0.657
 N580 X123.123 Z0.49
 N585 X122.975 Z0.165
 N590 X123.123 Z0.432
 N595 X123.26 Z0.563
 N600 X123.123 Z0.396
 N605 X122.975 Z0.071
 N610 X123.123 Z0.338
 N615 X123.26 Z0.47
 N620 X123.123 Z0.303
 N625 X122.975 Z-0.022
 N630 X123.123 Z0.245
 N635 X123.26 Z0.377
 N640 X123.123 Z0.21
 N645 X122.975 Z-0.115
 N650 X123.123 Z0.152
 N655 X123.26 Z0.283
 N660 X123.123 Z0.116

N3640 X411.17 Z2.272
 N3645 X411.115 Z2.267
 N3650 X411.17 Z2.262
 N3655 X411.115 Z2.257
 N3660 X411.17 Z2.252
 N3665 X411.115 Z2.248
 N3670 X411.17 Z2.243
 N3675 X411.115 Z2.238
 N3680 X411.17 Z2.233
 N3685 X411.115 Z2.228
 N3690 X411.17 Z2.223
 N3695 X411.115 Z2.219
 N3700 X411.17 Z2.214
 N3705 X411.115 Z2.209
 N3710 X411.17 Z2.204
 N3715 X411.115 Z2.199
 N3720 X411.17 Z2.194
 N3725 X411.115 Z2.189
 N3730 X411.17 Z2.185
 N3735 X411.115 Z2.18
 N3740 X411.17 Z2.175
 N3745 X411.115 Z2.17
 N3750 X411.17 Z2.165
 N3755 X411.115 Z2.16
 N3760 X411.17 Z2.155
 N3765 X411.115 Z2.151
 N3770 X411.17 Z2.146
 N3775 X411.115 Z2.141
 N3780 X411.17 Z2.136
 N3785 X411.115 Z2.131
 N3790 X411.17 Z2.126
 N3795 X411.115 Z2.121
 N3800 X411.17 Z2.117
 N3805 X411.115 Z2.112
 N3810 X411.17 Z2.107
 N3815 X411.115 Z2.102
 N3820 X411.17 Z2.097
 N3825 X411.115 Z2.092
 N3830 X411.17 Z2.088
 N3835 X411.115 Z2.083
 N3840 X411.17 Z2.078
 N3845 X411.115 Z2.073
 N3850 X411.17 Z2.068
 N3855 X411.115 Z2.063
 N3860 X411.17 Z2.058
 N3865 X411.115 Z2.054
 N3870 X411.17 Z2.049
 N3875 X411.115 Z2.044
 N3880 X411.17 Z2.039
 N3885 X411.115 Z2.034
 N3890 X411.17 Z2.029
 N3895 X411.115 Z2.024
 N3900 X411.17 Z2.02
 N3905 X411.115 Z2.015
 N3910 X411.17 Z2.01
 N3915 X411.115 Z2.005
 N3920 X411.17 Z2.0
 N3925 X411.115 Z1.995
 N3930 X411.17 Z1.991
 N3935 X411.115 Z1.986
 N3940 X411.17 Z1.981
 N3945 X411.115 Z1.976
 N3950 X411.17 Z1.971
 N3955 X411.115 Z1.966
 N3960 X411.17 Z1.961

<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>

KHY.KMP.131.24.1-17.05.PBIIH

Арк.

6 ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ОСНАСТКИ

6.1 Проектування переналагоджувального пристрою

6.1.1 Технічне завдання

Переналагоджувальний пристрій проектуємо на головну деталь – корпус на багатоцільову операцію № 030.

Ескіз механічної обробки деталі виконаний на рисунку 6.2.

Тип пристрою – одно місцевий з ручним механізмом.

Верстат, на якому виконується дана операція багатоцільовий з ЧПК та інструментальним магазином моделі HAAS ES-800

Технічні характеристики верстату HAAS ES-800

1) розміри робочої поверхні столу, мм	800×800
2) переміщення столу, мм	
поздовжнє	800
поперечнє	1000
3) кількість різьбових отворів на установчій поверхні столу	45
4) відстань між різьбовими отворами, мм	125
5) різьбові отвори	M20
6) габарити, мм	5388×4635×3455
7) вага, кг	10050

Ескіз посадкових місці столу верстата виконаний на рис 6.1.

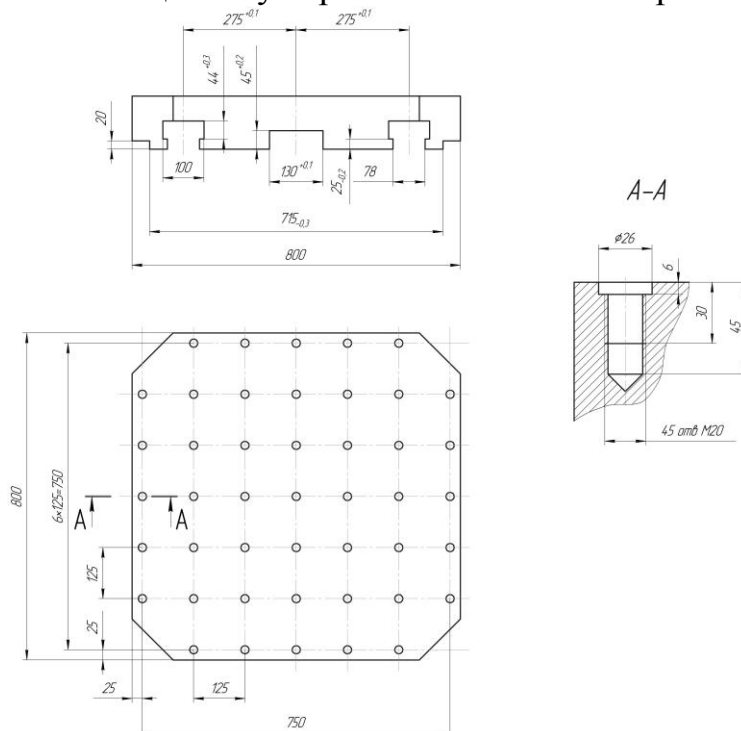


Рисунок 6.1-Ескіз плити супутника

КНУ.КМР.131.24.1-17.06.ПТО

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
					ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОСНАЩЕННЯ	Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Худорожков						
Перевір.		Цивінда						
Н. Контр.		Нечаєв				Кафедра ТМ ПМ -23м		
Зав. каф.		Рязанцев						

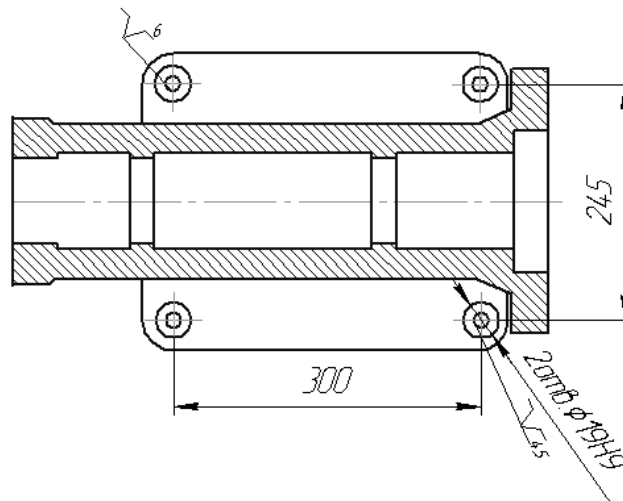
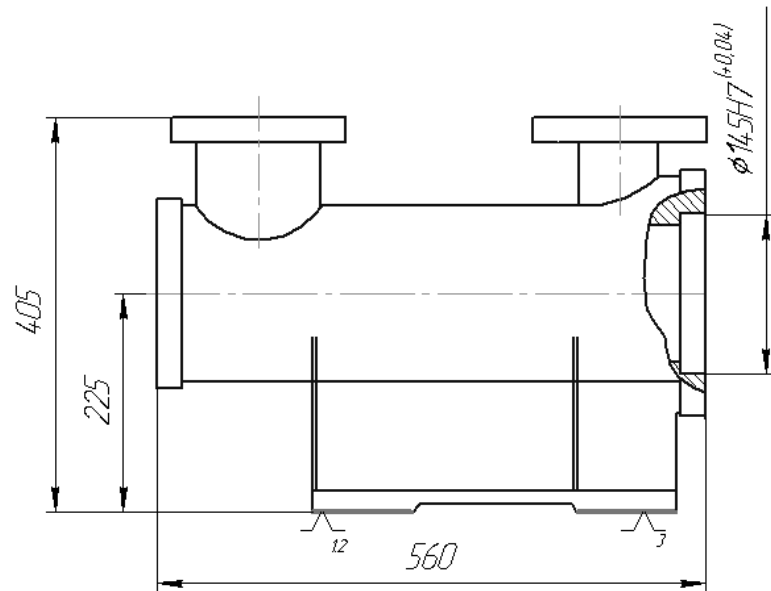


Рисунок 6.2-Ескіз механічної обробки

Представимо схему базування оброблюємої деталі у пристрої.

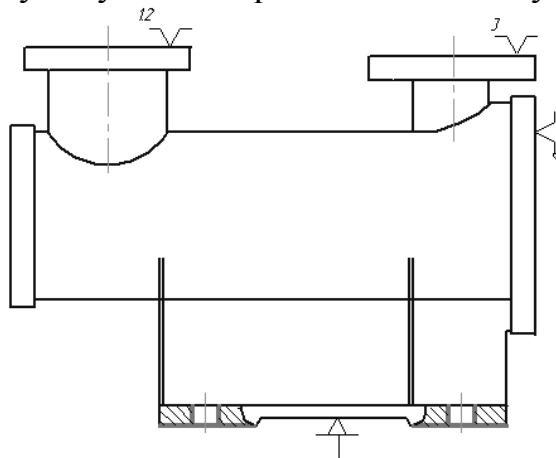


Рисунок 6.3-Схема базування деталі

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Деталь базуємо на площину, яка позбавляє трьох ступенів волі, та два пальці, один з яких позбавляє двох ступенів волі, інший – одну.

6.1.3 Похибка базування складає $\varepsilon_B = 112 \text{ мкм}$.

6.1.4 Розробка схеми закріплення

Оброблюємо деталь знаходиться у рівновазі, з одного боку – під дією сил, виникаючих у процесі обробки, з іншого боку – під дією сили затиску та реакцій опор. Основними силами, виникаючими у процесі обробки являються сили різання.

Величина сил затиску визначається умовою рівноваги усіх перелічених сил, при повному сохрненні контакту базових поверхонь оброблюємої деталі.

з установчими елементами пристрою та неможливості здвигу у процесі обробки. При розрахунках необхідно орієнтуватися на такі величини, місце прикладення та напрям сил затиску, при яких сили затиску виходять найбільшими. Визначення необхідної сили затиску необхідно виконувати з урахуванням коефіцієнту запасу K , який передбачає можливе збільшення сили різання у наслідок затуплення ріжучого інструменту, неоднорідності оброблюємого матеріалу, нерівномірності припуску, непостійності установки та затиску заготовки тощо.

У нашому випадку сили затиску будуть напрямлені перпендикулярно опорам та розташовуватися як показано на малюнку.

Силу закріплення визначаємо для переходу фрезерування поверхні $\varnothing 262 \text{ мм}$ торцевою фрезою, діаметр якої 315 мм та ширина 60 мм . Сили, які виникають при фрезеруванні, показані на рисунку 6.5.

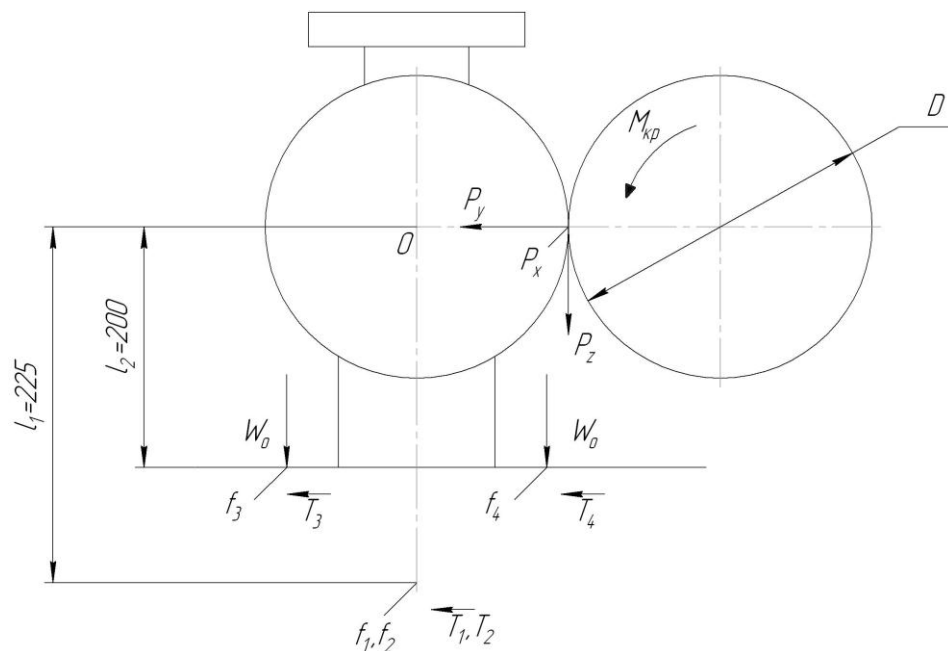


Рисунок 6.4-Сили різання

У загальному вигляді умова рівноваги деталі може бути представлена у вигляді формули;

					КНУ.КМР.131.24.1-17.06.ПТО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$W = K \cdot f \cdot P_{\text{різ}}; \quad (6.1)$$

де K – коефіцієнт запасу; $K = 2,3$;

f – коефіцієнт тертя у місці контакту заготовки і пристрою;

$P_{\text{різ}}$ – зусилля різання.

Сила тертя:

$$T = f \cdot W; \quad (6.2)$$

$$T_1 \cdot l_1 + T_2 \cdot l_2 + T_4 \cdot l_2 = \kappa M_{\text{кр}}; \quad (6.3)$$

де $M_{\text{кр}}$ – крутний момент.

$$f_1 \cdot W \cdot l_1 + f_2 \cdot W \cdot l_1 + f_3 \cdot l_2 \cdot W + f_4 \cdot l_2 \cdot W = K \cdot P_z \cdot D/2; \quad (6.4)$$

$$W = \frac{\kappa P_z \cdot D/2}{(f_1 \cdot l_1 + f_2 \cdot l_1 + f_3 \cdot l_2 + f_4 \cdot l_2)}; \quad (6.5)$$

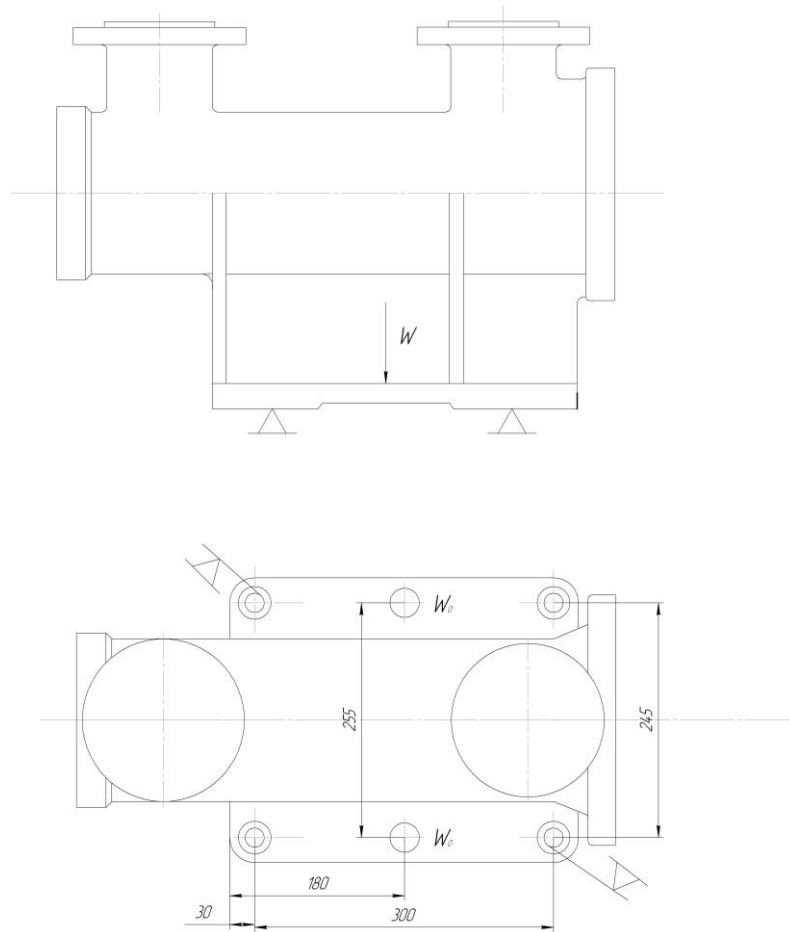


Рисунок 6.6-Схема закріплення деталі

$$W = \frac{2.3 \cdot 10634 \cdot 315/2}{(0.25 \cdot 225 + 0.25 \cdot 200) \cdot 2} = 1631.5H$$

$$W_0 = \frac{W}{2} = \frac{1631.5}{2} = 815.7H$$

					КНУ.КМР.131.24.1-17.06.ПТО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6.1.5 Вибір конструкції затискного механізму

У якості затискного механізму вибираємо калібрований зажим. Калібрований зажим складається з гвинтового та ричажного зажиму.

На рис.6.7 показана схема дії сил при зажимі оброблюємої деталі нормалізованим гвинтовим прихватом.

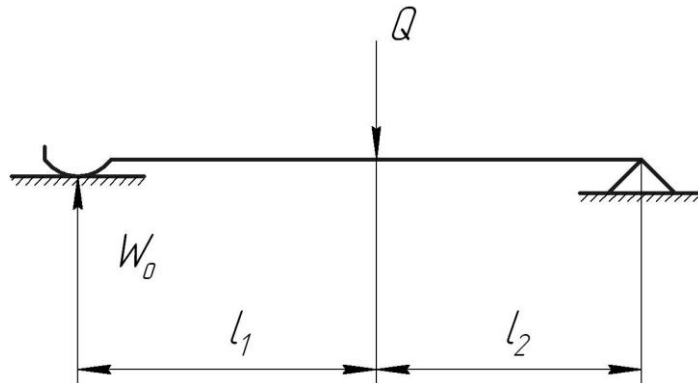


Рисунок 6.7-Схема механізму

Сила, прикладена до ричажного механізму.

$$Q = \frac{W_0 \cdot (\ell_1 + \ell_2)}{\ell_1 \eta}; \quad (6.6)$$

де W_0 – сила затиску, Н;

$\eta = 0.85$ – ККД, урахувуючий втрати на тертя у опорі ричага.

$$Q = \frac{815.7(90 + 100)}{000.85} = 2025 \text{ Н}.$$

6.1.6 Вибір базових та допоміжних елементів пристрою

По режимах обробки та габаритним розмірам оброблюємої деталі вибираємо елементи пристрою четвертої серії, ширина пазів у яких дорівнює 16мм.

Пристрій компоуємо з базової деталі – плити, опори, пальців, прихватів, болтів та гайок.

Плита прямокутна тип 2. довжина $L = 600$ мм; ширина $B = 360$ мм; висота $H = 90$ мм;

Опорна пластина довжина $L = 100$ мм; ширина $B = 16$ мм; висота $H = 10$ мм;

Палиць циліндричний: діаметр $D = 19$ мм; висота $H = 40$ мм;

Палець зрізаний :діаметр $D = 19$ мм; висота $H = 40$ мм;

Компоновка пристрою показана на рисунку 6.8.

6.1.7 Вибір засобів встановлення та визначення похибки розташування пристрою на верстаті

					КНУ.КМР.131.24.1-17.06.ПТО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

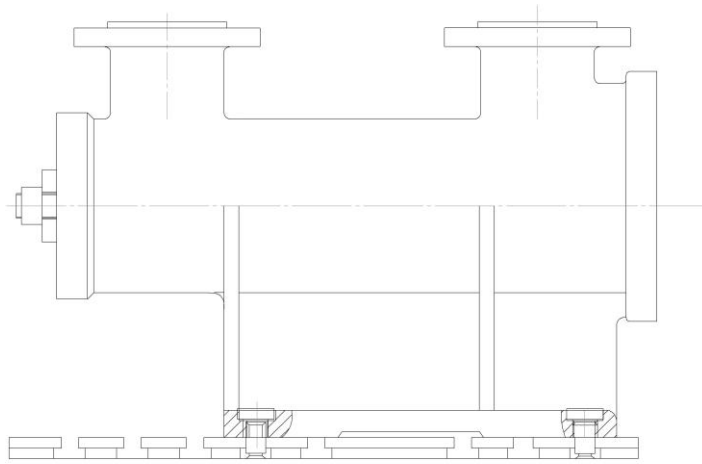


Рисунок 6.8-Схема установки деталі

6.1.8 Розрахунок на точність верстатного пристрою

При обробці заготовки витримується декілька розмірів. Однак, пристрій впливає лише на точність розміру $225^{+0.8}$ мм.

Виявимо складові похибки, які впливають на точність розміру $225^{+0.8}$ мм. Похибка базування заготовки у пристрої $\delta_{\delta} = 112$ мкм. Похибка розташування пристрою на металорізальному верстаті.

Похибка закріплення заготовки у пристрої $\delta_3 = 0,01$ мм.

Похибка взаємного зносу елементів верстатного пристрою дорівнюють нулю. Результуючу похибку обробки визначимо за виразом:

$$\delta_{\Sigma} = K \sqrt{\delta_{\delta}^2 + \delta_{p.n.}^2 + \delta_3^2 + \delta_{n.o.}^2}; \quad (6.7)$$

де $K = 1,2$ – коефіцієнт, враховуючий відхилення розподілу значень складових величин від закону нормального розподілу.

$$\delta_{\Sigma} = 1.2 \sqrt{0.112^2 + 0.005^2 + 0.01^2} = 0,0005 \text{ мм}$$

6.3 Проектування контрольного пристрою

Ескіз деталі з вимогами по точності і відхилень форм приведені на рис.6.9.

Контрольний пристрій виконуємо для вимірювання радіального биття поверхні з діаметром $\emptyset 145H7^{(+0.040)}$ довжиною 25мм відносно базової поверхні $H. \emptyset 118H7^{(+0.040)}$ мм, $\ell = 25$ мм.

На рис.6.9. вказані також схема контролю та схема базування деталі і пристрою при виконанні даного виду контролю.

					КНУ.КМР.131.24.1-17.06.ПТО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

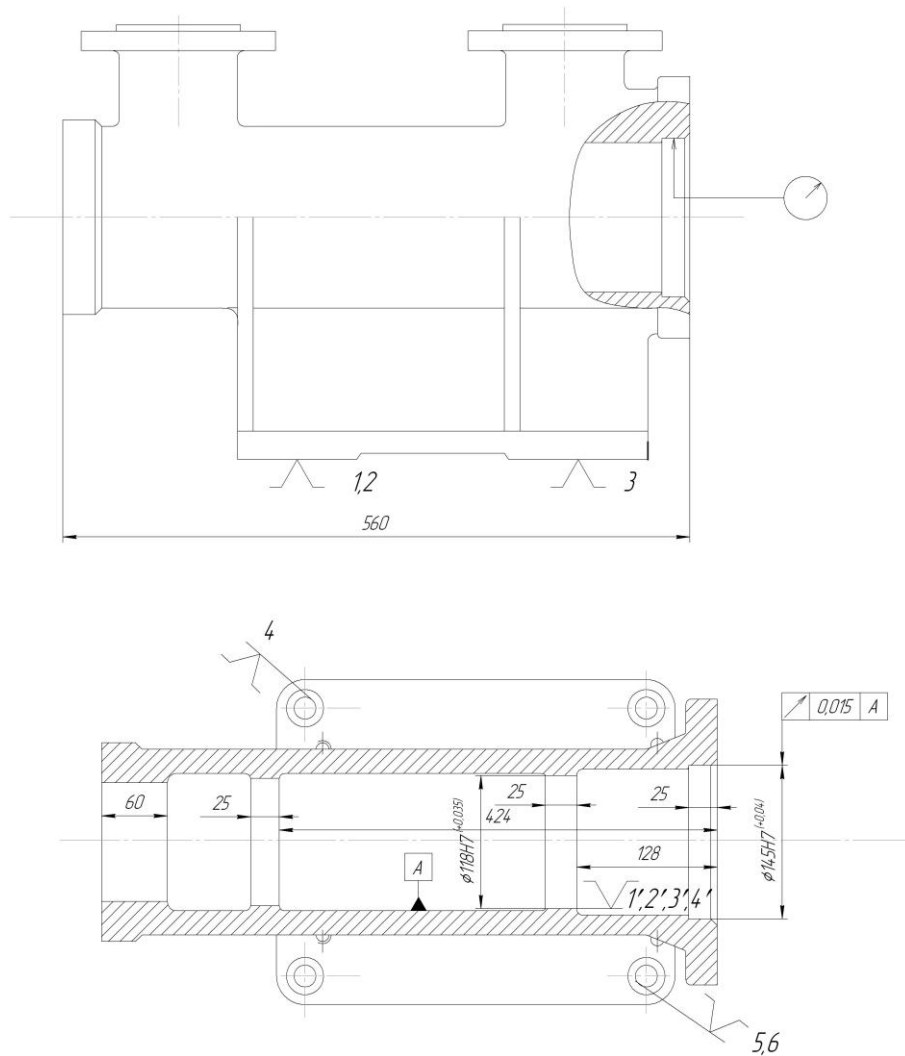


Рисунок 6.9-Схема точності розмірів деталі

6.3.2 Проектування установочних елементів пристрою

Проектування установочних елементів пристрою виконуємо відносно схем базування та контролю, а також конструктивних параметрів деталі.

6.3.3 Вибір контрольного пристрою

Вибір засобів контролю проводимо з урахуванням допустимої похибки контролю, яка знаходиться у границях $8 \div 30$ відсотків від допуску на розмір, тобто $[\sigma] = 30 \cdot 0.040 \cdot 100 = 0.012 \text{ мм}$.

					КНУ.КМР.131.24.1-17.06.ПТО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7 Науково-дослідницька частина на тему: «АНАЛІЗ МЕТОДУ ГЛИБИННОГО ШЛІФУВАННЯ ТА ВИЗНАЧЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ЙОГО ДЛЯ ОБРОБКИ ГВИНТА ВЕДУЧОГО НАСОСУ МВН».

Підвищення продуктивності за рахунок оптимізації режимів механічної обробки деталей обмежується низькою стійкістю різального інструменту та погіршенням якості поверхневого шару деталей. Таким чином необхідно застосувати високоефективні методи обробки, які б дали підвищення продуктивності процесу без втрати якості[12].

При обробці гвинта ведучого зі сталі 45Х ДСТУ 7806:2015, який входить у складальний вузол насос мастильний трьох гвинтовий МВН-01.01, необхідно отримати канавки високої точності з шорсткістю Ra 0,8мкм, для чого виконуємо два фрезерування: чорнове, чистове та шліфування.

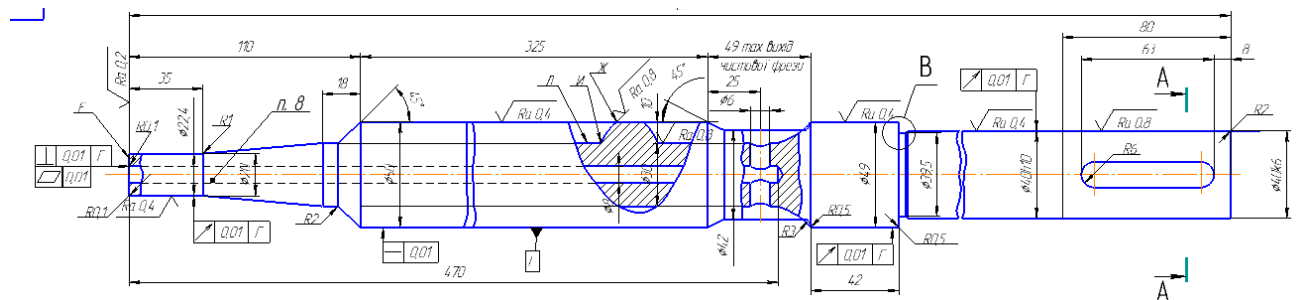


Рисунок 7.1- Креслення гвинта ведучого гвинтового насосу МВН

За рахунок розвитку глибокого шліфування і розширення областей його застосування сьогодні частково можуть замінитися звичайні процеси обробки гвинта, такі як профільне фрезерування та точіння.

Проведені дослідження українських вчених, Новікова Ф.В., Полянського В.І. показали, що глибоке шліфування забезпечує ріст продуктивності обробки у 2-7 раз, зниження шорсткості та підвищення геометричної точності оброблюємих поверхонь [12,13]. Дослідження зарубіжних вчених [14,15] головну увагу приділяють підвищенню температури в зоні глибокого шліфування та умов до її зменшення.

Шліфування з великими глибинами це обробка зі зняттям великих припусків та малими повздовжніми подачами деталі. Якщо виходити з вимог продуктивності, то необхідно забезпечити такі умови роботи шліфувального круга, щоб максимальна глибина врізання абразивного круга у оброблюємих матеріал була того ж порядку, що й при звичайному шліфуванні з малими глибинами.

Зі збільшенням об'єму знімаємого матеріалу підвищується ймовірність швидкого заповнення пор абразивного круга.

КНУ.КМР.131.24.1-17.07.НДР				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.	Худорожков			
Перевір.	Цивінда			
Н. Контр.	Нечаєв			
Зав. каф.	Рязанцев			
НАУКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКА РОБОТА				
		Літ.	Арк.	Аркушів
Кафедра ТМ ПІМ -23м				

Висока температура шліфування сприяє адгезійному схопленню оброблюємого матеріалу з зернами круга, що призводить до втрати його різальних властивостей. Тривалий вплив високих температур шліфування при малих повздовжніх швидкостях деталі визначає вимоги до характеристики круга, кількості та засобам підводу МОР у зону різання та очищенню робочої поверхні круга.

Специфіка глибокого шліфування пред'являє особливі вимоги до обладнання. Верстати для глибокого шліфування повинні бути вібростійкими, мати підвищену потужність головного приводу, високу статичну та динамічну жорсткість; особливе значення надається охолодженню опор шпинделю для забезпечення постійної температури при допоміжному (холостому) його обертанню та під навантаженням. Для робочих переміщень використовують крокові двигуни. У якості приводів повздовжнього руху застосовують гідросистеми. Верстати для глибокого шліфування оснащують системами інтенсивного підводу МОР у зону шліфування. На верстатах для глибокого шліфування часто передбачають пристрої для компенсації зношування круга, а на верстатах для швидкісного глибокого шліфування – пристрої для балансування кругів у процесі роботи. Дослідження глибокого шліфування в області підвищених норм знімання відбувало при впровадженні нових верстатів та шліфувальних інструментів та застосування у зв'язку з цим більш високих швидкостей шліфувальних інструментів при реалізації автоматизованих робочих процесів застосовувати ефективні верстати із сучасними системами управління ЧПК.

Швидкісне глибоке шліфування ($V_k > 50 \text{ м/с}$) характеризується високою інтенсивністю з'єму. Товщина знімаємого шару при шліфуванні канавок гвинта досягає 0,016мм. Для глибокого шліфування канавок застосуємо круглошліфувальний верстат JAINNER для шліфування під кутом JHA-2003CNC – JHA-3508CNC (CNC ANGULAR) .

Висока міцність та низька теплопровідність матеріалів призводять до зниження стійкості абразивного інструменту та низьким показникам оброблюємости. Підвищення продуктивності шліфування може бути забезпечено застосуванням абразивного інструменту з високими фізико-механічними, теплофізичними та другими властивостями. Виготовляють круги з легованого титанистого та хромистого корунду, а також круги на органічній та керамічній зв'язках, дозволяючи працювати з окружною швидкістю 50-60м/с. Круги, складені з металевого диску, з приклеєними абразивними сегментами можуть працювати на швидкостях до 100м/с та більше. Шаровий круг для шарикопідшипникової промисловості забезпечує окружну швидкість до 120м/с.

Висока механічна міцність абразивного інструменту досягається за рахунок використання рульвербакелитової зв'язки та армування найбільш напруженої частини круга. Рульвербакелит (фенолформальдегідна смола) добре утримує абразивні зерна, забезпечує міцність та гнучкість круга.

Пористий абразивний інструмент має порожнини, необхідні для розташування стружки. Пори сприяють допоміжному охолодженню, кращому просочуванням круга та проникненню МОР у зону різання. Пористі круги мають

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КМР.131.24.1-17.07.НДР				

добру самозаточуваність та меншу засолюваність. Використання пористих кругів зменшує щільність зерен та силу різання, полегшує правку та забезпечує ефективне використання МОР. При глибинному профільному шліфуванні застосовують високопористі круги на керамічній зв'язці 24A10BM1-ВМ210-12-К5/П40-15, 24A10BM1-ВМ210-12К5/ПСС25-10.

На верстатах для глибинного шліфування передбачений найбільш продуктивний метод правки – правка алмазними роликами по схемі врізання. За незначний час правки прецизійні алмазні рамки дозволяють отримувати геометричні параметри складного профілю деталі з точністю до 10мкм з Ra = 0.5÷0.8мкм. Частоту та глибину правки у залежності від умов та довжини обробки, властивостей оброблюємого матеріалу встановлюють експериментально.

При шліфуванні деталей з високими вимогами до точності геометрії профілю використовується засіб неперервної правки абразивних кругів. При безперервній правці круга забезпечується постійність ріжучої властивості його робочої поверхні, що дозволяє вести обробку з великими глибинами або подовжніми швидкостями деталі. Дослідження показали, що шліфування з безперервною правкою, при подачі алмазного ролика 0,3мкм на оберт круга, дозволяє підвищити продуктивність не менш ніж у три рази. Зношування круга при неперервній правці менш, ніж підвищення продуктивності шліфування.

Дані по питомій продуктивності та енергетичному критерію А для матеріалів з широким змінюванням міцнісних та теплофізичних властивостей приведені у таблиці (енергетичний критерій характеризує відносну потужність шліфування).

Таблиця 7.1 – Значення енергетичного критерію А та продуктивності q.

Матеріал	A	Q	1	2	3
1	2	3	12X18H10T	42	10
Сталь 45	18	45	X20H77T2ЮР	62	3,2
40X	28	25	ЖС6К	80	2,0
18X2H4BA	36	18	BT9	90	1,6

Зношування інструменту є наслідком стирання та викришування часток зерен під дією механічних та температурних напружень. Зношування зерен визначається явищами адгезії та дифузії.

Деформуємі сплави мають більш низьку оброблюємість, ніж ливарні, тому що вони більш в'язкі та визивають неперервне налипання металу на абразивні зерна з наступним їх інтенсивним затупленням. Налипання знімає мого матеріалу на поверхонь зерен сприяє адгезійному та хімічному руйнуванню зерен круга. Через налипання металу на зерна, особливо стійкого на зношених поверхнях, стійкість круга зменшується до 10 разів та більше. При врізному глибинному шліфуванні з подачею МОР методом поливу в умовах високої теплопруженості процесу засалювання круга та адгезійні зв'язки приводять до об'ємного вирівнювання зерен та участків робочої поверхні круга. Тому на верстатах для глибинного шліфування окрім подачі МОР у зону шліфування передумовлене

					КНУ.КМР.131.24.1-17.07.НДР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

очищення пор робочої поверхні круга шляхом подачі МОР крізь вузьке сопло під тиском 0,7МПа з оберненої робочої сторони круга з втратою 0,0033м³/с.

Погіршення умов обробки визиває ріст контактної температури шліфування, підвищує ймовірність появи поверхневих дефектів на деталях. Оброблюєма поверхня після нагріву до високих температур в умовах питомих тисків швидко охолоджується за рахунок відводу тепла у МОР та деталь. У поверхневих шарах протікають фазові перетворення, дифузійні процеси, причому при тепловому збудженні ці процеси знаходяться у нерівно вагомому стані, та проходять деформації поверхневого шару. Виникнення поверхневих дефектів у більшій мірі спостерігається при шліфуванні деталей з сплавів, з малою теплопровідністю та акумулюючи теплоту у тонкому поверхневому шарі. При багатократному циклічному нагріванні цих сплавів у час звичайного шліфування походять необоротні формоутворення зерен, приводячи до перерозподілу мікронапруг, які по величині можуть перевищити критичні. Тому відсутність багатократного циклу нагріву та охолодження оброблюємої поверхні є однією з переваг глибинного шліфування.

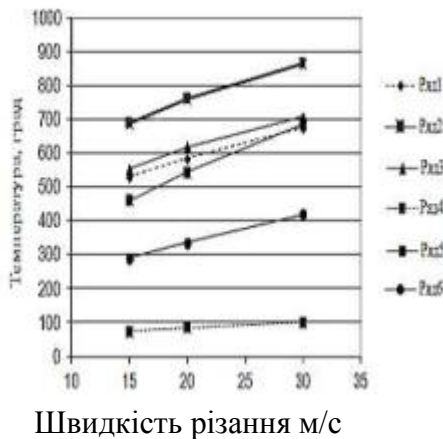


Рисунок 7.1-Вплив швидкості різання на температуру при шліфуванні

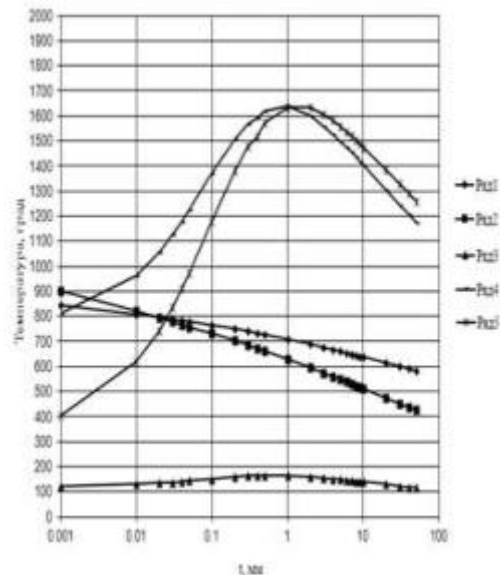


Рисунок 7.2-Залежність температури від глибини різання при глибинному шліфуванні

На рис. 7.1 представлена залежність середньої температури характерних точок зони різання від швидкості різання під час шліфування. Тут ряд 1 показує зміну експериментальної температури, отриманої за допомогою закладної напівштучної термопари. Ряди 2, 3, 4, 5, 6 показують зміни середніх температур, отриманих за моделлю (розрахунковим шляхом). Ряд 2 показує температуру в зоні різання (стружки), ряд 3 показує середню температуру на поверхні передньої поверхні зерен шліфувального кола (температура різання), ряд 4 показує зміну середніх температур у зерні, ряд 5 показує середню температуру на задній поверхні зерна, ряд 6 демонструє зміну температури на поверхні заготовки. Виходячи з цього, підвищення швидкості різання допустимо тільки до граничного значення, при якому ще не виникає пошкодження деталі.

					КНУ.КМР.131.24.1-17.07.НДР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На рис. 7.2 представлено зміну середніх температур у залежності від глибини різання при постійній об'ємній продуктивності шліфування та від при охолодженні.

Тут ряди 1, 2, 3, 4, 5 показують зміну середніх температур, отриманих за моделлю (Розрахунковим шляхом). Ряд 1 показує температуру в зоні різання (стружки), ряд 2 показує середню температуру на передній поверхні зерен шліфувального круга (температура різання) ряд 3 показує зміну середніх температур у зерні, ряд 4 показує середню температуру на задній поверхні зерна, ряд 5 демонструє зміну середньої температури на поверхні заготовки.

Таким чином при глибинному шліфуванні за рахунок зміни кінетики термічного циклу повинні бути створені умови, виключаючи перелічені вище явища, що досягається підбором складу та способів подачі МОР, призначення оптимальних характеристик та циклів правки круга та режимів різання.

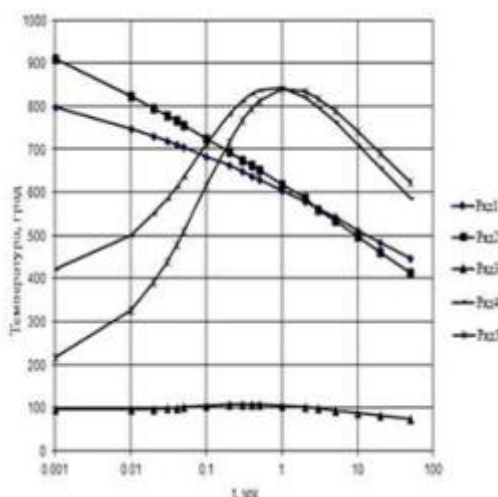


Рисунок 7.3-Залежність температури від глибини різання при глибинному шліфуванні з МОРЗ

Теоретичні значення середньої температури на поверхні заготівлі, отримані по моделі, виявляються занадто великими в екстремальній точці. Це унеможливує використання процесу глибинного шліфування без мастильно-охолоджувального технологічної середовища (МОРЗ). Використання МОРЗ (рис. 7.3) значно знижує пікові значення середніх температур. При виготовленні деталей повинні враховуватись схеми та параметри обробки, характеристика інструменту, властивості та кількість підведеної МОР.

При швидкісному, силовому та глибинному шліфуванні до системи охолодження пред'являють наступні вимоги: висока змащувальна, миюча та проникаюча властивість МОР, найбільш повний відвід рідиною шламу з зони шліфування, висока ступінь очищення МОР при подачі її у зону обробки для подолання повітряного потоку виникаючого навколо круга.

Для глибинного шліфування наряду з використанням емульсії та вуглеводневих охолоджуючих засобів з високою ефективністю можуть бути

					КНУ.КМР.131.24.1-17.07.НДР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

використані різні мастила, які забезпечують температуру у зоні обробки, що дозволяє призводити шліфування з великими з'ємами металу.

При глибинному шліфуванні канавок питома потужність обробки складає 1-3кВт/мм ширина круга, що приводить до значного тепловиділення у зоні шліфування.

З ціллю шліфуванні застосовують середньов'язкі мастила. Високу ефективність при глибинному шліфуванні сталей забезпечує Укрінол-14, застосування якого збільшує знімання металу у порівнянні з мастилом ОСМ-3. При глибинному шліфуванні канавок інструменту з використанням чистих мастил (індустріальне мастило 12) застосовують суміші мастила з добавками. Подача ЗОР під тиском $0.5 \div 1.2 \text{ МПа}$ крізь щільові сопла забезпечує високу швидкість омивання оброблюємої заготовки, добре проникнення у зону різання та ефективний відведення тепла

У якості базового інструменту для різних схем глибинного шліфування були узяті круги з електрокорунду. При інтенсивної подачі МОР у зону шліфування та на робочу поверхню круга повністю виключалося налипання та засолювання кругів. Позитивні результати, з цієї точки зору, при глибинному шліфуванні з попередньою подачею показали круги на пульвербакелітовій зв'язці типу 24А50СТ1ПБ з поверхнево – активними додатками.

Дослідження показали, що зі збільшенням глибини шліфування сталі 40Х (з коефіцієнтом теплопровідності (теплоємність матеріалу), при температурі 800°C -26 [Вт/(м·град)) контактна температура різко виростає, а потім при $(0.1 \div 0.15) \cdot 10^{-3} \text{ м}$ ріст уповільнюється та стабілізується при глибині шліфування $(0.1 \div 0.2) \cdot 10^{-3} \text{ м}$.

Для врізного шліфування з малими глибинами головним для призначення режимів є раціональне сполучення t, V_q, V_k , що забезпечує температуру шліфування нижче температур фазово – структурних перетворень $A_{c1} = 743$, $A_{c3}(A_{cm}) = 782$, $A_{r3}(A_{rcm}) = 730$, $A_{r1} = 693$. гарантує відсутність на шліфуємих поверхнях прижогів, мікро та макротріщин. Це положення не є основним при шліфуванні з великими глибинами.

Представляє інтерес рішення задачі про розподілі температури по довжині дуги контакту 1-го круга з деталлю для схем звичайного та глибинного шліфування. Для схеми шліфування з великими відносними швидкостями деталі площа контакту круга з деталлю можливо вважати плоским джерелом тепла постійної інтенсивності. При швидкорухаючі джерелі тепла координата максимальної контактної температури розташована на оброблені поверхні та у значній ступені визначає теплонапруженість поверхневого шару. Глибинне шліфування характеризується відносно малими швидкостями руху деталі. При шліфуванні з великими глибинами температурне поле деталі буде визначатися джерелом тепла постійної інтенсивності q , нахиленому під кутом β , якій повільно рухається у напрямку X . Аналіз температурних залежностей показує, що максимальне значення відносних температур тим менше та тим далі відстоять від кінця джерела тепла (точка А), ніж менше відносна швидкість деталі.

Аналіз температурного поля по глибині деталі для різних сполучень V_k, maV_q при постійній контактній температурі показів, що зі збільшенням

					КНУ.КМР.131.24.1-17.07.НДР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

швидкості деталі глибина прогріву дещо зменшується, однак градієнт температур підвищується. Це може сприяти виникненню локальних напружень та виникненню поверхневих дефектів.

Досліди, що проводили на деталях з жароміцного сплаву були у діапазоні вимірювання режимів різання $V_k = 30 \div 70 \text{ м/с}, V_q = (0.166 \div 166) \cdot 10^{-3} \text{ м/с}, t = (0.02 \div 4.0) \cdot 10^{-3} \text{ м}$. У якості МОР застосовували 2% ний розчин Аквол – 2. Найменші сили різання та необхідну потужність забезпечують високопористі круги 24А25НСМ212К11/ПСС40-20 та 24А40С114К5/П80-30. Застосування ЗОР також ефективно сказалося при роботі цими кругами. У досліджуємому діапазоні режимів МОР знижує силу P_z . При шліфуванні без МОР спостерігається погіршення ріжучої властивості круга при глибині різання більш $0,2 \div 10^{-3} \text{ м}$. Визначено відношення P_y/P_z у широкому діапазоні режимів. Так при шліфуванні кругом 24А25НСМ212К11/ПСС40-20 сплаву з $t = 10^{-3} \text{ м}$ це відношення дорівнює 6-ти при подачі МОР та 10-без подачі МОР. Зі збільшенням t це відношення зростає у степені 0,13.

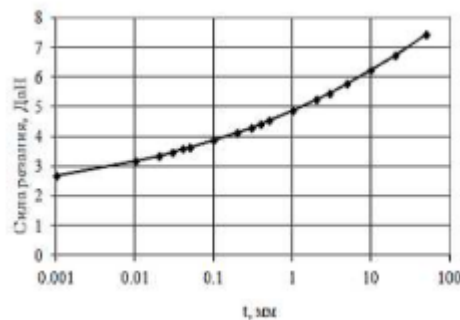


Рисунок 7.4- Залежність сили різання від глибини різання при глибинному шліфуванні з МОРЗ

Різні значення швидкості обертання круга та повздовжньої подачі деталі майже не змінює це відношення останнє узгоджується з уявленням про вплив товщини зрізу одиничним зерном на сили різання при глибинному шліфуванні. Ріст відношення P_y/P_z пред'являє підвищені вимоги до жорсткості верстатів для глибинного шліфування. Другим обмеженням при плоскому врізному шліфуванні з великими глибинами різання є потребуєма потужність головного приводу верстату. На рис. приведені залежності зросту потужності від глибини шліфування кругом 24А25НСМ212К11/ПСС40-20 на режимах $V_k = 27 \text{ м/с}, V_q = 10^{-3} \text{ м/с}$, з застосуванням ЗОР Аквол-2. Збільшення глибини шліфування знижує питому роботу та визначає зношування круга, питому продуктивність при порівнянні глибинного шліфування та звичайного шліфування з великими швидкостями деталі.

Результати вимірювання потужності при двобічному профільному шліфуванні образців розмірами $(35 \times 20) \cdot 10^{-3} \text{ м}$ з жароміцного сплаву на двохшпindelному верстаті фірми АВА – Werk. Тангенціальна складова $P_z = 5.47 \times 10^5 t^{0.55} V_q^{0.45} V_k^{-0.4}$ з прийнятими на цих верстатах умовами шліфування засолювання робочої поверхні круга не спостерігається, а проходить поступове зношування круга. На довжині обробки 0,18м при $t = 2 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ радіальне

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

зношування круга 24A25ПВМ 214К5/П40-20 діаметром 450мм та висотою 25мм не перевищує 50мкм. Точність геометричних параметрів у партії послідовно оброблюємих деталей визначає цикл автоматичної правки круга. При цьому потужність шліфування зростає у залежності від довжини обробки у степені 0,1. При глибинному шліфуванні з поперечною подачею складові сили різання за величиною того ж самого порядку, що й при врізному. Найбільший вплив на силу різання вказує поперечна подача, визначаючи знімаємий припуск.

Для схеми з поперечною подачею ефективним засобом підвищення питомої продуктивності є застосування високошвидкісного шліфування з використанням кругів з поверхнево – активними наповнювачами. При впровадженні у виробництво глибинного шліфування з поперечною подачею досліджували розроблені конструкції та склад кругів на пульвербакелитовій зв'язці та з поверхнево – активними речовинами. Встановлено, що ефект від цих кругів тим більше, ніж більше глибина шліфування. Висока контактна температура глибинного шліфування сприяє більш повному використанню позитивних якостей поверхнево – активних речовин. При глибині шліфування $(1 \div 5) \cdot 10^{-3} \text{ м}$ з $S = (0.5 \div 2) \cdot 10^{-3} \text{ м}$ круги з наповнювачами забезпечують зниження Rz на 30 ÷ 35% та контактної температури на 20 ÷ 25% у порівнянні з кругами без наповнювачів. Зменшення тертя на відсутність адгезійного схоплення матеріалу у сукупності забезпечують поліпшення різальної властивості круга, зниження сил різання температури шліфування та підвищення відносної питомої продуктивності.

У результаті впровадження різних схем глибинного шліфування замість фрезерування деталей з жароміцних сплавів вдалося підвищити не тільки продуктивність, але й покращити якість поверхневого шару. При плоскому врізному та профільному врізному шліфуванні деталей зі сплавів типу ЖС6К кругами 24A10ВМ110К6, 24A10ПВМ214К5/П40-20 $Ra = 0.5 \div 0.7 \text{ мкм}$. При шліфуванні на верстатах фірми ELB – Schiiff точність профіля потребує примусової правки круга після обробки восьми деталей (загальна довжина 0,3м) з глибиною шліфування $1.5 \cdot 10^{-3} \text{ м}$. Критерієм затуплення круга служить допуск на радіальний розмір профілю деталі ($0.05 \cdot 10^{-3} \text{ м}$). Тому у раціональному діапазоні режимів шліфування шорсткість визначається в основному характеристикою круга.

Таблиця 7.1. – Показники точності та продуктивності процесу обробки профілю

Показники	Обробка	
	Фрезерування	Шліфування
Відхилення від площини та робочої поверхні профілю, мм.	0,01-0,015	0,003-0,004
Похибка по шагу та довжина зубів, мм.	0,015	0,008
Шорсткість, мкм.	2,5	0,63 ÷ 1,25
Продуктивність, $\text{мм}^3 / \text{хв}$.	1004	4002

Висновки. Глибинне шліфування завдяки інтенсивному зніманню дозволяє обробляти профілі глибиною в кілька міліметрів за прохід з високою точністю і

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КМР.131.24.1-17.07.НДР				

малою шорсткістю оброблених поверхонь. Результати впровадження глибокого шліфування показали, що верстати повинні мати електродвигуни шліфувальних шпинделів потужністю не менш 10кВт; великий діапазон малих швидкостей повздовжнього переміщення столу; досконалу систему подачі МОР у зону шліфування та очищення кругів, автоматичний цикл правки круга та систему компенсації зносу круга, тобто сучасні круглошліфувальні верстати з ЧПК.

Для різних схем глибокого шліфування можуть бути використані круги 24А25НСМ212К1/Псс40-20, 24А10ВМ110КБ, 24А10ВМ212К5/П40-15, 24А40ПСМ16К6, 24А40ПСМ27К5. Точність обробки на верстатах для глибокого шліфування забезпечується циклом правки інструментів. При незначному часі правки прецизійні алмазні ролики дозволяють отримувати геометричні параметри складного профілю деталей у границях $10^{-5} м$ з шорсткістю $Ra = 0.63 \div 1.25 мкм$. Глибина і ступінь наклепу значно менше, ніж при фрезеруванні. У усіх випадках ступінь наклепу склала $22 \div 27\%$ з глибиною залягання $(0,5 \div 1) \cdot 10^{-4} м$. У умовах шліфування з великими глибинами у поверхневих шарах деталі формуються стискаючі напруги першого роду, рівні $200 \div 600 МПа$.

					КНУ.КМР.131.24.1-17.07.НДР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

Кваліфікаційна робота проект представляє собою реальну розробку проекту з підвищення ефективності виробництва масляного насосу. Технологічна підготовка розпочалась конструкторським аналізом складального вузла насосу, що дозволило визначити метод складання – групової взаємозамінності. Таким чином буде забезпечена надійність та довговічність насосу.

У відсутності заводського технологічного процесу було повністю розроблена технологічна документація. Для досягнення поставленої мети була передбачена сучасна технологічна підготовка виробництва з використанням достатньо недорогих методів отримання заготовок і прогресивного обладнання з ЧПК. Цей вибір був розрахований в математичній програмі на економічну ефективність та строк окупності, це показало доцільність вибору.

Було проведено техніко – економічні обґрунтування вибору методів отримання заготовки для корпусу між литтям та зварюванням з заміною матеріалу та розраховані обидві заготовки. Підприємству можна запропонувати будь-яку, в залежності від виробничих можливостей. Розмірний розрахунок діаметральних та лінійних ланцюгів дозволив призначити точність міжопераційних припусків і допусків.

Обладнання на якому виготовляється корпус -з ЧПК. Керуюча програма на операцію 10 складена за допомогою CAD CAM програми Delcam Feature CAM.

Оснащення допомагає забезпечити точність виготовлення корпусу на верстаті.

Продуктивність роботи насосу гвинтового залежить від точності виготовлення гвинтів. Тому детальним аналізом методу глибинного шліфування, обладнання та різального інструменту, режимів різання, застосування МОТЗ було доведено, що заміна профільного фрезерування глибинним шліфуванням дозволила підвищити продуктивність обробки у 4 рази.

Проект реальний і може бути впроваджений у виробництво.

					КНУ.КМР.131.24.1-17.В			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
Розроб.		Хвдорожков			ВИСНОВКИ	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
Перевір.		Цивінда						
Н. Контр.		Нечаєв						
Зав. каф.		Рязанцев						
						Кафедра ТМ ПМ -23м		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- 1.С.Г. Бондаренко. Розмірні розрахунки механоскладального виробництва. – Київ, 1993.
2. http://www.splav-kharkov.com/mat_start.php?name_id=34
- 3.ДСТУ 8781:2018 Виливки зі сталі. Загальні технічні умови
4. ДСТУ 8981:2020 Відливки з металів і сплавів. Допуски розмірів, маси і припуски на механічну обробку.
- 5.ДСТУ EN ISO 9692-1:2014 (Зварювання та споріднені процеси. Рекомендації щодо підготування зварних з'єднань. Частина 1. Ручне дугове зварювання, зварювання в захисному газі, газове зварювання, TIG - зварювання та променеве зварювання сталей (EN ISO 9692-1:2013, IDT))
- 6.ДСТУ 2232-93 Базування та бази в машинобудування. Терміни та визначення
7. ДСТУ 2249:2021 Обробляння різанням. Терміни, визначення понять та позначки
- 8.Технологія обробки типових деталей (курсове проектування) Григурко О.І, Брендюля МФ., Доценко С.М, Навчальний посібник. Львів., Новий світ-2008, 576 с.
- 9.Кіяновський М.В., Цивінда Н.І., Цівко Ф.В. Довідник нормувальника машинобудівного виробництва. – Кривий Ріг: Видавничий центр КТУ, 2008.
- 10.Методичні вказівки з курсу “Інноваційні технології в машинобудуванні” до практичної роботи “Техніко-економічне обґрунтування собівартості обробки при впровадженні верстатів з числовим програмним керуванням та РТК на базі ЧПК”, для здобувачів спеціальності 131 Прикладна механіка ОПП Технології машинобудування, денної та заочної форми навчання /Цивінда Н.І. - Кривий Ріг: КНУ, 2019.
- 11.Новіков Федір Васильович № 114154 «Спосіб глибинного шліфування циліндричної деталі»
12. В.І. Полянський Взаємозв'язок параметрів теплового процесу при глибинному шліфуванні з якістю обробки .Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія28: Технології в машинобудуванні, № 19 (1344) 2019.с.28-33

					КНУ.КМР.131.24.1-17.СВД					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ					
Розроб.		Худорожков						Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Цивінда								
Н. Контр.		Нечаєв						Кафедра ТМ ПМ -23м		
Зав. каф.		Рязанцев								

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

**АЛЬБОМ КРЕСЛЕНЬ ТА ІНФОРМАЦІЙНО-ЗАСВІДЧУЮЧИХ
АРКУШІВ**

до кваліфікаційної магістерської роботи
зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

на тему: Підвищення продуктивності процесу технологічної підготовки
виробництва гвинтових насосів МВН1-01 за рахунок використання
CAD/CAM технологій при виготовленні деталей «Корпус».

Виконав магістрант гр. ПМ-23м

(підпис)

Худорожков П.Р.

Керівник КМР

(підпис)

Цивінда Н.І.

Нормоконтроль

(підпис)

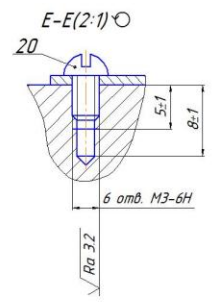
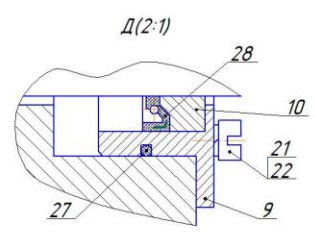
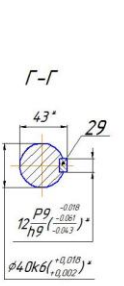
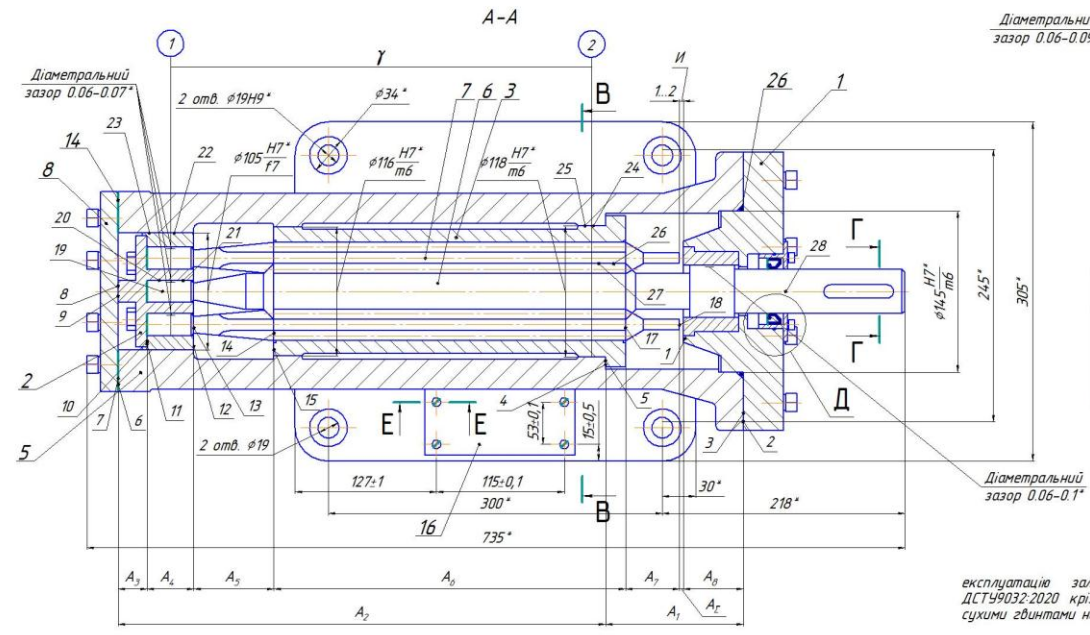
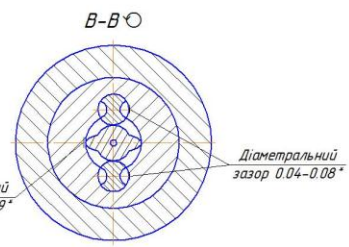
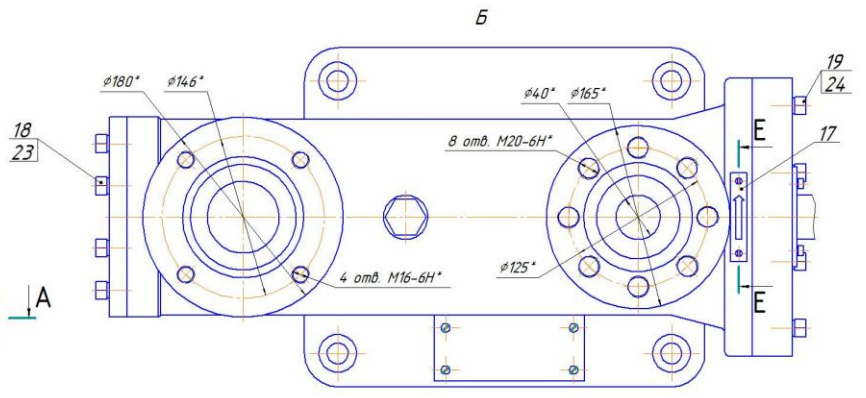
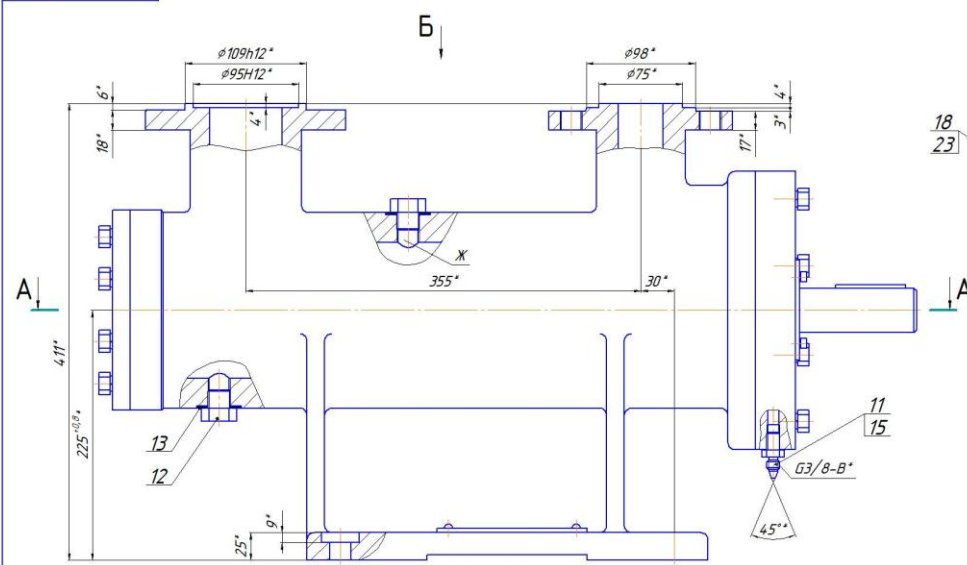
Нечаєв В.П.

Завідувач кафедри

(підпис)

Рязанцев А.О.

Кривий Ріг
2024 р.

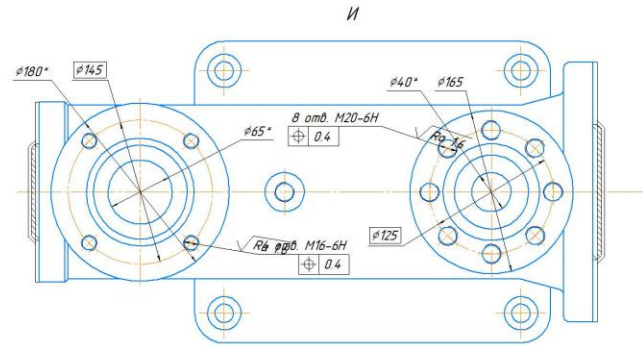
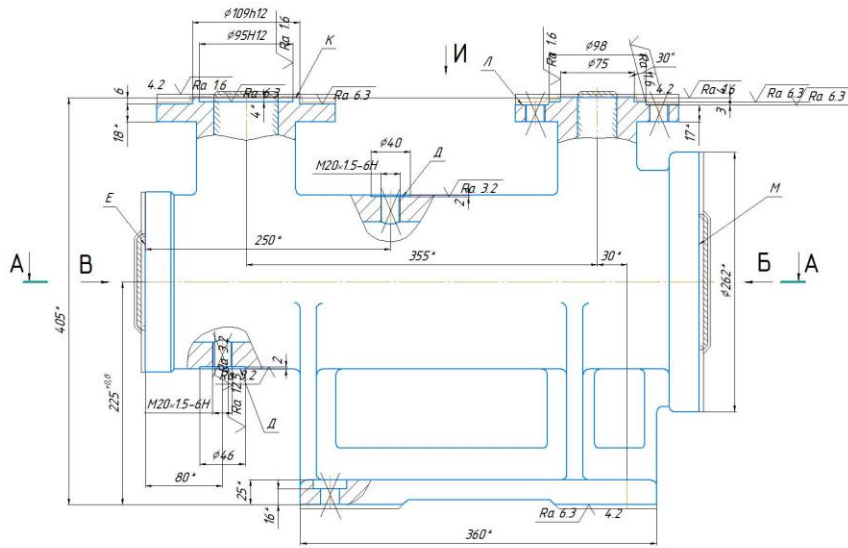


- 1 *Размеры для доводок
- 2. Остаточный зазор перед запуском и

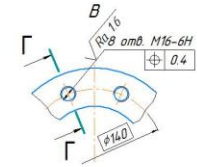
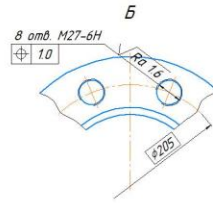
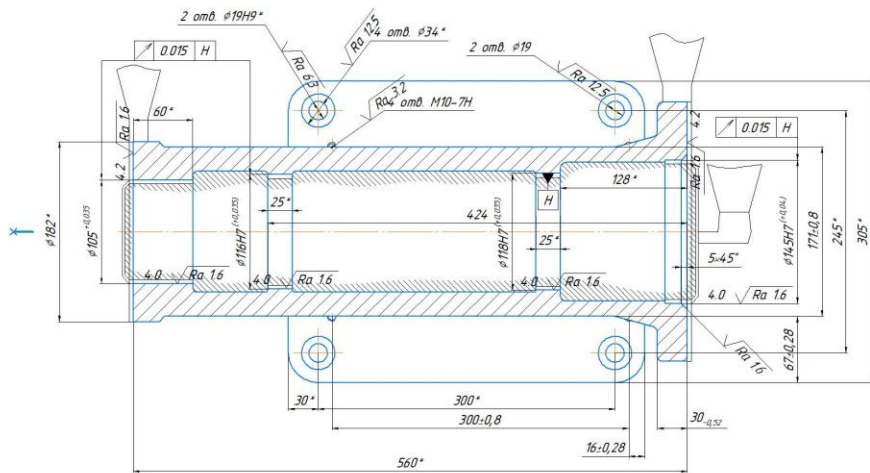
експлуатацию залили маслом турбинным Тп-22
 ДСТУ9032:2020 крізь отвір Ж. Експлуатація насосу з
 сухими гвинтами не дозволяється.

КНУ.КМР.13124.1-17.КАСВ			
Лист	Маса	Масштаб	
Конструкторський аналіз			12
Конструкторський аналіз		Лист	
Кафедра ТМ		Формат А1	

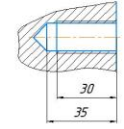
КНУКМР 13124-1-17КВ



A-A



Г-Г(1:1) O



1. Матеріал - Сталь 35ХМ ДСТУ 7806:2015* уточнити аналізом.
2. *Розміри і технічні вимоги для довідок.
3. Невказані гран. відхил. розмірів Н14; н14; $\pm \frac{t}{2}$
4. Торцеве виття пов. Д відносно середнього діаметру різьби не більше 0,05мм.

КНУКМР 13124-1-17КВ					
№	Деталь	М. розробки	Дата	№	Висновок
	Карпус (відливка)			84	11
Сталь 35ХМ ДСТУ 7806:2015					
Каретка ТМ 20ТН-24м					
Формат А1					

Шліфування	Матеріал деталі	V_s , м/с	V_k , м/с	$l \cdot 10^3$, м	s	Характеристика круга	Верстат
Врізне плоске одностороннє по всьому профілю	ХН73М5Ю	30	$0,83 \cdot 10^{-3}$	5	-	24А10НВМ210К5	36722
Профільне двистороннє плоске за два проходи	ЖС6К	35	$(0,83 \cdot 166) \cdot 10^{-3}$	15	-	24А10ПВМ-ВМ210К5	SS-073
Плоске на проході с поперечною подбачею	ЗМ657	35	0,3	1	$0,8 \cdot 10^{-3}$ м/об. х	24А40НСМ17К5	36722
Кругле зовнішнє профільне	35ХМ1	30	0,028	0,15	-	24А25СМ26К5	36151
Плоске торцових поверхонь двіма кругами з поперечною подбачею	ХН77ЮР	28	0,25	2	$0,7 \cdot 10^{-3}$ м/об. х	24А40ПСМ17К5	36722
Плоске шліфівне двухпроходнє	ЖС6К	55-60	0,33-0,4	5	$0,6 \cdot 10^{-3}$ м/об. х	24А40-50СТ6П6	36722
Плоске врізне	ЖС6К	25-30	1,16	12	-	24А10НВМ-ВМ210К5/ПСС25-10	36722
Внутрішнє алмазне	ГПМ-74МВ	32	0,37	0,4-0,6	Продольна $0,00083$ м/с	АС4125/100М04-100% АПБ504 П04 30	36151

Схема глибокого плоского шліфування торцових поверхонь деталі методом поперечної подбачі

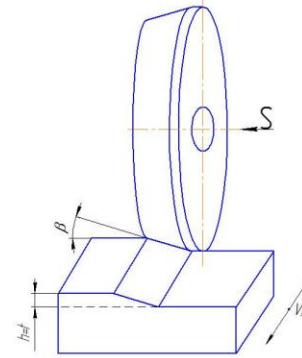


Схема круглого глибокого шліфування

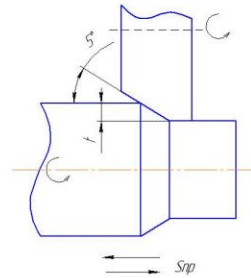


Схема алмазного глибокого шліфування

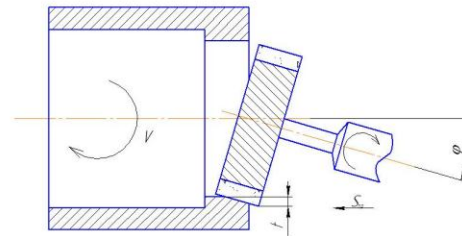
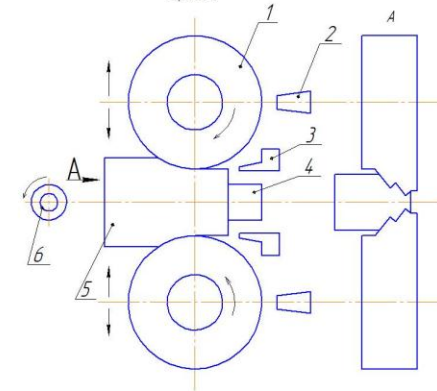
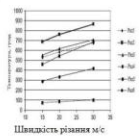
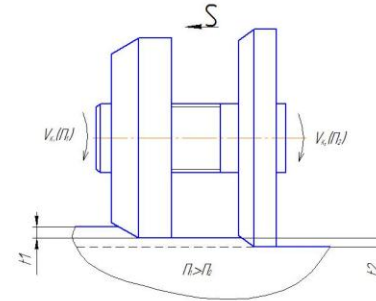


Схема глибокого шліфування на двохшліфувальному верстаті



1- Шліфувальний круг, 2- сопло подачі СОЖ для шліфування кругів; 3- сопло для подачі СОЖ у робочу зону; 4- напрямник для СОЖ; 5- деталь; 6- алмазний ролик

Схема площинного сумісного шліфування



Швидкість різання м/с

Рисунок 7.1-Вплив швидкості різання на температуру при шліфуванні

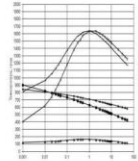


Рисунок 7.2-Залежність температури від глибини різання при глибокому шліфуванні

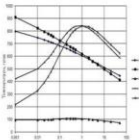


Рисунок 7.3-Залежність температури від глибини різання при глибокому шліфуванні з МОТЗ

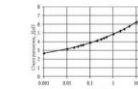


Рисунок 7.4- Залежність сили різання від глибини різання при глибокому шліфуванні з МОТЗ

Таблиця 7.1.- Показники точності та продуктивності процесу обробки профілю

Показники	Обробка	
	Фрезерування	Шліфування
Відхилення від площини та робочої поверхні профілю, мм	0,01-0,015	0,003-0,004
Похилка по шпагу та довжина зубів, мм	0,015	0,008
Шорсткість, мкм	2,5	0,63-1,25
Продуктивність, мм ³ / хв	1004	4002

КНУКМР.131.24.1-17.НДЧ			
Лист	№ документа	Листів	Масштаб
1		1	1:1
Науково-дослідницька частина			
Катедра ТМ		ар. ПМ-2-3м	
Формат А1			