

Міністерство освіти і науки України
Центральноукраїнський національний технічний університет
Кафедра «Машинобудування, мехатроніки і робототехніки»

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи
на здобуття освітнього ступеня «Магістр»
за спеціальністю 131 «Прикладна механіка»

на тему: «Проект цеху по випуску насоса-дозатора НДВЗ 25-01 з розробкою технології виготовлення деталі статор НДВЗ 25-01-03 та дослідженням конструкцій, способів та інструментів для виготовлення робочої поверхні статора»

«The project of the shop for the production of dosing pump NDVZ 25-01 with the development of technology for manufacturing stator NDVZ 25-01-03 and the study of structures, methods and tools for manufacture of the working surface of the stator»

Виконав: здобувач 2 М курсу, групи ТМ-20М
за спеціальністю
131 «Прикладна механіка »
(шифр і назва спеціальності)

Шмаков С.Ю.

(прізвище та ініціали)

Керівник доцент к.т.н., Скібінський О.І.

(прізвище та ініціали)

Рецензент зав. каф. ОМТтаСТ Шмельов В.М.

(прізвище та ініціали)

Зав. Кафедрою доцент., к.т.н. Гречка А.І.

(прізвище та ініціали)

Вступ.

Промислове виробництво все швидше змінюється і модернізується. Нові технології з кожним роком стають більш автоматизованими поступово витісняючи робітників із виробничого процесу, тому основною цінністю у виробництві є не праця людини, а продуктивність машин.

Виробники обладнання й інструменту змагаються між собою, щоб досягти найбільшої продуктивності та найменшого часу обробки, для цього вони застосовують всі можливі засоби, включаючи автоматизоване обчислення, числове програмне управління, роботизовані системи, сучасні сплави та матеріали.

Зміст даної роботи полягає в аналізі можливостей сучасних виробничих систем, передових верстатів з числовим програмним управлінням, для максимального підвищення продуктивності виробництва. На основі технологічного процесу виробництва деталі «статор» буде показано як сучасні технології скорочують час обробки та витрати на виробництво.

					<i>КР.ІМ.21.11.08.00.00.ІІЗ</i>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Центральноукраїнський національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

Структурний підрозділ Механіко технологічний фікультет

Кафедра «Машинобудування, мехатроніки і робототехніки»

Освітній рівень магістр

Напрямок 131 «Прикладна механіка»

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

“ ” 20 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Шмакова Сергія Юрійовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Проект цеху по випуску насоса-дозатора НДВЗ 25-01 з розробкою технології виготовлення деталі статор НДВЗ 25-01-03 та дослідженням конструкцій, способів та інструментів для виготовлення робочої поверхні статора

керівник роботи: Скібінський Олександр Іванович, канд. техн. наук, доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від “ ” 20 року №

2. Строк подання роботи

3. Вихідні дані до роботи

3.1. Креслення деталі статор

3.2. Технічні вимоги на виготовлення деталей

3.3. Річна програма випуску: статор НДВЗ 25-01-03 - 10000 шт.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Загальна частина

2. Технологічна частина

3. Конструкторська частина

4. Дослідна частина

5. Організаційна частина

6. Економічна частина

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Статор (Поковка) 1 арк. ф.А2; Пристрій затискний 1 арк. ф.А1; Пристрій контрольний 1 арк. ф.А2; Компоновка цеху 1 арк. ф.А2; План ділянки 1 арк. ф.А2; Дослідна частина 2 арк. ф.А1; Інструмент ріжучий 1 арк. ф.А2; Схема механічної обробки 2 арк. ф.А1, 1 арк. ф.А2; Всього: 8 аркушів ф.А1;

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Економічна частина	к.е.н., доц. Журило І.В.		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Загальна частина	15.10.2021	
2	Технологічна частина	25.10.2021	
3	Конструкторська частина	10.11.2021	
4	Дослідна частина	25.11.2021	
5	Організаційна частина	30.11.2021	
6	Економічна частина	10.12.2021	
7	Розробка креслень	10.11.2021	
8	Розробка специфікацій	25.11.2021	
9	Розробка комплексу технологічної документації	10.12.2021	

Здобувач

(підпис)

Шмаков С.Ю.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Скібінський О.І.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

на кваліфікаційну роботу здобувача вищої освіти гр. ТМ-20М

Механіко технологічного факультету

Шмакова Сергія Юрійовича

Випускна кваліфікаційна робота на тему: «Проект цеху по випуску насоса-дозатора НДВЗ 25-01 з розробкою технології виготовлення деталі статор НДВЗ 25-01-03 та дослідженням конструкцій, способів та інструментів для виготовлення робочої поверхні статора» містить ____ сторінок, 8 аркушів графічних креслень.

У кваліфікаційній роботі проведено аналіз точності та технологічності деталей, розроблено структуру технологічних операцій механічної обробки деталей. Всі прийняті в роботі технічні та технологічні рішення підтверджуються необхідними розрахунками, проведено розрахунки припусків, режимів різання, технічно-обґрунтованих норм часу.

Розроблено і розраховано затискний пристрій, контрольний пристрій.

В дослідній частині з метою підвищення продуктивності, точності та якості обробки внутрішньої цівкової поверхні. Розроблено метод розробки довбачів для обробки внутрішньої цівкової поверхні автоматичними обчислювальними засобами. Розглянуто конструкції довбача з різною кількістю зубців для обробки внутрішньої цівкової поверхні. Розроблено чотиризубий довбач та технологію його виготовлення. Розглянуто методику виготовлення інструменту.

Виконані організаційні та економічні розрахунки, запропоновані заходи з охорони праці.

Зміст

Вступ.....	
1. Загальна частина.....	
1.1. Характеристика вузла та деталі, обраних для проектування технологічного процесу.....	
1.1.1. Характеристика деталі.....	
1.2. Вибір режимі роботи та організації виробництва.....	
1.3. Характеристика виробничої програми.....	
1.4. Визначення типу виробництва.....	
2. Технологічна частина.....	
2.1. Аналіз точності та технологічності деталі.....	
2.2. Аналіз діючого технологічного процесу.....	
2.3. Вибір заготовок та способу їх виготовлення.....	
2.4. Вибір методів обробки поверхонь.....	
2.5. Розробка маршрутів виготовлення деталі.....	
2.6. Вибір технологічних баз.....	
2.7. Розробка структури та змісту технологічних операцій, вибір металорізальних верстатів для їх здійснення.....	
2.8. Вибір затискних пристроїв.....	
2.9. Вибір ріжучого інструменту.....	
2.10. Вибір вимірювальних пристроїв та інструментів.....	
2.11. Визначення припусків та операційних розмірів деталей.....	
2.12. Визначення режимів різання.....	
2.13. Технічне нормування операцій.....	
3. Конструкторська частина.....	
3.1. Розрахунок та розробка конструкції затискного пристрою.....	
3.1.1. Опис конструкції та роботи пристрою.....	

					<i>КР.ПМ.21.11.08.00.00.ПЗ</i>			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Шмаков С. Ю.						
Провер.		Скібінський О.						
Н. Контр.								
Утв.								
						Лит.	Лист	Листов
						<i>ЦНТУ гр. ТМ-20М</i>		

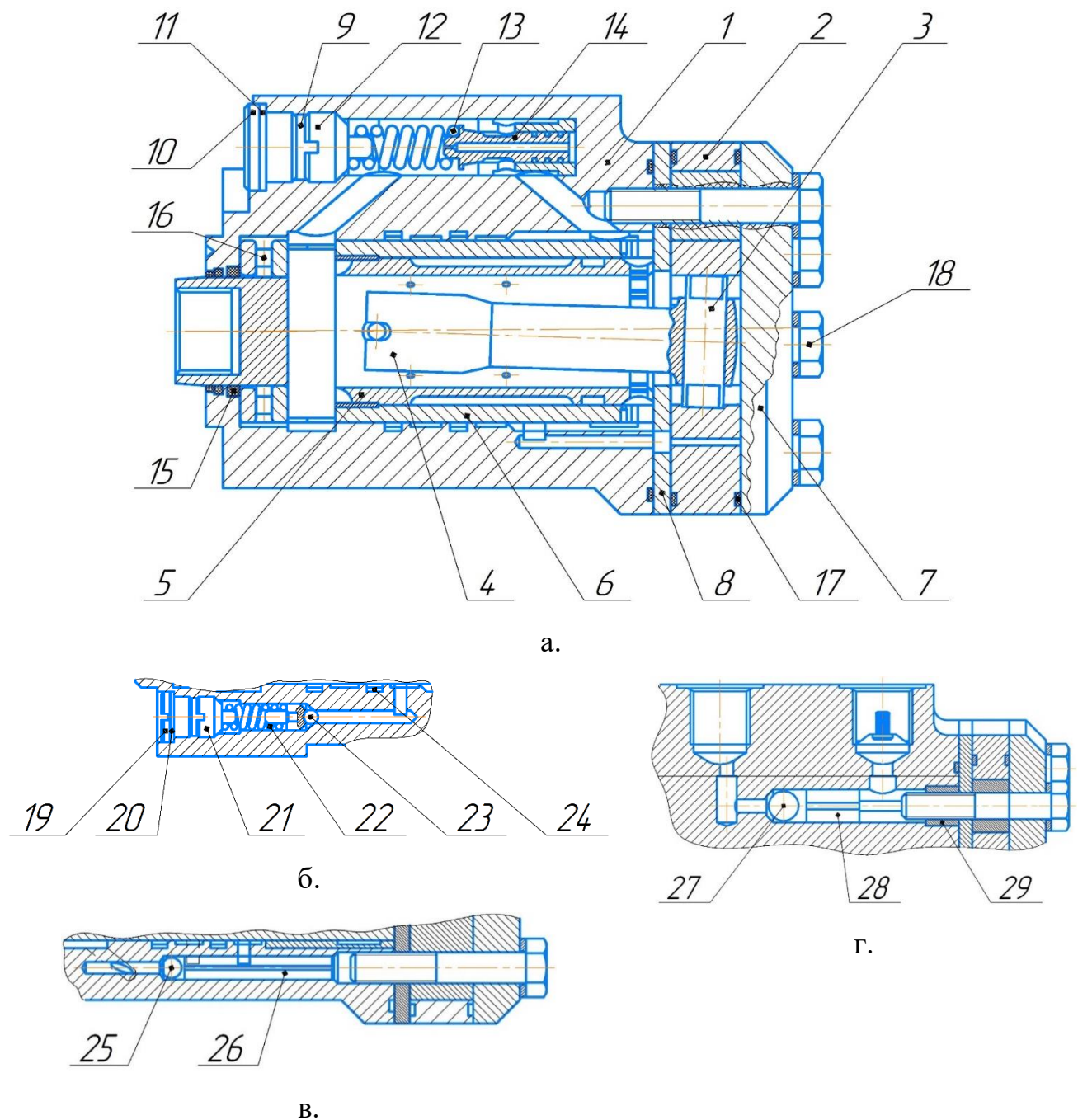
3.1.2.	Розробка схеми базування деталі та розрахунок пристрою на точність...
3.1.3.	Розрахунок сили затиску деталі.....
3.1.4.	Вибір силового приводу та його розрахунок.....
3.1.5.	Розрахунок пристрою на міцність.....
3.1.6.	Розробка креслення загального виду затискного пристрою.....
3.2.	Розрахунок та розробка конструкції контрольно-вимірювального пристрою.....
3.2.1.	Опис конструкції та роботи пристрою.....
3.2.2.	Вибір вузлів та елементів пристрою.....
3.2.3.	Визначення похибок вимірювання і перевірка умови працездатності пристрою.....
4.	Дослідна частина.....
4.1.	Історія виникнення та області застосування героторних передач (епіциклоїдальних, гіпоциклоїдальних, циклоїдальних, цівкових зачеплень)
4.2.	Аналіз способів виготовлення робочих профілів деталей героторних передач.....
4.3.	Мета роботи та задачі дослідження.....
4.4.	Графоаналітичний синтез героторної передачі.....
4.5.	Дослідження робочого профілю дискового довбача для обробки робочого профілю статора героторної передачі.....
4.6.	Сутність пропонуємого способу довбання цівок статора героторної передачі.....
4.7.	Методика проектування інструменту.....
4.8.	Технологія виготовлення інструменту.....
4.9.	Висновки.
5.	Організаційна частина.....
5.1.	Розробка системи планово-попереджувального ремонту.....
5.2.	Визначення площин виробничих ділянок цеха.....

5.2.1.	Розрахунок кількості устаткування, площ і працюючих контрольного відділення.....
5.2.2.	Цеховий склад заготовок.....
5.2.3.	Міжопераційний склад напівфабрикатів.....
5.2.4.	Склад готових деталей.....
5.2.5.	Інструментально - роздаточний склад.....
5.2.6.	Відділення для приготування і роздачі ЗОР.....
5.2.7.	Склад мастильних матеріалів.....
5.2.8.	Відділення для переробки стружки.....
5.3.	Вибір допоміжних відділень цеху та визначення їх площі.....
5.4.	Визначення загальної площі та розмірів цеху.....
5.4.1.	Визначення площі механічної дільниці.....
5.4.2.	Визначення загальної площі механічного цеху.....
5.5.	Розробка планування дільниць механічної обробки. Розробка загального плану цеху.....
5.6.	Організація внутріцехового транспорту.....
5.7.	Організація інструментального господарства.....
5.8.	Організація технічного контролю.....
6.	Економічна частина.....
6.1.	Розрахунок потрібної кількості обладнання та коефіцієнту його завантаження.....
6.2.	Розрахунок календарно-планових нормативів.....
6.3.	Визначення кількості основних робітників в цеху.....
6.4.	Аналіз варіантів технологічного процесу.....
6.5.	Розрахунок планової цехової собівартості деталі.....
6.6.	Планування підсумкових техніко-економічних показників.....
	Висновок.....
	Література.....
	—

1. Загальна частина

1.1. Характеристика вузла та деталі, обраних для проектування технологічного процесу.

Насос-дозатор (Рис 1.1) виконує функцію отримання обертового моменту керма та його підсилення шляхом подачі робочої рідини під тиском до гідроциліндра, який діє на механізм повороту керуючих коліс під час руху транспорту. Насос подає точні дози робочої рідини до виконавчого циліндра, що збільшує зусилля, яке приводить в дію механізм повороту керуючих коліс.



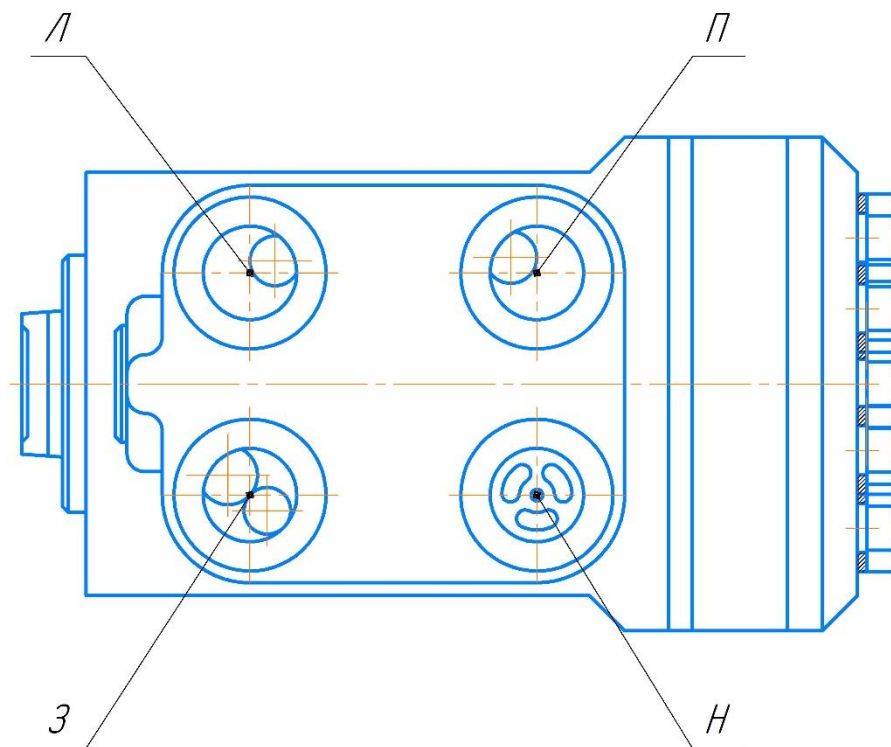


Рис. 1.1 а – насос-дозатор; б – клапан противоударний;
в – клапан антикавітаційний; г – клапан зворотній;
д. – схема магістралей насоса-дозатора:

1 – корпус насоса-дозатора; 2 – статор дозуючого вузла; 3 – ротор дозуючого вузла; 4 – вал карданний; 5 – золотник внутрішній; 6 – золотник зовнішній; 7 – кришка; 8 – диск розподільний; 9 – клапан запобіжний; 10 – пробка; 11 – шайба; 12 – опора; 13 – пружина; 14 – плунжер клапана; 15 – ущільнення золотника; 16 – підшипник упорний; 17 – кільце ущільнююче; 18 – болт; 19 – пробка; 20 – шайба; 21 – опора пружини; 22 – пружина; 23 – пробка; 24 – кулька; 24 – кільце; 25 – кулька; 26 – упор; 27 – кулька; 28 – упор; 29 – гайка; Л – ліва магістраль; П – права магістраль; З – магістраль зливу; Н – магістраль нагнітання (напірна магістраль).

Конструкція насоса-дозатора (Рис. 1.1 а) складається з корпусу 1 в якому розміщені основні вузли – статор 2 і ротор 3 які утворюють героторну пару епіциклоїдального зачеплення. Статор 2 дозуючого вузла з'єднаний з розподільним диском 8 та кришкою 7, з використанням ущільнення 15 і

					КР.ПМ.21.11.08.00.00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

зафіксований на корпусі 1 за допомогою болтів 18. Ротор 3 закріплений на карданному валі 4, який в свою чергу з'єднаний з внутрішнім золотником 5, що рухається навколо своєї осі за допомогою упорного підшипника 16 зафіксованого в корпусі (1). Зовнішній золотник (6) закріплений в корпусі (1) відповідно до канавок на внутрішній поверхні корпусу (1).

Також в конструкції насосу-дозатора передбачено ряд клапанів розміщених в отворах корпусу. Запобіжний клапан 9 складається з пробки 10, шайби 11, опори 12, пружини 13, плунжера клапана 14, які розташовані у відповідному отворі в корпусі. Зворотній клапан (Рис. 1.1 г) складається з кульки 27, упора 28 і гайки 29, які розташовані у відповідному отворі в корпусі. Противоударний клапан складається з пробки 19, шайби 20, опори 21, пружини 22, пружина 23, пробка 24, кулька кільце 25. які розташовані у відповідному отворі в корпусі. Антикавітаційний клапан складається з упора 25 та кульки 26, які розташовані у відповідному отворі корпусу.

					<i>КР.ПМ.21.11.08.00.00.ПЗ</i>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Під час повороту керма 2, золотник внутрішній повертається навколо осі на встановлений кут відносно зовнішнього золотника і з'єднує канали напірної магістралі (Н) з каналами лівої(Л) або правої(П) магістралі, відповідно до напрямку повороту руля. Гідронасос живлення 7 засмоктує робочу рідину з баку 8. Через канали магістралей рідина поступає до напірних камер. Внутрішній золотник 5 обертається разом з карданним валом на який закріплений ротор. Зубці ротора проходять по виступам і впадинам на статорі витискаючи точні дози рідини з напірної камери до гідроциліндру 3, якій рухає керуємі колеса 4. Кількість рідини в дозі залежить від кута повороту руля.

В конструкції насосу передбачено розміщення клапанів для регулювання роботи насосу. Клапан противоударний (Рис 1.1 б) призначений для контролю тиску під час ударного навантаження на насос-дозатор. Запобіжний клапан призначений для регулювання тиску робочої рідини насосу, який не повинен перевищувати 175-195 кгс/см. Клапан зворотній (Рис. 1.1 г) призначений для регулювання потоку рідини напорної магістралі та запобігання перетікання рідини в зворотньому напрямі. Антикавітаційний клапан (Рис. 1.1в) призначений для запобігання утворення кавітації та вакууму в робочій рідині.

					КР.ПМ.21.11.08.00.00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

1.1.1. Характеристика деталі.

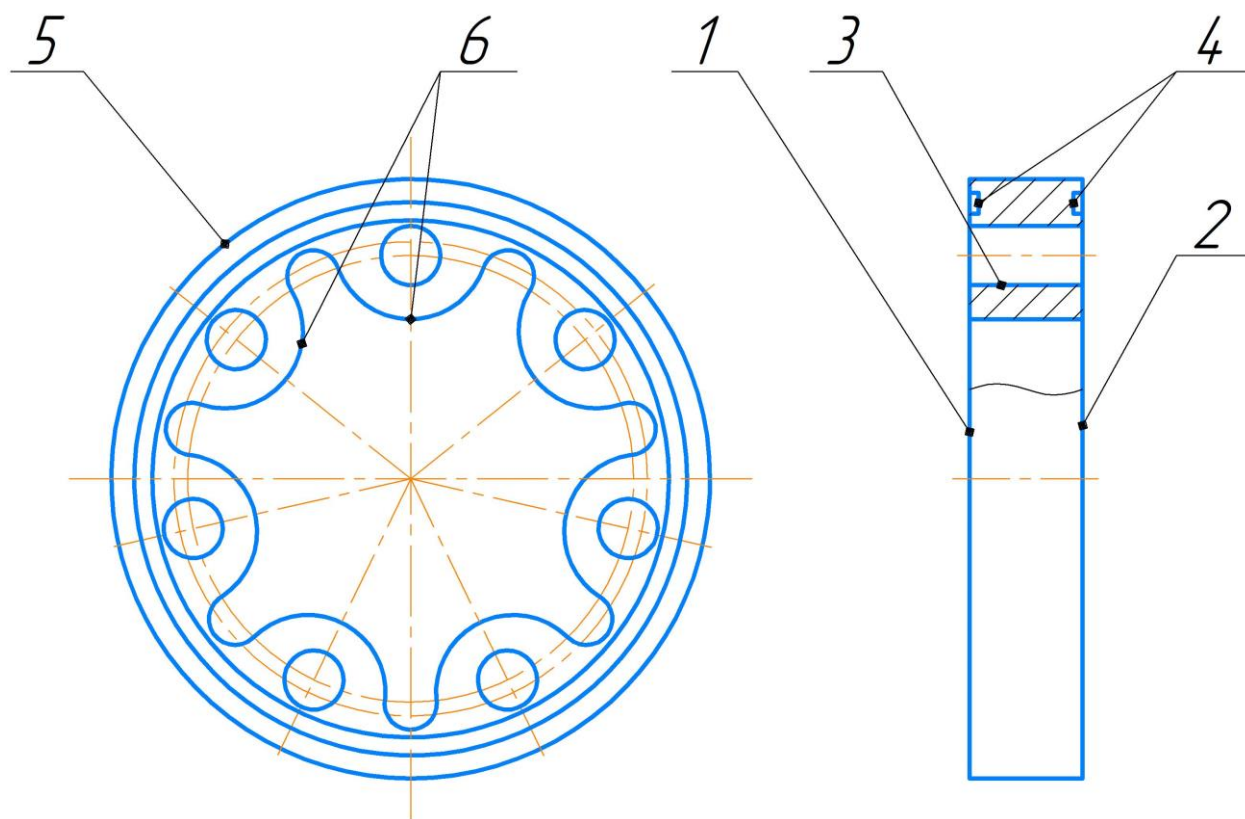


Рис. 1.3 Спрощений ескіз деталі:

1,2 – торцева; 3 – отвір; 4 – канавка; 5 – зовнішня циліндрична поверхня;
6 – внутрішнє цівкове зачеплення.

Торець 1, 2 має допуск площинності поверхні 0,003 мм, допуск паралельності 0,005 мм і допуск перпендикулярності 0,005 мм відносно зовнішньої циліндричної поверхні шорсткість R_a 0,63, що відповідно стандартам необхідно для забезпечення герметичності корпусу.

Отвір 3 має позиційний допуск 0,2 мм, що допустимо для функціонування деталі.

Канавка 4 не має особливих вимог до точності та шорсткість R_a 1,6, що достатньо для розміщення ущільнюючих кілець герметизації насосу.

Внутрішнє цівковий профіль 6 мають допуск паралельності 0,005 мм відносно зовнішньої циліндричної поверхні і допуск перпендикулярності

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

КР.ПМ.21.11.08.00.00.ПЗ

Лист

0,005 мм відносно торця, також цівка має допуск форми профілю 0,02 мм з шорсткістю 2,0, відповідно стандартам точності.

Зовнішня циліндрична поверхня має допуск на циліндричність 0,003 мм та шорсткість 0,63, що відповідає стандартам точності.

Функціональною поверхнею є внутрішній цівковий профіль який входить в зачеплення з поверхнею деталі ротор.

Основними поверхня в деталі статор є два отвори які мають підвищену точність для точного базування деталі в у виробі та затискних пристроях, торці які контактують з іншими деталями.

Допоміжні поверхнями є цівковий профіль, так як він контактує з ротором, та канавка, оскільки в ній розміщується ущільнююче кільце. Зовнішня поверхня не контактує з іншими деталями, тому вона вільна.

Також деталь статор має такі додаткові умови: твердість деталі 28...32 HRC; гострі кромки по робочому профілю скруглити R0.05-0.1 мм; деталі розбити на групи Л, М, Н (табл. 1.1) по розмірам, коливання розмірів в межах однієї деталі 0,01 мм; кожна деталь маркується неударним методом, відповідної групи, щоб не деформувати чи не пошкодити деталь; комплектувати з деталлю "Ротор" кресл. 721365.301 відповідної групи.

Спосіб простановки розмірів комбінований.

Таблиця 1.1

Таблиця розмірів груп деталей

Розміри	Номера груп деталей	
	1	2
	Діапазони вимірювання розмірів(більше-до)	
Л	44,05...44,075	44,075...44,10
М	11,13...11,12	11,12...11,1
Н	20,11...20,09	20,09...20,07

1.2 Вибір режимі роботи та організації виробництва.

Для встановлення форми організації виробництва необхідно провести ряд розрахунків. В першу чергу необхідно встановити дійсний фонд робочого часу враховуючи втрати часу.

Оскільки річна програма виробництва – 10000 шт. то можливо обчислити оптимальний режим роботи цеху.

Річна кількість робочих днів становить – 250 днів. Кількість робочих годин відповідно до графіку роботи в дві зміни становить – 4000 годин.

Для визначення кількості верстатів необхідних для виконання кожної операції потрібно визначити дійсний річний робочий фонд часу з розрахунку на одну зміну.

Дійсний річний фонд часу роботи одного робочого місця F_A визначається по формулі:

$$F_A = D_p \cdot T_{зм} \left(1 - \frac{b}{100}\right)$$

де $D_p = 250$ – кількість робочих днів в році, днів;

$T_{зм} = 8$ – тривалість зміни, годин;

$b = 10 - 12\%$ – відсоток втрат часу із поважних причин.

$$F_A = 250 \cdot 8 \left(1 - \frac{10}{100}\right) = 1800 \text{ год.}$$

1800– річний фонд часу з розрахунку на одну зміну, годин.

Результат заносимо в таблицю 1.2.

					КР.ПМ.21.11.08.00.00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.2

Дійсний робочий фонд часу

Елементи виробництва	Кількість робочих змін	Коефіцієнт простою обладнання в ремонті, %	Тривалість відпустки, днів	Дійсний фонд часу, F_d , год
Робочі місця з обладнанням різних категорій	2	6	-	3600
Робочі місця без обладнання	2	6	-	3600
Робітники	1	3	28	1800

1.3. Характеристика виробничої програми.

Обладнання на механічній ділянці розташоване в порядку виконання операцій технологічного процесу, тому під час виробництва деталі переміщуються з одного робочого місця на інше майже без втрати часу.

Найбільш популярні форми спеціалізації: предметна, подетальна і технологічна. Оскільки підприємство має декілька цехів де одночасно виконується велика кількість виробничих процесів з послідовним збиранням готових виробів з деталей виготовлених на даному підприємстві, тому технологічна спеціалізація даного підприємства подетальна.

Протягом виробничого процесу деталі переміщуються між робочими місцями за допомогою візка. Характеристика програми виробництва наведена в таблиці 1.3.

					КР.ПМ.21.11.08.00.00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Характеристика програми виробництва

Назва деталі	Маса однієї деталі, кг.	Річна програма випуску	
		Кількість, шт.	Маса, т.
Статор	0,429	10000	42,9

1.4. Визначення типу виробництва.

Для визначення типу виробництва в першу чергу необхідно розрахувати кількість верстатів необхідних для виконання річної програми виробництва. Оскільки коефіцієнт завантаження обладнання невідомий, приймаємо $\eta = 0,75$, похибка вийде незначною.

$$m_p = \frac{NT_{шт}}{60F_A\eta}$$

$N = 10000$ – річна програма виробництва, шт.;

$T_{шт} = 0,793$ – штучний калькуляційний час, хв.;

$F_A = 3600$ – дійсний річний фонд часу, годин.;

$\eta = 0,75$ – коефіцієнт завантаження обладнання.

Результати заносимо в таблицю 1.3.

Розраховуємо коефіцієнт завантаження для кожного робочого місця.

$$\eta_{к.з.} = \frac{m_p}{P}$$

m_p – коефіцієнт кількості верстатів;

P – число робочих місць.

Результати заносимо в таблицю 1.3.

Визначаємо кількість операцій базового технологічного процесу, які можуть виконуватись на одному робочому місці.

$$O = \frac{\eta_{к.з.}}{\eta_{к.н.}}$$

$\eta_{к.з.}$ – фактичний коефіцієнт завантаження обладнання;

$\eta_{к.н.}$ – нормативний коефіцієнт завантаження обладнання.

Результати заносимо в таблицю 1.3.

					КР.ПМ.21.11.08.00.00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.3

Характеристика завантаження обладнання

№ Операції	Назва операції	Кількість верстатів. m_p	Коефіцієнт завантаження, $\eta_{к.з.}$	Кількість операцій на одному робочому місці, О.
1	Токарна з ЧПУ	1	0,048	16
2	Токарна з ЧПУ	1	0,038	2
3	Свердлильна	1	0,047	16
4	Свердлильна	1	0,048	16
5	Свердлильна	1	0,012	63
6	Свердлильна	1	0,016	47
7	Зубодовбальна	1	0,087	8
8	Зубодовбальна	2	0,55	8
9	Плоскошліфувальна	1	0,058	13
10	Плоскошліфувальна	1	0,058	13
11	Круглошліфувальна	1	0,13	6
12	Координатношліфувальна	2	0,775	1

Виходячи з попередніх розрахунків можливо розрахувати коефіцієнт закріплення операції, використовуючи табл. 1.3:

$$K = \frac{\sum O}{\sum P}$$

$\sum O$ – число операцій базового технологічного процесу;

$\sum P$ – число робочих місць для виконання операцій базового технологічного процесу.

$$K = \frac{16 + 2 + 16 + 16 + 63 + 47 + 8 + 8 + 13 + 13 + 6 + 1}{1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 2 + 1 + 1 + 1 + 2} = 14,9$$

					КР.ПМ.21.11.08.00.00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Згідно ГОСТ 14.004 -74 коефіцієнти закріплення операцій приймаються наступним чином:

$0,1 \leq K \leq 1$ – для масового виробництва.

$1 \leq K \leq 10$ – для крупносерійного виробництва.

$10 \leq K \leq 20$ – для серійного виробництва.

Оскільки коефіцієнт закріплення операцій $K = 14,9$.

Виробництво буде серійним.

Серійний тип виробництва передбачає використання верстатів з ЧПУ для швидкого переобладнання під випуск нових або вдосконалених виробів, а також виготовлення широкої номенклатури однорідних виробів протягом тривалого часу.

					<i>КР.ПМ.21.11.08.00.00.ПЗ</i>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Технологічна частина

2.1. Аналіз точності та технологічності деталі.

Оскільки насос-дозатор працює під високим тиском рідини, то його деталі повинні витримувати високі навантаження, тому деталь статор повинна мати підвищені вимоги до твердості та зносостійкості, для запобігання передчасного зношення та поломки деталі. Сталь ШХ15 ГОСТ 801-78 відповідає стандартам твердості і зносостійкості. Статор не має поверхонь зі складним доступом інструменту, тому немає необхідності змінювати конструкцію деталі. Внутрішня цівкова поверхня має складний профіль тому вимагає використання спеціалізованого інструменту.

Згідно з базовим технологічним процесом, зубодовбальна та координатношліфувальна операції потребують великої кількості часу для їх виконання, порівняно з іншими операціями. Тому необхідно скоротити час виконання операцій шляхом застосування більш продуктивного методу обробки.

Деталь статор НДВЗ 25-01-03 (рис. 2.1) відноситься до класу диску, тому зовнішня циліндрична поверхня і торці легко оброблюються стандартним ріжучим інструментом. Отвори для базування та закріплення деталі скрізні, тому можна використовувати стандартні свердла і зенкери. Для нарізання канавок можна використовувати стандартний ріжучий інструмент. Внутрішня цівкова поверхня має нестандартний профіль, тому для її утворення доцільніше проектувати та використовувати спеціальний лезовий та абразивний інструменти.

Для виконання першої операції чорновими базами обираються торець та внутрішня циліндрична поверхня. В подальшому, в якості чистових баз необхідно використовувати перший оброблений торець та зовнішню циліндричну поверхню. Для більш точної обробки внутрішнього цівкового профілю, в якості баз використовуються попередньо оброблені зенкером пара отворів під штифти розміщених по діагоналі один від одного. Для забезпечення точності деталі дотримано принцип суміщення баз оскільки в

					КР.ПМ.21.11.08.00.00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

якості технологічної та вимірювальної баз використовується торець і зовнішня циліндрична поверхня. Параметри точності деталі наведено в таблиці 2.1.

Деталь статор НДВЗ 25-01-03 (рис. 2.1) одна із основних деталей механізму, тому недопустимо змінювати розміри деталі, оскільки тоді необхідно корегувати конструкцію інших деталей механізму.

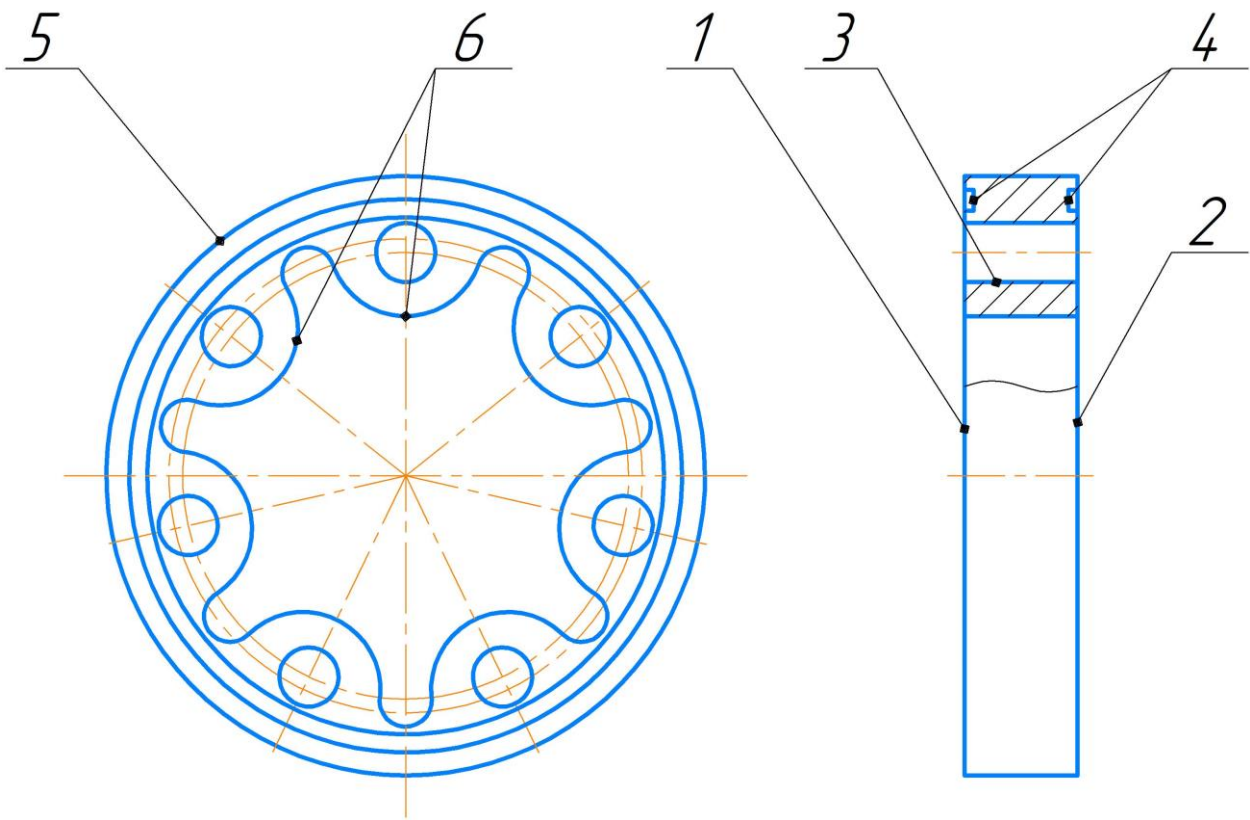
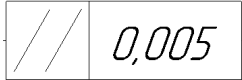
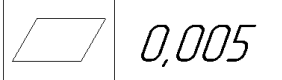
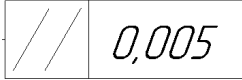
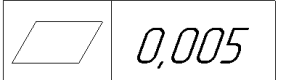
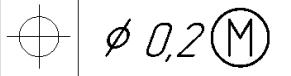
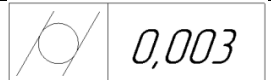
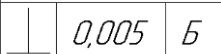
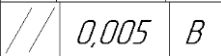
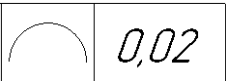


Рис. 2.1 Спрощений ескіз деталі

Таблиця 2.1

Параметри точності деталі

Літера	Назва поверхні	Розмір з відхиленням заданими від розглядаємої поверхні, мм	Точність відносних поворотів, відстаней, розміщення поверхонь	Точність форми	Шорсткість поверхні, мкм	Вагомість конструкторської бази
1	Торецева	$\varnothing 85,9_{-0,005}^{+0,005}$ $16,205_{+0,005}$			0,63	Контактує з кришкою насоса-дозатора
2	Торецева	$16,205_{+0,005}$	 		0,63	Контактує з розподільючим диском насоса дозатора
3	Внутрішня циліндрична	$\varnothing 8,5$		-	3,2	Вміщують болти для фіксації деталі
4	Канавкова	$\varnothing 74,1_{-0,46}^{+0,19}$ $\varnothing 79,3_{+0,19}$	-	-	1,6	Призначена для розміщення ущільнюючих кілець герметизації
5	Зовнішня циліндрична	$16,205_{+0,005}$	-		0,63	Вільна поверхня
6	Внутрішня цівкова поверхня	$R31,6_{+0,1}$ $R11,1_{+0,03}$	 		2,0	Створює цівкове зачеплення з відповідним профілем ротора

КР.ІІМ.21.11.08.00.00.ПЗ

Зм.

Лист

№ докум.

Підпис

Дата

Лист

1,2 – торцева – призначений для стикування деталі з іншими деталями корпусу насосу в герметичне зчеплення, тому згідно ДСТУ 2413-94 поверхня має підвищені вимоги до точності і шорсткості Ra 0,63.

3 – внутрішня циліндрична – призначена для розміщення в них болтів для кріплення деталі до корпусу насосу, згідно ДСТУ 2413-94 не мають особливих вимог до точності та шорсткості Ra 3,2.

4 – канавкова – призначена для розміщення ущільнюючих кілець герметизації, згідно ДСТУ 2413-94 має підвищені вимоги до точності та шорсткості Ra 1,6.

5 – зовнішня циліндрична поверхня – не має функціонального призначення в конструкції насосу, але використовується як база для точної обробки деталі, згідно ДСТУ 2413-94 має шорсткість Ra 0,63.

6 – внутрішня цівкова поверхня – призначене для утворення героторної пари з ротором насосу, тому згідно ДСТУ 2413-94 має вимоги до точності і шорсткості Ra 2,0.

Згідно аналізу, точність розмірів деталі статор відповідає заданим потребам та державним стандартам. Враховуючи конструкцію та точність деталі, можливо забезпечити автоматизацію виготовлення для скорочення часу та витрат.

Розміри на кресленні проставлено комбінованим способом. Формат розмірів та позначень відповідає останній редакції.

					КР.ПМ.21.11.08.00.00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2. Аналіз діючого технологічного процесу.

Виконуємо аналіз технологічного процесу, вивчаємо способи встановлення та методи базування деталі на кожній операції для виявлення недоліків які викликають похибки під час обробки. і усунення його недоліків.

005 Токарна з ЧПУ

16K20Ф3 Токарний з ЧПУ

Деталь встановлюється в цанговий патрон закріплюючись внутрішньою циліндричною поверхнею, в якості чорнової бази використовуються торець та внутрішня циліндрична поверхня;

Виконується точіння торця;

Виконується точіння зовнішньої циліндричної поверхні;

Виконується точіння канавки.

010 Токарна з ЧПУ

16K20Ф3 Токарний з ЧПУ

Деталь встановлюється в патрон закріплюючись зовнішньою циліндричною поверхнею в кулачки, в якості чистових баз виступають торець і внутрішня циліндрична поверхня;

Виконується точіння торця;

Виконується точіння канавки.

015 Свердлильна

2Н125 Вертикально-свердлильний

Деталь встановлюється в затискний пристрій, в якості чистових баз використовуються торець і внутрішня циліндрична поверхня;

Виконується свердління 7 отворів під розсвердлення.

020 Свердлильна

2Н125 Вертикально-свердлильний

Деталь встановлюється в затискний пристрій, в якості чистових баз використовуються торець і внутрішня циліндрична поверхня;

Виконується свердління 7 отворів (розсвердлення).

025 Свердлильна

					КР.ПМ.21.11.08.00.00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

2Н125 Вертикально-свердлильний

Деталь встановлюється в затискний пристрій, в якості чистових баз використовуються торець і внутрішня циліндрична поверхня;

Виконується зенкування фасок отворів.

030 Свердлильна

2Н125 Вертикально-свердлильний

Деталь встановлюється в затискний пристрій, в якості чистових баз використовуються торець і внутрішня циліндрична поверхня;

Виконується зенкерування 2 отворів.

035 Зубодовбальна

5122 Зубодовбальний

Деталь встановлюється в затискний пристрій, в якості баз використовуються торці та два попередньо оброблені зенкером отвори.

Виконується довбання цівки начорно.

040 Зубодовбальна

5122 Зубодовбальний

Деталь встановлюється в затискний пристрій, в якості баз використовуються торці та два попередньо оброблені зенкером отвори.

Виконується довбання цівки начисто.

045 Контрольна

Стіл контролера

Виконується перевірка точності розмірів оброблених поверхонь.

050 Термічна

Деталь статор має підвищені вимоги до твердості і зносостійкості, тому необхідно забезпечити дані вимоги шляхом термічної обробки деталі. Для того щоб деталь забезпечувала необхідні вимоги, але не була занадто крихкою виконуємо цементацію.

Процес цементації полягає в утворенні твердого зовнішнього шару деталі для забезпечення міцності та зносостійкості внутрішнього цівкового профілю, та збереженні в'язкої серцевини для загальної міцності деталі.

					КР.ПМ.21.11.08.00.00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Для виконання цементації необхідно розігріти деталь в герметичній печі до 950° С в середовищі газів які містять вуглець.

055 Плоскошліфувальна

3E711B1 Плоскошліфувальний

Деталь встановлюється на магнітний стіл;

Виконується шліфування торця деталі начисто.

060 Плоскошліфувальна

3E711B1 Плоскошліфувальний

Деталь встановлюється на магнітний стіл;

Виконується шліфування торця деталі начисто.

065 Круглошліфувальна

3M151 Кругло-шліфувальний

Деталь встановлюється в затискний пристрій.

Виконується шліфування зовнішньої циліндричної поверхні.

070 Координатношліфувальна

Hauser 5SM Координатно-шліфувальний

Деталь встановлюється в затискний пристрій.

Виконується шліфування внутрішнього цівкового профілю.

075 Слюсарна

Притуплюються гострі кромки.

080 Миюча

Виконується промивка деталі в миючій машині.

085 Контрольна

Виконуються перевірка розмірів готової деталі.

Послідовність механічних, контрольних та термічної операції встановлена правильно, вносити зміни не має необхідності.

Базовий технологічний процес має такі недоліки: втрати часу на переміщення між верстатами та на базування, низька швидкість довбання та шліфування, недостатня технологічність свердління, часте базування.

					КР.ПМ.21.11.08.00.00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Для усунення недоліків необхідно змінити верстаний парк використавши сучасні верстати з ЧПУ та виготовити спеціальний інструмент для довбання і шліфування внутрішнього цівкового профілю, що знизить витрати часу на переміщення деталі між верстатами, та витрати часу на закріплення деталі в затискних пристроях, а також підвищить точність її виготовлення. Оскільки сучасні верстати з ЧПУ та ріжучий інструмент забезпечують високу якість обробки на чорнових та напівчистових проходах, то можливо скоротити кількість операцій технологічного процесу, не знизивши про цьому параметри точності.

Для вдосконалення технологічного процесу необхідно зробити наступне: Операцію 005 Токарна з ЧПУ, 010 Токарна з ЧПУ, 015 Свердлильна, 020 Свердлильна, 025 Свердлильна об'єднати в одну, поділивши на два установ; операцію 030 Свердлильна видалити з технологічного маршруту.

2.3. Вибір заготовок та способу їх виготовлення.

Оскільки статор під час роботи повинен витримувати великі навантаження тиском і бути стійким то тертя, так як взаємодіє із ротором, тому матеріал повинен мати підвищені вимоги до твердості і зносостійкості.

Заготовка виготовляється методом штампування, відноситься до класу диски, та має отвір по центру, який має форму наближену до цівкової, для більшої технологічності виробництва та економії матеріалу. Припуски заготовки обираємо відповідно ГОСТ 7505-89.

Для виготовлення статора приймаємо сталь ШХ15 ГОСТ 801-78, твердість HB -179-207, хімічний склад сталі наведено в таблиці 2.2.

Сталь ШХ15 ГОСТ 801-78 – сталь підшипникова, легована кремнієм і марганцем, масова часта хрому – 1,5% застосовується для виготовлення складових частин підшипників: кульки діаметром до 150 мм, ролики діаметром до 23 мм, кільця з товщиною до 14 мм, втулки плунжерів, плунжери, нагнітальні клапани, корпуси розпилювачів, ролики штовхачів.

					<i>КР.ПМ.21.11.08.00.00.ПЗ</i>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Хімічний склад

Масова частка елементів, %								
C	Si	Mn	Cr	S	P	Ni	Cu	Ni+Cu
				Не більше				
0,95-1,05	0,17-0,37	0,2-0,4	1,30-1,65	0,02	0,027	0,30	0,25	0,50

Перевагою сталі ШХ15 є мала собівартість, висока твердість та зносостійкість. Сталь ШХ15 забезпечує високу зносостійкість в умовах тертя та високу міцність під час контакту з іншими деталями. Основним недоліком сталі ШХ15 є низька теплостійкість. Оскільки деталь ротор працює в звичайних температурних режимах, з відсутністю перегріву та контакту з нагрітими компонентами, то її використання є цілком раціональне.

Заготовка виготовляється методом горячої штамповки в закритому штампі з подальшою прошивкою отвору на пресі. Для підвищення якості заготовки, необхідно довго обробляти матеріал тиском з дотриманням правильного температурного режиму, запобігати зварки та перегріву.

Оскільки деталь виготовляється штамповкою, то можливо вдосконалити форму заготовки для зменшення витрат матеріалу і без втрати якості кінцевого виробу. Тому змінюємо форму внутрішнього отвору на цівковий профіль забезпечуючи припуски відповідно ГОСТ 7505-89.

Визначаємо собівартість матеріалу заготовки яка виготовляється методом штамповки на кривошипному пресі:

$$S = \left(\frac{S_m}{1000} \times Q \times k_T \times k_C \times k_B \times k_M \times k_P \right) - (Q - q) \times \frac{S_{\text{відх}}}{1000}$$

$S_m = 40000$ – ціна 1т матеріалу, грн;

$Q = 0,531$ – маса заготовки, кг;

$q = 0,429$ – маса деталі, кг;

					КР.ПМ.21.11.08.00.00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$k_T = 1$ – коефіцієнт точності заготовки(Т3);

$k_C = 1,13$ – коефіцієнт рівня складності заготовки(С4);

$k_B = 1,3$ – коефіцієнт маси заготовки;

$k_M = 1,77$ – коефіцієнт марки матеріалу заготовки;

$k_{\Pi} = 1$ – коефіцієнт об'єму виробництва заготовки;

$S_{\text{відх}} = 1500$ – ціна 1т відходів, грн.

$$S_1 = \left(\frac{40000}{1000} \times 0,531 \times 1 \times 1,13 \times 1,3 \times 1,77 \times 1 \right) - (0,531 - 0,429) \times \frac{1500}{1000} \\ = 55,07 \text{ грн};$$

Вартість виготовлення заготовки на кривошипному пресі становить 55,07 грн. за 1 шт.

Визначаємо собівартість матеріалу заготовки яка виготовляється методом штамповки на молоті. Оскільки виготовлення деталі на молотах менш продуктивне та точне, тому необхідно збільшити об'єм заготовки на 15%, внаслідок чого збільшиться і маса заготовки.

$S_M = 40000$ – ціна 1т матеріалу, грн;

$Q = 0,611$ – маса заготовки, кг;

$q = 0,429$ – маса деталі, кг;

$k_T = 1$ – коефіцієнт точності заготовки(Т3);

$k_C = 1,13$ – коефіцієнт рівня складності заготовки(С4);

$k_B = 1,3$ – коефіцієнт маси заготовки;

$k_M = 1,77$ – коефіцієнт марки матеріалу заготовки;

$k_{\Pi} = 1$ – коефіцієнт об'єму виробництва заготовки;

$S_{\text{відх}} = 1500$ – ціна 1т відходів, грн.

$$S_2 = \left(\frac{36000}{1000} \times 0,611 \times 1 \times 1,13 \times 1,3 \times 1,77 \times 1 \right) - (0,611 - 0,429) \times \frac{1500}{1000} \\ = 63,27 \text{ грн};$$

Вартість виготовлення заготовки на молоті становить 63,27 грн. за 1 шт.

					КР.ПМ.21.11.08.00.00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Згідно розрахункам $S_1 \leq S_2$, тому за основний спосіб виготовлення заготовок обираємо виготовлення заготовки на кривошипному пресі.

Розраховуємо економічний ефект способів виготовлення заготовок.

$$E_3 = (S_2 - S_1) \times N, \text{ грн};$$

$S_1 = 55,07$ – вартість виготовлення заготовки на кривошипному пресі, грн.;

$S_2 = 63,27$ – вартість виготовлення заготовки на молоті, грн.;

$N = 10000$ – річна програма виробництва, шт.;

$$E_3 = (63,27 - 55,07) \times 10000 = 82000 \text{ грн};$$

Економічний ефект підтверджує доцільність вибору метода виготовлення заготовки на кривошипному пресі.

2.4. Вибір методів обробки поверхонь.

В попередніх пунктах визначено недоліки діючого технологічного процесу виготовлення деталі.

Для вдосконалення діючого технологічного процесу виготовлення деталі необхідно визначити більш прогресивні способи обробки поверхонь і проаналізувати характеристики точності та шорсткості та порівняти з попередніми варіантами обробки, побудувавши маршрут обробки для кожної з поверхонь.

В першу чергу необхідно внести поверхні та їх характеристики в гр. 1-4 табл. 2,4.

Далі необхідно розрахувати загальне уточнення:

$$\varepsilon_3 = \frac{\delta_3}{\delta_d}$$

δ_3 – допуск розміру поверхні зіготовки;

δ_d – допуск розміру поверхні по кресленню.

Результи заносимо в гр. 5 табл. 2,4.

Обираємо можливі маршрути обробки кожної поверхні і методи кінцевої обробки поверхні. Результи заносимо в гр. 6-7 табл. 2,4.

					КР.ПМ.21.11.08.00.00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Перевіряємо достатність і економічну доцільність вибору обчислюючи умови фактичного уточнення:

$$\varepsilon_3 \leq \varepsilon_{\phi} = \varepsilon_1 \varepsilon_2 \varepsilon_3 \dots \varepsilon$$

З двох варіантів обираємо той, який відповідає нерівності.:

$$\varepsilon_3 = \varepsilon_{\phi}$$

Обираємо допуски на обробку використовуючи табличний метод і розраховуємо частинні уточнення:

$$\varepsilon_i = \frac{\delta_{i-1}}{\delta_i}$$

δ_{i-1}, δ_i – допуски на розміри послідовно.

Результати заносимо в гр. 8-9 табл. 2,4.

Обираємо найбільш раціональні маршрути обробки деталі.

					<i>КР.ПМ.21.11.08.00.00.ПЗ</i>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.4

Розрахункові елементи допуску

Назва поверхні	Допуск на поверхню по кресленню	Шорсткість поверхні R_a , мкм	Допуск на заготовку по поверхні, δ мм	Загальне уточнення, ε_z	Можливі технологічні маршрути обробки		Економічні допуски на проміжні методи обробки	Частинні коефіцієнти уточнення
					№ п/п	Зміст маршруту		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Торцева	0,003	0,63	$\pm 0,65$	216.67	1	Точіння чорнове	0,18	3,61
						Точіння чистове	0,07	2,57
						Шліфування попереднє	0,043	1,63
						Шліфування тонке	0,011	3,91
					2	Точіння чорнове	0,18	3,61
						Точіння чистове	0,07	2,57
						Шліфування чистове	0,018	3,89
						Шліфування тонке	0,008	2,25

КР.ПМ.21.11.08.00.00.ПЗ

Зм.

Лист

№ докум.

Підпис

Дата

Лист

Продовження таблиці 2.4

Поверхня внутрішня цівкова	+0,02	2,0	+1	50	1	Чорнове довбання	0,25	4
						Довбання чистове	0,15	1,667
						Шліфування попереднє	0,019	7,89
					2	Довбання чорнове	0,25	4
						Довбання Чистове	0,15	1,667
						Шліфування попереднє	0,019	7,89
						Хонінгування	0,013	1,46

КР.ПМ.21.11.08.00.00.ПЗ

Зм.

Лист

№ докум.

Підпис

Дата

Лист

Розраховані фактичні коефіцієнти уточнення складають:

Для торця 105 і 79 для першого і другого маршруту відповідно. Приймаємо перший маршрут.

Для поверхні внутрішньої цівкової 124 і 76 для першого і другого маршруту відповідно. Приймаємо другий маршрут.

2.5. Розробка маршрутів виготовлення деталі.

Врахувавши недоліки базового технологічного процесу будуємо вдосконалений технологічний процес.

005 Транспортна

TOYOTA 02 - 8 FGF 20 Навантажувач

Транспортувати заготовки до токарного верстата.

010 Токарна з ЧПУ

Haas DS-30Y BMT65 Токарно револьверний верстат з ЧПУ

Установ А

Точити торець;

Точити поверхню зовнішню циліндричну;

Точити канавку;

Установ Б

Точити торець;

Точити канавку;

Свердлити 7 отворів;

Точити фаски 7 отворів;

015 Зубодовбальна з ЧПУ

GLEASON P2000S Зубодовбальний верстат з ЧПУ

Довбати поверхню внутрішню цівкову;

020 Слюсарна

Стіл слюсарний

Притуплюються гострі кромки.

025 Миюча

					КР.ПМ.21.11.08.00.00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

MAGIDO L916E Миюча машина

Виконати промивку деталі в миючій машині.

030 Контрольна

Контрольний стіл

Перевірити показники точності та якості.

035 Транспортна

TOYOTA 02 - 8 FGF 20 Навантажувач

Транспортувати деталі на дільницю термічної обробки.

040 Термічна

Виконати термічну обробку деталі.

045 Транспортна

TOYOTA 02 - 8 FGF 20 Навантажувач

Транспортувати деталі на дільницю механічної обробки.

050 Плоскошліфувальна з ЧПУ

HFS 104 NC Плоскошліфувальний верстат з ЧПУ

Виконати шліфування торця А деталі.

055 Плоскошліфувальна з ЧПУ

HFS 104 NC Плоскошліфувальний верстат з ЧПУ

Виконати шліфування торця Б деталі.

060 Круглошліфувальна

3M151 Круглошліфувальний верстат

Виконати шліфування зовнішньої циліндричної поверхні.

065 Хонінгування з ЧПУ

Sunnen SV-2052 Хонінгувальний верстат з ЧПУ

Виконати хонінгування деталі.

070 Слюсарна

Стіл слюсарний

Притуплюються гострі кромки.

075 Миюча

MAGIDO L916E Миюча машина

					КР.ПМ.21.11.08.00.00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Виконати промивку деталі в миючій машині.

080 Контрольна

Стіл контрольний

Виконати перевірку розмірів готової деталі.

085 Транспортна

TOYOTA 02 - 8 FGF 20 Навантажувач

Транспортувати заготовки на склад деталей.

Теоретичні схеми базування представлено в таблиці 2.5.

2.6. Вибір технологічних баз.

Використовуючи аналіз базового технологічного процесу та принципи суміщення та постійності баз обираємо технологічні бази для вдосконаленого технологічного процесу.

010 токарна з ЧПУ. Бази(рис 2.1): установ А: торець А та внутрішня цівкова поверхня; Установ Б – зовнішня циліндрична поверхня В та торець Б.

015 зубодовбальна з ЧПУ. Бази: торець А, торець Б, внутрішні циліндричні поверхні Г.

050 плоскошліфувальна з ЧПУ. Бази: установ А: торець А; установ Б: торець Б.

055 плоскошліфувальна з ЧПУ. Бази: установ А: торець А; установ Б: торець Б.

060 круглошліфувальна з ЧПУ. Бази: торець А, внутрішні циліндричні поверхні Г.

065 хонінгування з ЧПУ. Бази: установ А: торець А; установ Б: торець Б.

2.7. Розробка структури та змісту технологічних операцій, вибір металорізальних верстатів для їх здійснення.

Використовуючи вдосконалений технологічний маршрут обробки деталі, розробляємо вдосконалену структуру та зміст технологічних операцій.

Структуру та зміст заносимо в табл. 2.5

					КР.ПМ.21.11.08.00.00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.5

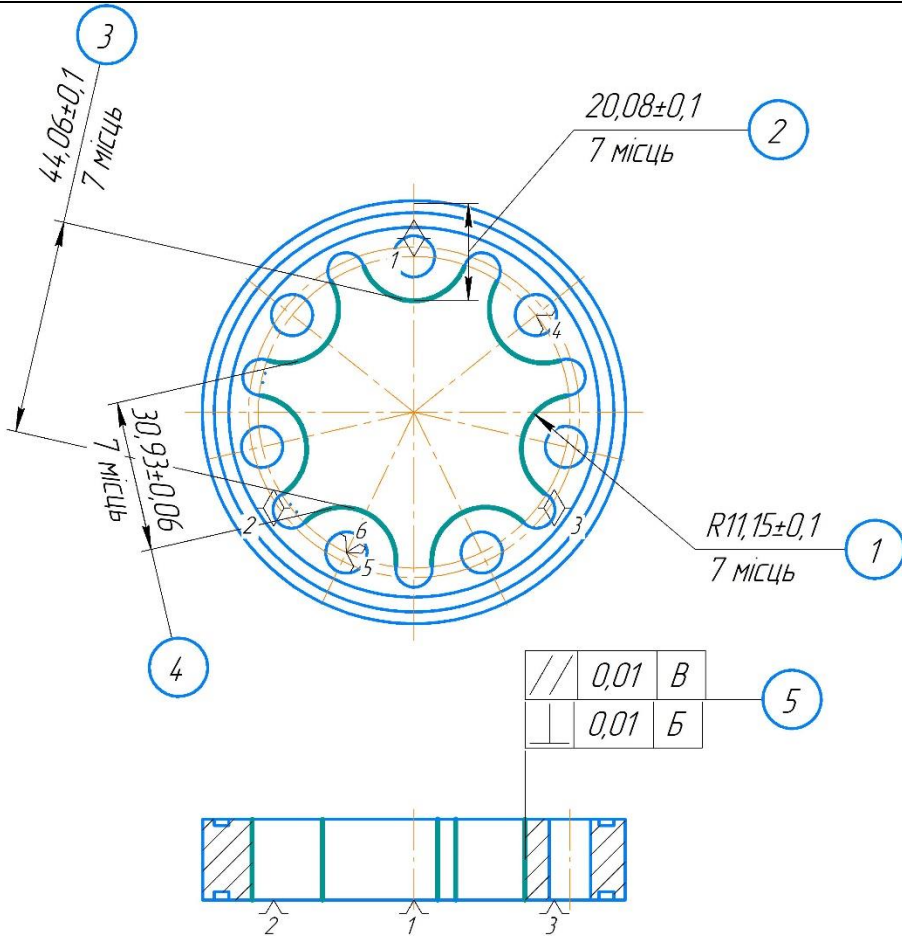
Структура та зміст технологічних операцій обробки статора

№ та назва операції	Модель верстату, назва	Операційний ескіз	Зміст операції
1	2	3	4
010 Токарна з ЧПУ	Токарний Haas DS-30Y BMT65	The technical drawing illustrates the manufacturing process for a stator component. It includes a top view showing a circular part with seven slots, each with a chamfer of 51°25'43" and a radius of 7 mm. The side view shows the part's profile with various diameters and lengths. Key dimensions include: outer diameter $\phi 86,5 \pm 0,05$, inner diameter $\phi 87,5 \pm 0,2$, slot width $\phi 79,3 \pm 0,19$, and slot depth $\phi 74,1 \pm 0,46$. The total length is 173 mm. The drawing also shows a cross-section of the slots with a radius of 145 mm and a chamfer of 173 mm. The part is labeled 'Установ А' (Station A).	Установ А 1. Встановити та закріпити заготовку; 2. Підрізати торець, попередньо, витримуючи розмір 1 начорно; 3. Підрізати торець, начисто, витримуючи розмір 2 начисто; 4. Точити зовнішню циліндричну поверхню, витримуючи розмір 3 начорно; 5. Точити зовнішню циліндричну поверхню, витримуючи розмір 4 начисто; 6. Точити канавку, витримуючи розміри 5,6,7; 7. Свердлити лунки витримуючи розміри 8, 9. 8. Перезакріпити деталь в автоматичному режимі в контршпиндель.

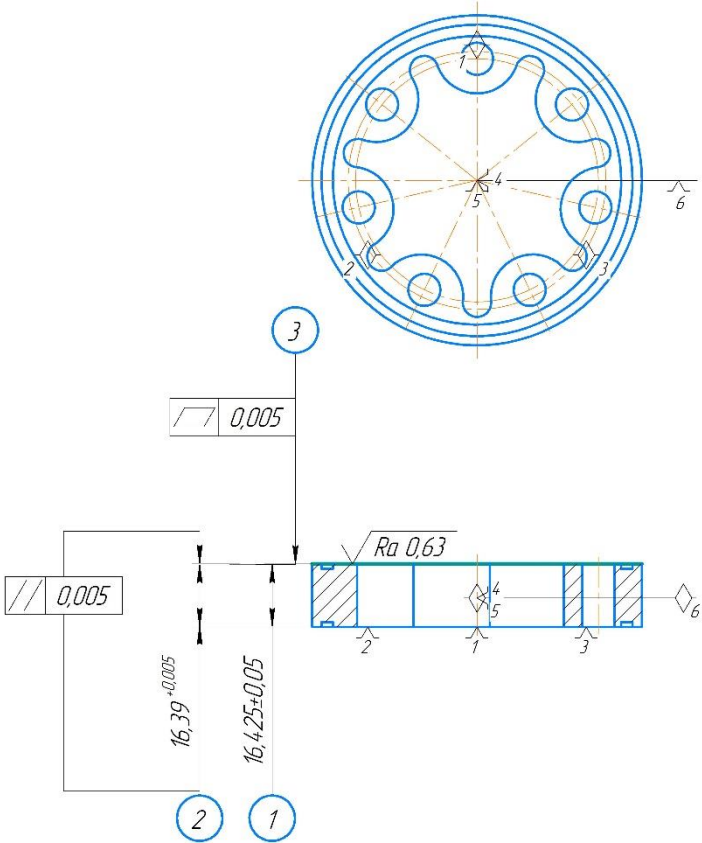
Продовження таблиці 2.5

1	2	3	4
		Установ Б 7 отв. $\phi 8,5$ $\phi 0,2 (M)$ $51^{\circ}25'43''^*$ 7 місць $\phi 64$ 12 1,45 $\Gamma(4:1)$ 8 $16,8 \pm 0,5$ 9 $16,6 \pm 0,1$ 11 10 $\phi 74,1_{-0,46}$ $\phi 79,3_{+0,19}$ 2,3 1 4 5 6 13 14 15	Установ Б 9. Підрізати торець попередньо, витримуючи розмір 8 начорно; 10. Підрізати торець начисто, витримуючи розмір 8; 11. Точити канавку, витримуючи розміри 10, 11, 12; 12. Свердлити та зенкувати отвори витримуючи розміри 13, 14, 15; 13. Відкріпити та зняти деталь.

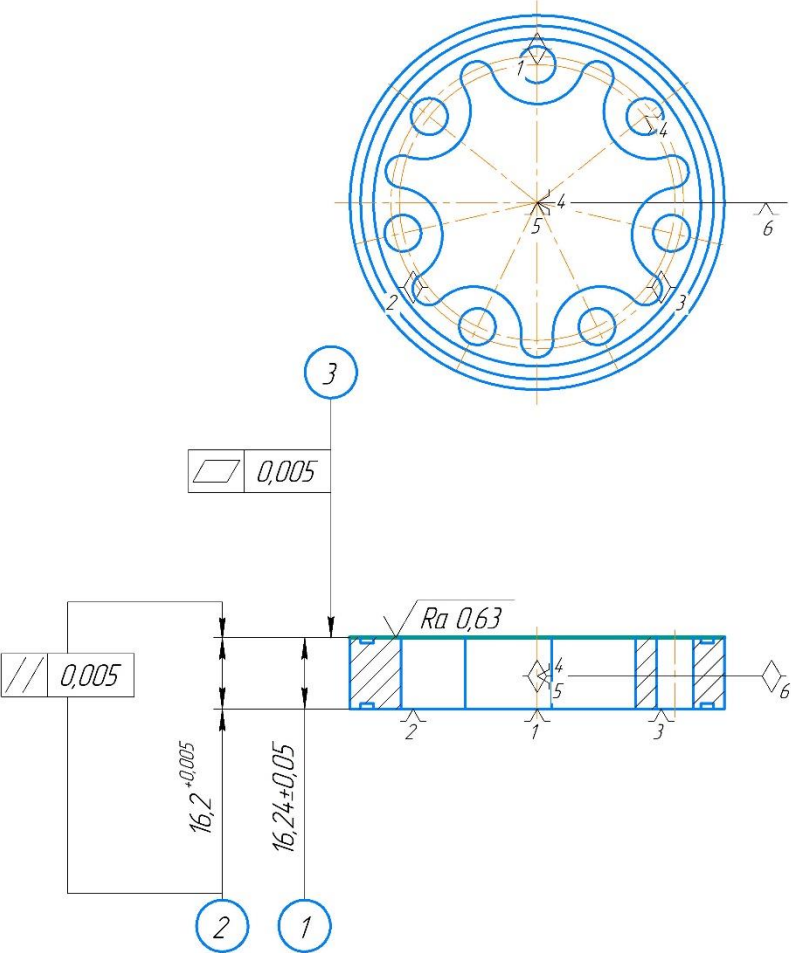
Продовження таблиці 2.5

1	2	3	4						
015 Зубодовбальна з ЧПУ	Довбальний GLEASON P600S	 <table data-bbox="1218 995 1395 1091"><tr><td>///</td><td>0,01</td><td>B</td></tr><tr><td>┴</td><td>0,01</td><td>Б</td></tr></table>	///	0,01	B	┴	0,01	Б	1. Встановити та закріпити деталь; 2. Довбати внутрішню цівкову поверхню начисто витримуючи розміри 1, 2, 3, 4 та відхилення 5; 3. Відкріпити та зняти деталь.
///	0,01	B							
┴	0,01	Б							

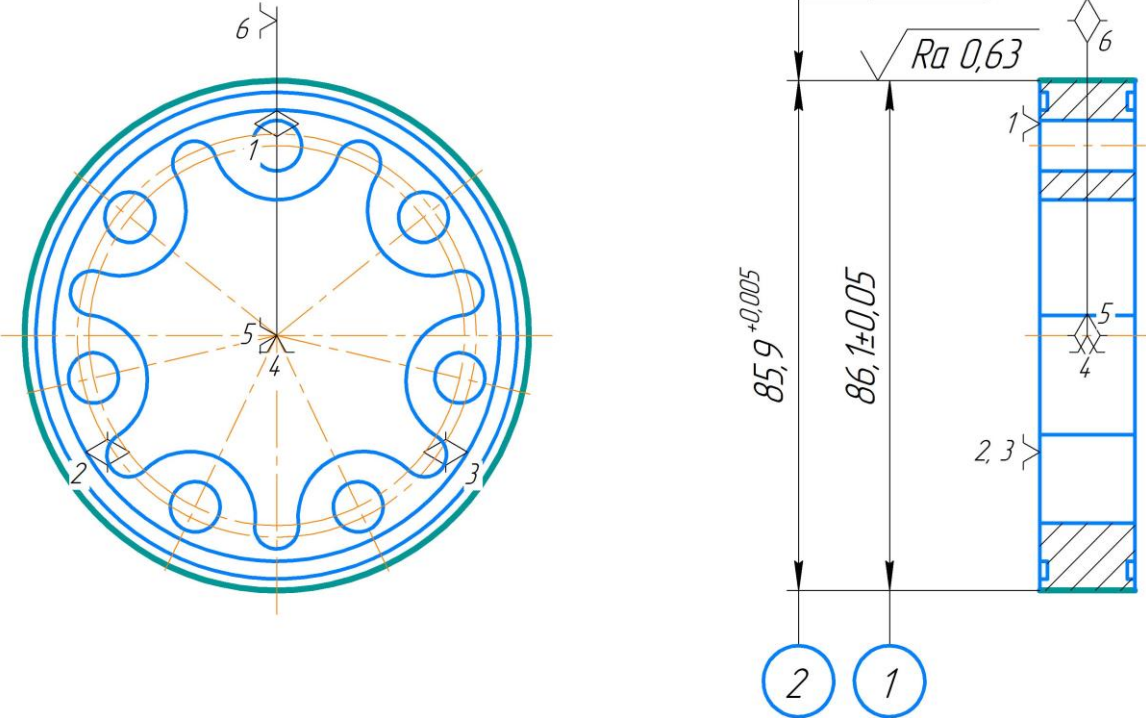
Продовження таблиці 2.5

1	2	3	4
050 Плоскошліфувальна з ЧПУ	Плоскофувальний HFS 104 NC		1. Встановити та закріпити деталь; 2. Шліфувати торець начорно витримуючи розмір 1; 3. Шліфувати торець начисто витримуючи розмір 2 та відхилення 3; 4. Відкріпити та зняти деталь.

Продовження таблиці 2.5

1	2	3	4
055 Плоскошліфувальна з ЧПУ	Плоскофувальний HFS 104 NC		1. Встановити та закріпити деталь; 2. Шліфувати торець начорно витримуючи розмір 1; 3. Шліфувати торець начисто витримуючи розмір 2 та відхилення 3; 4. Відкріпити та зняти деталь.

Продовження таблиці 2.5

1	2	3	4
060 Круглошліфувальна	Круглошліфувальний 3М151		Установ А 1. Встановити та закріпити деталь; 2. Шліфувати зовнішню циліндричну поверхню начорно витримуючи розмір 1; 3. Шліфувати зовнішню циліндричну поверхню начисто витримуючи розмір 2; 4. Відкріпити та зняти деталь.

Продовження таблиці 2.5

1	2	3	4
065 Хонінгувальна з ЧПУ	Хонінгувальний Suppen SV-2052		Установ А 1. Встановити та закріпити деталь; 2. Хонінгувати внутрішню цівкову поверхню начисто витримуючи розміри 1-4 та відхилення 5; 3. Відкріпити та зняти деталь .

Для вдосконалення технологічного процесу, визначаємо відповідні до даних структури та змісту технологічних операцій верстати. Обираємо верстати з ЧПУ для скорочення операційного часу шляхом поєднання операцій та збільшення режимів обробки, а також забезпечення підвищеної точності оброблених поверхонь.

Характеристики верстатів в табл. 2.6.

					<i>КР.ПМ.21.11.08.00.00.ПЗ</i>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.6

Характеристика верстатів

№ операції	Найменування та модель верстату	Стисла технічна характеристика				
		Габаритні розміри столу чи тах діаметр обробки, мм	Макс. частота обертання шпинделя(об/хв)	Максимальна швидкість холостих переміщень (м/хв)	Потужність(кВт)	Габаритні розміри верстату(мм)
010	Haas DS-30Y BMT65	Ø457	4500	24	22,4	3810x2540x1880
015	GLEASON P600S	Ø600	27	500	50	3490x4770x3540
050	HFS 104 NC	1700x400	2300	1,2	5,5	3800x2000x2500
055	HFS 104 NC	1700x400	2300	1,2	5,5	3800x2000x2500
060	3M151	Ø 200	1590	0,45	10	4605x2450x2170
065	Sunnen SV-2052	175x175x150	4000	1	7,5	2602x3578x3789

2.8 Вибір затискних пристроїв.

Вибір затискних пристроїв виконуємо з урахуванням необхідних вимог до точності та жорсткості закріплення деталі перед відповідною обробкою.

Для фіксації і токарної обробки деталі необхідно два типа патронів – зовнішнього та внутрішнього закріплення. В установ А деталь закріплюється в патрон Kitagawa PUE05 Internal pull lock chuck внутрішньою цівковою поверхнею та торцем, в установ Б деталь закріплюється в патрон Kitagawa B-210A6 Open Centre Power Chuck зовнішньою циліндричною поверхнею.

Для довбання та хонінгування зубців необхідно виготовити спеціальні затискні пристрої.

Для шліфування зовнішньої циліндричної поверхні використовуємо спеціальний пневматичний затискний пристрій.

Для шліфування торців деталь фіксуємо на магнітному столі.

Затискні пристрої наведено в таблиці 2.7.

Таблиця 2.7.

Затискні пристрої для деталі

Номер операції	Найменування пристрою	Стандарт (код)	Вид приводу
010	Kitagawa PUE05 Internal pull lock chuck	PUE05	Шпиндель
010	Kitagawa B-210A6 Open Centre Power Chuck	B-210A6	Контршпиндель
015	Пристрій спеціальний		Гідравлічний
050	Магнітний стіл	ХМ91	Магнітний
055	Магнітний стіл	ХМ91	Магнітний
060	Пристрій спеціальний	КР.ПМ.21.11.08.10.00	Пневматичний
065	Пристрій спеціальний		Гідравлічний

					КР.ПМ.21.11.08.00.00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

2.9. Вибір ріжучого інструменту.

Ріжучий інструмент обираємо відповідно до типу та характеру обробки застосовуючи каталоги різального інструменту.

Для виготовлення деталі обираємо ріжучий інструмент фірми ISCAR. Для обробки обираємо прохідні різці, канавковий різець та свердло з механічним кріпленням пластин гвинтом. Свердло комбіноване із зенкером. Матеріал інструменту відповідає ISO P, для легованої та вуглецевої сталі.

Характер обробки зовнішньої циліндричної поверхні та канавки виключає ударні навантаження. Під час обробки торцю, форма внутрішнього цівкового профілю викликає ударні навантаження.

В державках інструменту передбачені отвори для подачі ЗОР.

Характеристика інструменту наведена в таблиці 2.8.

					КР.ПМ.21.11.08.00.00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.8

Ріжучий інструмент для обробки деталі

Номер			Назва інструменту	Стандарт на конструкцію інструменту	Ріжуча частина	
Операції	Позиції інструменту	Переходу			Матеріал	Стандарт
010	1	2	Різець прохідний Державка E12Q SWLNR/L-04 Пластина LOGIO4TURN WOMG	Державка E12Q SWLNR/L-04 Пластина WOMG 130612-R3P-IQ	IC8250	K10-K25 M10-M20
	2	3	Різець прохідний Державка E12Q SWLNR/L-04 Пластина ISOTURN WNMG	Державка E12Q SWLNR/L-04 Пластина WNMG 060412-F3P	IC8150	M10-M20 P05-P25
	3	4	Різець канавковий Державка E12Q SWLNR/L-04 Пластина DO-GRIP DGN 5003	Державка E12Q SWLNR/L-04 Пластина DGN 5003C	IC354	DGN 5003C
	4	5	Свердло Державка CHAMDRIL IDI-3D Пластина CHAMDRIL IDI-SG 10	Державка DCM 100-030-16A-3D Пластина IDI-SG 10	IC908	K10-K25 M10-M20
	5	6	Різець прохідний Державка E12Q SWLNR/L-04 Пластина LOGIO4TURN WOMG	Державка E12Q SWLNR/L-04 Пластина WOMG 130612-R3P-IQ	IC8250	K10-K25 M10-M20

КР.ІІМ.21.11.08.00.00.ПЗ

Лист

Продовження таблиці 2.8

	6	7	Різець прохідний Державка E12Q SWLNR/L-04 Пластина ISOTURN WNMG	Державка E12Q SWLNR/L-04 Пластина WNMG 060412-F3P	IC8150	M10-M20 P05-P25
	7	8	Різець канавковий Державка E12Q SWLNR/L-04 Пластина DO-GRIP DGN 5003	Державка E12Q SWLNR/L-04 Пластина DGN 5003C	IC354	DGN 5003C
	8	9	Свердло Державка DCT 085-026-14B- M10 Пластина CHAMDRIL IDI-SG 8,5	Державка DCT 085-026- 14B-M10 Пластина IDI- SG 8,5	IC908	K10-K25 M10-M20
	8	9	Різець розточний Державка DCT 085-026-14B- M10 Пластина PRETHREAD AOMT	Державка DCT 085-026- 14B-M10 Пластина AOMT 060204-45DT	IC908	K10-K25 M10-M20
015	1	1	Довбач спеціальний	КР.ПМ.21.11.08.30.00 СК		
050	1	1	Абразивний круг	400x40x130 25A 6 BT 4K5 56	25A	ГОСТ 2424- 83
055	1	1	Абразивний круг	400x40x130 25A 6 BT 4K5 56	25A	ГОСТ 2424- 83
060	1	1	Абразивний круг	400x40x130 25A 6 BT 4K5 56	25A	ГОСТ 2424- 83
065	1	1	Хон спеціальний	КР.ПМ.21.11.08.40.00	AC20	

КР.ПМ.21.11.08.00.00.ПЗ

Лист

2.10 Вибір вимірювальних пристроїв та інструментів.

Контроль виконується оператором верстату після кожної операції, для цього біля верстату обладнане місце. Для міжопераційного контролю робітник використовує штангенциркуль цифровий.

Технологічний маршрут виготовлення деталі статор має дві контрольні операції які виконуються на спеціально відведених контрольних пунктах в цеху.

Операція 030 контрольна виконується після токарної та зубодовбальної операції для контролю розмірів основних поверхонь перед термічною обробкою, вимірювані поверхні мають міжопераційні допуски та не потребують спеціальних вимірюючих пристроїв.

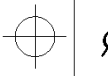
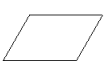
Операція 075 контрольна виконується після повної механічної обробки деталі, перевіряються розміри готової деталі, використовуються точні вимірювальні пристрої.

Вимірювальні пристрої та їх призначення заносимо в таблицю 2.9

					КР.ПМ.21.11.08.00.00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблица 2.9.

Вимірювальний інструмент

Номер операції	Розмір	Відхилення	Параметр деталі який контролюється	Найменування вимірювального інструменту	Стандарт на конструкцію
010	Ø86,9 16,8	-	Розмір	Штангенциркуль цифровий Sylvac ШЦЦ-300 IP-67 (±0,03 мм; RS-232)	ISO 17025
030		-	Розмір	Субмікронний мікрометр МКЦ 0-30 FMS Steimeyer	ISO17025
080	Ø8,5 16,205 ^{+0,005} Ø74,1 _{-0,46} Ø79,3 ^{+0,19} Ø85,9 _{-0,005}	 0,003  Ø 0,2 (M)  0,005 B  0,005	Розмір	Автоматична KBM 3Д 640x600x500 AXIOM TOO Aberlink	ISO17025
080	Ra 3,2 Ra 2,0 Ra 0,63	-	Шорсткість	Профілометр MARSURF PS 10 MAHR	ISO17025
080		 0,005	Паралельність	КР.ПМ.21.11.08.20.00	ГОСТ 10197-70

2.11 Визначення припусків та операційних розмірів деталей.

Виконуємо розрахунок припусків на обробку зовнішньої циліндричної поверхні $D = 85.9 - 0.005$ мм аналітично-розрахунковим методом відповідно до алгоритму [1, с.61 табл. 4.1].

Визначаємо значення елементів припуску використовуючи нормативні матеріали для розрахунку [2. с.333 табл.12]:

Елементи припуску заготовки необхідні для розрахунків заносимо в таблицю 2.10.

					<i>КР.ПМ.21.11.08.00.00.ПЗ</i>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.10

Елементи припуска заготовки

Технологічні переходи обробки поверхні, D = 85.9 _{-0.005}	Елементи припуска				Розрахунковий Припуск 2z _{min} , мкм	Розрахунковий діаметр d _p , мм	Допуск δ, мм	Граничний розмір, мм		Граничні значення припусків, мкм	
	Rz	T	ρ	ε				d _{min}	d _{max}	2z _{min} ^{пр}	2z _{max} ^{пр}
Заготовка	100	870	30	120	2 × 980	88,095	1000	88,1	90,5		
Точіння чорнове	25	220	20	120	2 × 235	86,695	600	86,7	87,3	1400	2300
Точіння чистове	10	87	0	0	2 × 92	86,175	100	86,2	86,2	520	1100
Шліфування попереднє	5	22	0	0	2 × 27	85,991	50	86	86,05	184	150
Шліфування тонке	3,5	15	0	0	2 × 18,5	85,937	20	85,945	85,96	54	90

Проводимо розрахунки припусків враховуючи допуски на радіус замість допусків на діаметр, щоб уникнути зайвих розрахунків та похибок в обчисленні режимів різання, використовуючи значення припуска якості глибини різання.

Елементи припуска визначаємо табличним методом [2].

Визначаємо просторову векторну суму відхилень:

$$\rho_3 = \sqrt{\rho_{\text{см}}^2 - \rho_{\text{кор}}^2}$$

$\rho_3 = 0,7$ мм – похибка поковок по зміщенню осі;

$\rho_k = 0,5$ мм – похибка по коробленню заготовки.

$$\rho_3 = \sqrt{700^2 - 500^2} = 490 \text{ мкм}$$

Просторові похибки точіння чорнового і точіння чистового:

$$\rho_i = K_{yi} \times \rho_{\text{заг}}, \text{ мкм};$$

K_{yi} – коефіцієнт уточнення;

$$\rho_1 = K_{y1} \times \rho_{\text{заг}} = 0,06 \times 490 = 30, \text{ мкм};$$

$$\rho_2 = K_{y2} \times \rho_{\text{заг}} = 0,04 \times 490 = 20, \text{ мкм};$$

Для шліфувальних операцій просторові похибки не враховуються, оскільки вони близькі до нуля.

Визначаємо похибку закріплення заготовки.

В операції 010 Токарна з ЧПУ для обробки зовнішньої циліндричної поверхні $\varepsilon = 120$ мкм.

В операції 055 Круглошліфувальна з ЧПУ деталь встановлюється в оправку без зазору $\varepsilon = 0$ мкм.

Визначаємо розрахункове значення мінімальних припусків для циліндричної поверхні.

$$Z_{\min} = 2 \times (Rz_{i-2} + \Pi_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2})$$

Rz – шорсткість;

Π – глибина дефектного шару;

ρ – сума значень просторових відхилень;

					КР.ПМ.21.11.08.00.00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

ε – похибка закріплення заготовки.

Визначаємо розрахункові значення мінімальних припусків.

$$2z_{\min_i} = 2(Rz_{i-1} + T_{i-1} + \rho_{i-1}),$$

$$2z_{\min_1} = 2(80 + 870 + 30) = 2 \times 980,$$

$$2z_{\min_2} = 2(20 + 220 + 20) = 2 \times 235,$$

$$2z_{\min_3} = 2(10 + 87) = 2 \times 92,$$

$$2z_{\min_4} = 2(5 + 22) = 2 \times 27,$$

$$2z_{\min_5} = 2(3,5 + 15) = 2 \times 12,5,$$

Розраховуємо розрахунковий діаметр деталі після кожного проходу.

$$d_{p1} = 85,9 + 0,037 = 85,937, \text{ мм};$$

$$d_{p2} = 85,937 + 0,054 = 85,991, \text{ мм};$$

$$d_{p3} = 85,991 + 0,184 = 86,175, \text{ мм};$$

$$d_{p4} = 86,175 + 0,520 = 86,695, \text{ мм};$$

$$d_{p5} = 86,695 + 1,920 = 88,095, \text{ мм}.$$

Розраховуємо максимальний граничний діаметр заготовки після кожного проходу.

$$d_{\max 1} = 85,94 + 0,025 = 85,96, \text{ мм};$$

$$d_{\max 2} = 86 + 0,050 = 86,05, \text{ мм};$$

$$d_{\max 3} = 86,1 + 0,100 = 86,2, \text{ мм};$$

$$d_{\max 4} = 86,7 + 0,600 = 87,3, \text{ мм};$$

$$d_{\max 5} = 88,6 + 1 = 89,6, \text{ мм}.$$

Розраховуємо граничні значення припусків.

$$2z_{\max 1}^{\text{пр}} = 86,05 - 85,96 = 90, \text{ мкм};$$

$$2z_{\min 1}^{\text{пр}} = 85,99 - 85,93 = 50, \text{ мкм};$$

$$2z_{\max 2}^{\text{пр}} = 86,2 - 86,05 = 150, \text{ мкм};$$

$$2z_{\min 2}^{\text{пр}} = 86,17 - 85,99 = 180, \text{ мкм};$$

$$2z_{\max 3}^{\text{пр}} = 87,3 - 86,2 = 1100, \text{ мкм};$$

$$2z_{\min 3}^{\text{пр}} = 86,69 - 86,17 = 520, \text{ мкм};$$

$$2z_{\max 4}^{\text{пр}} = 89,6 - 87,3 = 2300, \text{ мкм}.$$

$$2z_{\min 4}^{\text{пр}} = 88,09 - 86,69 = 1400,$$

мкм.

					КР.ПМ.21.11.08.00.00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Припуски заготовки відповідають розрахованим. Незважаючи на точність, аналітично-розрахунковий метод визначення припусків громісткий та часозатратний, тому його використання нераціональне.

Для подальшого визначення припусків використовуємо статистичний метод.

Параметри припусків заносимо в таблицю 2.11.

Таблиця 2.11

Припуски на обробку деталі

Найменування поверхні	Найменування переходу	Припуск	Технологічний допуск
Торець	Точіння чорнове	2	1
	Точіння чистове	0,500	0,2
	Шліфування попереднє	0,200	0,05
	Шліфування чистове	0,1	0,02
Зовнішня циліндрична	Точіння чорнове	1	0,5
	Точіння чистове	0,50	0,1
	Шліфування попереднє	0,15	0,05
	Шліфування чистове	0,035	0,01
Цівкова	Довбання чорнове	1,35	0,25
	Хонінгування чистове	0,05	0,05

2.12 Визначення режимів різання.

Визначаємо режими різання для операції 010 Токарна з ЧПУ на верстаті Haas DS-30Y BMT65 Токарно револьверний верстат з ЧПУ по алгоритму [3, Т.2, с.363].

010 Токарна з ЧПУ

Haas DS-30Y BMT65 Токарно револьверний верстат з ЧПУ

Установ А

Точити торець;

Точити поверхню зовнішню циліндричну;

Точити канавку;

Установ Б

Точити торець;

Точити канавку;

Свердлити 7 отворів;

Точити фаски 7 отворів.

Розрахунок режимів різання для поверхні торець:

Визначення величини подачі [3, Т.2, с.366 табл.14].

$S_{\text{чорн}} = 0,5 \text{ мм/об};$

$S_{\text{чист}} = 0,246 \text{ мм/об}.$

Розрахунок швидкості різання для точіння чорнового [5, с.52]:

$$v = \frac{C_v}{T^m t_x^y S^u} K_v;$$

$C_v = 350$ – коефіцієнт умов обробки;

$T^m = 60$ – стійкість інструменту, хв.;

$t_x = 0,5 \text{ мм}$ – глибина різання, мм;

$S = 0,5$ – подача, мм/об;

x, y, m – показники степені [2. с.367 табл.17] ;

$x = 0,15;$

$y = 0,35;$

					КР.ПМ.21.11.08.00.00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$m = 0,2$;

K_v – поправочний коефіцієнт.

$$K_v = K_{\mu v} K_{nv} K_{uv} K_{\varphi v} K_{\varphi lv} K_{rv} K_{qv} K_{ov};$$

$K_{\mu v} = 0,8$ – поправочний коефіцієнт механічних властивостей матеріалу;

$K_{nv} = 0,8$ – поправочний коефіцієнт поверхні заготовки;

$K_{uv} = 1$ – поправочний коефіцієнт матеріалу ріжучої частини;

$K_{\varphi v} = 1,4$ – поправочний коефіцієнт основного кута пластини;

$K_{\varphi lv} = 1$ – поправочний коефіцієнт основного кута пластини;

$K_{rv} = 0,94$ – поправочний коефіцієнт додаткового кута пластини;

$K_{qv} = 1$ – поправочний коефіцієнт радіуса при вершині пластини;

$K_{ov} = 1,04$ – поправочний коефіцієнт виду обробки.

$$K_v = 0,8 \times 0,8 \times 1 \times 1,4 \times 1 \times 0,94 \times 1 \times 1,04 = 1,08;$$

$$v = \frac{350}{60^{0,2} \times 0,5^{0,15} \times 0,5^{0,35}} \times 1,08 = 302 \text{ м/хв};$$

Розрахунок частоти обертання шпинделя [5, с.52].

$$N = \frac{1000v}{\pi D}, \text{ об/хв};$$

$D = 93$ – діаметр заготовки, мм;

$\pi = 3,14$;

$$N = \frac{1000 \times 302}{3,14 \times 93} = 1024 \text{ об/хв};$$

Обираємо фактичну частоту обертання шпинделя $n_\phi = 1100$ об/хв.

Розрахунок фактичної частоти різання [5, с.52].

$$v_\phi = \frac{\pi D n_\phi}{1000}, \text{ мм/об};$$

$$v_\phi = \frac{3,14 \times 93 \times 1100}{1000} = 320 \frac{\text{м}}{\text{хв}};$$

Розрахунок сили різання.

$$P_y = 9,8 C_p t^x S^y v^n K_p, \text{ Н};$$

$C_p = 243$ – коефіцієнт умов обробки;

x, y, n – показники степені; [2. с.372 табл.22]

					КР.ПМ.21.11.08.00.00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$x = 0,9;$$

$$y = 0,6;$$

$$n = -0,3;$$

K_p – поправочний коефіцієнт.

$$K_p = K_{mp} K_{\varphi p} K_{\gamma p} K_{\lambda p} K_{rp};$$

$$K_{mp} = 0,3;$$

$$K_{\varphi p} = 0.44;$$

$$K_{\gamma p} = 1.6;$$

$$K_{\lambda p} = 1;$$

$$K_{rp} = 1.$$

$$K_p = 0,3 \times 0,44 \times 1,6 \times 1 \times 1 = 0,21;$$

$$P_y = 9,8 \times 243 \times 0,5^{0,9} \times 0,5^{0,6} \times 306^{-0,3} \times 0,21 = 321 \text{ Н.}$$

Розрахунок потужності різання [5, с.52].

$$N_{\Pi} = \frac{P_y v}{1000}, \text{ кВт};$$

$$N_{\Pi} = \frac{321 \times 306}{1000 \times 60} = 1,63 \text{ кВт};$$

Розрахунок часу обробки [5, с.53].

$$t_0 = \frac{Li}{NS}, \text{ хв};$$

$L = 42,95$ – довжина оброблюваної поверхні, мм;

$i = 1$ – кількість проходів;

$N = 500$ – частота різання, об/хв;

$S = 0,5$ – величина подачі, мм/об.

$$t_0 = \frac{44,35 \times 1}{1100 \times 0,5} = 0,16 \text{ хв};$$

Розрахунок швидкості різання для точіння чистового [5, с.52]:

$$v = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} K_v,$$

$C_v = 420$ – коефіцієнт умов обробки;

					КР.ПМ.21.11.08.00.00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$T^m = 60$ – стійкість інструменту, хв.;

$t_x = 0,25$ – глибина різання, мм;

$S = 0,246$ – подача, мм/об.;

x, y, m – показники степені [2. с.367 табл.17].

$x = 0,15$;

$y = 0,20$;

$m = 0,20$;

K_v – поправочний коефіцієнт додаткових умов.

$$K_v = K_{\mu v} K_{nv} K_{uv} K_{\varphi v} K_{\varphi lv} K_{rv} K_{qv} K_{ov},$$

$K_{\mu v} = 0,8$ – поправочний коефіцієнт механічних властивостей матеріалу;

$K_{nv} = 0,8$ – поправочний коефіцієнт поверхні заготовки;

$K_{uv} = 1$ – поправочний коефіцієнт матеріалу ріжучої частини;

$K_{\varphi v} = 1,4$ – поправочний коефіцієнт основного кута пластини;

$K_{\varphi lv} = 1$ – поправочний коефіцієнт основного кута пластини;

$K_{rv} = 0,94$ – поправочний коефіцієнт додаткового кута пластини;

$K_{qv} = 1$ – поправочний коефіцієнт радіуса при вершині пластини;

$K_{ov} = 1,04$ – поправочний коефіцієнт виду обробки.

$$K_v = 0,8 \times 0,8 \times 1 \times 1,4 \times 1 \times 0,94 \times 1 \times 1,04 = 0,87,$$

$$v = \frac{420}{60^{0,20} \times 0,25^{0,15} \times 0,246^{0,20}} \times 0,87 = 262 \text{ м/хв};$$

Розрахунок частоти обертання шпинделя [5, с.52].

$$N = \frac{1000v}{\pi D}, \text{ об/хв};$$

$D = 86,1$ – діаметр заготовки, мм;

$\pi = 3,14$;

$$N = \frac{1000 \times 262}{3,14 \times 86,1} = 969 \text{ об/хв};$$

Обираємо фактичну частоту обертання шпинделя $n_\phi = 1000$ об/хв.

Розрахунок фактичної швидкості різання [5, с.52].

$$v_\phi = \frac{\pi D n_\phi}{1000}, \text{ м/хв};$$

					КР.ПМ.21.11.08.00.00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$v_{\phi} = \frac{3,14 \times 86,7 \times 1000}{1000} = 272 \text{ м/хв};$$

Розрахунок сили різання.

$$P_y = 9,8 C_p t^x S^y v^n K_p, \text{ Н};$$

$C_p = 243$ – коефіцієнт умов обробки;

x, y, n – показники степені [2. с.372 табл.22];

$x = 0,9$;

$y = 0,6$;

$n = -0,3$;

K_p – поправочний коефіцієнт.

$$K_p = K_{mp} K_{\phi p} K_{\gamma p} K_{\lambda p} K_{rp}$$

$K_{mp} = 0,3$;

$K_{\phi p} = 0,44$;

$K_{\gamma p} = 1,6$;

$K_{\lambda p} = 1$;

$K_{rp} = 1$.

$$K_p = 0,3 \times 0,44 \times 1,6 \times 1 \times 1 = 0,21;$$

$$P_y = 9,8 \times 243 \times 0,25^{0,9} \times 0,246^{0,6} \times 272^{-0,3} \times 0,21 = 11,5 \text{ Н};$$

Розрахунок потужності різання [5, с.52].

$$N_{\Pi} = \frac{P_y v}{1000}$$

$$N_{\Pi} = \frac{11,5 \times 272}{1000 \times 60} = 0,05 \text{ кВт}$$

Розрахунок часу обробки [5, с.53].

$$t_0 = \frac{Li}{NS}, \text{ хв}$$

$L = 42,95 \text{ мм}$ – довжина оброблюваної поверхні;

$i = 1$ – кількість проходів;

$N = 1000 \text{ об/хв}$ – частота різання;

$S = 0,246 \text{ мм/об}$ – величина подачі.

$$t_0 = \frac{43,35 \times 1}{1000 \times 0,246} = 0,175 \text{ хв}.$$

					КР.ПМ.21.11.08.00.00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок режимів різання для поверхні зовнішня циліндрична:

Визначення величини подачі [3. с.366 табл.14].

$$S_{\text{чорн}} = 0,5 \text{ мм/об};$$

$$S_{\text{чист}} = 0,246 \text{ мм/об}.$$

Розрахунок швидкості різання для точіння чорнового [5, с.52]:

$$v = \frac{C_v}{T^{m_t} S^y} K_v, \text{ м/хв}$$

$C_v = 350$ – коефіцієнт умов обробки;

$T^m = 60 \text{ хв.}$ – стійкість інструменту;

$t_x = 1 \text{ мм}$ – глибина різання;

$S = 0,5 \text{ мм/об}$ – подача;

x, y, m – показники степені; [3. с.367 табл.17].

$x = 0,15$;

$y = 0,35$;

$m = 0,2$;

K_v – поправочний коефіцієнт.

$$K_v = K_{\mu v} K_{nv} K_{uv} K_{\phi v} K_{\phi lv} K_{rv} K_{qv} K_{ov},$$

$K_{\mu v} = 0,8$ – поправочний коефіцієнт механічних властивостей матеріалу;

$K_{nv} = 0,8$ – поправочний коефіцієнт поверхні заготовки;

$K_{uv} = 1$ – поправочний коефіцієнт матеріалу ріжучої частини;

$K_{\phi v} = 1,4$ – поправочний коефіцієнт основного кута пластини;

$K_{\phi lv} = 1$ – поправочний коефіцієнт основного кута пластини;

$K_{rv} = 0,94$ – поправочний коефіцієнт додаткового кута пластини;

$K_{qv} = 1$ – поправочний коефіцієнт радіуса при вершині пластини;

$K_{ov} = 1$ – поправочний коефіцієнт виду обробки.

$$K_v = 0,8 \times 0,8 \times 1 \times 1,4 \times 1 \times 0,94 \times 1 \times 1 = 0,87,$$

$$v = \frac{350}{60^{0,2} \times 1^{0,15} \times 0,5^{0,35}} \times 0,87 = 219 \text{ м/хв};$$

Розрахунок частоти обертання шпинделя [5, с.52].

					КР.ПМ.21.11.08.00.00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$N = \frac{1000v}{\pi D}, \text{ об/хв};$$

$D = 93$ – діаметр заготовки, мм;

$\pi = 3,14$.

$$N = \frac{1000 \times 219}{3,14 \times 88,1} = 792 \text{ об/хв};$$

Обираємо фактичну частоту обертання шпинделя $n_{\phi} = 800$ об/хв.

Розрахунок фактичної швидкості різання [5, с.52].

$$v_{\phi} = \frac{\pi D n_{\phi}}{1000}, \text{ м/хв};$$

$$v_{\phi} = \frac{3,14 \times 88,7 \times 800}{1000} = 190 \text{ м/хв};$$

$$t_0 = \frac{Li}{NS}, \text{ хв};$$

$L = 16,2$ – довжина оброблюваної поверхні, мм;

$i = 1$ – кількість проходів;

$N = 400$ – частота різання, об/хв;

$S = 0,5$ – величина подачі, мм/об.

Розрахунок сили різання [5, с.52].

$$P_y = 9,8 C_p t^x S^y v^n K_p, \text{ Н};$$

$C_p = 67$ – коефіцієнт умов обробки;

x, y, n – показники степені; [3. с.372 табл.22]

$x = 1,2$;

$y = 0,65$;

$n = 0$;

K_p – поправочний коефіцієнт.

$$K_p = K_{mp} K_{\phi p} K_{\gamma p} K_{\lambda p} K_{rp};$$

$K_{mp} = 0,3$;

$K_{\phi p} = 0,44$;

$K_{\gamma p} = 1,6$;

$K_{\lambda p} = 1$;

					КР.ПМ.21.11.08.00.00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K_{rp} = 1;$$

$$K_p = 0,3 \times 0,44 \times 1,6 \times 1 \times 1 = 0,21;$$

$$P_y = 9,8 \times 67 \times 1^{1,2} \times 0,5^{0,65} \times 190^0 \times 0,21 = 88 \text{ Н};$$

Розрахунок потужності різання [5, с.52].

$$N_{\Pi} = \frac{P_y v}{1000};$$

$$N_{\Pi} = \frac{88 \times 190}{1000 \times 60} = 0,28 \text{ кВт};$$

Розрахунок часу обробки [5, с.53].

$$t_0 = \frac{Li}{NS}, \text{ хв};$$

$L = 16,2 \text{ мм}$ – довжина оброблюваної поверхні;

$i = 1$ – кількість проходів;

$N = 700 \text{ об/хв}$ – частота різання;

$S = 0,5 \text{ мм/об}$ – величина подачі.

$$t_0 = \frac{16,9 \times 1}{800 \times 0,5} = 0,085 \text{ хв};$$

Розрахунок швидкості різання для точіння чистового [5, с.70]:

$$v = \frac{C_v}{T^m t_x^x S^y} K_v,$$

$C_v = 420$ – коефіцієнт умов обробки;

$T^m = 60$ – стійкість інструменту, хв.;

$t_x = 0,5$ – глибина різання, мм;

$S = 0,246$ – подача, мм/об;

x, y, m – показники степені; [3. с.367 табл.17]

$x = 0,15$;

$y = 0,20$;

$m = 0,20$;

K_v – поправочний коефіцієнт.

$$K_v = K_{\mu v} K_{nv} K_{uv} K_{\phi v} K_{\phi lv} K_{rv} K_{qv};$$

$K_{\mu v} = 0,8$ – поправочний коефіцієнт механічних властивостей матеріалу;

					КР.ПМ.21.11.08.00.00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$K_{nv} = 0,8$ – поправочний коефіцієнт поверхні заготовки;

$K_{uv} = 1$ – поправочний коефіцієнт матеріалу ріжучої частини;

$K_{\varphi v} = 1,4$ – поправочний коефіцієнт основного кута пластини;

$K_{\phi lv} = 1$ – поправочний коефіцієнт основного кута пластини;

$K_{rv} = 0,94$ – поправочний коефіцієнт додаткового кута пластини;

$K_{qv} = 1$ – поправочний коефіцієнт радіуса при вершині пластини;

$K_{ov} = 1$ – поправочний коефіцієнт виду обробки.

$$K_v = 0,8 \times 0,8 \times 1 \times 1,4 \times 1 \times 0,94 \times 1 \times 1 = 0,87;$$

$$v = \frac{420}{60^{0,20} \times 0,5^{0,15} \times 0,246^{0,20}} \times 0,87 = 236 \text{ м/хв}$$

Розрахунок частоти обертання шпинделя [5, с.45].

$$N = \frac{1000v}{\pi D}, \text{ об/ хв};$$

$D = 86,9$ мм – діаметр заготовки;

$\pi = 3,14$;

$$N = \frac{1000 \times 236}{3,14 \times 88,7} = 874 \text{ об/ хв};$$

Обираємо фактичну частоту обертання шпинделя $n_{\phi} = 900$ об/хв.

Розрахунок фактичної швидкості різання [5, с.45].

$$v_{\phi} = \frac{\pi D n_{\phi}}{1000}, \text{ м/хв};$$

$$v_{\phi} = \frac{3,14 \times 86,7 \times 900}{1000} = 245 \text{ м/хв};$$

Розрахунок сили різання [5, с.45].

$$P_y = 9,8 C_p t^x S^y v^n K_p, \text{ Н};$$

$C_p = 67$ – коефіцієнт умов обробки;

x, y, n – показники степені [2. с.372 табл.22];

$x = 1,2$;

$y = 0,65$;

$n = 0$;

K_p – поправочний коефіцієнт.

$$K_p = K_{mp} K_{\varphi p} K_{\gamma p} K_{\lambda p} K_{rp}$$

					КР.ПМ.21.11.08.00.00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K_{mp} = 0,3$$

$$K_{фp} = 0.44$$

$$K_{γp} = 1.6$$

$$K_{λp} = 1$$

$$K_{rp} = 1$$

$$K_p = 0,3 \times 0,44 \times 1,6 \times 1 \times 1 = 0,21;$$

$$P_y = 9,8 \times 67 \times 0,5^{1,2} \times 0,246^{0,65} \times 245^0 \times 0,21 = 38 \text{ Н};$$

Розрахунок потужності різання [5, с.52].

$$N_{\Pi} = \frac{P_y v}{1000}$$

$$N_{\Pi} = \frac{38 \times 245}{1000 \times 60} = 0,16 \text{ кВт}$$

Розрахунок часу обробки [5, с.53].

$$t_0 = \frac{Li}{NS}, \text{ хв}$$

$L = 16,2$ – довжина оброблюваної поверхні, мм;

$i = 1$ – кількість проходів;

$N = 900$ – частота різання, об/хв;

$S = 0,246$ – величина подачі, об/хв.

$$t_0 = \frac{16,9 \times 1}{900 \times 0,246} = 0,076 \text{ хв.}$$

Розрахунок режимів різання для точіння канавки [5, с.70]:

Режими різання для прорізання канавки обираємо табличним методом [3. с.376 табл.28];.

$S = 0.16$ мм/об;

$v = 23$ м/хв.

Розрахунок частоти обертання шпинделя [5, с.52].

$$N = \frac{1000v}{\pi D}, \text{ об/ хв};$$

$D = 86,9$ мм – діаметр заготовки;

$\pi = 3,14$;

					КР.ПМ.21.11.08.00.00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$N = \frac{1000 \times 23}{3,14 \times 74,1} = 98,85 \text{ об/хв};$$

Обираємо фактичну частоту обертання шпинделя $n_\phi = 100 \text{ об/хв}$.

Розрахунок фактичної швидкості різання [5, с.52].

$$v_\phi = \frac{\pi D n_\phi}{1000}, \text{ м/хв};$$

$$v_\phi = \frac{3,14 \times 74,1 \times 100}{1000} = 23,5 \text{ м/хв}$$

Розрахунок сили різання.

$$P_y = 9,8 C_p t^x S^y v^n K_p, \text{ Н};$$

$C_p = 67$ – коефіцієнт умов обробки;

x, y, n – показники степені [2. с.372 табл.22];

$x = 1,2$;

$y = 0,65$;

$n = 0$;

K_p – поправочний коефіцієнт.

$$K_p = K_{mp} K_{\phi p} K_{\gamma p} K_{\lambda p} K_{rp};$$

$K_{mp} = 0,3$;

$K_{\phi p} = 0,44$;

$K_{\gamma p} = 1,6$;

$K_{\lambda p} = 1$;

$K_{rp} = 1$;

$$K_p = 0,3 \times 0,44 \times 1,6 \times 1 \times 1 = 0,21;$$

$$P_y = 9,8 \times 67 \times 5,2^{1,2} \times 0,16^{0,65} \times 245^0 \times 0,21 = 303 \text{ Н};$$

Розрахунок потужності різання [5, с.52].

$$N_\Pi = \frac{P_y v}{1000};$$

$$N_\Pi = \frac{6 \times 23,5}{1000} = 0,00235 \text{ кВт};$$

Розрахунок часу обробки [5, с.53].

$$t_0 = \frac{L i}{N S}, \text{ хв};$$

$L = 16,2$ – довжина оброблюваної поверхні, мм;

					КР.ПМ.21.11.08.00.00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$i = 1$ – кількість проходів;

$N = 100$ – частота різання, об/хв;

$S = 0,16$ – величина подачі, мм/об.

$$t_0 = \frac{1,8 \times 1}{100 \times 0,16} = 0,1125 \text{ хв.}$$

Розрахунок режимів різання для свердління отворів [5, с.70]:

Розрахунок режимів різання проводимо за алгоритмом [5, с.225].

Розрахунок глибини різання.

$$t = \frac{D}{2}, \text{ мм};$$

$$t = \frac{8,5}{2} = 4,25 \text{ мм};$$

Розрахунок швидкості різання при свердлінні [5, с.228].

$$v = \frac{C_v D^q}{T^{m_{sy}}} K_v, \text{ м/хв};$$

$C = 7$ – коефіцієнт умов обробки;

$D = 8,5$ – діаметр свердла, мм;

$T^m = 30$ – стійкість інструменту, хв;

$S = 0,14$ – подача, мм/об;

z, x, y, m – показники степені [2. с.383 табл.39];

$q = 0,40$;

$y = 0,70$;

$m = 0,20$;

$$K_v = K_{\mu v} K_{nv} K_{uv};$$

$$K_{\mu v} = 0,8;$$

$$K_{nv} = 0,8;$$

$$K_{uv} = 1;$$

$$K_v = 0,8 \times 0,8 \times 1 = 0,64$$

$$v = \frac{7 \times 8,5^{0,40}}{30^{0,20} \times 0,14^{0,70}} \times 0,64 = 33 \text{ м/хв};$$

Розрахунок частоти обертання шпинделя.

					КР.ПМ.21.11.08.00.00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$N = \frac{1000v}{\pi D}, \text{ об/хв};$$

$D = 86,9$ – діаметр заготовки, мм;

$\pi = 3,14$;

$$N_{\Pi} = \frac{1000 \times 33}{3,14 \times 8,5} = 1236 \text{ об/хв};$$

Обираємо фактичну частоту обертання шпинделя $n_{\Phi} = 1300$ об/хв.

Розрахунок сили свердління.

$$P_z = C_p t S^{0.75};$$

$C_p = 200$ – коефіцієнт умов обробки [5, с.228].

$$P_z = 200 \times 4,25 \times 0,14^{0.75} = 194,5 \text{ Н};$$

Розрахунок потужності свердління [5, с.228].

$$N = \frac{P_z v}{1000};$$

$$N_{\Pi} = \frac{194,5 \times 33}{1000 \times 60} = 0,11 \text{ кВт};$$

Розрахунок часу свердління [5, с.229].

$$t_0 = \frac{Li}{NS}, \text{ хв};$$

$L = 16,2$ мм – довжина оброблюваної поверхні;

$i = 1$ – кількість проходів;

$N = 60$ – частота різання, об/хв;

$S = 0,14$ – величина подачі, мм/об.

$$t_0 = \frac{16,2 \times 1}{1300 \times 0,14} = 0,09 \text{ хв}.$$

Розрахунок режимів різання для свердління лунки [5, с.70]:

Розрахунок режимів різання проводимо за алгоритмом [5, с.225].

Розрахунок глибини різання.

$t = 1,73$ – глибина різання, мм.

Розрахунок швидкості різання при свердлінні [5, с.228].

$$v = \frac{C_v D^q}{T m_{sy}} K_v, \text{ м/хв};$$

$C = 7$ – коефіцієнт умов обробки;

					КР.ПМ.21.11.08.00.00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$D = 10$ – діаметр свердла, мм;

$T^m = 30$ – стійкість інструменту, хв;

$S = 0,14$ – подача, мм/об;

z, x, y, m – показники степені [2. с.383 табл.39];

$q = 0,40$;

$y = 0,70$;

$m = 0,20$;

$$K_v = K_{\mu v} K_{nv} K_{uv};$$

$$K_{\mu v} = 0,8;$$

$$K_{nv} = 0,8;$$

$$K_{uv} = 1;$$

$$K_v = 0,8 \times 0,8 \times 1 = 0,64;$$

$$v = \frac{7 \times 10^{0,40}}{30^{0,20} \times 0,14^{0,70}} \times 0,64 = 35,3 \text{ м/хв};$$

Розрахунок частоти обертання шпинделя.

$$N = \frac{1000v}{\pi D}, \text{ об/хв};$$

$D = 86,9$ – діаметр заготовки, мм;

$\pi = 3,14$;

$$N_{\Pi} = \frac{1000 \times 35,3}{3,14 \times 8,5} = 1322 \text{ об/хв};$$

Обираємо фактичну частоту обертання шпинделя $n_{\phi} = 1300$ об/хв.

Розрахунок сили свердління.

$$P_z = C_p t S^{0,75};$$

$C_p = 200$ – коефіцієнт умов обробки [5, с.228].

$$P_z = 200 \times 5 \times 0,14^{0,75} = 228,9 \text{ Н};$$

Розрахунок потужності свердління [5, с.228].

$$N = \frac{P_z v}{1000};$$

$$N_{\Pi} = \frac{228,9 \times 35,3}{1000} = 0,135 \text{ кВт};$$

Розрахунок часу свердління [5, с.229].

					КР.ПМ.21.11.08.00.00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$t_0 = \frac{Li}{NS}, \text{ хв};$$

$L = 1,73$ – довжина оброблюваної поверхні, мм;

$i = 1$ – кількість проходів;

$N = 60$ – частота різання, об/хв;

$S = 0,14$ – величина подачі, мм/об.

$$t_0 = \frac{35,3 \times 1}{1300 \times 0,14} = 0,009 \text{ хв};$$

Розраховані режими різання заносимо в таблицю 2.12

					КР.ПМ.21.11.08.00.00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.12.

Режими різання

Номер операції	Назва операції	Назва поверхні	Перехід	t, мм	S, мм/хв	V, м/хв	N, об/хв	t ₀ , хв
010	Токарна з ЧПУ	Торець	Чорновий	1	0,500	302	1100	0,16
			Чистовий	0,5	0,246	262	1000	0,175
		Зовнішня циліндрична	Чорновий	0,5	0,500	219	800	0,085
			Чистовий	0,25	0,246	236	900	0,076
		Канавка	Чистовий	5,2	0,160	230	100	0,113
		Внутрішня циліндрична	Чистовий	4,25	0,140	33	1300	0,09
		Лунка	Чистовий	1,73	0,140	35,3	1300	0,009
015	Довбальна з ЧПУ	Цівкова	Чистовий	1,45	16,20	14	700	0,73
050	Плоскошліфувальна з ЧПУ	Торець	Чорнове	0,15	0,010	25	1250	0,72
			Чистове	0,035	0,005	30	1400	0,52
055	Плоскошліфувальна з ЧПУ	Торець	Чорнове	0,15	0,010	25	1250	0,72
			Чистове	0,035	0,005	30	1400	0,52
060	Круглошліфувальна з ЧПУ	Зовнішня циліндрична	Чорновий	0,2	0,010	25	1250	0,68
			Чистовий	0,1	0,005	35	1400	0,42
065	Хонінгування	Цівкова	Хонінгування	0,05	0,003	15	500	0,15

КР.ІІМ.21.11.08.00.00.ІІЗ

Лист

2.13. Технічне нормування операцій.

Визначаємо норми часу на виконання обробки в операції 010 Токарна з ЧПУ на верстаті Haas DS-30Y BMT65, для деталі статор по алгоритму[4, ч.1].

Вхідні данні:

1. Операція – токарна з ЧПУ.
2. Верстат – Haas DS-30Y BMT65.
3. Назва деталі – статор НДВЗ 25-01-03.
4. Матеріал – сталь ШХ15.
5. Спосіб установки – токарний патрон.

Встановлюємо кількість часу який необхідний

Визначаємо час на закріплення і зняття деталі.

Деталь має вагу 0,429 кг, тому не має необхідності використовувати підйомні пристрої.

$$T_{\text{вст}} = 0,5 \text{ хв} [4, \text{ч.1, с.57}].$$

Час на запуск обробки деталі на верстаті $T_z = 0,5$ хв.

Для визначення машинного часу підведення інструменту до деталі, треба встановити швидкість холостого руху інструменту. Згідно з паспортом верстата швидкість холостого ходу інструменту – 12 м/хв.

$$T_{\text{підв}} = 0,1 \text{ хв.}$$

Машинно-допоміжний час на зміну інструменту визначаємо по паспорту верстату $T_{\text{мдм}} = 0,01$ хв.

Зміну інструменту під час обробки деталі необхідно виконати 5 разів.

$$T_{\text{мдк}} = 0,01 \times 4 = 0,06 \text{ хв.}$$

Визначаємо час на перевстановлення деталі в патрон контршпинделя використовуючи паспорт верстату.

$$T_{\text{зн}} = 0,4 \text{ хв.}$$

Визначаємо допоміжний час [4, ч.1, с.67].

$$T_{\text{д}} = T_{\text{вст}} + T_z + T_{\text{підв}} + T_{\text{мдк}} + T_{\text{зн}}, \text{ хв};$$

					КР.ПМ.21.11.08.00.00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T_d = 0,5 + 0,5 + 0,1 + 0,06 + 0,4 = 2,16 \text{ хв}$$

Розраховуємо час на обробку деталей [5, ч.1, с.47].

$$T_o = \sum T_{pi}, \text{ хв};$$

T_{pi} – час виконання переходу.

$$T_{p1} = 0,160 \text{ хв};$$

$$T_{p2} = 0,175 \text{ хв};$$

$$T_{p3} = 0,170 \text{ хв};$$

$$T_{p4} = 0,152 \text{ хв};$$

$$T_{p5} = 0,113 \text{ хв};$$

$$T_{p6} = 0,9 \text{ хв.}$$

$$T_{p7} = 0,009 \text{ хв.}$$

$$T_o = 0,160 + 0,175 + 0,170 + 0,076 + 0,113 + 0,09 + 0,009 = 0,793 \text{ хв.}$$

Розраховуємо норми штучного часу [5, ч.1, с.47].

$$T_{ш} = (T_d + T_o)k$$

$k = 1,08$ – коефіцієнт, який враховує витрати часу на організацію та обслуговування робочого місця.

$$T_{ш} = (2,36 + 0,793) \times 1,08 = 3,2 \text{ хв}$$

Результати розрахунків заносимо в таблицю 2.14.

Таблиця 2.14

Результати технічного нормування операцій

Номер операції	$T_{вст}, \text{ хв}$	$T_{підв}, \text{ хв}$	$T_d, \text{ хв}$	$T_o, \text{ хв}$	k	$T_{ш}, \text{ хв}$
010	0,6	0,5	2,24	0,719	1,08	3,20
015	0,6	0,2	0,8	0,73	1,08	1,65
050	0,2	0,3	0,5	1,24	1,08	1,88
055	0,2	0,3	0,5	1,24	1,08	1,88
060	1,5	0,3	1,8	1,1	1,08	3,13
065	0,2	0,1	0,3	0,15	1,08	0,49

3. Конструкторська частина

3.1. Розрахунок та розробка конструкції затискного пристрою.

3.1.1. Опис конструкції та роботи пристрою.

Пристрій затискний (рис 3,1) виконує функцію затиску деталі статор НДВЗ 25-01-03 для подальшого шліфування зовнішньої циліндричної поверхні деталі на круглошліфувальному верстаті 3М151.

Пристрій затискний встановлюється в передню нерухому бабку верстату та складається з корпусу 2, який з'єднаний з планшайбою 3 за допомогою гвинтів 4. Втулка 7 встановлюється на корпус 1 методом посадки з нагрівом і затискається гайкою 11. Шток пневмоциліндра 10 з'єднаний з штовхачем 8 за допомогою муфти 9. Гвинт запобіжний 6 запобігає деформації втулки 7 обмежуючи хід штовхача 8. Гвинт клапанний 5 блокує вихід повітря з камери в гідрапластмасі.

					КР.ПМ.21.11.08.00.00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

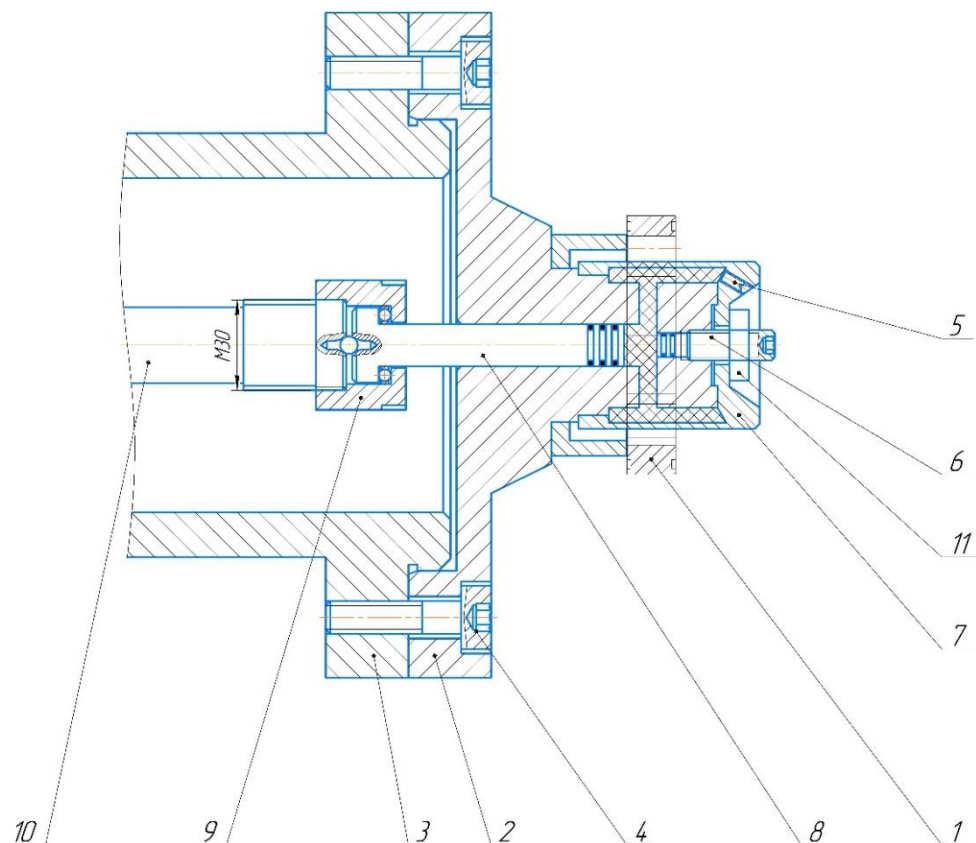


Рис. 3.1 Ескіз затискного пристрою.

1 – деталь; 2 – корпус; 3 – планшайба; 4 – гвинт; 5 – гвинт клапанний;
6 – гвинт запобіжний; 7 – втулка; 8 – штовхач; 9 – муфта; 10 – штовхач;
11 – гайка.

Затискний пристрій (рис 3.2) працює по наступному принципу:

Після вмикання пневмокрана повітря подається через порожнину пневмоциліндра 1 і рухає поршень 2, до якого прикріплений шток 3. Шток 3 рухає штовхач 6, який тисне на гідропрокладку 8. Гідропрокладка 8, яка розширюється та тисне на стінки втулки 9, які фіксують встановлену на неї деталь 7 внутрішньою цівковою поверхнею для подальшого шліфування зовнішньої циліндричної поверхні.

Для розтискання деталі необхідно спрямувати повітря під тиском в штокову порожнину пневмоциліндру, рухаючи поршень 2 до порожнини 1. Разом з поршнем рухається шток 2 та штовхач 3, розтискаючи гідропрокладку 8 і втулку 9, звільнюючи деталь від затиску.

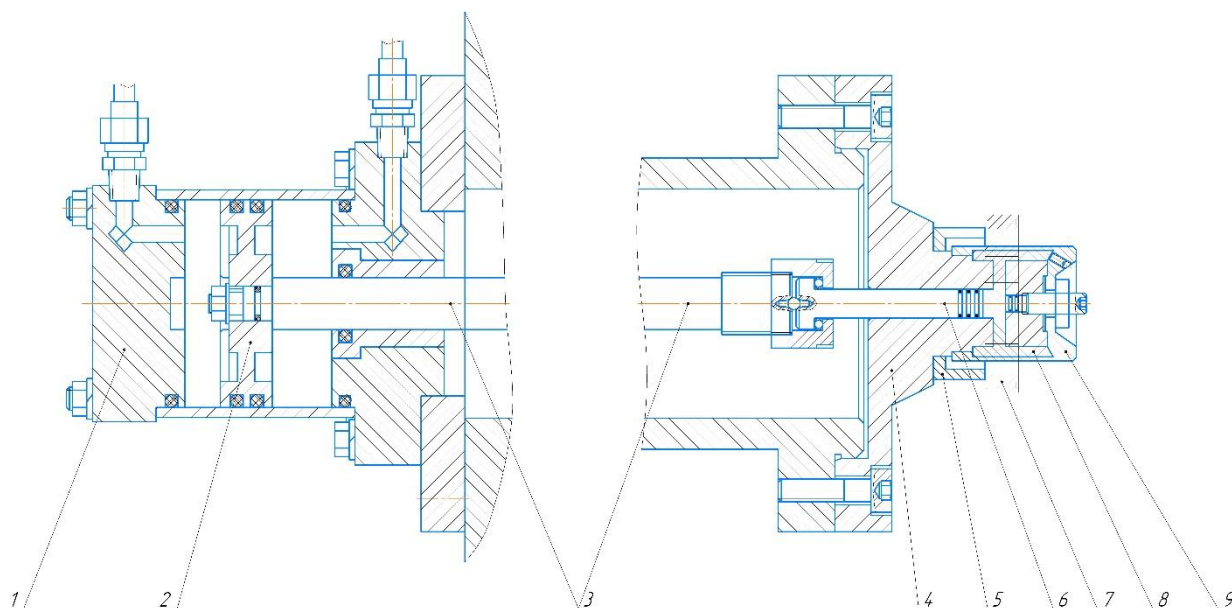


Рис. 3.2 Принцип роботи затискного пристрою.

1 – порожнина пневмоциліндра; 2 – поршень; 3 – пток; 4 – порпус; 5 – упор; 6 – штовхач; 7 – деталь; 8 – гідропрокладка; 9 – втулка.

3.1.2. Розробка схеми базування деталі та розрахунок пристрою на точність.

Розраховуємо точність затискного пристрою та перевіряємо відповідність точності затискного пристрою необхідним вимогам. Для визначення точності затискного пристрою необхідно врахувати:

- точність встановлення деталі;
- точність обробки поверхні;
- відповідність допусків необхідним вимогам;
- відповідність взаємного розміщення поверхонь необхідним вимогам;

Розраховуємо величину допуску точності затискного пристрою.

$$\varepsilon_{np} = T_A - k_m \cdot \sqrt{(k_{m1} \cdot \varepsilon_b)^2 + \varepsilon_z^2 + (k_{m2} \cdot \omega_{m.o})^2},$$

де T_A - допуск на виконуваний розмір;

ε_b - похибка базування деталі;

k_m - коефіцієнт, що враховує відхилення розкиду значень складових величин від закону нормального розподілу ($k_m=0,9-1,2$);

k_{m1} - коефіцієнт, що враховує зменшення граничного значення похибки базування при роботі на налаштованому обладнанні ($k_{m1}=0,8 - 0,85$);

k_{m2} - коефіцієнт, що враховує долю похибки обробки в сумарній похибці, що є наслідком факторів, які не залежать від пристрою ($k_{m2}=0,6 - 0,8$);

$\omega_{m.o}$ - середня економічна точність обробки (визначається по таблицям допустимих похибок для даного методу обробки) [6, с.8-12];

ε_z - похибка закріплення деталі [6, с.16-19];

$$E_{пр} = 0,03 - 1,2\sqrt{(0,8 \cdot 0)^2 + 0 + (0,6 \cdot 0,01)^2} = 0,022$$

3.1.3. Розрахунок сили затиску деталі.

Виконуємо розрахунок сил необхідних для затиску деталі під час виконання операції 015 Довбальна з ЧПУ. Оскільки конструкція пристрою передбачає встановлення деталі на пальці, для забезпечення точності обробки цівкової поверхні та прижим деталі до упорів, то сила різання направлена Р по нормалі до торцю деталі та проти дії приводу затискного механізму.

Напрямки дії сил та моментів вказано на рис 3.3.

					КР.ПМ.21.11.08.00.00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

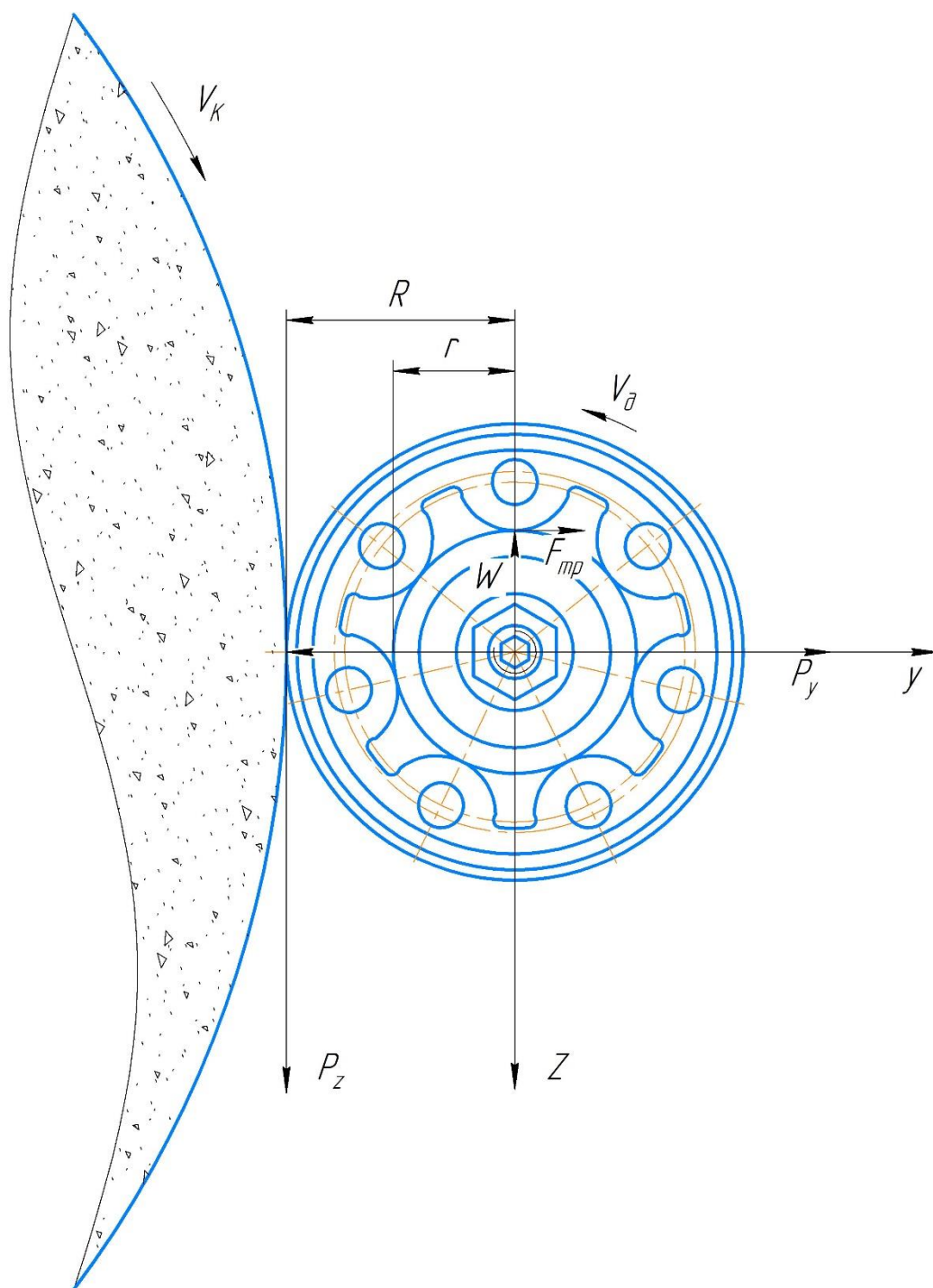


Рис. 3.3 Схема дії сил та моментів в пристрої:

W – сила затиску; Q – сила на штоці пневмоциліндра; P_z – тангенціальна сила різання; P_y – радіальна сила різання; $F_{тр}$ – сила тертя.

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

КР.ПМ.21.11.08.00.00.ПЗ

Лист

Оправка має достатній рівень жорсткості, тому величину P_y можна не враховувати, оскільки вона близька нулю.

Складаємо рівняння рівноваги деталі:

$$\sum M_0 = 0$$

$$M_p = P_z \cdot R$$

$$M_{тр} = F_{тр} \cdot r$$

$$F_{тр} = W \cdot f$$

$$P_z \cdot R + W \cdot f \cdot r = 0$$

$$W = \frac{P_z \cdot R}{f \cdot r}$$

Необхідна сила затиску:

$$W = \frac{P_z \cdot R}{f \cdot r \cdot K}$$

K – коефіцієнт запасу;

R – радіус оброблюваної поверхні;

r – радіус отвору;

P_z – сила різання;

f – коефіцієнт тертя ковзання.

Визначаємо силу різання:

$$P_z = 9,8 \cdot C_p \cdot V_d^r \cdot S_{пв}^y \cdot t^x,$$

C_p – коефіцієнт, що враховує властивості оброблюваного матеріалу, а також умови обробки вибираємо з табл. 22[4];

V_d – швидкість обертання деталі, м/с;

$S_{пв}$ – повздовжня подача, мм/с;

t – глибина різання;

Показники ступенів r, y, x приймаємо по табл. 22[4]: $r = 0,7$, $y = 0,7$, $x = 0,6$.

$$P_z = 9,8 \cdot 2,2 \cdot 40^{0,7} \cdot 0,01^{0,6} = 18 \text{ Н.}$$

					КР.ПМ.21.11.08.00.00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначаємо коефіцієнт запасу:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,5 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,5 = 4,05,$$

K_0 – гарантований коефіцієнт запасу;

K_1 – коефіцієнт враховуючий стан поверхні деталі;

K_2 – коефіцієнт враховуючий зміну сил різання від затуплення інструменту;

K_3 – коефіцієнт враховуючий збільшення сили різання при приривному різанні;

K_4 – коефіцієнт враховуючий постійність сили затиск;

K_5 – коефіцієнт враховуючий наявність крутного моменту.

$$W = \frac{18 \cdot 42,95}{0,1 \cdot 22,875 \cdot 4,05} = 83,5 \text{ Н};$$

Товщина стінок втулки при $l \leq 0,5D$ визначається за формулою:

$$h = 0,02D = 0,02 \cdot 45,75 = 1 \text{ мм.}$$

D – діаметр отвору оброблюваної деталі, мм.

Визначаємо допустиму деформацію оболонки:

$$[\Delta D] = \frac{D \cdot \sigma_T}{E \cdot k},$$

$\sigma_T = 8666 \text{ кгс/см}^2$ – допустима межа пружності матеріалу;

k – коефіцієнт запасу міцності;

E – модуль пружності матеріалу.

$$[\Delta D] = \frac{4,57 \cdot 8566}{2,07 \cdot 10^5 \cdot 1,2} = 0,16 \text{ см};$$

Визначаємо фактичну величину деформації оболонки:

$$\Delta D = \delta_{\max} = 46,6 - 45,75 = 0,85 \text{ мм};$$

Визначаємо зусилля в порожнині оболонки:

$$P_1 = \frac{2Eh\Delta D}{0,95D^2} = \frac{2 \cdot 2,07 \cdot 10^5 \cdot 0,01 \cdot 0,85}{0,95 \cdot 4,75^2} = 164,2 \text{ кгс/см}^2;$$

Визначаємо зусилля з рівності моментів сили різання та сили тертя:

					КР.ПМ.21.11.08.00.00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P_2 = \frac{\sqrt{P_z^2 + P_y^2} \cdot D_1}{\pi D L f} = \frac{\sqrt{41,3^2 + 12,4^2} \cdot 7,7}{3,14 \cdot 4,75 \cdot 16,2 \cdot 0,1} = 13,5 \text{ кгс/см}^2;$$

P_z – тангенціальна сила різання;

P_y – радіальна сила різання, Н;

L – довжина оброблюваної поверхні, мм;

f – коефіцієнт тертя.

Визначаємо діаметр плунжера:

$$d = 2\sqrt{D} = 2\sqrt{45,75} = 13,5 \text{ мм};$$

Приймаємо діаметр плунжера 14 мм.

Визначаємо діаметр циліндра:

$$D_{\text{ц}} = \sqrt{\frac{d^2(P_1 + P_2)}{\rho \cdot \eta}} = \sqrt{\frac{1,4^2(33,1 + 115,2)}{4 \cdot 0,9}} = 8,9 \text{ см};$$

де $\rho = 4 \text{ кгс/см}^2$ - тиск стиснутого повітря;

$\eta = 0,9$ - ККД приводу.

Необхідно визначити хід плунжера l , з об'єму пластмаси V , використовуючи рівняння об'єму $V_1 V_2 V_3$.

V_1 – об'єм який деформує оболонку;

V_2 – об'єм компенсації (0,5 % на кожні 100 кгс/см²);

V_3 – об'єм до стиснення.

Тоді

$$V_1 = \frac{\pi L}{4} [(D + \Delta D)^2 - D^2] = \frac{3,14 \cdot 16,2}{4} [(4,75 + 0,85)^2 - 4,75^2] = 3,8 \text{ см}^3;$$

$$V_2 = 0,005 V_3 \frac{P_1 + P_2}{100} = 0,005 \cdot 28,3 \cdot \frac{33,1 + 115,2}{100} = 0,21 \text{ см}^3;$$

$$V_3 = \frac{\pi L}{4} (D^2 - 2h - 2H) = \frac{3,14 \cdot 16,2}{4} \cdot (4,75^2 - 2 \cdot 0,1 - 2 \cdot 0,07) = 28,3 \text{ см}^3;$$

$H = 0,15D = 0,15 \cdot 45,75 = 0,7 \text{ мм}$ – глибина виточки.

Тому

$$V = \frac{\pi d^2}{4} l = 17,7 \cdot l = V_1 + V_2 = 4,01;$$

					КР.ПМ.21.11.08.00.00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Звідки

$$l = \frac{4,01}{1,3} = 3,1 \text{ см};$$

3.1.4. Вибір силового приводу та його розрахунок.

Визначаємо діаметр пневмоциліндра:

$$D_{\text{ц}} = \sqrt{\frac{4Q}{\pi \cdot \rho \cdot \eta}},$$

де $\rho = 4 \text{ кгс/см}^2$ - тиск стиснутого повітря;

$\eta = 0,9$ - ККД приводу.

$$D_{\text{ц}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 171}{3,14 \cdot 4 \cdot 0,9}} = 8,6 \text{ см} = 86 \text{ мм}.$$

Приймаємо за стандартним рядом $D_{\text{ц}} = 100 \text{ мм}$.

3.1.5. Розрахунок пристрою на міцність.

Основне навантаження під час закріплення деталі в затискному пристрої прикладено до різьбового з'єднання, тому необхідно розрахувати його міцність.

Розраховуємо міцність різьбового з'єднання на зріз.

Схема дії сил вказано на рис. 3.3.

Матеріал деталі - сталь 45 ГОСТ 1050-88.

Умова міцності на зріз $\tau \leq [\tau]$,

τ - границя міцності деталі, Мпа;

$[\tau]$ - допустима границя міцності на зріз 160 Мпа.

Визначаємо умову міцності з'єднання на зріз:

$$\tau = \frac{Q}{\frac{\pi \cdot d^2}{4}},$$

Q - сила, що діє на різьбове з'єднання, Н;

d - діаметр різі, мм.

					КР.ПМ.21.11.08.00.00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\tau = \frac{2112}{\frac{3,14 \cdot 12^2}{4}} = 18,6 \text{ Мпа};$$

Міцність деталі достатня для функціонування пристрою.

3.1.6. Розробка креслення загального виду затискного пристрою.

Виконуємо розробку креслення затискного пристрою використовуючи ГОСТ 3.1107-81. На кресленні виконуємо зображення двох частин пристрою і проекцію А з видом спереду. Виконуємо перерізи вздовж, а також переріз Б-Б.

Проставляємо розміри відповідно ДСТУ Б А.2.4-4:2009. Проставляємо наступні розміри та необхідні посадки:

- а) Габаритні;
- б) Основних деталей;
- с) Установчі.

Вимоги щодо виготовлення пристрою та окремих його деталей вказано на робочих кресленнях.

3.2. Розрахунок та розробка конструкції контрольно-вимірювального пристрою.

3.2.1. Опис конструкції та роботи пристрою.

Пристрій контрольний (рис. 3.4) для деталі статор НДВЗ 25-01-03 призначений для вимірювання розмірів найбільшої і найменшої відстані між торцевими поверхнями. Тому пристрій можна виконати у вигляді штативу із закріпленим на ньому індикатором. Для конструювання пристрою використовуємо ГОСТ 10197-70.

					КР.ПМ.21.11.08.00.00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

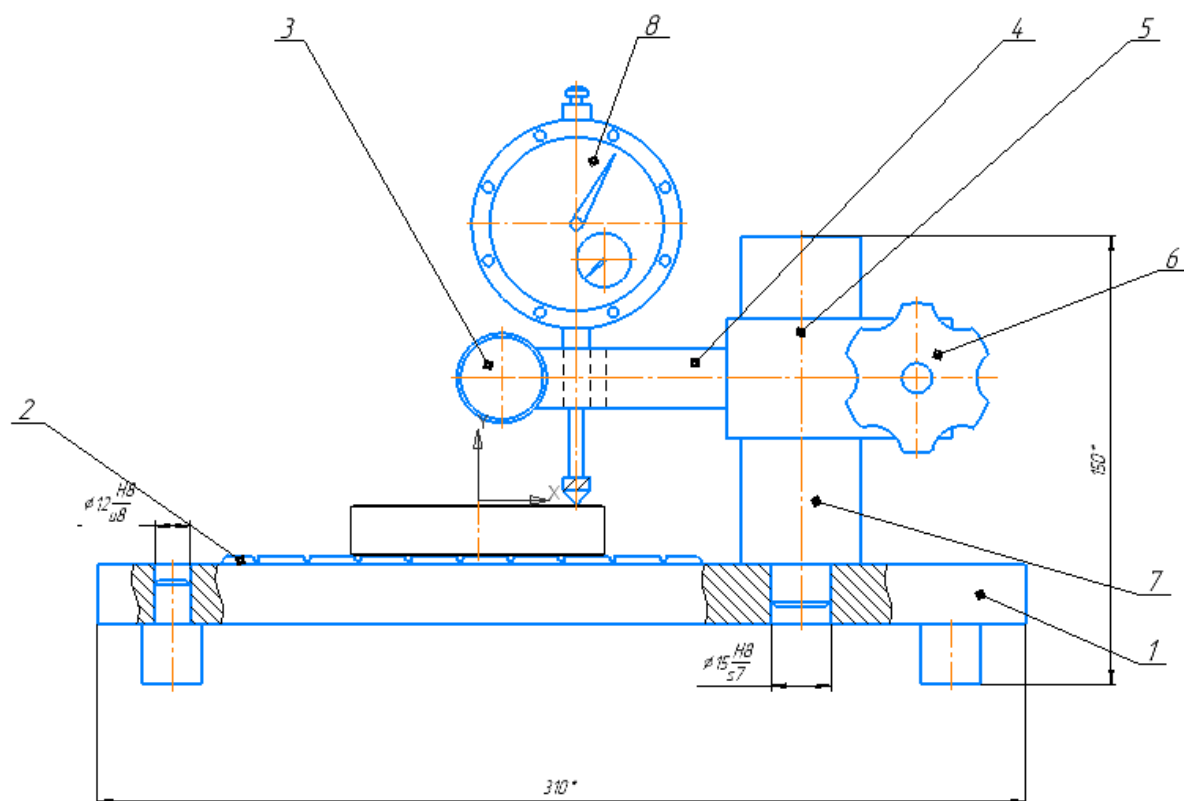


Рисунок 3.4 Пристрій контрольний:

1 – плита; 2 – вимірюючий стіл; 3 – гвинт затиску вимірюючої головки; 4 – стержень; 5 – кронштейн; 6 – гвинт затиску стержня; 7 – колона; 8 – індикатор.

Конструкція пристрою: на плиті 1 встановлюється колона 7 і вимірюючий стіл 2; на колоні 7 закріплений кронштейн 5 який фіксує стержень 6 гвинтом затиску стержня 4; на стержні 7 зафіксовано індикатор 8 за допомогою гвинта затиску стержня 3.

Контроль деталі проводиться шляхом її переміщення по вимірюючому столі 2 із затиснутим на її поверхні наконечник індикатора.

Розраховуємо точність вимірювального засобу

$$\Delta_{вз} = 0,2Ta,$$

Ta – допуск контролюємого параметру.

$$\Delta_{вп} = 0,2 \times 0,005 = 0,001;$$

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

КР.ПМ.21.11.08.00.00.ПЗ

Лист

Згідно з ГОСТ 10197-70 обираємо тип конструкції вимірювального пристрою С-3 і індикатор Kaefer FM1000/80-5S.

Характеристика вимірювального засобу:

Ціна поділки шкали – 0,001 мм;

Діапазон вимірювання – 0-5 мм;

Вимірювальні зусилля – 1,2 Н;

Абсолютна похибка – 0,0001 мм.

3.2.2. Вибір вузлів та елементів пристрою.

Пристрій контрольний для деталі статор НДВЗ 25-01-03 являє собою штатив для закріплення інструменту засобу безпосереднього вимірювання. Основні елементи конструкції: плита, колона і стержень. Плита і стержень з'єднані нерухомо методом запресовки, стержень кріпиться на колоні за кронштейн з можливістю переміщувати його під час зміни деталі. Рухомі елементи фіксуються за допомогою гвинтів.

Дана конструкція є максимально простою у виготовленні та експлуатації, а також повністю задовільняє необхідні вимоги.

3.2.3. Визначення похибок вимірювання і перевірка умови працездатності пристрою.

Конструкторська і вимірювальна база – торцева поверхня, тому похибка базування близька нулю.

$$\Delta_{\text{від}} = 0,2 \cdot 0,0001 = 0,00002 \text{ мкм.}$$

Перевіряється працездатність пристрою

$$\Delta_{\Sigma \text{ вим}} = \sqrt{\Delta_{\text{Б}}^2 + \Delta_{\text{ВД}}^2 + \Delta_{\text{ПП}}^2 + \Delta_{\text{ВЗ}}^2 + \Delta_{\text{ВЗВ}}^2 + \Delta_{\text{Від}}^2}$$

$\Delta_{\text{Б}} = 0$ – похибка базування;

$\Delta_{\text{ВД}} = 1$ – мкм похибка встановлення деталі;

$\Delta_{\text{ПП}} = 0$ – мкм похибка передавального пристрою;

$\Delta_{\text{ВЗ}} = 0,5$ – мкм похибка вимірювального засобу;

					КР.ПМ.21.11.08.00.00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Засіб вимірювання встановлюється без зазору, тому похибка відсутня.

$\Delta_{\text{взв}} = 0$ – похибка встановлення засобу вимірювання;

$\Delta_{\text{від}} = 0,2j$ – похибка відліку;

j – ціна поділки шкали вимірювального засобу.

$$\Delta_{\text{від}} = 0,2 \cdot 0,0001 = 0,00002 \text{ мкм.}$$

$$\Delta_{\Sigma \text{ вим}} = \sqrt{0^2 + 1^2 + 0^2 + 0,5^2 + 0^2 + 0,00002^2} = 1,12$$

Допустима похибка $[\Delta]_{\text{вим}} = 2 \text{ мкм.}$

$$\Delta_{\Sigma \text{ вим}} \leq [\Delta]_{\text{вим}}$$

Умову працездатності дотримано.

					КР.ПМ.21.11.08.00.00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

4. Дослідна частина

4.1. Історія виникнення та області застосування героторних передач (епіциклоїдальних, гіпоциклоїдальних, циклоїдальних, цівкових зачеплень).

Одиним із основних винаходів людини на ряду з колесом є зубчасте колесо, саме воно зіграло велику роль в розвитку людства та технічного прогресу.

Першим видом зачеплення розробленим людиною було цівкове зачеплення. Цівкова передача складається з двох колес: зубчастого і цівкового. Цівкове колесо складається з диску на торці якого розміщено пальці (цівки) по периметру диску (рис 4.1).

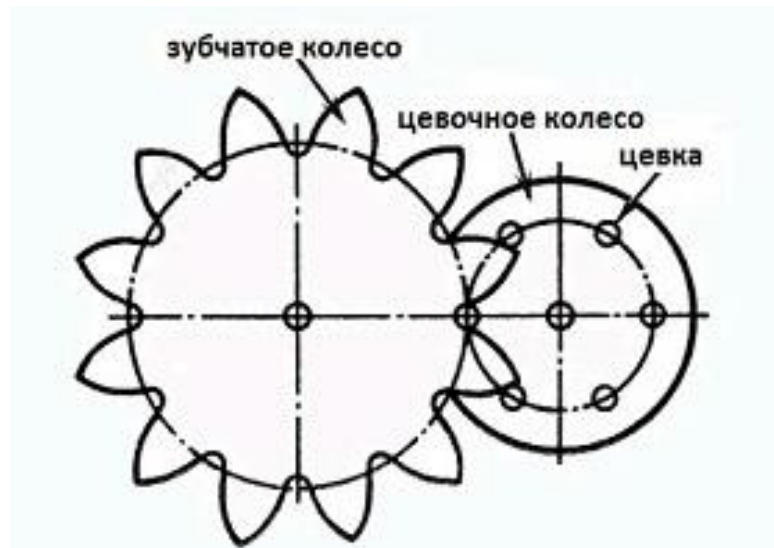


Рис. 4.1 Схема цівкової передачі

Зубчасте колесо має зубці на периферії або торці, які вступають в зачеплення з цівковим колесом для утворення цівкової передачі. Цівкові шестерні виготовлялись з дерева та використовувались переважно в млинах (рис. 4.2). Конструкцію та принцип роботи цівкових передач описав великий італійський вчений Леонардо да Вінчі в 1495 році.



Рис. 4.2 Цівкова передача вітряного млина

В сучасній техніці також використовуються цівкові зачеплення, але вони значною мірою відрізняються від первісних зразків, та використовуються зазвичай в особливо великих механізмах, таких як під'ємні механізми, корабельні гарматні механізми, планетарні механізми та крани (рис. 4.3), оскільки для виготовлення цівкових передач не потребується громіздке обладнання, на відміну від евольвентних, виготовлення яких потребує використання великих за розмірами зубофрезерних верстатів.



Рис. 4.3 Цівковий круг для механізму повороту крана

Цівкові зачеплення набули широкого розповсюдження в гусенечних рушіях (рис 4.4), де замість цівкового колеса використовують гусеницю, яка складається з траків, з'єднаних пальцями.

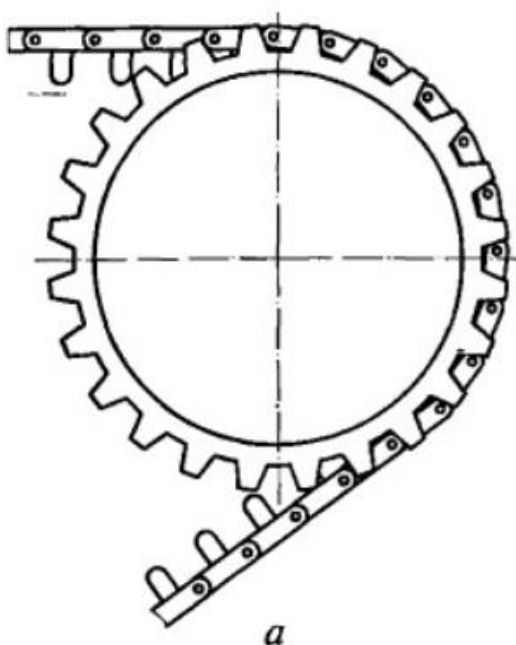


Рис. 4.4 Цівкове зачеплення ведучого колеса гусеничного рушія

Основними перевагами цівкових передач є простота конструкції та можливість виготовлення без використання спеціального обладнання, що

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

КР.ПМ.21.11.08.00.00.ПЗ

Лист

значно зменшує собівартість виготовлення шестерень та можливість виготовлення шестерень практично будь-яких необхідних розмірів. Недоліками є занадто низька точність зачеплення та великі габарити.

Перший образ сучасних шестерень був винайдений в Древній Греції близько 500 року до н. е. Ці шестерні мали круглу форму, так званий епіциклоїдальний профіль, оскільки він утворювався за рахунок кругів які рухались по круговим орбітам. Древні греки застосовували шестерні в багатьох механізмах, кранах та навігаційних пристроях, таких як антикиферський механізм (рис. 4.5).



Рис 4.5 Зубчасте колесо антикиферського механізму

Широкого використання епіциклоїдальні шестерні почали набувати з початку 2 століття нашої ери. 148 року астроном Клавдій Птолемей винайшов механізм для розрахунку руху планет сонячної системи, використовуючи епіциклоїдальні шестерні.

Також великий вклад в розвиток зубчастих передач вніс Леонардо да Вінчі. Він досліджував зубчасті передачі та їх використання в машинах і пристроях (рис 4.6). На основі його винаходів розроблена велика кількість машин і механізмів, які використовуються в сучасному машинобудуванні.

					КР.ПМ.21.11.08.00.00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

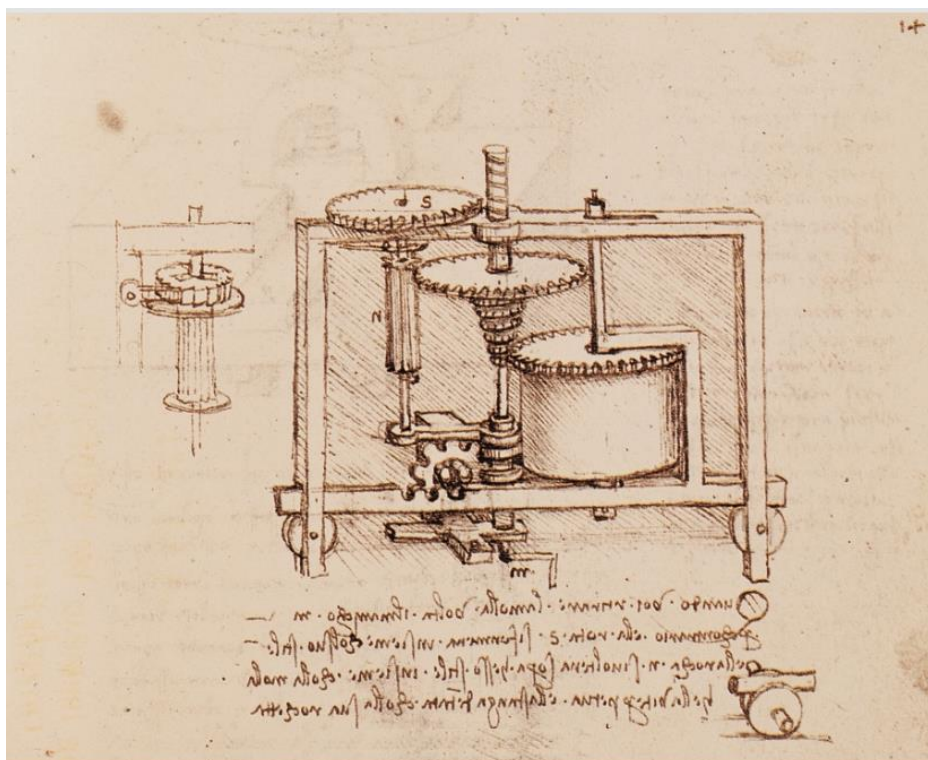


Рис 4.6 Зубчасті передачі Леонардо да Вінчі

Швидкий розвиток зубчастих зачеплень почався в 19 столітті, разом з промисловою революцією. В нових винаходах промислових машин використовувались нові види зачеплень.

В 1802 році Метью Мюррей винайшов гіпоциклоїдальну передачу, для використання в паровому двигуні млина для подрібнення кори (рис 4.7).

					КР.ПМ.21.11.08.00.00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис. 4.7 Гіпоциклоїдний двигун Мюррея

Перевагами гіпоциклоїдної передачі є відносна простота розрахунку контуру, та інструменту для його нарізання, надійність та точність, а також невеликі габарити шестерен. Недоліками є необхідність у використанні спеціального обладнання та інструменту для виготовлення шестерен.

Гіпоциклоїдою є крива яка утворюється коченням кола з певною точкою по внутрішній поверхні іншого кола.

Гіпоциклоїда розраховується наступними формулами:

$$\begin{cases} x = r(k-1) \left(\cos t + \frac{\cos((k-1)t)}{k-1} \right) \\ y = r(k-1) \left(\sin t - \frac{\sin((k-1)t)}{k-1} \right) \end{cases}$$

R – радіус кола що рухається;

r – радіус кола що рухається;

α – кут повороту епіциклоїди;

ϕ – кут нахилу відрізка між центрами осі OX .

Для визначення форми епіциклоїди додаємо параметр $k = R/r$.

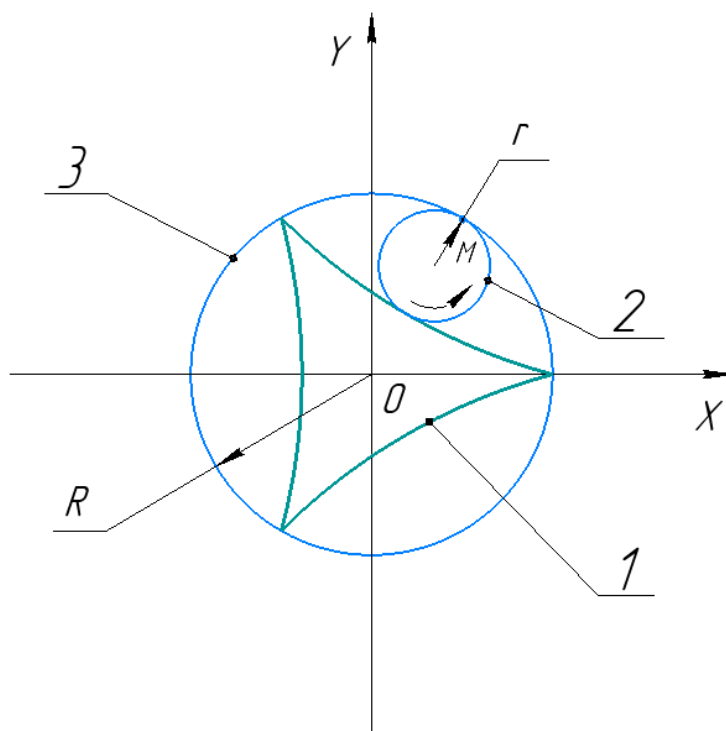


Рис 4.8 Гіпоциклоїда

1 – графік епіциклоїди; 2 – коло що рухається; 3 – нерухоме коло; R – радіус кола кола що не рухається; r – радіус кола що рухається; M – точка на колі.

В 1860 році винайдено циклоїдальну передачу. Брати Філандер та Френсіс Меріон Рутс запатентували двухлопастні циклоїдальні ротори (рис 4.9), які є однією із крайніх форм циклоїдної передачі. Конструкція ротора має назву нагнітач Рутса та використовуються в автомобільних двигунах для нагнітання тиску у впускний колектор.

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

КР.ПМ.21.11.08.00.00.ПЗ

Лист

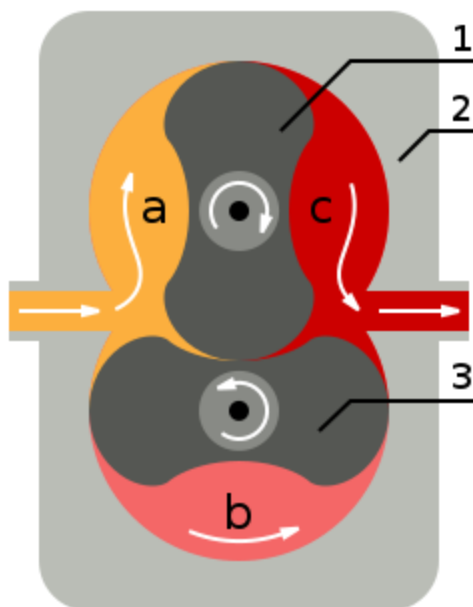


Рис. 4.9 Конструкція нагнітача Рутса:

1– роторна лопасть 1; 2 – корпус насоса; 3– роторная лопасть 2; 4–
впуск; 5 – закачка повітря у впускний колектор.

Перевагами циклоїдальної передачі є висока точність та надійність зачеплення, універсальність та варіативність використання, компактність механізмів які використовують циклоїдальну передачу.

Циклоїдою є крива яка утворюється коченням кола з певною точкою по зовнішній поверхні іншого кола.

Епіциклоїда розраховується наступними формулами:

$$x = rt - r \sin t,$$

$$y = r - r \cos t.$$

r – радіус кола що рухається.

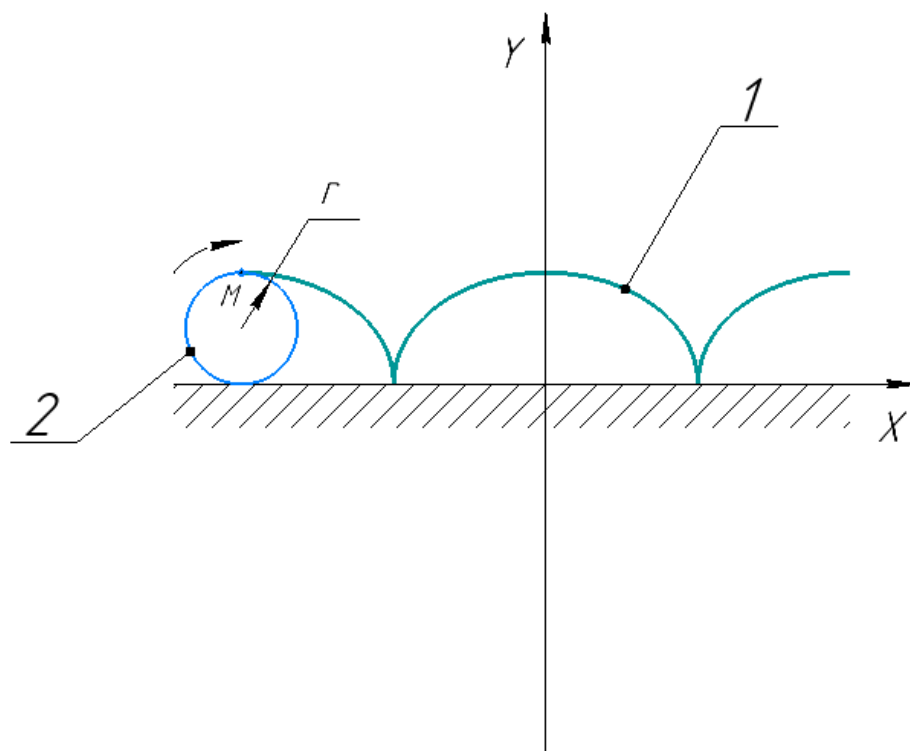


Рис 4.12 Циклоїда

1 – графік епіциклоїди; 2 – коло що рухається; R – радіус кола кола що не рухається; r – радіус кола що рухається; M – точка на колі.

Існує багато різновидів цівкових передач, однією з яких є планетарно-цівкова передача, яка утворюється шляхом розрахунку епіциклоїдальної кривої (рис. 4.13-4.14). Планетарно-цівкова передача запатентована в 1931 році німецьким інженером Лоренцом Браненом.

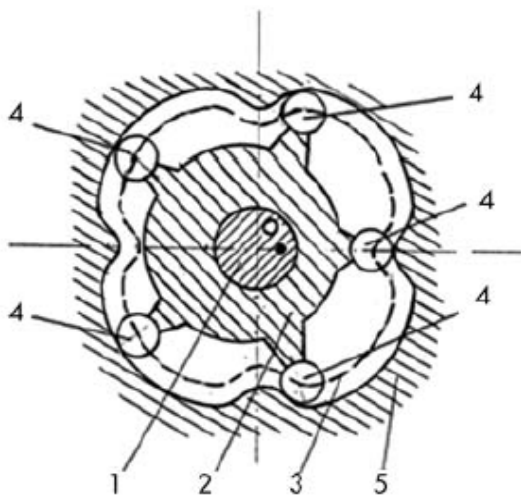


Рис. 4.13 Епіциклоїдальна передача з сепаратором:

1 — Вхідний вал з ексцентриком;
2 — Сепаратор; 3 — Формуюча епіциклоїда; 4 — Ролики; 5 — Профілюєма поверхня корпусу.

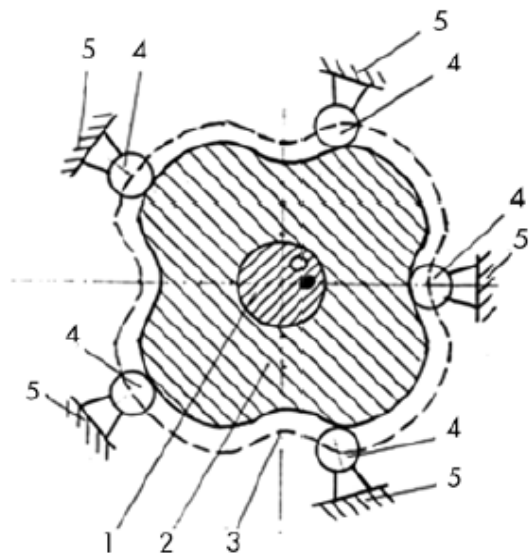


Рис. 4.14 Епіциклоїдальна передача з сателітом:

1 — Вхідний вал з ексцентриком;
2 — Сепаратор; 3 — Формуюча епіциклоїда; 4 — Ролики; 5 — Кріплення на кронштейнах до корпусу.

Епіциклоїдою є крива яка утворюється коченням кола з певною точкою по зовнішній поверхні іншого кола.

Епіциклоїда(рис 4.15) розраховується наступними формулами:

$$\begin{cases} x = (R + r) \cos \varphi - r \cos(\alpha + \frac{R+r}{r} \varphi) \\ y = (R + r) \sin \varphi - r \sin(\alpha + \frac{R+r}{r} \varphi) \end{cases}$$

R – радіус кола кола що не рухається;

r – радіус кола що рухається;

α – кут повороту епіциклоїди;

φ – кут нахилу відрізка між центрами осі OX .

Для визначення форми епіциклоїди додаємо параметр $k = R/r$.

$$\begin{cases} x = r(k + 1) \left(\cos \varphi - \frac{\cos((k+1)\varphi)}{k+1} \right) \\ y = r(k + 1) \left(\sin \varphi - \frac{\sin((k+1)\varphi)}{k+1} \right) \end{cases}$$

Епіциклоїдою є крива яка утворюється коченням кола з певною точкою по зовнішній поверхні іншого кола.

Епіциклоїда(рис 4.15) розраховується наступними формулами:

$$\begin{cases} x = (R + r) \cos \varphi - r \cos(\alpha + \frac{R+r}{r} \varphi) \\ y = (R + r) \sin \varphi - r \sin(\alpha + \frac{R+r}{r} \varphi) \end{cases}$$

R – радіус кола кола що не рухається;

r – радіус кола що рухається;

α – кут повороту епіциклоїди;

φ – кут нахилу відрізка між центрами осі OX .

Для визначення форми епіциклоїди додаємо параметр $k = R/r$.

$$\begin{cases} x = r(k + 1) \left(\cos \varphi - \frac{\cos((k+1)\varphi)}{k+1} \right) \\ y = r(k + 1) \left(\sin \varphi - \frac{\sin((k+1)\varphi)}{k+1} \right) \end{cases}$$

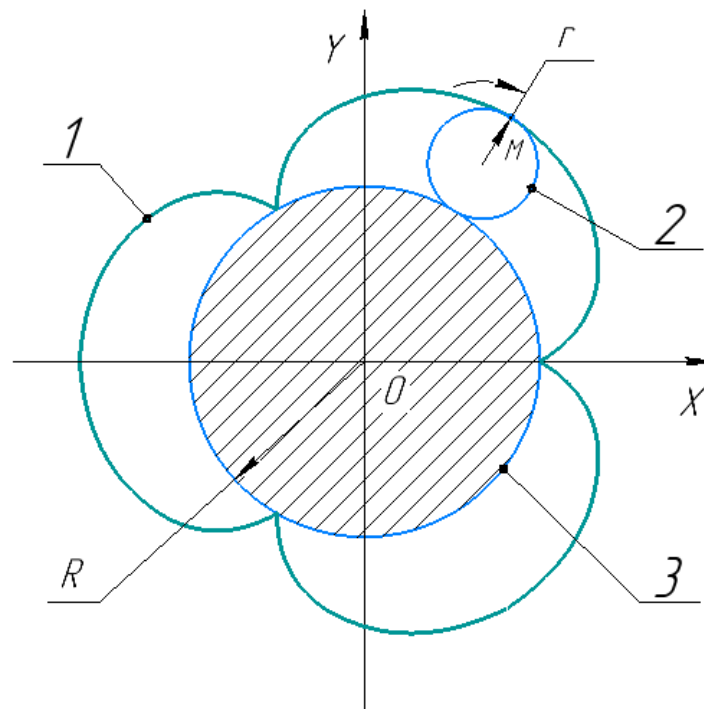


Рис 4.15 Епіциклоїда

1 – графік епіциклоїди; 2 – коло що рухається; 3 – нерухоме коло; R – радіус кола кола що не рухається; r – радіус кола що рухається; M – точка на колі.

Новим і перспективним видом зачеплень є героторне зачеплення яке складає героторний механізм. Героторний механізм базується на роботі двох головних деталей – внутрішнього і зовнішнього роторів, які утворюють героторну передачу. Геротор призначений для переміщення рідини шляхом витискання та засмоктування, а також для функціонування в якості безпоршневого роторного двигуна.

Основу для розробки героторних передач заклали у 18 сторіччі такі вчені як Гелуей, Неш, Тілден, Кули и Ліллі.

Вперше цілеспрямоване дослідження героторних зачеплень почав європейський вчений Майрон Хілл в 1906 році. В 1921 році М. Хілл закінчив розробку першого геротора та запатентував технологію під назвою «Ge-rotor», що означає «згенерований ротор». М. Хілл видав в 1927 році буклет з описом досліджених героторних зачеплень. Сучасні героторні зачеплення використовуються в насосах та двигунах переважно для роботи з рідинами.

4.2. Аналіз способів виготовлення робочих профілів деталей героторних передач.

Методи виготовлення героторних шестерень не відрізняються від звичайних зубчастих шестерень за винятком форми профілів лез металоріжучих інструментів та величин подач.

Розглянемо основні методи обробки внутрішнього цівкового зачеплення деталі статор.

Оскільки цівкове зачеплення деталі «статор» внутрішнє, то маємо обмежену кількість методів обробки, оскільки виникають труднощі з розміщенням інструменту для нарізання цівкового профілю. Також необхідно розглянути лише точні методи обробки які забезпечують максимальну якість і точність виготовлення деталей.

Зубці нарізаються в заготовці за допомогою відповідного ріжучого інструменту. Шестерні виготовленні за допомогою нарізання мають

					КР.ПМ.21.11.08.00.00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

найбільшу точність та міцність, використовуються в найбільш важливих механізмах. Нарізання ділиться на два методи: копіювання та обкатки.

Суть методу копіювання полягає в нарізанні профілю зубців лезовим інструментом, профіль якого має форму профілю зубця, частини зубця або рухається по траєкторії відповідній профілю зубця. До методу копіювання належать: фрезерування дисковою фрезою, фрезерування пальцевою фрезою та протягування(прошивання) зубчатого вінця.

Для виготовлення внутрішнього цівкового профілю можна використати нарізання дисковою фрезою та протягування.

Методи обробки лезовими інструментами.

Фрезерування пальцевою фрезою.

Сучасні верстати з ЧПУ дозволяють керувати складною траєкторією руху інструменту, що дозволяє використовувати пальцеві фрези для нарізання контуру цівок (рис. 4.16). Верстат з ЧПУ програмується рух шпинделя з встановленою пальцевою фрезою по огинаючій траєкторії відповідній контуру шестерні. Пальцева фреза обертається навколо осі та оброблює нерухомо закріплену заготовку лезами встановленими на зовнішній циліндричній поверхні. Даний метод можна використовувати тільки на верстатах з ЧПУ, шпиндель яких здатен рухатись по складній траєкторії.

Перевагами даного способу є достатня точність та продуктивність обробки, оскільки обробка виконується на верстатах з ЧПУ багатолезовим інструментом, що здатен знімати значні шари матеріалу не втрачаючи точності оброблених поверхонь за рахунок контролю навантажень різання та відхилення від траєкторії системами верстату, гнучність застосування інструменту, характеризується універсальність обробки будь якого профілю. Недоліки: висока собівартість та складність обладнання, необхідність у висококваліфікованому персоналі для обслуговування обладнання.

					КР.ПМ.21.11.08.00.00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

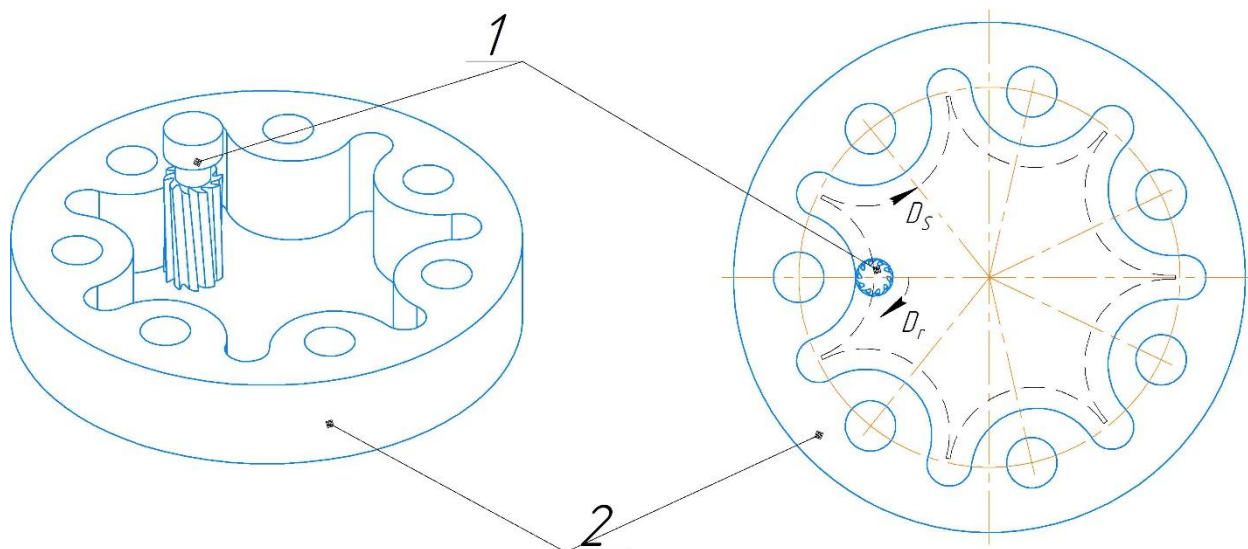


Рис. 4.16 Нарізання цівок пальцевою фрезою:

1 – пальцева фреза; 2 – заготовка; D_s – траєкторія руху фрези; D_r –
направлення обертання фрези.

Протягування(прошивання) внутрішнього цівкового профілю.

Даний метод нарізання зубців є найрізноманітнішим з описаних, оскільки для протягування використовуються інструменти різних форм і конструкцій в залежності від оброблюваної деталі. Інструмент протяжка (рис. 4.17) може бути виконаний у формі диску, рейки та прутка, в залежності від призначення. Рейкова протяжка має форму рейки із кількома секціями зубців у формі профіля впадини зуба які виконують різання при поступальній подачі інструменту. Дискова протяжка виконана у формі диску, на периферії якого є декілька секцій зубців для нарізання впадин між зубцями. Після нарізання впадини заготовка повертається на необхідний кут за допомогою ділильної головки, тому точність виконання деталі аналогічна нарізанню фрезами, але форма поверхні більш точна. Фреза у формі прутка має декілька секцій зубців у формі впадини між зубцями, які встановлені вздовж заготовки та по всьому периметру протяжки, тому не має необхідності обертати заготовку оскільки всі впадини нарізаються одночасно. Є можливість встановлювати декілька заготовок поспіль для підвищення продуктивності обробки, без втрат в

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

КР.ПМ.21.11.08.00.00.ПЗ

Лист

точності. Метод протягування доцільно застосовувати в масовому типі виробництва. В деяких довідниках виділяють два види операцій – протягування та прошивання. При протягуванні закріплений інструмент тянеться вздовж вісі обробки, а при прошиванні штовхається. Також слід виділити, що протягування специфічний метод обробки зубчастих колес через занадто велику дороговизну інструменту та складність в його обслуговуванні, також низьку гнучкість обробки.

Перевагами даного методу є достатня продуктивність при обробці декількох деталей одночасно та висока точність виготовленого цівкового профілю. Недоліки: висока вартість інструменту та обладнання, висока складність обслуговування інструменту, а саме складність та неможливість переточки інструменту, необхідна висока точність його встановлення для зменшення вірогідності його поломки, обмежена гнучкість обробки оскільки кожен інструмент можна використовувати тільки для однієї форми поверхні.

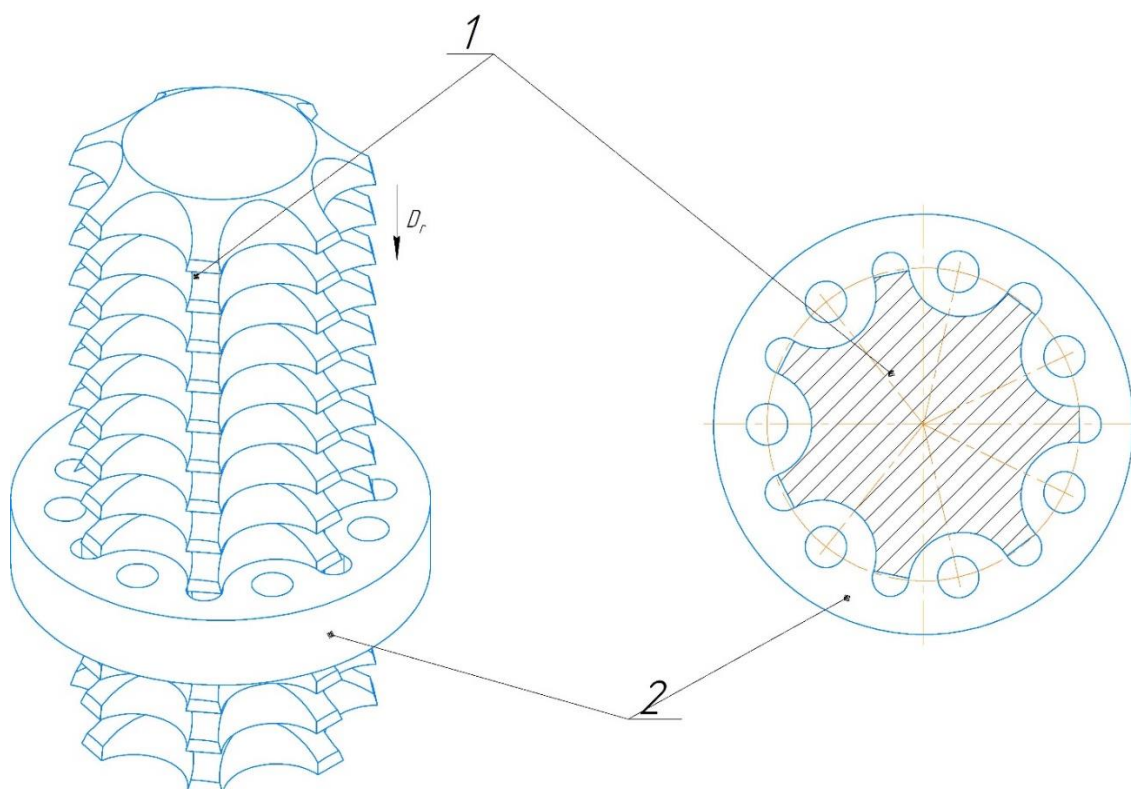


Рис. 4.17 Протяжка для виготовлення цівкового профілю:

1 – протяжка; 2 – паготовка; D_r – направлення руху протяжки.

Метод обкатки.

Суть методу обкатки полягає в поступовому нарізанні зубців шестерні шляхом поступальних рухів інструменту відносно заготовки та їх узгодженному обертанню. Ріжучі леза мають спеціально розраховану форму для поступового, точного нарізання зубців. До методу обкатки належать: фрезерування черв'ячною фрезою, фрезерування зуборізною головкою, зубодовбання довбачем, нарізання зубців інструментальною рейкою.

Для виготовлення деталі «статор» можна використовувати тільки зубодовбання, оскільки інші інструменти занадто габаритні.

Зубодовбання.

Зубодовбання розповсюджений метод утворення зубчатого профілю, але має меншу продуктивність порівняно з іншими методами. Довбання виконується багатозубим довбачем (рис. 4.18), який має зубці з лезами розміщеними по периметру, профіль яких має форму цівок. Довбач 1 встановлений паралельно осі заготовки 2 та виконує зворотно-поступальні рухи, обертаючись навколо осі узгоджено з заготовкою 2, поступово знімаючи невеликі шари металу і утворюючи цівковий профіль.

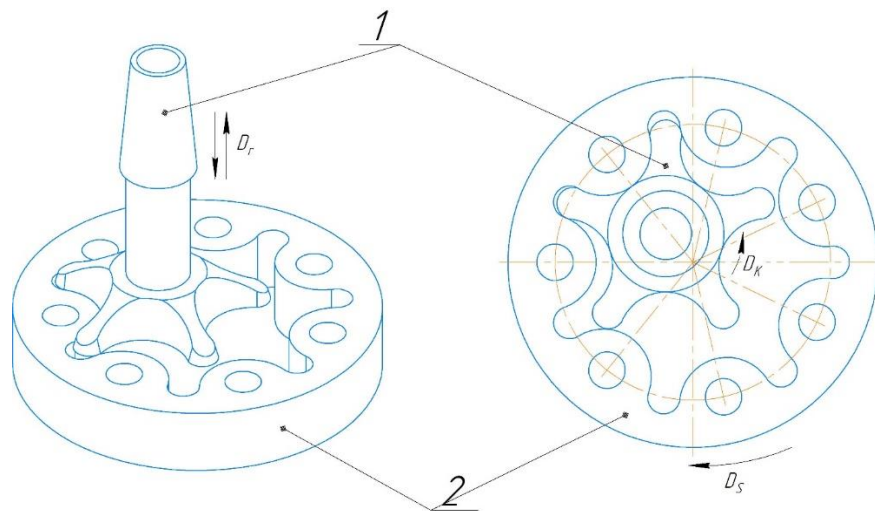


Рисунок 4.18 Нарізання цівкового профілю довбачем:

1 – багатозубий довбач; 2 – заготовка; D_k – напрямлення обертання довбача; D_r – напрямлення основного руху довбача, D_s – напрямлення обертання заготовки.

Довбач для нарізання цівок може мати різну кількість зубців в залежність від конструкції деталі. Нарізання цівок довбачем з одним зубом (рис. 4.19) відрізняється тим, що інструмент не обов'язково здійснює обератальний рух. Однозубий довбач виконує тільки зворотно-поступальні рухи відносно осі заготовки, яка обертається.

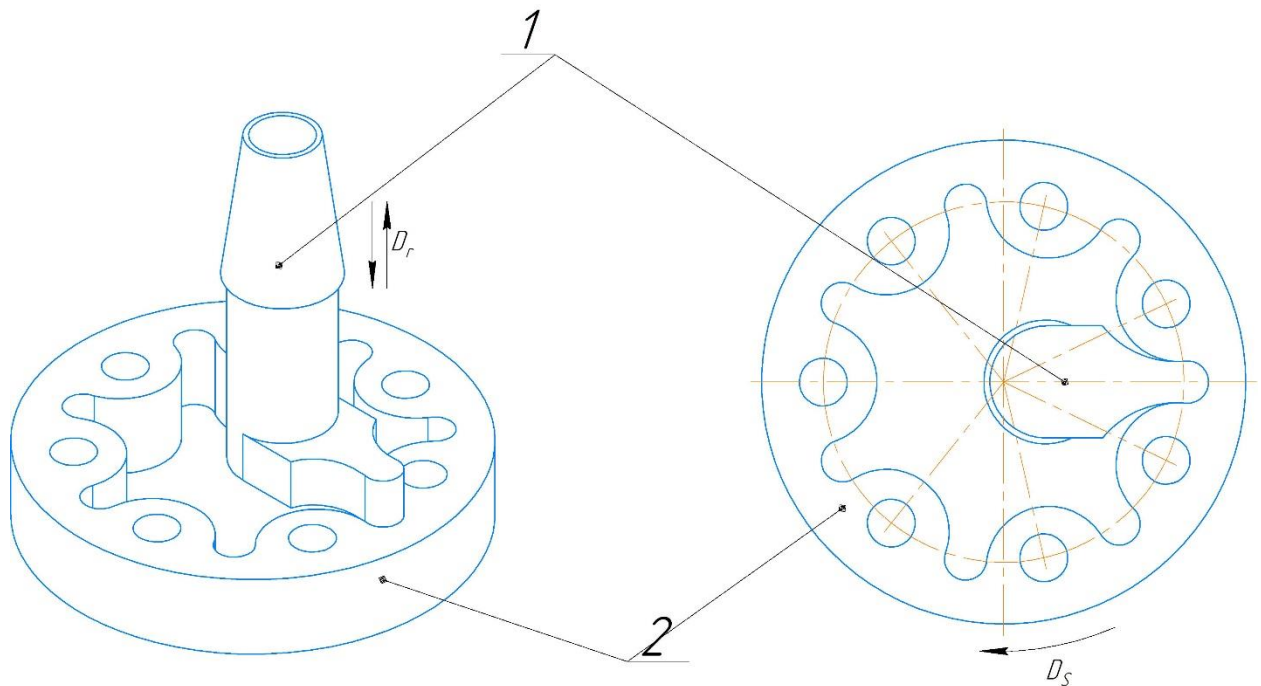


Рис. 4.19 Довбання однозубим довбачем:

1 – однозубий довбач; 2 – заготовка; D_r – напрямлення основного руху довбача, D_s – напрямлення обертання заготовки.

Також, замість довбача можна використовувати різець або кілька різців, але це призведе до суттєвого зменшення продуктивності. Довбання можна використовувати для нарізання як зовнішнього, так і внутрішнього зубчастого вінця, тому цей метод добре підходить для виготовлення деталі статор.

Перевагами зубодовбання є достатня точність обробки, для використання в малосерійному та середньосерійному типах виробництва. Недоліками - низька продуктивність порівняно з іншими методами, висока вартість інструментів та обладнання, складність наладки та обслуговування обладнання.

Зубообробка абразивним інструментом.

Для найбільш важливих деталей механізму використовують додаткову обробку зубців шестерні з метою підвищення точності та якості деталі.

Основними методами додаткової обробки є шліфування та хонінгування.

Шліфування.

Шліфування виконується шліфувальним кругом (рис. 4.20) конструкції яка є найбільш раціональною для даної форми зуба. Шліфування цівкових шестерень можна виконати циліндричним абразивним інструментом, який буде рухатись по профілю шестерні, знімаючи тонкий шар матеріалу.

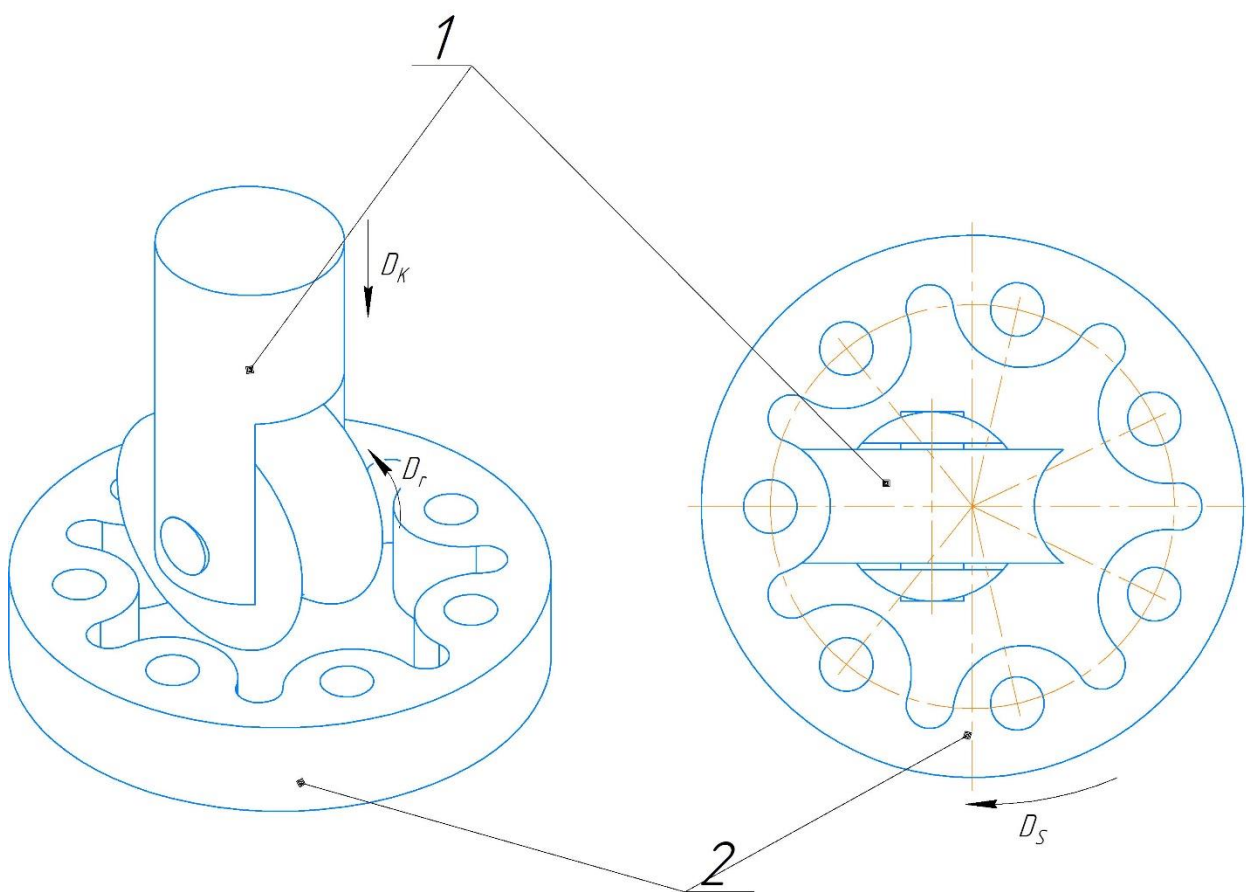


Рис. 4.20 Шліфування цівок внутрішнього цівкового профілю:

1 – шліфувальний круг; 2 – заготовка; D_K – напрямлення руху круга; D_r – напрямлення основного руху круга; D_s – напрямлення обертання заготовки.

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

КР.ПМ.21.11.08.00.00.ПЗ

Лист

Перевагами шліфування абразивним інструментом є невелика вартість інструменту, оскільки його виготовлення не потребує складних технологій та цінного матеріалу, висока точність обробки яку забезпечує шліфувальний круг. Недоліками – висока вартість та складність обладнання, оскільки деталь має нестандартну форму та невеликі розміри та необхідність в дотриманні високої точності обробки.

Хонінгування.

Хонінгування виконується інструментом під назвою хон (рис 4.21), на якому закріплені підпружинені пластинки з абразивним матеріалом, які тиснуть на цівки. Інструмент здійснює поступальні рухи шліфуючи поверхню зубців.

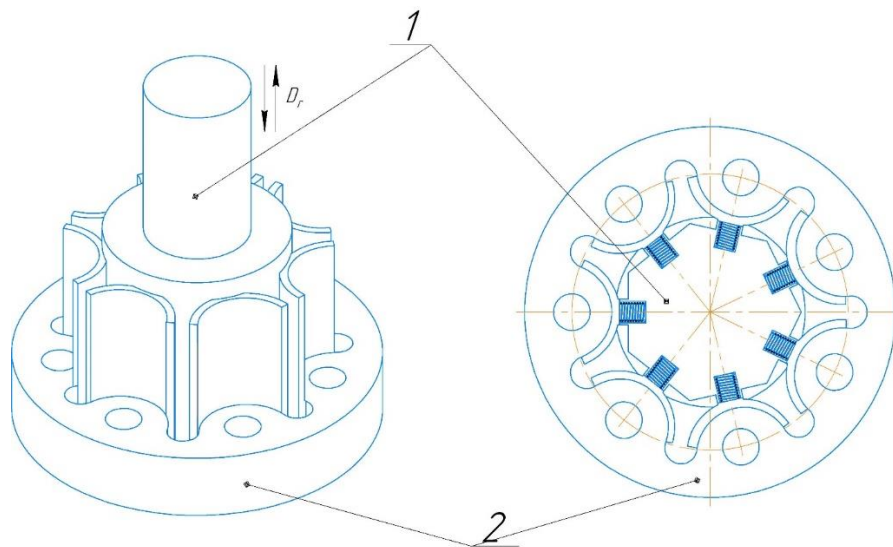


Рисунок 4.21 Хонінгування цівкового профілю:

1 – хон; 2 – заготовка; D_k – напрямлення руху круга; D_r – напрямлення основного руху хону.

Перевагами хонінгування є висока точність обробленої поверхні та простота обладнання, оскільки інструмент при обробці здійснює тільки зворотно-поступальні рухи відносно нерухомо закріпленої деталі. Недоліками – висока вартість інструменту та складність його виготовлення,

оскільки конструкція має велику кількість деталей серед яких є абразивні пластинки увігнутої форми.

Висновок.

Серед розглянутих лезових методів обробки деталі «статор», не можна виділити універсальний метод, оскільки кожен із методів підходить для конкретного типу виробництва та конструкції деталі. Абразивні методи обробки можна використовувати фінішної обробки профілю внутрішньої цівкової поверхні для підвищення точності.

Проаналізувавши розглянуті способи лезових методів обробки деталі «статор», можна зробити висновок, що для середньосерійного типу виробництва раціонально використовувати спосіб довбання однозубим або багатозубим довбачем. У зв'язку з тим, що продуктивність багатозубого довбача вища ніж однозубого, в подальшому досліджуємо обробку багатозубим дисковим довбачем.

4.3. Мета роботи та задачі дослідження.

Основною метою дослідження є визначення оптимального профілю інструменту для забезпечення найбільшої точності та продуктивності обробки дисковим довбачем при допустимій економічній собівартості. Для досягнення поставленої мети необхідно виконати наступні задачі:

1. Дослідити способи обробки дисковим довбачем в умовах обкату;
2. Розробити методику проектування інструмента;
3. Визначити оптимальний профіль інструмента та кількість зубців;
4. Розробити схему способу нарізання внутрішнього цівкового профілю дисковим довбачем;
5. Розробити методику проектування інструменту;
6. Розробити технологію виготовлення інструменту.

					КР.ПМ.21.11.08.00.00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

4.4. Графоаналітичний синтез теоретичного верстатного зачеплення інструмент–оброблюване цівкове колесо.

Виконуємо графічний та аналітичний синтез верстатного зачеплення інструмента і колеса під час обробки цівкової поверхні, щоб отримати формули які визначають профіль інструмента.

Методом профільних нормалей виконуємо графічний та аналітичний синтез верстатного зачеплення інструмента і колеса [10].

Схема графічного синтезу верстатного зачеплення інструмент–оброблюване цівкове колесо представлена на рис. 4.22.

Вихідні данні для проведення синтезу згідно рис. 4.22:

e – величина ексцентриситету ПЕПВЗ;

$Z_{з.к.}$ – кількість зубців зубчастого колеса;

r – радіус цівки цівкового колеса;

$R_{ц.к.}$ – радіус ділильного кола цівкового колеса;

φ – кут обкатки;

ψ – кут ділення центроїди цівкового колеса;

p_d – кількість точок ділення;

$Z_{ц.к.}$ – кількість цівок цівкового колеса;

$r_{ц.к.}$ – радіус центроїди цівкового колеса.

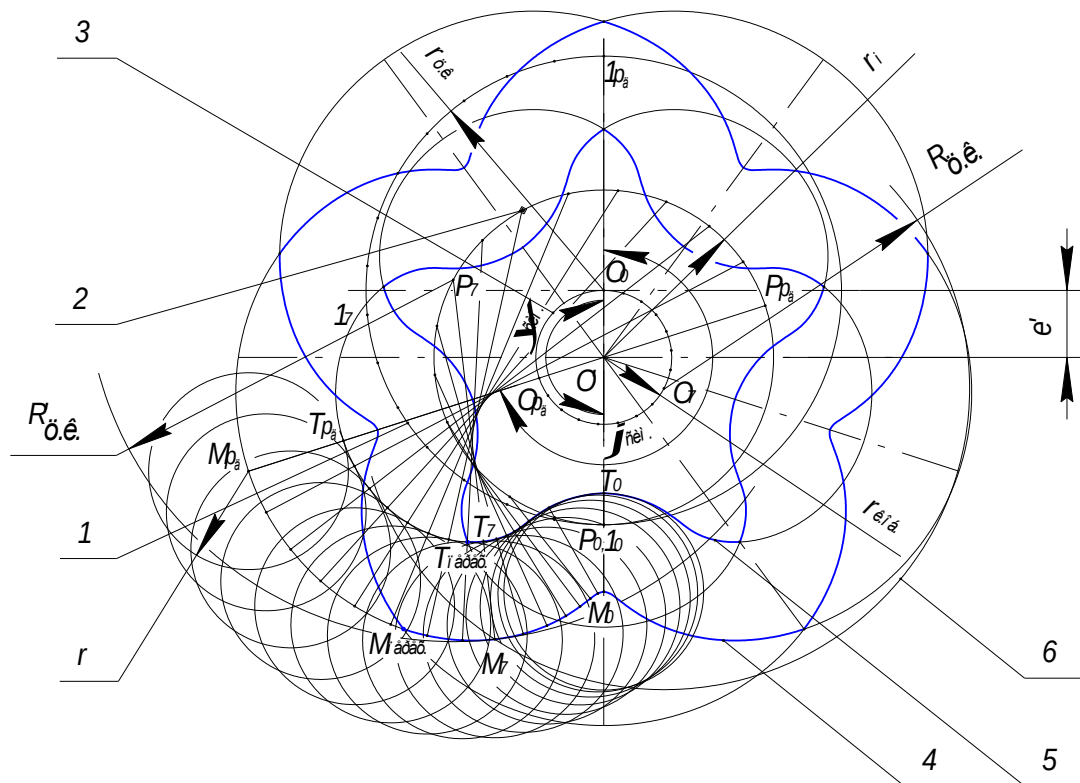


Рис. 4.22 Графічний синтез зачеплення інструмент-цівкове колесо, яке оброблюється:

1 – центроїда оброблюваного цівкового колеса; 2 – центроїда інструмента; 3 – коло обкату; 4 – епіциклоїдальна крива; 5 – еквідистанта до епіциклоїдальної кривої; 6 – коло центрів цівок цівкового колеса; $O_0...O_{P\delta}$ – точки положення рухомого центру центроїди цівкового колеса; O' – нерухомий центр центроїди інструмента та кола обкату; $P_0...P_{P\delta}$ – точки ділення центроїди інструмента, що визначають полюс зачеплення; $1_0...1_{P\delta}$ – точки ділення центроїди оброблюваного цівкового колеса; $M_0...M_{P\delta}$ – точки, які утворюють епіциклоїдальну криву; $T_0...T_{P\delta}$ – точки, які утворюють еквідистанту до епіциклоїдальної кривої.

Виконуємо розрахунки використовуючи дані отримані під час дослідження умов обробки і рисунку 4.22:

Визначаємо кількість зубців інструмента.

$$1 \leq z_i \leq z_{ц.к.} - 1,$$

Визначаємо радіус центроїди інструмента.

$$r_i = e z_i,$$

Визначаємо величину ексцентриситету в зачепленні інструмент-цівкове колесо, яке оброблюється інструмента.

$$e' = r_{ц.к.} - r_i,$$

$r_{к.об.}$ – радіус кола обкату:

$$r_{к.об.} = e',$$

Щоб отримати криву 5, необхідно перемістити центр O_0 центроїди цівкового колеса 1 по колу обкату 3 на кут φ , переміщуючись в результаті обкочування.

Розраховуємо кут φ .

$$\varphi = 360^\circ \frac{z_{ц.к.}}{z_i}$$

Так як цівковий профіль симетричний, то достатньо визначити цівковий профіль симетрично ділянки в межах кута $\varphi_{сим.}$.

Розраховуємо кут $\varphi_{сим.}$.

$$\varphi_{сим.} = 180^\circ \frac{z_{ц.к.}}{z_i}$$

Ділимо коло обкату з точки O_0 і центроїду інструмента з точки P_0 на n рівних частин рівних куту $\varphi_{сим.}$.

Ділимо центроїду цівкового колеса з точки 1_0 на n рівних частин рівних куту $\psi_{сим.}$.

Розраховуємо кут перекочування центроїди цівкового колеса.

$$\psi_{сим.} = \frac{Z_i}{Z_{ц.к.}} \varphi_{сим.}$$

M_O - центр цівки утворений на колі центрів цівок 6. Проводимо коло радіусом $R_{ц.к.}$ з точок $O_1...O_n$. Проводимо коло радіусом $R'_{ц.к.}$ з точок $P_1...P_n$.

По перетину кіл відмічаємо точки $M_1...M_n$, по яких будуємо епіциклоїдальну криву 4.

Через точки $M_0...M_n$ та $P_0...P_n$ проводимо прямі, на прямих відмічаємо точки $T_0...T_n$. Через точки $M_0...M_n$ проводимо коло з радіусом цівки r . Використовуючи побудовані елементи, визначаємо криву повного профілю зуба інструмента 5 в межах кута $\varphi_{сим.}$. Крива 5 ділиться на дві ділянки: допоміжну $T_{пер.}T_n$ та робочу $T_0T_{пер.}$.

Будуємо розрахункову схему (рисунок 4.23).

Використовуємо трикутник M_7NO_7 для розрахунку координат епіциклоїдальної кривої:

- Кут $M_7NO_7 = 90^\circ$
- $M_7O_7 = R_{ц.к.}$
- Кут $M_7O_7N = \varphi - \psi = \theta$,

$$\theta = \varphi \frac{Z_{ц.к.} - Z_i}{Z_{ц.к.}}$$

Визначаємо сторони NM_7 та NO_7 трикутника.

$$NM_7 = R_{ц.к.} \sin \varphi \frac{Z_{ц.к.} - Z_i}{Z_{ц.к.}}$$

$$NO_7 = R_{ц.к.} \cos \varphi \frac{Z_{ц.к.} - Z_i}{Z_{ц.к.}}$$

Використовуємо для розрахунків трикутник $O'FO_7$:

- Кут $O'FO_7 = 90^\circ$
- $O'O_7 = e'$
- Кут $O'O_7F = 180^\circ - \varphi$.

Розраховуємо сторони $O'F$ та O_7F трикутника.

$$O'F = e' \sin(180^\circ - \varphi) = e' \sin \varphi$$

$$O_7F = e' \cos(180^\circ - \varphi) = -e' \cos \varphi$$

Визначаємо координати епіциклоїдальної кривої 4 використовуючи попередні формули та рисунок 4.23.

$$x = NM_7 - O'F = R_{ц.к.} \sin \varphi \frac{Z_{ц.к.} - Z_i}{Z_{ц.к.}} - e' \sin \varphi$$

$$y = NO_7 + O_7F = R_{ц.к.} \cos \varphi \frac{Z_{ц.к.} - Z_i}{Z_{ц.к.}} - e' \cos \varphi$$

Використовуємо для розрахунків трикутник $P_7O_7M_7$:

- Кут $P_7O_7M_7 = \psi$

- $O_7 M_7 = R_{u.K.}$
- $P_7 O_7 = r_{u.K.}$

За теоремою косинусів сторона P_7M_7 :

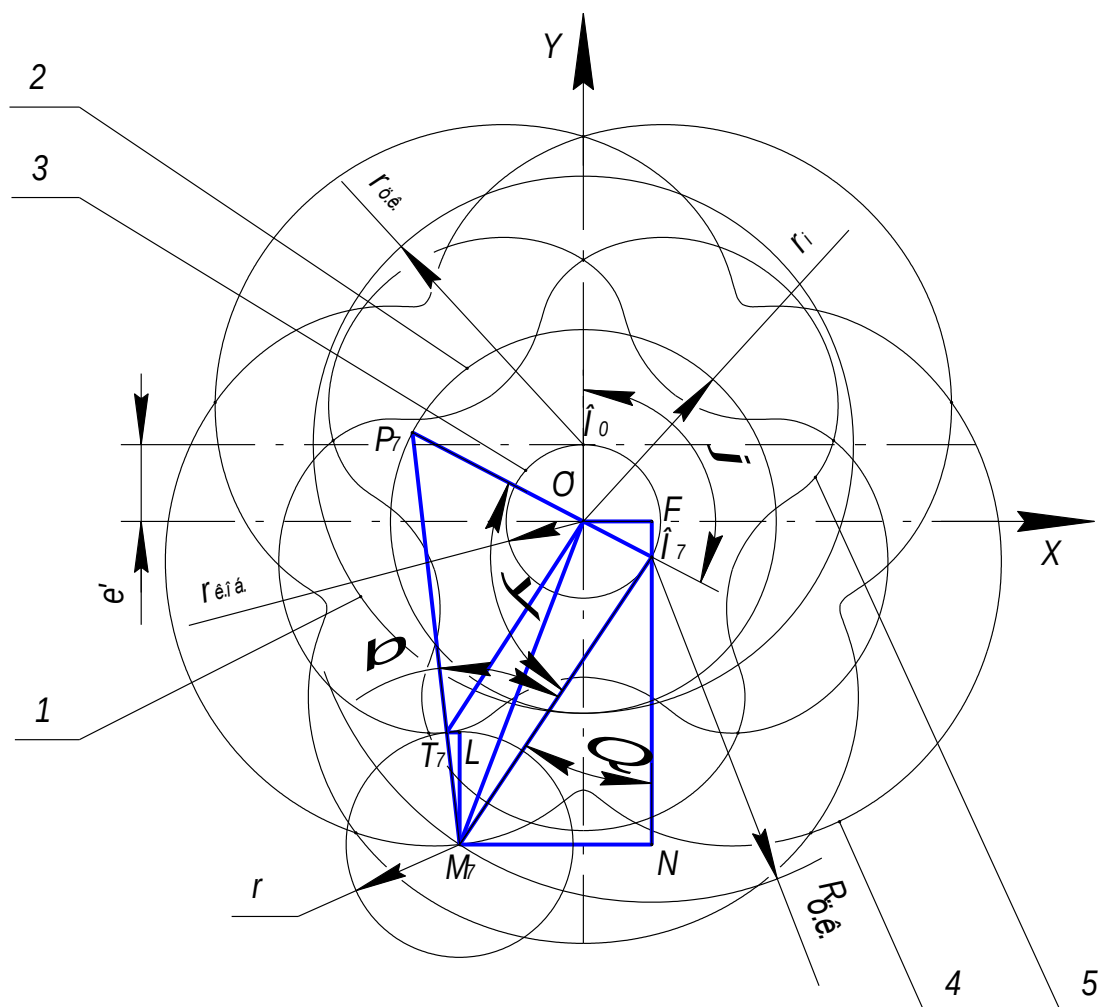


Рис. 4.23 Розрахункова схема для аналітичного синтезу зачеплення інструмент – цівкове колесо:

1 – центроїда цівкового колеса оброблюваного; 2 - центроїда інструмента; 3 – коло обкату; 4 – епіциклоїдальна крива; 5-еквідистанта до епіциклоїдальної кривої; O_0, O_7 – точки положення рухомого центру центроїди цівкового колеса яке оброблюється в результаті її обкочуванню без ковзання по нерухомій центроїді інструмента; O' – нерухомий центр центроїди інструмента та кола обкату; P_0, P_7 – точки ділення центроїди інструмента, що

визначають полюс зачеплення; M_7 – точка епіциклоїдальної кривої; T_7 – точка еквідистанти епіциклоїдальної кривої.

$$P_7M_7 = \sqrt{R_{ц.к.}^2 + r_{ц.к.}^2 - 2R_{ц.к.}r_{ц.к.}\cos\varphi \frac{z_i}{z_{ц.к.}}}$$

За теоремою синусів: $\frac{P_7O_7}{\sin(\beta)} = \frac{P_7M_7}{\sin(\psi)}$, звідки кут β :

$$\beta = \arcsin \left(\frac{r_{ц.к.} \sin \varphi \frac{z_i}{z_{ц.к.}}}{\sqrt{R_{ц.к.}^2 + r_{ц.к.}^2 - 2R_{ц.к.}r_{ц.к.}\cos\varphi \frac{z_i}{z_{ц.к.}}}} \right)$$

Використовуємо для розрахунків трикутник T_7LM_7 :

- Кут $M_7LT_7 = 90^\circ$
- $T_7M_7 = r$
- Кут $LM_7T_7 = \beta - \theta$.

Визначаємо сторони LT_7 та LM_7 :

$$LT_7 = r \sin(\beta - \theta)$$

$$LM_7 = r \cos(\beta - \theta)$$

Для утворення кривої профілю інструмента 5, еквідистантної до епіциклоїдальної кривої 5, необхідно визначити координати X_i, Y_i по відповідним формулам:

$$x_i = x + LT_7 = x + r \sin(\beta - \theta)$$

$$y_i = y - LM_7 = y - r \cos(\beta - \theta)$$

На основі попередніх розрахунків формуємо розрахункову формулу.

$$x_i = R_{\psi.к.} \sin \varphi \frac{Z_{\psi.к.} - Z_i}{Z_{\psi.к.}} - e' \sin \varphi + r \sin \times$$

$$\times \left[\arcsin \frac{r_{\psi.к.} \sin \varphi \frac{Z_i}{Z_{\psi.к.}}}{\sqrt{R_{\psi.к.}^2 + r_{\psi.к.}^2 - 2R_{\psi.к.}r_{\psi.к.} \cos \varphi \frac{Z_i}{Z_{\psi.к.}}}} - \varphi \frac{Z_{\psi.к.} - Z_i}{Z_{\psi.к.}} \right]$$

$$y_i = R_{\psi.к.} \cos \varphi \frac{Z_{\psi.к.} - Z_i}{Z_{\psi.к.}} - e' \cos \varphi - r \cos \times$$

$$\times \left[\arcsin \frac{r_{\psi.к.} \sin \varphi \frac{Z_i}{Z_{\psi.к.}}}{\sqrt{R_{\psi.к.}^2 + r_{\psi.к.}^2 - 2R_{\psi.к.}r_{\psi.к.} \cos \varphi \frac{Z_i}{Z_{\psi.к.}}}} - \varphi \frac{Z_{\psi.к.} - Z_i}{Z_{\psi.к.}} \right]$$

Крива 5 ділиться на дві ділянки: допоміжну $T_{пер.}T_n$ та робочу $T_0T_{пер.}$, але вони не утворюють профіль інструменту. По знайденим координатам утворюється повний профіль різального інструменту для формоутворення робочого профілю цівки цівкового колеса в умовах обкату.

4.5. Дослідження робочого профілю дискового довбача для обробки робочого профілю статора героторної передачі.

З метою виявлення найбільш оптимального профілю інструмента та кількості зубців, визначаємо найбільш оптимальний спосіб досягнення продуктивності, точності, собівартості, необхідно використовуючи засоби автоматичних розрахунків, наприклад MathCad.

По отриманим попередньо формулам будуюмо графіки, які визначають контур профілю інструмента в нормальному перерізі. Розглядаємо профілі довбачів з кількістю зубців від 1 до 5. Довбач з кількість зубців 6 не розглядаємо, оскільки ротор має 6 зубців і контакт з інструментом відбувається аналогічно ротору.

Використовуючи формули з пункту 4.4, визначаємо профілі довбачів з різною кількістю зуб'їв.

Будь який графік будується по точках на системі координат, чим більша кількість точок, тим вища точність побудованого графіка. Інструмент під час обробки рухається по коловій траєкторії, тому коло обкату становить 360° , для побудови точного графіка, доцільно поділити коло на 360 рівних частин, для кожної частини розраховується точка. По множині точок визначається повний профіль інструмента.

Визначаємо профіль однозубого довбача.

Для побудови профілю однозубого довбача, необхідно встановити кількість цівок колеса $z_k = 7$ і кількість зубців довбача $z_d = 1$. Наступні дані визначаємо по деталі яку необхідно виготовити:

$R_{ц.к.} = 33,975$ - радіус ділильного кола цівкового колеса, мм;

$r = 11,1$ - радіус цівки цівкового колеса, мм;

$e = 3,775$ - величина ексцентриситету ПЕПВЗ;

					КР.ПМ.21.11.08.00.00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Для кожної з 360 точок розраховуються координати по кожній із вісей, які складають відповідну таблицю. Приклад таблиці показано на рис. 4.24.

$x_{\phi} =$	$y_{\phi} =$
0	0.225
0.044	0.225
0.087	0.224
0.131	0.224
0.175	0.223
0.219	0.222
0.262	0.22
0.306	0.218
0.349	0.216
0.392	0.214
0.436	0.211
0.479	0.209
0.522	0.205
0.564	0.202
0.607	0.198
0.65	0.195
0.692	0.19
0.734	0.186
0.776	0.181
0.818	0.176
0.859	0.171
0.901	0.166
0.942	0.16
0.983	0.154
1.023	0.148
1.064	0.142
1.104	0.135
1.144	0.128
1.183	0.121

Рис. 4.24 Таблиця координат графіка профілю однозубого довбача

По координатам із таблиці будується графік (Рис. 4.25).

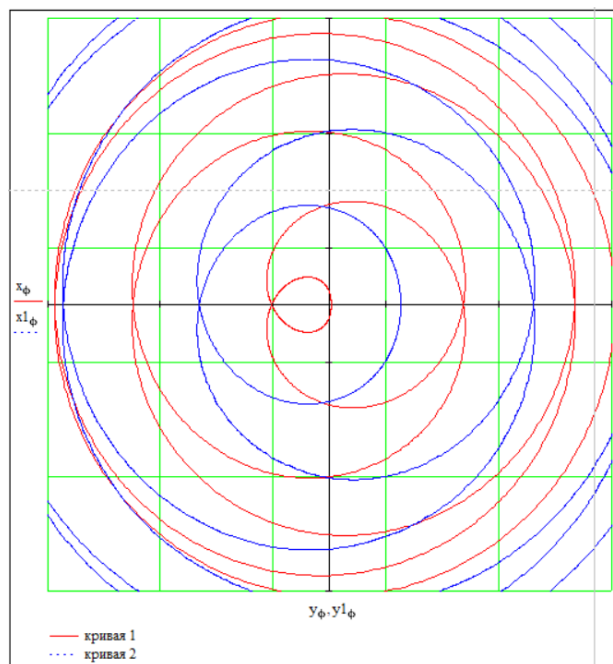


Рис. 4.25 Графік профілю однозубого довбача

Повним профілем однозубого довбача для формоутворення робочого профілю цівки цівкового колеса в умовах обкату є замкнена крива найближча до початку системи координат.

Визначаємо профіль двозубого довбача.

Для побудови профілю двозубого довбача, необхідно встановити кількість цівок колеса $z_k = 7$ і кількість зубців довбача $z_d = 2$. Наступні дані визначаємо по деталі яку необхідно виготовити:

$R_{ц.к.} = 33,975$ - радіус ділильного кола цівкового колеса, мм;

$r = 11,1$ - радіус цівки цівкового колеса, мм;

$e = 3,775$ - величина ексцентриситету ПЕПВЗ;

По координатам із таблиці будується графік (Рис 4.26).

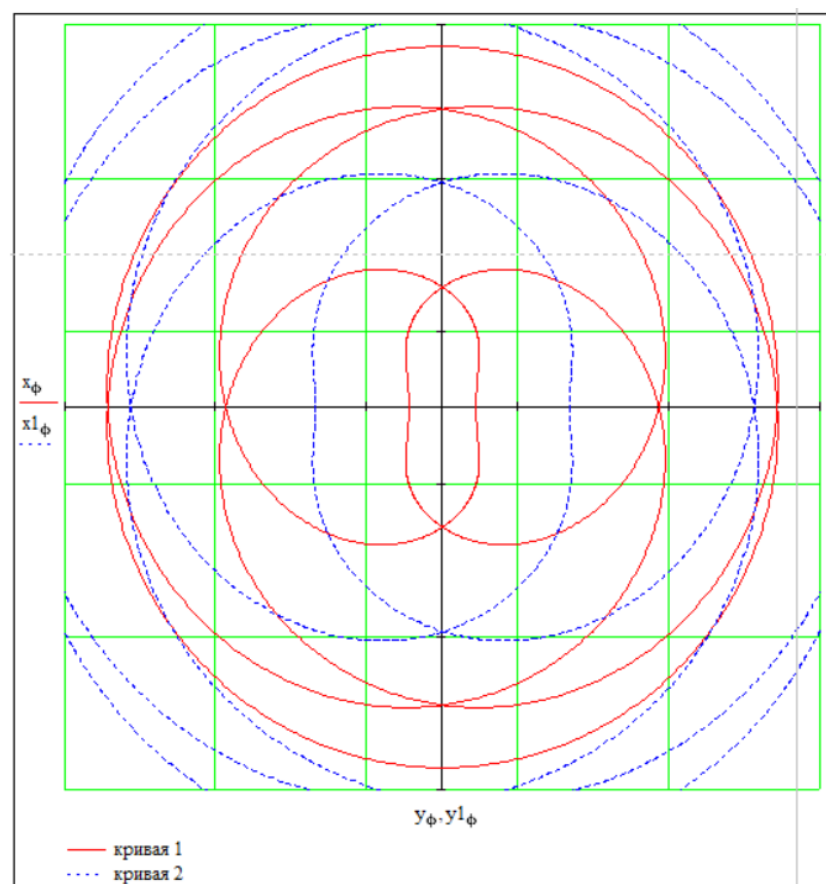


Рис. 4.26 Графік профілю двозубого довбача

Повним профілем двозубого довбача для формоутворення робочого профілю цівки цівкового колеса в умовах обкату є замкнена крива найближча до початку системи координат.

Визначаємо профіль тризубого довбача.

Для побудови профілю тризубого довбача, необхідно встановити кількість цівок колеса $z_k = 7$ і кількість зубців довбача $z_d = 3$. Наступні дані визначаємо по деталі яку необхідно виготовити:

$R_{ц.к.} = 33,975$ - радіус ділильного кола цівкового колеса, мм;

$r = 11,1$ - радіус цівки цівкового колеса, мм;

$e = 3,775$ - величина ексцентриситету ПЕПВЗ;

По координатам із таблиці будується графік (Рис 4.27).

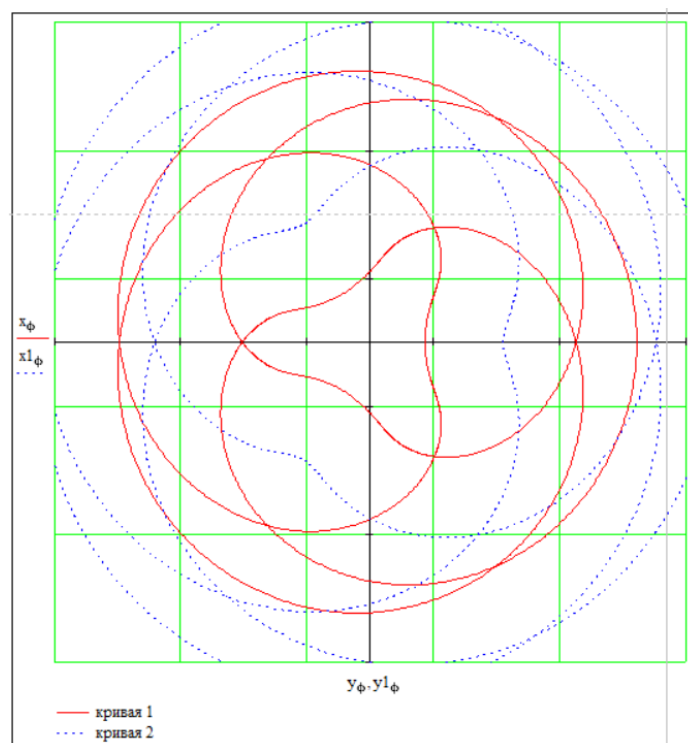


Рис. 4.27 Графік профілю тризубого довбача

Повним профілем тризубого довбача для формоутворення робочого профілю цівки цівкового колеса в умовах обкату є замкнена крива найближча до початку системи координат.

					КР.ПМ.21.11.08.00.00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначаємо профіль чотиризубого довбача.

Для побудови профілю чотиризубого довбача, необхідно встановити кількість цівок колеса $z_k = 7$ і кількість зубців довбача $z_d = 3$. Наступні дані визначаємо по деталі яку необхідно виготовити:

$R_{ц.к.} = 33,975$ - радіус ділильного кола цівкового колеса, мм;

$r = 11,1$ - радіус цівки цівкового колеса, мм;

$e = 3,775$ - величина ексцентриситету ПЕПВЗ;

По координатам із таблиці будується графік (Рис 4.28).

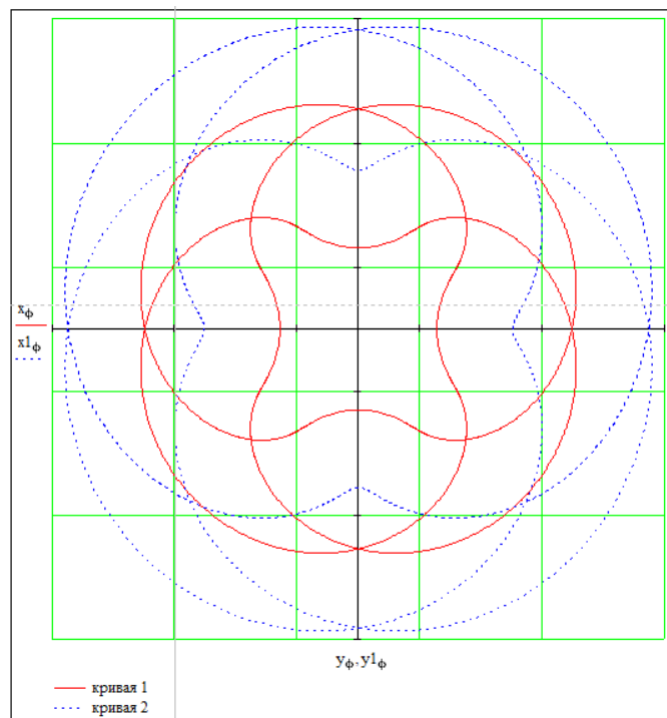


Рис. 4.28 Графік профілю чотиризубого довбача

Повним профілем чотиризубого довбача для формоутворення робочого профілю цівки цівкового колеса в умовах обкату є замкнена крива найближча до початку системи координат.

Визначаємо профіль п'ятизубого довбача.

Для побудови профілю п'ятизубого довбача, необхідно встановити кількість цівок колеса $z_k = 7$ і кількість зубців довбача $z_d = 3$. Наступні дані визначаємо по деталі яку необхідно виготовити:

$R_{ц.к.} = 33,975$ - радіус ділильного кола цівкового колеса, мм;

$r = 11,1$ - радіус цівки цівкового колеса, мм;

$e = 3,775$ - величина ексцентриситету ПЕПВЗ;

По координатам із таблиці будується графік (Рис 4.29).

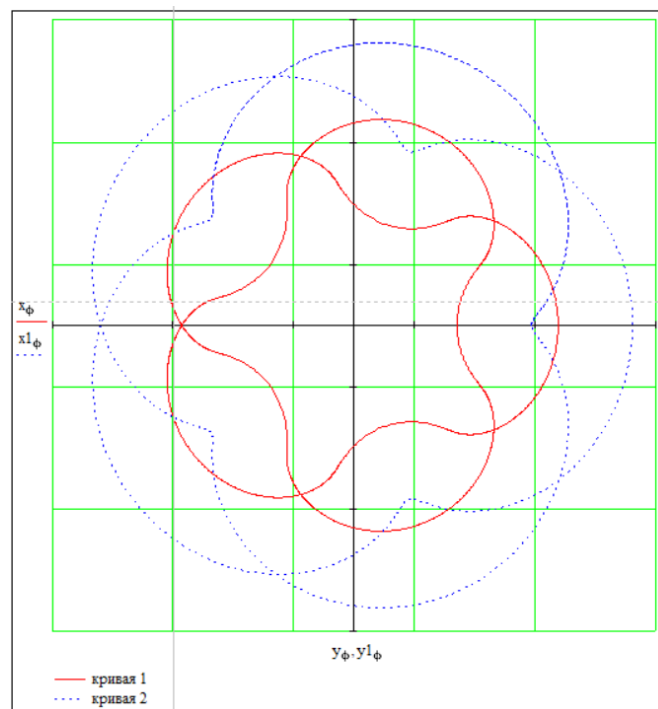


Рис. 4.29 Графік профілю п'ятизубого довбача

Повним профілем п'ятизубого довбача для формоутворення робочого профілю цівки цівкового колеса в умовах обкату є замкнена крива найближча до початку системи координат.

Аналізуємо доцільність використання довбачів з різною кількістю зубців.

Однозубий довбач складається із хвостовика з шийкою, до якої приєднано лезо довбача, профіль якого визначено попередньо.

Схему конструкції однозубого довбача і положення статора під час обробки в різні моменти часу показано на рис. 4.30.

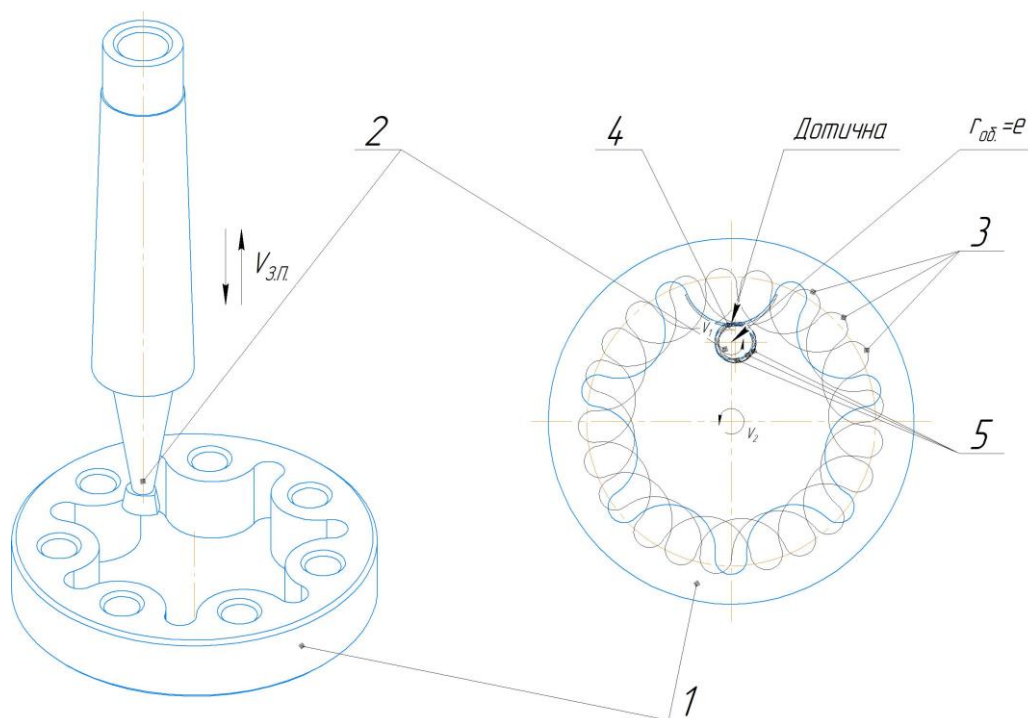


Рис. 4.30 Зубодовбання статора однозубим довбачем в умовах обкату:

1 – оброблювана деталь (статор); 2 – однозубий довбач; 3 – положення статора під час обробки в різні моменти часу; 4 – зрізаємий припуск; 5 – положення довбача під час обробки в різні моменти часу; $V_{з.п.}$ – швидкість зворотно-поступальних рухів довбача; V_1 – швидкість обертання довбача; V_2 – швидкість обертання статора; $r_{об}$ – радіус кола обкату.

Зубодовбання статора однозубим довбачем має велику кількість недоліків, а саме: занадто низька продуктивність обробки, оскільки довбач знімає малу кількість матеріалу за один рух, низьку точність обробки, оскільки мала довжина контакту заготовки і інструменту.

Конструктивними недоліками довбача є тонка шийка, яка має низьку жорсткість, тому однозубий довбач не можна використовувати для обробки деталей з великою довжиною цівкової поверхні.

Аналізуємо двозубий довбач.

Двозубий довбач складається із хвостовика з шийкою, до якої приєднано лезо довбача, профіль якого визначено попередньо.

Схему конструкції двозубого довбача і положення статора під час обробки в різні моменти часу показано на рис. 4.31.

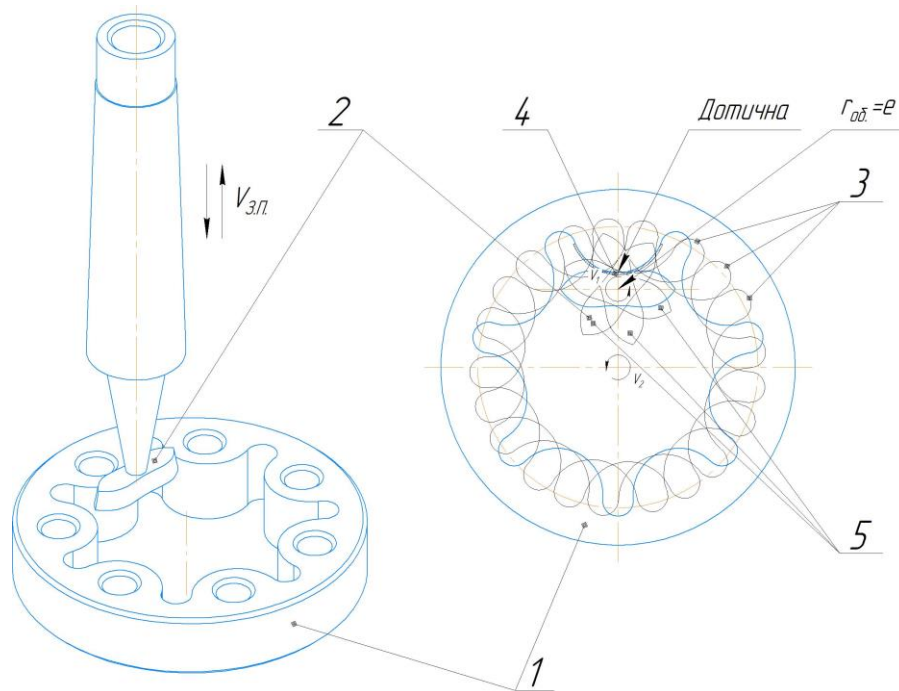


Рис 4.31 Зубодовбання статора двозубим довбачем в умовах обкату:

1 – оброблювана деталь (статор); 2 – двозубий довбач; 3 – положення статора під час обробки в різні моменти часу; 4 – зрізаємий припуск; 5 – положення довбача під час обробки в різні моменти часу; $V_{з.п.}$ – швидкість зворотно-поступальних рухів довбача; V_1 – швидкість обертання довбача; V_2 – швидкість обертання статора; $r_{об}$ – радіус кола обкату.

Зубодовбання двозубим довбачем забезпечує більшу продуктивність та точність ніж довбання однозубим довбачем за рахунок збільшення довжини контакту заготовки і інструменту.

Основним конструктивним недоліком є мала ширина леза порівняно з його довжиною, тому інструмент має тонку шийку яка не витримує великих навантажень під час довбання, що значно зменшує раціональність використання даної конструкції інструменту.

Аналізуємо тризубий довбач.

Тризубий довбач складається із хвостовика з шийкою, до якої приєднано лезо довбача, профіль якого визначено попередньо.

Схему конструкції трихзубого довбача і положення статора під час обробки в різні моменти часу показано на рис. 4.32.

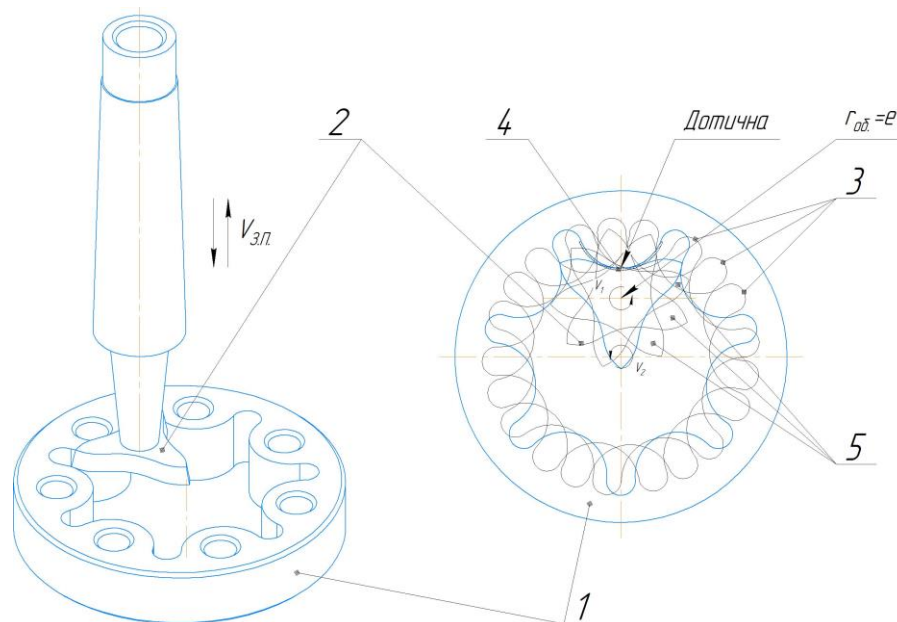


Рис. 4.32 Зубодовбання статора тризубим довбачем в умовах обкату:

1 – оброблювана деталь (статор); 2 – тризубий довбач; 3 – положення статора під час обробки в різні моменти часу; 4 – зрізаємий припуск; 5 – положення довбача під час обробки в різні моменти часу; $V_{з.п.}$ – швидкість зворотно-поступальних рухів довбача; V_1 – швидкість обертання довбача; V_2 – швидкість обертання статора; $r_{об}$ – радіус кола обкату.

Довжина контакту заготовки і інструменту аналогічна двозубому довбачу, тому точність і продуктивність збільшуватимуться тільки за рахунок підвищення швидкості обкату.

Трьохзубий довбач має збільшену площу ріжучої частини, тому можливо виготовити потовщену шийку, але її конструкція не дозволяє використовувати довбач для виготовлення габаритних деталей.

Наявність ділянок змінної кривизни ускладнює виготовлення і заточення інструменту.

Аналізуємо чотиризубий довбач.

Чотиризубий довбач складається із хвостовика з шийкою, до якої приєднано лезо довбача, профіль якого визначено попередньо.

Схему конструкції чотиризубого довбача і положення статора під час обробки в різні моменти часу показано на рис. 4.33.

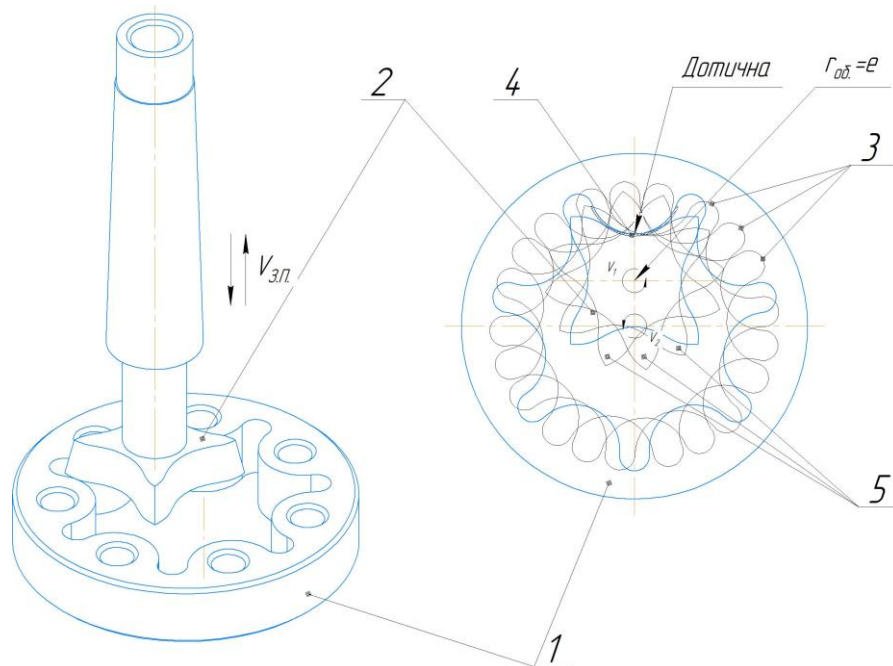


Рис. 4.33 Зубодовбання статора чотиризубим довбачем в умовах обкату:
 1 – оброблювана деталь (статор); 2 – чотиризубий довбач; 3 – положення статора під час обробки в різні моменти часу; 4 – зрізаємий припуск; 5 – положення довбача під час обробки в різні моменти часу; $V_{з.п.}$ – швидкість зворотно-поступальних рухів довбача; V_1 – швидкість обертання довбача; V_2 – швидкість обертання статора; $r_{об}$ – радіус кола обкату.

Чотиризубий довбач забезпечує достатню точність та продуктивність обробки, але його виготовлення потребує більшу кількість якісного матеріалу порівняно з попередніми конструкціями.

Форма ріжучої частини дозволяє виготовити надійну шийку, яка витримає великі навантаження при виготовленні крупногабаритних деталей.

Наявність ділянок змінної кривизни ускладнює виготовлення і заточення інструменту.

Аналізуємо п'ятизубий довбач.

П'ятизубий довбач складається із хвостовика з шийкою, до якої приєднано лезо довбача, профіль якого визначено попередньо.

Схему конструкції п'ятизубого довбача і положення статора під час обробки в різні моменти часу показано на рис 4.34.

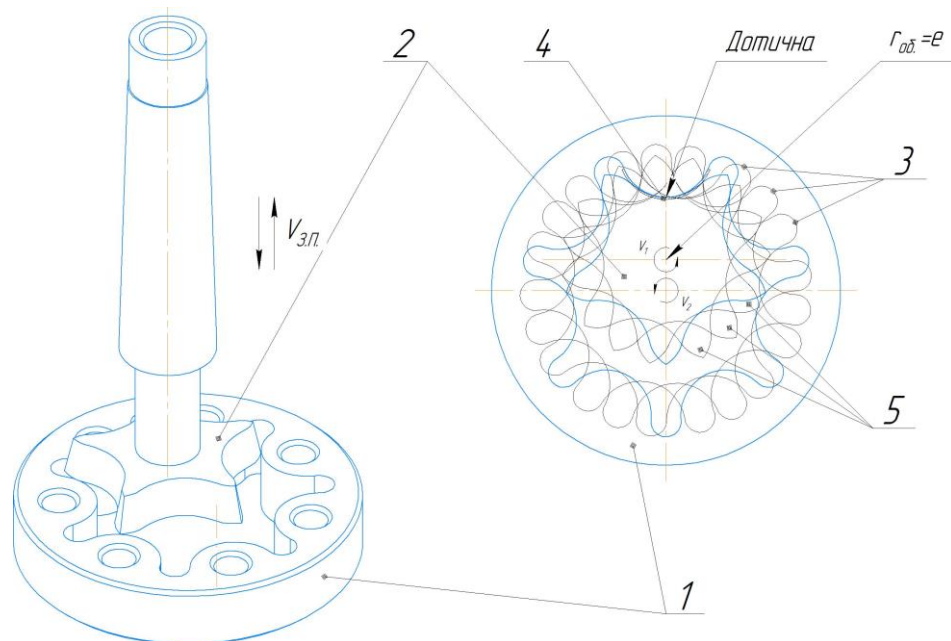


Рис 4.34 Зубодовбання статора п'ятизубим довбачем в умовах обкату:

1 – оброблювана деталь (статор); 2 – п'ятизубий довбач; 3 – положення статора під час обробки в різні моменти часу; 4 – зрізаємий припуск; 5 – положення довбача під час обробки в різні моменти часу; $V_{з.п.}$ – швидкість зворотно-поступальних рухів довбача; V_1 – швидкість обертання довбача; V_2 – швидкість обертання статора; $r_{об}$ – радіус кола обкату.

П'ятизубий довбач забезпечує достатню точність та продуктивність обробки статора, але його виготовлення потребує значно більшої кількості матеріалу порівняно з іншими конструкціями.

Наявність ділянок змінної кривизни ускладнює виготовлення і заточення інструменту.

Конструкція шийки аналогічна тризубому довбачу.

Порівнюючи конструкції довбача можна дійти висновку, що раціональніше всього використовувати довбачі з чотиризубим та п'ятизубим профілем ріжучої частини. Оскільки обрані конструкції забезпечують однакову точність, а продуктивність обробки п'ятизубим довбачем незнічною мірою вища ніж чотиризубим, враховуємо витрати матеріалу на виготовлення інструменту, тому для середньосерійного типу виробництва доцільно обрати конструкцію чотиризубого довбача.

Висновок.

Засоби автоматичних розрахунків дозволяють значно пришвидшити розробку різального інструменту і деталей, а також підвищити точність розрахунків для подальшого аналізу та вибору найбільш доцільної конструкції ріжучого інструменту або деталі.

4.6. Сутність пропонуємого способу довбання цівок статора героторної передачі.

Внутрішня поверхня деталі статор не зважаючи на відносну простоту цівок має складну конструкцію, оскільки виникають труднощі з обробкою циліндричних поверхонь в районі западин. Для обробки внутрішньої поверхні підходить обмежена кількість методів обробки поверхні. Найбільш доцільно використовувати метод обробки поверхні даної деталі – зубодовбання. Довбач забезпечує максимальну точність оброблюваної поверхні при обробці з умовою модифікування ріжучих кромek інструмента.

Для забезпечення необхідної точності та шорскості обробленої поверхні, без втрат в продуктивності та економічності раціонально обрано чотиризубий дисковий довбач.

Розглядаємо схему механічної обробки та принцип роботи чотиризубого довбача. Схему обробки та схему базування наведено на рисунку 4.35.

					КР.ПМ.21.11.08.00.00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

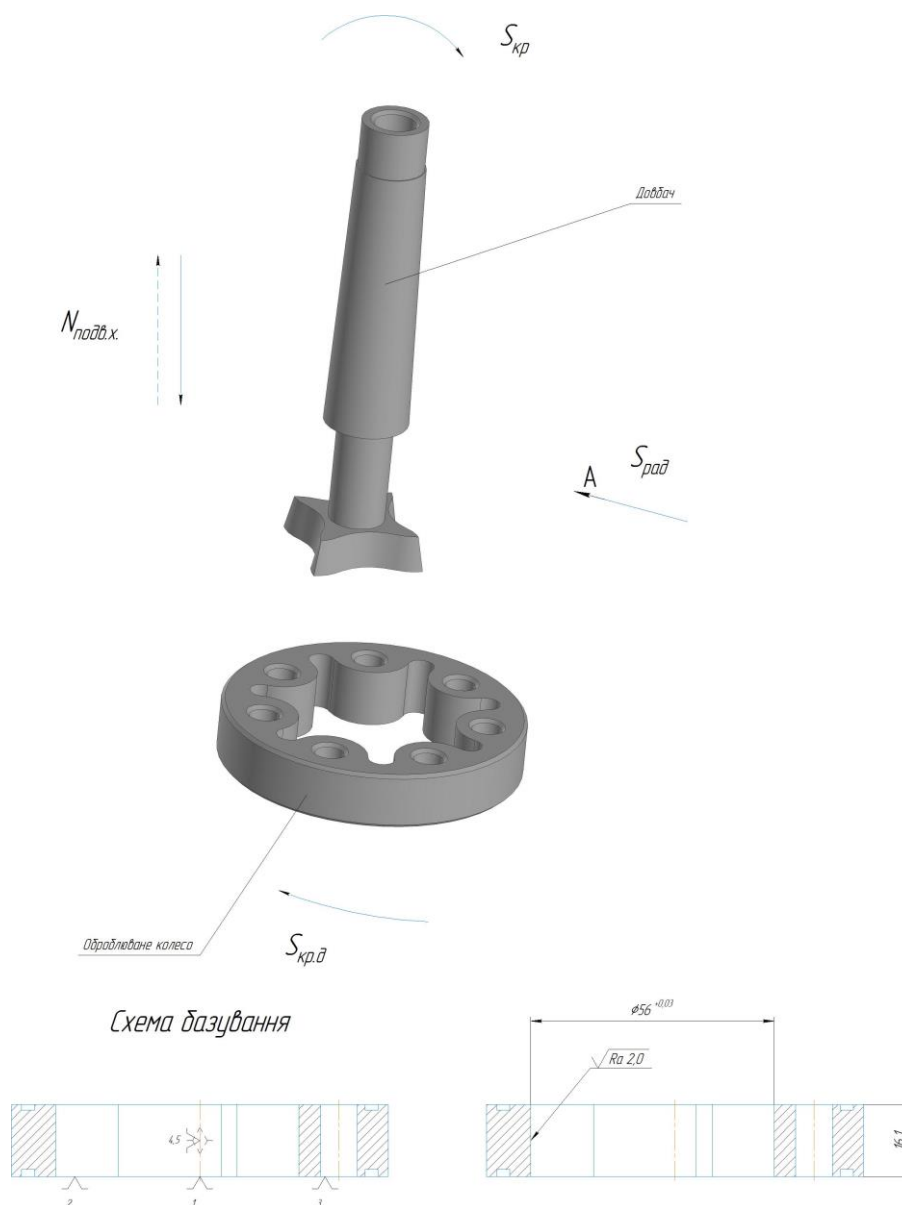


Рис. 4.35 Схема обробки та схема базування деталі «статор»

Деталь «статор» закріплюється в затискному пристрої базуючись двома отворами на пальцях затискного пристрою. Довбач встановлюється в шпиндель довбального верстату базуючись відповідно заготовці. Під час обробки довбач виконує зворотно-поступальні рухи $N_{\text{подв.х}}$ та поворот навколо своєї осі $S_{\text{кр}}$ узгоджено з рухом заготовки навколо своєї осі $S_{\text{кр.д}}$. Під час руху довбач виконує обточування поступово зрізаючи матеріал із заготовки. Таким чином, леза формують профіль внутрішньої цівкової поверхні, обточуючись по ній.

					КР.ПМ.21.11.08.00.00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

4.7. Методика проектування інструменту.

Для проектування інструменту, необхідного для виконання конкретної операції необхідно в першу чергу проаналізувати деталь, визначити тип обробки та обладнання на якому вона буде виконуватись. Обираємо матеріал ріжучої частини та державки враховуючи прогресивні матеріали. Використовуючи методики розрахунків обчислюємо розміри профілю, пластини та державки інструменту. Використовуючи методики розрахунків обчислюємо кути поверхонь ріжучої частини інструменту. Розробляємо робочі креслення складових частин інструменту та технологічний процес його виготовлення враховуючи оснащення та інструмент. Розробляємо маршрути виготовлення, та всю необхідну документацію.

4.8. Технологія виготовлення інструменту.

На основі креслення довбача розробляємо технологічний процес виготовлення. Оскільки довбач складається із двох деталей, то необхідно розробити технологічний процес для кожної із деталей: хвостовика і леза. Максимальний діаметр хвостовика 24,1 мм, тому для його виготовлення необхідно круг Ø28 мм і довжиною 130 мм із сталі 40х (ГОСТ 4543-71). Для виготовлення леза необхідно круг Ø50 мм і довжиною 25 мм із сталі Р6М5К5. Хвостовик має форму обертання тому виготовляється на токарному верстаті.

Технологічний процес виготовлення деталі хвостовик.

005 Токарна з ЧПУ

Haas DS-30Y BMT65 Токарно револьверний верстат з ЧПУ.

010 Круглошліфувальна

3М151 Круглошліфувальний верстат.

					КР.ПМ.21.11.08.00.00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Технологічний процес виготовлення деталі хвостовик.

005 Токарна з ЧПУ

Haas DS-30Y BMT65 Токарно револьверний верстат з ЧПУ.

010 Фрезерувальна з ЧПУ

GearSpect SF 160 CNC Зубофрезерний верстат з ЧПУ.

015 Термічна

Виконати термічну обробку деталі.

020 Плоскошліфувальна з ЧПУ

HFS 104 NC Плоскошліфувальний верстат з ЧПУ.

Технологічний процес виготовлення довбача.

005 Зварювання тертям з ЧПУ

ПСТ-80 Верстат для зварювання тертям з ЧПУ

010 Заточення довбача

RMS-NC Верстат для заточення довбачів

Висновок

В дослідній частині проекту було розглянуто вплив засобів автоматичного розрахунку на розробку нових видів інструменту для виготовлення прогресивних видів зачеплень. В процесі досліджень, було виявлено значне підвищення продуктивності розрахунків та максимальне скорочення часу їх проведення. Також, зменшилась вірогідність виникнення помилок та зросла точність отриманих результатів.

Розроблений метод автоматичного розрахунку і визначення профілів з різною кількістю лез для формоутворення робочого профілю цівки цівкового колеса в умовах обкату підходить для розрахунку довбачів різних габаритів і кількістю зубців які використовуються для виготовлення великого спектру цівкових колес внутрішнього зачеплення.

Поставлена мета дослідної частини досягнута, розроблені методи доцільні та продуктивні

					КР.ПМ.21.11.08.00.00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

5. Організаційна частина

5.1 Розробка системи планово-попереджувального ремонту.

Розробляємо систему планово-попереджувального ремонту для верстатів з ЧПУ. Всі верстати, які використовуються для виготовлення деталі мають вагу, яка не перевищує 10 тонн, тому для розробки системи планово-попереджувального ремонту використовуємо клас верстатів до 10 тонн.

Розробляємо структуру ППР використовуючи наступний алгоритм:

1. Визначення структури міжремонтного циклу.

Для визначення структури міжремонтного циклу використовуємо рекомендації для верстатів, маса яких не перевищує 10 тонн [8, с. 22].

$K - O - M_1 - O - M_2 - O - C_1 - O - M_3 - O - M_1 - O - K$

2. Визначення кількості ремонтів та оглядів.

Використовуємо рекомендації для верстатів, маса яких не перевищує 10 тонн [8, с. 22], результати заносимо в таблицю 5.

Таблиця 5.3

Кількість ремонтів та оглядів

Вид ремонту	Кількість
Капітальних	1
Середніх	1
Малих	4
Оглядів	6

3. Визначення тривалості міжремонтного циклу:

Використовуємо рекомендації для верстатів, маса яких не перевищує 10 тонн [8, с. 25].

$$t = 96 \text{ місяців.}$$

4. Визначення міжремонтного $t_{м.р}$ періода:

$$t_{м.р.} = \frac{t}{n_p}, \text{ міс;}$$

					<i>KP.ПМ.21.11.08.00.00.ПЗ</i>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Для середніх ремонтів $pr_c = 1$;

$$t_{м.р.} = \frac{96}{1} = 96 \text{ міс};$$

Для малих ремонтів $pr_m = 4$;

$$t_{м.р.} = \frac{96}{4} = 24 \text{ міс};$$

5. Визначення міжоглядового t_o періода:

$$t_o = \frac{t}{n_o}$$

$n_o = 6$ – кількість оглядів.

$$t_o = \frac{96}{6} = 16 \text{ міс};$$

5.2. Визначення площин виробничих діляниць цеха.

5.2.1. Розрахунок кількості устаткування, площ і працюючих контрольного відділення.

Визначаємо кількість контролерів виходячи від кількості верстатів.

$$R_{в\tau\kappa} = (7...10\%) \times S_{вер}, \text{ чол};$$

$$R_{в\tau\kappa} = 0,1 \times 6 = 0,6 \text{ чол};$$

Відповідно нормативу, на одного контролера необхідно 6 м^2 площі, також враховуючи необхідний інвентар, необхідно збільшити площу в 1,5-1,75 рази.

$$S_k = (1,5...1,75) \times 6 \times R_{в\tau\kappa};$$

$$S_k = 1,75 \times 6 = 14 \text{ м}^2$$

Розраховуємо площу контрольно-перевірочного пункту (КПП).

На один верстат необхідно $0,1-0,2 \text{ м}^2$.

$$S_{кпп} = 0,2 \times S_{вер}, \text{ м}^2;$$

$$S_{кпп} = 0,2 \times 6 = 1,2 \text{ м}^2;$$

5.2.2. Цеховий склад заготовок.

Розраховуємо площу складу для зберігання заготовок для виготовлення деталі статор.

$$S_3 = \frac{Q_0 \times t_{\text{ср}}}{N \times q_{\text{ср}} \times K_B}, \text{ м}^2;$$

$Q_0 = 10$ – загальна вага заготовок, які використовуються для виготовлення деталі статор протягом року, т.;

$t_{\text{ср}} = 5$ – середня кількість днів зберігання запасів матеріалу [9, табл.4.1];

N – фонд робочого часу, днів;

$q_{\text{ср}} = 1,5 \dots 2$ – середнє допустиме навантаження на 1 м^2 корисної площі підлоги, т/м²;

$K_B = 0,3 \dots 0,4$ – коефіцієнт використання площі складу.

$$S_3 = \frac{10,5 \times 5}{250 \times 2 \times 0,4} = 0,25, \text{ м}^2;$$

5.2.3. Міжопераційний склад напівфабрикатів.

Розраховуємо площу площадок, необхідну для зберігання деталей між операціями обробки. Площадки знаходяться біля верстатів та обслуговуються візами для транспортування заготовок.

$$S_H = \frac{Q_0 \times t_{\text{ср}}}{N \times q_{\text{ср}} \times K_B}, \text{ м}^2;$$

$Q_0 = 7$ – загальна вага частково оброблених заготовок, які використовуються для виготовлення деталі статор протягом року, т.;

$$S_H = \frac{7 \times 5}{250 \times 2 \times 0,4} = 0,175, \text{ м}^2;$$

5.2.4. Склад готових деталей.

Розраховуємо склад для зберігання готових деталей.

$$S_{\text{Г.д.}} = \frac{Q_{\text{Г.д.}} \times t_{\text{ср}}}{N \times q_{\text{ср}} \times K_B}, \text{ м}^2;$$

$Q_{\text{Г.д.}} = 4,5$ – загальна вага готових деталей, які зберігаються на складі протягом року, т.;

					КР.ПМ.21.11.08.00.00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$S_{г.д.} = \frac{4,5 \times 5}{250 \times 2 \times 0,4} = 1,125 \text{ м}^2;$$

5.2.5. Інструментально - роздаточний склад.

Визначаємо площу складу призначеного для зберігання інструменту та пристосувань. Згідно методичних вказівок приймаємо площу інструментального складу:

$$S_i = 0,65 \times S_{\text{вер}}, \text{ м}^2;$$

$$S_i = 0,65 \times 6 = 6,9 \text{ м}^2;$$

5.2.6. Відділення для приготування і роздачі ЗОР.

Визначаємо площу, необхідну для приготування ЗОР. Згідно методичних вказівок, ЗОР може бути забезпечена трьома способами:

- централізовано-циркулярним
- централізовано-груповим
- децентралізованим

Оскільки цех має невелику кількість верстатів, то обираємо децентралізований спосіб забезпечення ЗОР, який характеризується подачею і заміною ЗОР в тарі окремо для кожного верстату.

Згідно норм площа необхідна для приготування ЗОР: $S_{\text{ЗОР}} = 20 \text{ м}^2$.

5.2.7. Склад мастильних матеріалів.

Визначаємо площу складу мастильних матеріалів. На один верстат необхідно 0,1-0,12 м² на один верстат:

$$S_{с.м} = 0,1 \times S_{\text{вер}}, \text{ м}^2;$$

$$S_{с.м} = 0,1 \times 6 = 0,6 \text{ м}^2;$$

5.2.8 Відділення для переробки стружки.

Розраховуємо площу відділення для переробки стружки. Перш за все необхідно розрахувати годинний вихід стружки:

					КР.ПМ.21.11.08.00.00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_{\Gamma} = \frac{Q \times N_B \times K_y}{F_d}, \text{ кг/год};$$

Q - маса відходу матеріалу даного виду на одну деталь, (кг);

K_y - коефіцієнт, що враховує масу матеріалу, що відходить в стружку.

$$Q_{\Gamma} = \frac{0,6 \times 10000 \times 0,6}{4000} = 0,9 \text{ кг/год};$$

Згідно норм приймаємо: $S_{\text{стр}} = 30 \text{ м}^2$.

5.3. Вибір допоміжних відділень цеху та визначення їх площі.

Визначаємо площі допоміжних відділень цеху, до яких відносять адміністративно-конторські та побутові приміщення. В першу чергу визначаємо площі побутових приміщень використовуючи відповідні нормативи.

Визначаємо площу гардеробних.

В гардеробних передбачені шафи для зберігання одягу розміром 0,5х1,65х0,33 м. та лавки шириною 25 см. Відстань між шафами 1,4 м. Згідно нормативів, на одного працюючого приймаємо площу приміщення 0,2 м².

Загальна площа гардеробних $S_{\text{гард}} = 30 \text{ м}^2$.

Визначаємо площу душевих.

Душеві кабінки мають розмір - 1х1м, місце для перевдягання 0,75х1м. ширина проходу 1,5 м. Враховуючи кількість робітників приймаємо площу душевих:

$$S_{\text{жін.душ}} = 30 \text{ м}^2;$$

$$S_{\text{чол.душ}} = 30 \text{ м}^2.$$

Визначаємо площу туалетів.

Відстань від робочих місць до туалетів не повинна перевищувати 75м. Розміри кабін – 1,2х1 м. Ширина проходу між кабінами становить 1,5м. Враховуючи кількість робітників приймаємо площу туалетів:

$$S_{\text{жін.туал.}} = 25 \text{ м}^2;$$

$$S_{\text{чол.туал.}} = 25 \text{ м}^2.$$

					КР.ПМ.21.11.08.00.00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначаємо площу медпункту.

Враховуючи кількість робітників приймаємо площу медпункту: $S_{\text{медп}} = 30 \text{ м}^2$.

Визначаємо площу їдальні.

Відстань від робочих місць до їдальні не повинна перевищувати 300 м. Згідно нормативів, на одного працюючого приймаємо площу приміщення 1 м^2 . Враховуючи кількість робітників приймаємо площу їдальні: $S_{\text{їдал}} = 30 \text{ м}^2$.

Визначаємо площу приміщення для відпочинку.

Згідно нормативів, на одного працюючого приймаємо площу приміщення $0,2 \text{ м}^2$. Враховуючи кількість робітників приймаємо площу кімнати для відпочинку: $S_{\text{відп}} = 30 \text{ м}^2$.

Приміщення для культурного обслуговування.

Визначаємо площу приміщення для культурного обслуговування. Згідно нормативів, на одного працюючого приймаємо площу приміщення 1 м^2 . Площа залу для зборів складає: $S_{\text{зал}} = 30 \text{ м}^2$.

5.4 Визначення загальної площі та розмірів цеху.

5.4.1 Визначення площі механічної дільниці.

Розраховуємо загальну площу механічної дільниці, враховуючи розміри та кількість верстатів, що розташовані на дільниці.

Таблиця 5.4

Розміри та площа верстатів

Назва верстату	Кількість верстатів	Розміри верстату, мм	Площа, м^2
Haas DS-30Y BMT65	1	3810x2540x1880	10
GLEASON P600S	1	3490x4770x3540	17,5
HFS 160 NC	2	6500x3000x2500	19,5
3M151	1	4605x2450x2170	11,5
Sunnen SV-2052	1	2602x3578x3789	9,36

Площа виробничого приміщення механічної дільниці:

$$S_{\text{ц}} = S_{\text{п}} \times n, \text{ м}^2;$$

$S_{\text{п}} = 30 \text{ м}^2$ – питома площа на один верстат;

$n = 6$ шт – кількість верстатів.

$$S_{\text{в}} = 30 \times 6 = 180 \text{ м}^2;$$

Розраховуємо площу проходу.

$$S_{\text{пр}} = B_{\text{пр}} \times L_{\text{пр}}, \text{ м}^2;$$

$B_{\text{пр}} = 2,5 \text{ м}$ – ширина проходу;

$L_{\text{пр}} = 30 \text{ м}$ – довжина проходу.

$$S_{\text{пр}} = B_{\text{пр}} \times L_{\text{пр}} = 75 \text{ м}^2;$$

5.4.2 Визначення загальної площі механічного цеху.

Визначаємо загальну площу цеху враховуючи попередні розрахунки окремих дільниць.

$$S_{\text{заг}} = S_{\text{м.д}} + S_{\text{доп}}, \text{ м}^2;$$

$S_{\text{м.д}}$ – площа механічної дільниці;

$S_{\text{доп}}$ – площа допоміжних відділень.

$$S_{\text{доп}} = S_{\text{к}} + S_{\text{кпп}} + S_{\text{з}} + S_{\text{н}} + S_{\text{г.д.}} + S_{\text{і}} + S_{\text{зор}} + S_{\text{с.м.}} + S_{\text{стр}}, \text{ м}^2;$$

$S_{\text{к}}$ – площа контроль відділення;

$S_{\text{кпп}}$ – площа контрольно-перевірочного пункту;

$S_{\text{з}}$ – площа складу заготовок;

$S_{\text{н}}$ – площа міжопераційного складу деталей;

$S_{\text{г.д.}}$ – площа складу готових деталей;

$S_{\text{і}}$ – площа інструментально-роздаточного складу;

$S_{\text{зор}}$ – площа відділення для приготування і роздачі ЗОР;

$S_{\text{с.м.}}$ – площа складу мастильних матеріалів;

$S_{\text{стр}}$ – площа відділення для переробки стружки.

$$S_{\text{доп}} = 14 + 1,2 + 0,25 + 1,05 + 1,125 + 6,9 + 20 + 0,6 + 30 = 75,125 \text{ м}^2;$$

$$S_{\text{м.д.}} = S_{\text{в}} + S_{\text{п.р.}}, \text{ м}^2;$$

$S_{\text{в}} = 180 \text{ м}^2$ – площа виробничого приміщення механічної дільниці;

					КР.ПМ.21.11.08.00.00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$S_{п.р.} = 75 \text{ м}^2$ – площа проходу.

$$S_{м.д.} = 180 + 75 = 255 \text{ м}^2;$$

$$S_{заг} = 255 + 85,125 = 340,125 \text{ м}^2;$$

5.5. Розробка планування діляниць механічної обробки. Розробка загального плану цеху.

Розробляємо план механічної ділянки та додаткових відділень механічного цеху враховуючи розраховані площі механічної ділянки та додаткових відділень.

5.6. Організація внутріцехового транспорту.

За допомогою навантажувача TOYOTA 02 - 8 FGF 20 контейнери із заготовками транспортують із цеху заготовок до ділянки механічної обробки.

Міжопераційно переміщення здійснюються за допомогою візка.

Контейнер з напівфабрикатами транспортується на інші ділянки для виконання термічної обробки за допомогою навантажувача TOYOTA 02 - 8 FGF 20.

Контейнер з готовими деталями транспортується на склад готових деталей за допомогою навантажувача TOYOTA 02 - 8 FGF 20.

5.7. Організація інструментального господарства.

Інструментальне забезпечення забезпечується через інструментально-роздаточний склад. Різальний інструмент не потребує заточування і переточування, тому заточне відділення відсутнє.

5.8. Організація технічного контролю.

Технічний контроль здійснюється на спеціально оснащених місцях які встановлені на ділянці. Міжопераційний контроль здійснюється після кожної операції на робочому місці, площа для його проведення врахована.

					<i>КР.ПМ.21.11.08.00.00.ПЗ</i>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

6. Економічна частина

6.1. Розрахунок потрібної кількості обладнання та коефіцієнту його завантаження

Для планування діляниць та організації виробництва деталі статор, в першу чергу необхідно розрахувати програму запуску виробництва та уточнити тип виробництва. Зазначені розрахунки виконуємо наступні на основі [7].

Розраховуємо рівень завантаження робочих місць для виготовлення деталі статор.

$$q_{p(i)} = \frac{N_3 \times T_{шт(i)}}{F_{дрм} \times 60 \times k_v}$$

N_3 – річна програма виробництва, шт;

$T_{шт(i)}$ – штучний калькуляційний час операції, хв;

$F_{дрм}$ – дійсний річний фонд часу роботи обладнання, годин;

k_v – нормативний коефіцієнт виконання норм часу ($k_v = 1,0-1,1$ згідно [7, с. 4]).

$$F_{дрм} = F_H S (1 - 0,01f),$$

де $F_{дрм}$ – номінальний (режимний) фонд часу роботи обладнання в одну зміну, годин (визначається щорічно за календарем);

S - режим (кількість змін) роботи цеху;

f – коефіцієнт втрат робочого часу на плановий ремонт та технічне обслуговування. Для механообробного обладнання $f = 8-10\%$ [7, с. 4];

$$F_{дрм} = 250 \times 8 \times 2 \times (1 - 0,01 \times 10) = 3600 \text{ год},$$

Розраховуємо рівень завантаження токарного верстату Haas DS-30Y BMT65 на операції 010 Токарна з ЧПУ.

$$q_{p(i)} = \frac{10000 \times 3,2}{3600 \times 60 \times 1,0} = 0,148;$$

Виконуємо розрахунки рівня завантаження верстатів на інших операціях аналогічно даному розрахунку.

Результати заносимо в таблицю 5.1.

Розраховуємо коефіцієнт завантаження обладнання для кожної деталі-операції:

$$\eta_3 = \frac{q_{p(i)}}{q_{np(1)}},$$

$q_{np(i)}$ - прийнята (ціла) кількість робочих місць;

$$\eta_3 = \frac{0,148}{1} = 0,148,$$

					КР.ПМ.21.11.08.00.00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначаємо середній коефіцієнт завантаження робочих місць на усіх операціях технологічного процесу виготовлення деталі «статор»:

$$\bar{\eta}_3 = \frac{\sum_{i=1}^m q_{p(i)}}{\sum_{i=1}^m q_{np(i)}}$$

$$\bar{\eta}_3 = \frac{0,359}{6} = 0,06$$

$q_{np(i)}$ - прийнята (ціла) кількість робочих місць;

m - кількість операцій технологічного процесу.

Результати розрахунків зображено в таблиці 6,1.

Таблиця 6.1

Розрахунок завантаження обладнання

№ опер.	Найменування операції	Т _{шт} , хв.	Кількість обладнання		η_3	$\bar{\eta}_3$
			q_p	q_{np}		
1	2	3	4	5	6	7
Деталь «статор»						
010	Токарна з ЧПУ	3,2	0,148	1	0,148	0,06
015	Довбальна з ЧПУ	1,65	0,041	1	0,041	
050	Круглошліфувальна	1,88	0,091	1	0,091	
055	Плоскошліфувальна з ЧПУ	1,88	0,032	1	0,032	
060	Плоскошліфувальна з ЧПУ	3,13	0,032	1	0,032	
065	Хонінгувальна	0,49	0,015	1	0,015	
	Всього	25,1	0,359	6	0,359	

Значення середнього коефіцієнту завантаження $\bar{\eta}_3 = 0,06$ відповідає середньосерійному типу виробництва $0,051 \leq \bar{\eta}_3 \leq 0,1$.

6.2 Розрахунок календарно-планових нормативів

Враховуючи визначений тип виробництва встановлюємо систему календарно-планових нормативів для нормування трудомісткості робіт, часу необхідного для виробництва потрібної кількості деталей та визначення резервів.

В першу чергу необхідно визначити розрахунковий розмір партії деталей по алгоритму [7, с. 7]. Оскільки обробка деталі статор виконується на верстатах з ЧПУ та не потребує переналагоджування, то для розрахунку розміру партії використовуємо другий метод.

$$n_p = \frac{0,5F_{зм.д}}{t_{шт}^{min}}$$

$F_{зм}$ – дійсний фонд часу зміни (440 хв.);

$t_{шт}^{min}$ – штучний час найбільш продуктивної операції.

$$n_p = \frac{0,5 \times 440}{3,2} = 69, \text{ шт};$$

Визначаємо фактичну кількість партій випущених протягом року.

$$A_p = \frac{N_3}{n_p},$$

N_3 – річна програма виробництва, шт;

$$A_p = \frac{10000}{69} = 145, \text{ шт};$$

Для спрощення подальшого планування та розрахунків обираємо число партій із стандартного ряду. $A_\phi = 104$.

Корегуємо кількість деталей в партії.

$$n_p = \frac{N_3}{A_\phi}, \text{ шт};$$

$$n_p = \frac{10000}{104} = 97 \text{ шт};$$

Визначаємо періодичність випуску партій деталей.

$$R_3 = \frac{T_p}{A_\phi}, \text{ днів};$$

T_p - кількість робочих днів протягом року.

$$R_3 = \frac{250}{104} = 2,40, \text{ днів};$$

					КР.ІМ.21.11.08.00.00.ІІЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначаємо тривалість операційного циклу виготовлення деталі.

$$T_{o(i)} = \frac{n_{\text{пр}} \times t_{\text{к-д}(i)}}{S \times F_{\text{зм,д}}}, \text{ хв};$$

$n_{\text{пр}}$ – остаточно прийнятий розмір партії деталей, шт.;

$t_{\text{к-д}(i)}$ – калькуляційно-дійсний час на даній деталі-операції, хв.

$$t_{\text{к-д}(i)} = \frac{t_{\text{шт}(i)}}{k_{\text{в}} \times p_{\text{м}(i)} \times q_{\text{пр}(i)}} + \frac{t_{\text{п-з}(i)}}{n_{\text{пр}}}, \text{ хв};$$

$k_{\text{в}}$ – коефіцієнт виконання норм на даній операції;

$p_{\text{т}(i)}$ – технологічна партія деталей (кількість деталей, що одночасно оброблюються в багатопозиційному пристосуванні), шт.

$q_{\text{пр}(i)}$ – кількість робочих місць, які працюють на даній операції паралельно.

$$t_{\text{к-д}(i)} = \frac{3,2}{1 \times 1 \times 1} + \frac{15}{97} = 3,35, \text{ хв};$$

$$T_{o(i)} = \frac{97 \times 3,35}{2 \times 440} = 0,148 \text{ хв};$$

Результати розрахунків розміщуємо в таблиці 6.2

Таблиця 6.2

Виробничий цикл

№ опер.	Найменування операції	$t_{\text{шт}}$, хв.	$t_{\text{п-з}}$, хв.	$t_{\text{к-д}}$, хв.	T_o , днів	$t_{\text{мо}}$, днів
Деталь «статор»						
010	Токарна з ЧПУ	3,2	15	3,35	0,369	0,06
015	Довбальна з ЧПУ	1,65	12	1,77	0,195	0,06
050	Круглошліфувальна	1,88	12	2	0,220	0,06
055	Плоскошліфувальна з ЧПУ	1,88	12	2	0,220	0,06
060	Плоскошліфувальна з ЧПУ	3,13	12	3,25	0,358	0,06
065	Хонінгувальна з ЧПУ	0,49	15	0,61	0,067	0,06
	Всього	25,1	-	13,02	1,49	0,36

Виробничий цикл деталі статор не перевищує двох днів, тому доцільно обрати послідовний вид руху.

Визначаємо тривалість виробничого циклу.

$$T_{\text{п}} = \sum_{i=1}^m T_{o_i} + \sum_{\text{ш}=1}^m t_{\text{мо}}, \text{ днів};$$

					КР.ІМ.21.11.08.00.00.ІІЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$t_{\text{МО}}$ – час міжопераційної перерви, днів.

$$t_{\text{МО}} = \frac{(0,25 \dots 0,8) \times \sum_{i=1}^m T_{oi}}{m}, \text{ днів};$$

$$t_{\text{МО}} = \frac{0,25 \times 1,49}{6} = 0,06 \text{ днів};$$

$$T_{\text{ц}} = 1,49 + 0,36 = 2 \text{ днів};$$

Враховуючи розраховані данні будуємо графік послідовного виду руху партії деталей «статор».

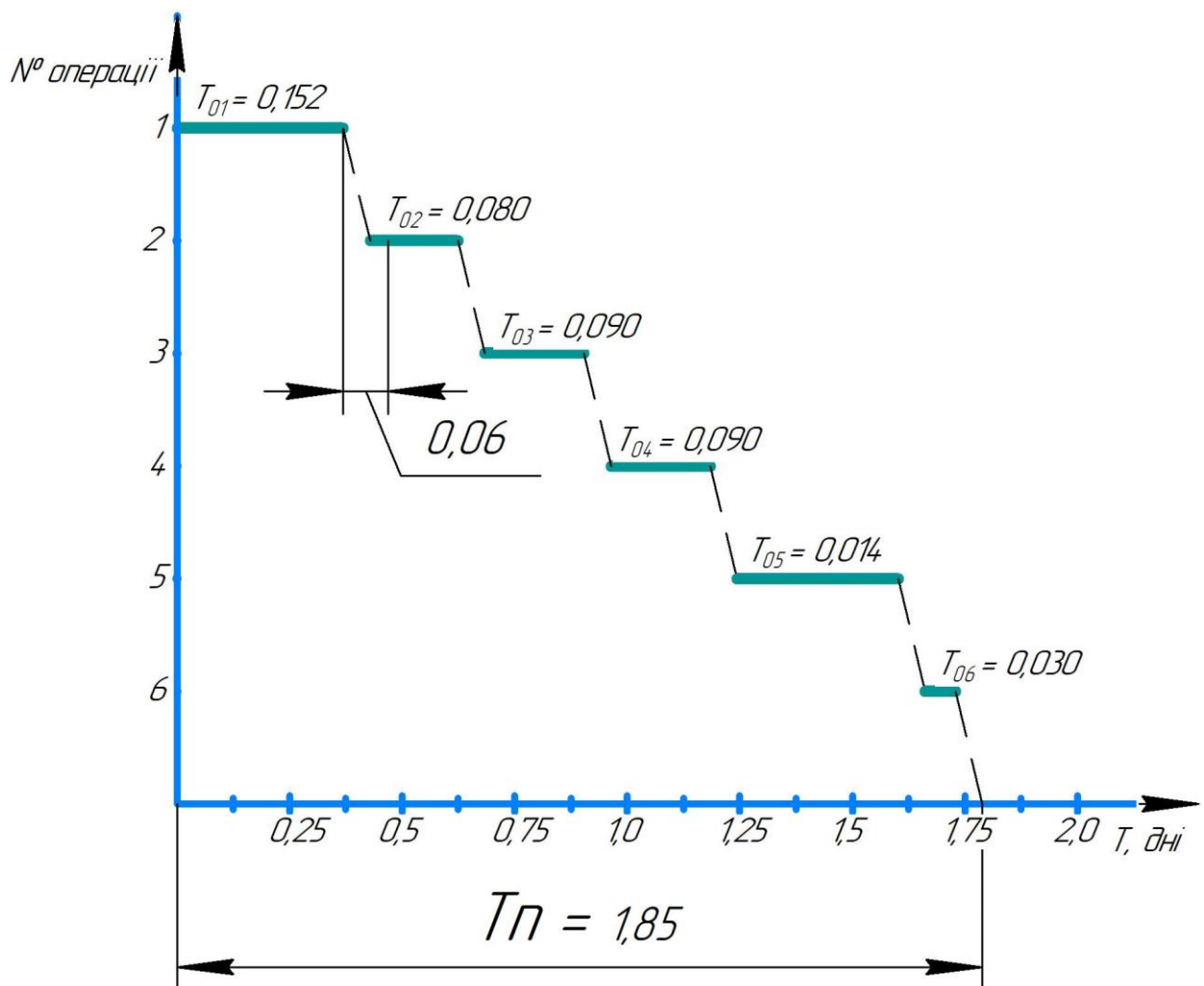


Рис. 6.1 Графік послідовного виду руху партії деталей «статор»

Розраховуємо розмір циклового запасу деталей.

$$Z_{\text{ц}} = \frac{n_{\text{пр}} \times T_{\text{ц}}}{R_3},$$

$$Z_{\text{ц}} = \frac{104 \times 2}{2,4} = 87 \text{ шт.}$$

6.3 Визначення кількості основних робітників в цеху

Визначаємо кількість основних робітників в цеху за формулою[7].

$$R_o = \frac{T_p}{F_{др}}, \text{ осіб};$$

T_p – трудомісткість річної виробничої програми, нормо-годин.

$$T_p = N_3 \times \frac{\sum_{i=1}^m t_{шт_i}}{60} \times K_{дов} \times K_{ц} \times (1 + 0,01 \times d), \text{ нормо-годин.}$$

$K_{ц}$ – коефіцієнт переводу в цех;

$K_{дов}$ – коефіцієнт довантаження обладнання до нормативного ($\eta_{зн}$) для даного типу виробництва [7, дод. Д1]:

$$K_{дов} = \frac{\eta_{зн}}{\bar{\eta}},$$

$$K_{дов} = \frac{0,85}{0,06} = 14,17,$$

d – відсоток додаткових робіт, непередбачених технологічним процесом (виправлення браку, доробка, комплектація тощо), $d=15...20\%$ [7, с. 8];

$F_{др}$ – дійсний річний фонд часу роботи одного робітника, год. (залежить від номінального фонду часу поточного року F_n , зменшеного на процент невиходів на роботу з поважних причин C_n (8...10%)) [7, с. 8].

$$F_{др} = F_n \times (1 - 0,01 \times C_n), \text{ год};$$

$$F_{др} = 2000 \times (1 - 0,01 \times 10) = 1800 \text{ год};$$

$$T_p = 10000 \times \frac{12,23}{60} \times 14,17 \times 0,16 \times (1 + 0,01 \times 20) = 13864 \text{ нормо-годин.}$$

$$R_o = \frac{13864}{1800} = 8 \text{ осіб};$$

					КР.ПМ.21.11.08.00.00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

6.4 Аналіз варіантів технологічного процесу

Виконуємо економічний аналіз можливих варіантів технологічного процесу для визначення найбільш ефективного варіанту технологічного процесу.

Розраховуємо технологічну собівартість за базовим та проектним варіантами техпроцесу виготовлення деталі.

$$C_{\text{тех}} = V \times N_3 + P,$$

V – змінні витрати;

P – постійні витрати.

6.4.1 Розрахунок змінних витрат

Виконуємо розрахунок змінних витрат, для розрахунку технологічної собівартості.

$$V = M_o + Z_{\text{одв}} + E_c + B_{\text{мд}} + B_p + B_{\text{ін.ун}} + B_{\text{аму}} + B_{\text{еп}},$$

M_o – вартість основних матеріалів, грн.;

$Z_{\text{одв}}$ – заробітна плата робітників, грн.;

E_c – витрати на електроенергію силову, грн.;

B_p – витрати на ремонт обладнання, грн.;

$B_{\text{мд}}$ – витрати на матеріали допоміжні, грн.;

$B_{\text{ін.ун}}$ – витрати на експлуатацію універсального ріжучого інструменту, грн.;

$B_{\text{ам.у}}$ – витрати на амортизацію універсального обладнання, грн.;

$B_{\text{еп}}$ – витрати на експлуатацію приміщень, грн.

Розраховуємо вартість основних матеріалів.

$$M_o = a_p \times C_m \times K_{\text{тр}} - a_v \times C_v,$$

$a_p = 0,531$ – норма витрат матеріалу, кг;

$C_m = 40$ – ціна матеріалу, грн./кг;

$K_{\text{тр}} = 1,05$ – коефіцієнт, який враховує транспортно-заготівельні витрати, витрати при зберіганні матеріалів;

$a_v = 0,102$ – маса відходів, кг;

					КР.ПМ.21.11.08.00.00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$\Pi_{\text{в}} = 1,5$ – ціна відходів, грн./кг;

$$M_o = 0,531 \times 40 \times 1,05 - 0,102 \times 1,5 = 22,149 \text{ грн.};$$

Розраховуємо витрати на заробітну плату робітників.

$$З_{\text{одв}} = C_{\text{г}(i)} \times \frac{t_{\text{шт}(i)}}{60} (1 + K_d) \times (1 + K_c), \text{ грн.};$$

В проектному технологічному процесі всі працівники оператори верстатів з ЧПУ. Виконання роботи за Верстатом з ЧПУ потребує високої кваліфікації, тому годинна ставка розраховується по 3 розряду, хонінгувальна 4 розряду. Годинна ставка верстатника в базовому технологічному процесі відповідає 3 розряду.

$C_{\text{г}(i)} = 39,12$ – годинна тарифна ставка оператора верстата з ЧПУ, грн./год.;

$C_{\text{г}(i)} = 42,64$ – годинна тарифна ставка оператора верстата з ЧПУ, грн./год.;

$t_{\text{шт}(i)}$ – штучний час i -тої операції, хв.;

$K_d = 0,1$ – коефіцієнт додаткової заробітної плати;

$K_c = 0,22$ – коефіцієнт єдиного соціального внеску.

Розраховуємо заробітну плату для робітника токарної операції з ЧПУ.

$$З_{\text{одв}} = C_{\text{г}(i)} \times \frac{3,20}{60} (1 + 0,1) \times (1 + 0,22) = 3,56 \text{ грн.};$$

Вхідні данні та розраховані витрати розміщуємо в таблиці 6.3.

					КР.ПМ.21.11.08.00.00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 6.3.

Витрати на заробітну плату робітників

‘Номер операції	Назва операції	Штучний час, $t_{шт}$, хв	Розряд	Годинна тарифна ставка	Розрахована заробітна плата
Проектний технологічний процес					
010	Токарна з ЧПУ	3,20	3	49,86	3,57
015	Довбальна з ЧПУ	1,65	3	49,86	1,84
050	Плоскошліфувальна з ЧПУ	1,88	3	49,86	2,1
055	Плоскошліфувальна з ЧПУ	1,88	3	49,86	2,1
060	Круглошліфувальна	3,13	3	49,86	3,49
065	Хонінгувальна	0,49	4	55,4	0,61
Всього:					13,71
Базовий технологічний процес					
005	Токарна з ЧПУ	0,793	3	49,86	0,88
010	Токарна з ЧПУ	0,616	3	49,86	0,69
015	Свердлильна	0,756	3	49,86	0,84
020	Свердлильна	0,756	3	49,86	0,84
025	Свердлильна	0,208	3	49,86	0,23
030	Свердлильна	0,255	3	49,86	0,28
035	Зубодовбальна	14,15	3	49,86	15,78
040	Зубодовбальна	17,37	3	49,86	19,37
055	Плоскошлі-фувальна	0,946	3	49,86	1,05
060	Плоскошлі-фувальна	0,946	3	49,86	1,05
065	Кругло-шліфувальна	2,05	3	49,86	2,29
070	Координатно-шліфувальна	25,07	3	49,86	28
Всього:					71,3

Продовження таблиці 6.4

Базовий технологічний процес

Токарний верстат з ЧПУ	16K20Ф3	3,7×2,2	22	5	11/8,5	2,975	90000
Вертикально-свердлильний	2Н125	0,77×0,78	1,5	0,88	7/4,5	0,6	25000
Довбальний	5122	2,00×1,45	3,2	1,95	9/4	2,9	25000
Плоскошліфувальний	3Е711В1	2,79х2	4	3,7	13/-	5,58	80000
Кругло-шліфувальний	3М151	4,605х2,45	10	5,6	13/11,5	11,28	135000
Координатно-шліфувальний	Hauser 5SM	2,15х2,31	6,5	3,9	28/-	4,97	300000

КР.ІМ.21.11.08.00.00.ПЗ

Лист

Розраховуємо витрати на силову електроенергію.

Розраховуємо витрати на силову електроенергію яку споживають верстати в процесі роботи, використовуючи таблицю 6.4.

$$E_c = \frac{N_b \times K_o \times K_N \times K_d}{\eta_b \times \eta_m} \times \frac{t_{шт}}{60} \times C_{ел}, \text{ грн.};$$

N_b – встановлена потужність електродвигунів обладнання, кВт;

$K_o = 0,8$ – коефіцієнт одночасної роботи двигунів;

$K_N = 0,5$ – коефіцієнт, який враховує завантаження електродвигунів за потужністю;

$K_d = 0,5$ – коефіцієнт, який враховує завантаження електродвигунів за часом;

$\eta_b = 0,96$ – коефіцієнт, що враховує втрати електроенергії в мережі;

$\eta_m = 0,9$ – ККД електродвигунів;

$C_{ел} = 4,21$ – ціна 1 кВт-год електроенергії, грн.

Розраховуємо витрати на силову електроенергію для операції 010 Токарна з ЧПУ.

$$E_c = \frac{22,4 \times 0,8 \times 0,5 \times 0,5}{0,96 \times 0,9} \times \frac{3,20}{60} \times 4,21 \text{ грн.};$$

Вхідні данні та розраховані витрати наведено в таблиці 6.5.

					<i>КР.ІМ.21.11.08.00.00.ІІЗ</i>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 6.5.

Витрати на силову електроенергію

Номер операції	Штучний час, $t_{шт}$, хв	Потужність електродвигуна, кВт	Розраховані витрати на силову електроенергію, грн.
Проектний технологічний процес			
010	3,20	22,4	1,16
015	1,65	50	1,33
050	1,88	5,5	0,16
055	1,88	5,5	0,16
060	3,13	10	0,5
065	0,49	7,5	0,06
Всього:			3,37
Базовий технологічний процес			
005	0,793	22	0,28
010	0,616	22	0,22
015	0,756	1,5	0,02
020	0,756	1,5	0,02
025	0,208	1,5	0,005
030	0,255	1,5	0,006
035	14,15	3,2	0,74
040	17,37	3,2	0,9
055	0,946	4	0,06
060	0,946	4	0,06
065	2,05	10	0,33
070	25,07	6,5	2,65
Всього:			5,29

Розраховуємо витрати на ремонт обладнання.

$$B_p = \frac{W_m \times R_m + W_e \times R_e}{F_{дрм}} \times \frac{t_{шт}}{60}, \text{ грн.};$$

$W_m = 680$ – витрати на всі види ремонту та обслуговування за ремонтний цикл, які припадають на одиницю ремонтної складності механічної частини обладнання, грн.;

$W_e = 520$ – витрати на всі види ремонту та обслуговування за ремонтний цикл, які припадають на одиницю ремонтної складності електричної частини обладнання, грн.;

R_m – категорія ремонтної складності механічної частини обладнання, УРО;

R_e – категорія ремонтної складності електричної частини обладнання, УРО;

$F_{дрм} = 1800$ – номінальний (режимний) фонд часу роботи обладнання в одну зміну, годин (визначається щорічно за календарем);

Розраховуємо витрати на ремонт токарного верстату Haas DS30-Y BMT65.

$$B_p = \frac{680 \times 40 + 520 \times 35,5}{1800} \times \frac{3,20}{60} = 1,35 \text{ грн.};$$

Вхідні данні та розраховані витрати вносимо в таблицю 6.6.

					КР.ІІМ.21.11.08.00.00.ІІЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Витрати на ремонт обладнання

Найменування обладнання	Модель обладнання	Штучний час, $t_{шт}$, хв	Група ремонтної складності механічної, УРО	Група ремонтної складності електричної, УРО	Розраховані витрати на ремонт обладнання , грн.
Проектний технологічний процес					
Токарний верстат з ЧПУ	Haas DS-30Y BMT65	3,20	40	35,5	1,35
Довбальний з ЧПУ	GLEASON P600S	1,65	13	6	0,18
Плоскошліфувальний	HFS 104 NC	1,88	17,5	16	0,35
Плоскошліфувальний	HFS 104 NC	1,88	17,5	16	0,35
Круглошліфувальний з ЧПУ	3M151	3,13	13	11,5	0,43
Хонінгувальний з ЧПУ	Sunnen SV-2052	0,49	20	18	0,1
Всього:					2,76

<i>КР.ИМ.21.11.08.00.00.И13</i>	<i>ИУСМ</i>
--	--------------------

Витрати на допоміжні матеріали.

Розраховуємо витрати на допоміжні матеріали для обслуговування верстатів.

$$B_{\text{мд}} = \frac{M_{\text{гв}} \times R_{\text{м}} \times t_{\text{шт}}}{60} \times K_{\text{в}}, \text{ грн.};$$

$M_{\text{гв}} = 0,30$ – годинні витрати на допоміжні матеріали, грн.;

$R_{\text{м}}$ – категорія ремонтної складності механічної частини обладнання, УРО;

$K_{\text{в}} = 1$ – коефіцієнт, який враховує тип виробництва.

Розраховуємо витрати на допоміжні матеріали для обслуговування токарного верстату Haas DS30-Y BMT65.

$$B_{\text{мд}} = \frac{0,30 \times 40 \times 3,20}{60} \times 1 = 0,68 ,$$

Вхідні данні та розраховані витрати вносимо в таблицю 6.7.

Таблиця 6.7.

Витрати на допоміжні матеріали.

Найменування обладнання	Модель обладнання	Штучний час, $t_{\text{шт}}$, хв	Група ремонтної складності механічної, УРО	Розраховані витрати на допоміжні матеріали, грн.
Проектний технологічний процес				
Токарний верстат з ЧПУ	Haas DS-30Y BMT65	3,20	40	0,64
Довбальний з ЧПУ	GLEASON P600S	1,65	13	0,11
Плоскошліфувальний з ЧПУ	HFS 104 NC	1,88	17,5	0,17
Плоскошліфувальний з ЧПУ	HFS 104 NC	1,88	17,5	0,17
Круглошліфувальний	3M151	3,13	13	0,20
Хонінгувальний з ЧПУ	Sunnen SV-2052	0,49	20	0,05
Всього:				1,34

					КР.ПМ.21.11.08.00.00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 6.7.

Базовий технологічний процес				
Токарний верстат з ЧПУ	16K20Ф3	0,793	11	0,044
Токарний верстат з ЧПУ	16K20Ф3	0,616	11	0,034
Вертикально-свердильний	2Н125	0,756	7	0,03
Вертикально-свердильний	2Н125	0,756	7	0,03
Вертикально-свердильний	2Н125	0,208	7	0,007
Вертикально-свердильний	2Н125	0,255	7	0,009
Зубодовбальний	5122	14,15	9	0,64
Зубодовбальний	5122	17,37	9	0,78
Плоскошліфувальний	3Е711В1	0,946	13	0,062
Плоскошліфувальний	3Е711В1	0,946	13	0,062
Кругло-шліфувальний	3М151	2,05	13	0,13
Координатно-шліфувальний	Hauser 5SM	25,07	28	3,5
Всього:				5,33

Витрати на експлуатацію універсального ріжучого інструменту.

Розраховуємо витрати на експлуатацію універсального ріжучого інструменту використовуючи таблицю 6.8.

$$B_{\text{ін.ун}} = \frac{(\Phi_{\text{п.ін}} + p \times B_{\text{пер}}) \times \gamma \times t_{\text{шт}}}{t_{\text{в}} \times (p+1)} \times K_{\text{вт}}, \text{ грн.};$$

$\Phi_{\text{п.ін}}$ – первісна вартість універсального ріжучого інструменту, грн.;

$p = 0$ – кількість переточок ріжучого інструменту до повного зносу;

$B_{\text{пер}}$ – вартість однієї переточки, грн.;

γ – питоме значення машинного часу роботи обладнання у загальному варіанті його роботи;

$t_{\text{в}}$ – економічна стійкість інструменту, хв.;

$K_{\text{вт}}$ – коефіцієнт обліку втрати інструменту.

					КР.ПМ.21.11.08.00.00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 6.8.

Характеристика ріжучого інструменту

Номер операції	Штучний час, $t_{шт}$, хв	Назва інструменту	Первісна вартість, $\Phi_{п.ін}$, грн.	Питоме значення машинного часу роботи обладнання, γ	Економічна стійкість інструменту, t_e , хв.	Коефіцієнт обліку втрати інструменту, $K_{вт}$	Витрати на експлуатацію, $B_{ін.ун}$, грн.
Проектний технологічний процес							
010	3,20	Різець прохідний Пластина LOGIO4TURN WOMG	140	0,65	60	1,05	5,1
		Різець прохідний Пластина DO-GRIP DGN 5003	140	0,65	60	1,05	5,1
		Різець канавковий Пластина DO-GRIP DGN 5003C	200	0,6	60	1,05	6,7
		Свердло Пластина CHAMDRIL IDI-SG 10	300	0,6	30	1,25	24
		Різець прохідний Пластина LOGIO4TURN WOMG	140	0,65	60	1,05	5,1
		Різець прохідний Пластина DO-GRIP DGN 5003	140	0,65	60	1,05	5,1
		Різець канавковий Пластина DO-GRIP DGN 5003C	200	0,6	60	1,05	6,7
		Свердло Пластина CHAMDRIL IDI-SG 8,5	300	0,6	30	1,25	24
		Різець розточний Пластина PRETHREAD AOMT	125	0,6	60	1,05	4,2

КР.ІМ.21.11.08.00.00.ПЗ

Лист

Зм.			Продовження таблиці 6.8							
Лист			050	1,88	Абразивний круг	200	0,65	40	1,01	6,2
			055	1,88	Абразивний круг	200	0,65	40	1,01	6,2
№ докум.			060	3,13	Абразивний круг	200	0,65	40	1,01	10,3
			Всього:							108,7
			Базовий технологічний процес							
Підпис			005	0,793	Різець прохідний	70	0,65	60	1,05	0,63
					Різець канавковий	40	0,6	60	1,05	0,33
Дата			010	0,616	Різець прохідний	70	0,65	60	1,05	0,5
					Різець канавковий	40	0,6	60	1,05	0,26
КР.ІІМ.21.11.08.00.00.ПЗ			015	0,756	Свердло	30	0,6	30	1,25	0,46
			020	0,756	Свердло	30	0,6	30	1,25	0,46
			025	0,208	Свердло	50	0,6	30	1,25	0,21
			030	0,255	Свердло	50	0,6	30	1,25	0,26
			055	0,946	Абразивний круг	200	0,65	40	1,01	3,1
			060	0,946	Абразивний круг	200	0,65	40	1,01	3,1
			065	2,05	Абразивний круг	200	0,65	40	1,01	6,7
			Всього:							22
		Лист								

Витрати на амортизацію універсального обладнання.

$$B_{\text{ам.у}} = \frac{\Phi_{\text{бал}} \times N_a \times t_{\text{шт}}}{F_{\text{дрм}} \times 60 \times 100 \times \eta_{\text{зн}}}, \text{ грн.};$$

$\Phi_{\text{бал}}$ – балансова вартість одиниці обладнання, грн.

$$\Phi_{\text{бал}} = C_{\text{опт}} \times (1 + K_{\text{тр}} + K_{\text{м}} + K_{\text{ф}}), \text{ грн.};$$

$C_{\text{опт}}$ – оптова ціна обладнання, грн;

$K_{\text{тр}} = 0,1$ – коефіцієнт транспортування обладнання;

$K_{\text{м}} = 0,06$ – коефіцієнт монтажу обладнання;

$K_{\text{ф}} = 0,08$ – коефіцієнти улаштування фундаменту;

$N_a = 15$ – норма амортизації на реновацію, %.

Розраховуємо балансову вартість верстату Haas DS30-Y BMT65.

$$\Phi_{\text{бал}} = 4666000 \times (1 + 0,1 + 0,06 + 0,08) = 5785840$$

Розраховуємо витрати на амортизацію верстату Haas DS30-Y BMT65.

$$B_{\text{ам.у}} = \frac{5785840 \times 15 \times 3,20}{3600 \times 60 \times 100 \times 0,85} = 15,13 \text{ грн.};$$

Вхідні данні та розраховані витрати на амортизацію вносимо в таблицю 6.9.

					КР.ІМ.21.11.08.00.00.ІІЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 6.9.

Витрати на амортизацію

Найменування обладнання	Модель	Штучний час, $t_{шт}, хв$	Оптова ціна, $C_{опт}, грн.$	Балансова вартість, $\Phi_{бал}, грн.$	Витрати на амортизацію, $B_{ам.у}, грн.$
Проектний технологічний процес					
Токарний верстат з ЧПУ	Haas DS-30Y BMT65	3,20	4666000	5785840	15,13
Довбальний з ЧПУ	GLEASON P600S	1,65	5000000	6200000	8,36
Плоскошліфувальний з ЧПУ	HFS 104 NC	1,88	675000	837000	1,29
Плоскошліфувальний з ЧПУ	HFS 104 NC	1,88	675000	837000	1,29
Круглошліфувальний	3M151	3,13	135000	167400	0,42
Хонінгувальний з ЧПУ	Sunnen SV-2052	0,49	1080000	1339200	0,54
Всього:					27,03
Базовий технологічний процес					
Токарний верстат з ЧПУ	16K20Ф3	0,793	90000	111600	0,07
Токарний верстат з ЧПУ	16K20Ф3	0,616	90000	111600	0,06
Вертикально-свердильний	2Н125	0,756	25000	31000	0,02
Вертикально-свердильний	2Н125	0,756	25000	31000	0,02
Вертикально-свердильний	2Н125	0,208	25000	31000	0,005
Вертикально-свердильний	2Н125	0,255	25000	31000	0,007
Зубодовбальний	5122	14,15	25000	31000	0,37
Зубодовбальний	5122	17,37	25000	31000	0,45
Плоскошліфувальний	3E711B1	0,946	80000	99200	0,08
Плоскошліфувальний	3E711B1	0,946	80000	99200	0,08
Круглошліфувальний	3M151	2,05	135000	167400	0,28
Координатно-шліфувальний	Hauser 5SM	25,07	300000	372000	7,62
Всього:					9,06

					КР.ПМ.21.11.08.00.00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Витрати на експлуатацію приміщення.

Розраховуємо витрати на експлуатацію приміщення механічної дільниці.

$$B_{\text{ен}} = \frac{S_{\text{од}} \times k_f \times C}{F_{\text{дрм}} \times \eta_{\text{зн}}} \times \frac{t_{\text{шт}}}{60}, \text{ грн.};$$

$S_{\text{од}}$ – площа в плані, яку займає одиниця обладнання, м^2 ;

k_f – коефіцієнт, який враховує додаткову площу (проходи, проїзди, транспортно-складські приміщення).

$C = 480$ – річні витрати, пов'язані з експлуатацією 1м^2 виробничого приміщення, грн.

Розраховуємо витрати на експлуатацію частини приміщення для виконання операції 010 Токарна з ЧПУ.

$$B_{\text{ен}} = \frac{9,7 \times 2,5 \times 480}{3600 \times 0,85} \times \frac{3,20}{60} = 0,2 \text{ грн.};$$

Вхідні данні та розраховані витрати вносимо в таблицю 6.10.

					<i>КР.ІМ.21.11.08.00.00.ІІЗ</i>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Зм.							
Лист							
№ докум.							
Підпис							
Дата							
КР.ПМ.21.11.08.00.00.ПЗ							
Лист							

Таблиця 6.10.

Витрати на експлуатацію приміщення

Найменування обладнання	Модель обладнання	Габаритні розміри: довжина х ширина,м	Штучний час, $t_{шт}$, хв	Площа в плані $S_{од}$, м ²	Коефіцієнт k_f , який враховує додаткову площу	Витрати на експлуатацію приміщення
Проектний технологічний процес						
Токарний верстат з ЧПУ	Haas DS-30Y BMT65	3,81x2,54	3,20	9,7	2,5	0,2
Довбальний з ЧПУ	GLEASON P600S	3,49x4,77	1,65	16,7	2	0,14
Плоско-шліфувальний з ЧПУ	HFS 104 NC	3,8x2	1,88	7,6	2,5	0,093
Плоско-шліфувальний з ЧПУ	HFS 104 NC	3,8x2	1,88	7,6	2,5	0,093
Кругло-шліфувальний	3M151	4,605x2,450	3,13	11,3	2	0,11
Хонінгувальний з ЧПУ	Sunnen SV-2052	2,602x3,578	3,13	9,3	2,5	0,19
Всього:						0,843

Зм.				
Лист				
№ докум.				
Підпис				
Дата				
КР.ПМ.21.11.08.00.00.ПЗ				
				Лист

Продовження таблиці 6.10.

Базовий технологічний процес						
Токарна з ЧПУ	16K20Ф3	3,7×2,21	0,793	8,2	2,5	0,015
Токарна з ЧПУ	16K20Ф3	3,7×2,21	0,616	8,2	2,5	0,012
Свердлильна	2H125	2,00×1,45	0,756	3	2,5	0,003
Свердлильна	2H125	2,00×1,45	0,756	3	2,5	0,003
Свердлильна	2H125	2,00×1,45	0,208	3	2,5	0,001
Свердлильна	2H125	2,00×1,45	0,255	3	2,5	0,001
Зубодовбальна	5122	2,79x2	14,15	5,6	2	1,05
Зубодовбальна	5122	2,79x2	17,37	5,6	2	1,29
Плоско-шліфувальна	3E711B1	4,605x2,45	0,946	11,5	2,5	0,035
Плоско-шліфувальна	3E711B1	4,605x2,45	0,946	11,5	2,5	0,035
Кругло-шліфувальна	3M151	2,15x2,31	2,05	5,1	2	0,12
Координатно-шліфувальна	Hauser 5SM	2,50×1,19	25,07	3	2,5	0,81
Всього:						3,375

Виконуємо розрахунок змінних витрат, для розрахунку технологічної собівартості по проектному технологічному процесу.

$$V = 22,15 + 13,71 + 3,37 + 2,76 + 1,34 + 108,7 + 27,03 + 0,843 = 180 \text{ грн};$$

Виконуємо розрахунок змінних витрат, для розрахунку технологічної собівартості по базовому технологічному процесу.

$$V = 22,15 + 71,3 + 5,29 + 10,5 + 5,33 + 22 + 9,06 + 3,375 = 149 \text{ грн};$$

6.4.2 Розрахунок постійних витрат

Розраховуємо постійні витрати на експлуатацію обладнання для виробництва деталі статор.

$$P = B_{\text{нал}} + B_{\text{сп.осн}} + B_{\text{ам.сп}} + B_{\text{пр}}, \text{ грн};$$

$B_{\text{нал}}$ – витрати на налагодження обладнання, грн.;

$B_{\text{пр}}$ – витрати на створення програмного забезпечення (у разі застосування на порівнюваних операціях верстатів з ЧПК).

Розраховуємо витрати на налагодження обладнання.

$$B_{\text{нал}} = C_{\text{зн}} \times \frac{t_{\text{п-з}}}{60} (1 + K_{\text{д}}) \times (1 + K_{\text{с}}) \times A, \text{ грн.};$$

$C_{\text{зн}}$ – годинна тарифна ставка наладчика відповідного розряду грн./год.;

$t_{\text{п-з}}$ – підготовчо-заключний час даної операції, хв.;

$A = 1$ – кількість партій, що відповідає кількості переналагоджень за рік.

Розраховуємо витрати на налагодження обладнання для першої операції.

$$B_{\text{нал}} = 62,78 \times \frac{15}{60} (1 + 0,22) \times (1 + 0) \times 1 = 19,15 \text{ грн.}$$

Вхідні данні та розраховані витрати вносимо в таблицю 6.11.

					КР.ПМ.21.11.08.00.00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 6.11.

Витрати на налагодження обладнання

Номер операції	Назва операції	Підготовчо заключний час, t_{n-3} , хв	Розряд	Годинна тарифна ставка	Розрахована заробітна плата
Проектний технологічний процес					
010	Токарна з ЧПУ	15	5	62,78	19,15
015	Довбальна з ЧПУ	12	5	62,78	15,3
050	Плоскошліфувальна з ЧПУ	12	5	62,78	15,3
055	Плоскошліфувальна з ЧПУ	12	5	62,78	15,3
060	Круглошліфувальна	12	5	62,78	15,3
065	Хонінгувальна	15	5	62,78	19,15
Всього:					99,5
Базовий технологічний процес					
005	Токарна з ЧПУ	10	5	62,78	12,8
010	Токарна з ЧПУ	10	5	62,78	12,8
015	Свердлильна	5	5	62,78	6,4
020	Свердлильна	5	5	62,78	6,4
025	Свердлильна	5	5	62,78	6,4
030	Свердлильна	5	5	62,78	6,4
035	Зубодовбальна	15	5	62,78	19,15
040	Зубодовбальна	15	5	62,78	19,15
055	Плоскошлі-фувальна	10	5	62,78	12,8
060	Плоскошлі-фувальна	10	5	62,78	12,8
065	Кругло-шліфувальна	10	5	62,78	12,8
070	Координатно-шліфувальна	15	5	62,78	19,15
Всього:					147,05

Розраховуємо витрати на створення програмного забезпечення.

$$V_{\text{пр}} = T_{\text{пр}} \times Z_{\text{год}} \times K_{\text{дс}},$$

$T_{\text{пр}} = 192$ – трудомісткість підготовки програмного забезпечення, яка враховує трудомісткість розробки операційної карти техпроцесу, керуючої програми, карт налагодження інструменту, карти кодування інформації, год.;

$Z_{\text{год}} = 73,87$ – середньогодинна заробітна плата інженерів з підготовки програмного забезпечення, грн./год.;

$K_{\text{дс}} = 1,22$ – коефіцієнт, який враховує додаткову заробітну плату та єдиний соціальний внесок.

$$V_{\text{пр}} = 192 \times 73,87 \times 1,22 = 17303 \text{ грн.}$$

Вхідні данні та розраховані витрати вносимо в таблицю 6.12.

Таблиця 6.12

Розрахунок технологічної собівартості

№ з/п	Статті витрат	Витрати, грн.	
		Проект	Базовий
6.4.1	Змінні витрати		
	Основні матеріали	22,15	22,15
	Заробітна плата виробничих робітників основна, додаткова з єдиним соціальним внеском	71,3	13,71
	Електроенергія силова	5,29	3,37
	Ремонт обладнання	10,5	2,76
	Витрати на допоміжні матеріали	5,33	1,34
	Експлуатація універсального ріжучого інструменту	22	108,7
	Амортизація універсального обладнання	9,06	27,03
	Експлуатація приміщень	3,375	0,843
	Всього змінних витрат	149	180
6.4.2	Постійні витрати		
	Налагодження обладнання	99,5	147
	Створення програмного забезпечення	17303	17303
	Всього постійних витрат	17402,3	17450
	Технологічна собівартість річного випуску деталей $C_{\text{тех}}$	1490000	1800000

6.4.3. Розрахунок показників економічної ефективності обраного варіанту технологічного процесу

Розраховуємо річний економічний ефект від застосування обраного варіанту технологічного процесу виготовлення деталі статор.

$$E_p = (C_{\text{тех}}^1 + E_n \times K_6) - (C_{\text{тех}}^2 + E_n \times K_{\text{п}}),$$

$C_{\text{тех}}^1$ – річна технологічна собівартість по базовому варіанту техпроцесу, грн.;

$C_{\text{тех}}^2$ – річна технологічна собівартість по проектному варіанту техпроцесу, грн.;

$E_n = 0,16$ – нормативний коефіцієнт порівняльної економічної ефективності капітальних вкладень;

$K_{\text{п}}$ – капітальні вкладення по проектному техпроцесу;

K_6 – капітальні вкладення по базовому техпроцесу, грн.

Розраховуємо необхідну кількість капітальних вкладень в обладнання, оснащення та приміщення які необхідні для організації механічної дільниці для виготовлення деталі статор.

$$K = (\Phi_{\text{бал}} + B_{\text{осн}} + K_{\text{буд}}) \times \eta_z,$$

$\Phi_{\text{бал}}$ – капітальні вкладення в обладнання;

$B_{\text{осн}}$ – капітальні вкладення в оснащення;

$K_{\text{буд}}$ – капітальні вкладення в приміщення.

$$K_{\text{буд}} = S_{\text{од}} \times K_f \times q_{\text{пр}} \times \text{Ц}_{\text{буд}},$$

$\text{Ц}_{\text{буд}}$ – ціна 1 м^2 виробничої площі висотою 8-10 м, грн./ м^3 .

$$K_{\text{буд п}} = 340 \times 10 \times 4000 = 13600000 \text{ грн};$$

$$K_{\text{буд б}} = 480 \times 10 \times 4000 = 19200000 \text{ грн};$$

$$K_{\text{п}} = (1155600 + 30000 + 13600000) \times 0,089 = 131592 \text{ грн};$$

$$K_6 = (655000 + 50000 + 19200000) \times 0,053 = 1023722 \text{ грн};$$

$$E_p = (1800000 + 0,16 \times 1023722) - (1490000 + 0,16 \times 131592) = 452740 \text{ грн}.$$

Розраховуємо строк окупності капітальних вкладень.

$$T_{\text{ок}} = \frac{K_{\text{п}} - K_{\text{б}}}{C_{\text{тех}}^1 - C_{\text{тех}}^2},$$

$$T_{\text{ок}} = \frac{1023722 - 131592}{1800000 - 1490000} = 2,9,$$

Розраховуємо зниження трудомісткості виготовлення деталі при впровадженні проектного варіанту техпроцесу.

$$\Delta T_p = \frac{\sum_{i=1}^m t_{\text{шт}(i)}^{\text{бсв}}}{\sum_{i=1}^m t_{\text{шт}(i)}^{\text{пр}}},$$

$t_{\text{шт}(i)}^{\text{пр}} = 12,23$ – сума штучного часу відмінних операцій базового варіанту техпроцесу, хв;

$t_{\text{шт}(i)}^{\text{бсв}} = 63,92$ – сума штучного часу відмінних операцій проектного варіанту техпроцесу, хв.

$$\Delta T_p = \frac{63,92}{12,23} = 5,23$$

6.5. Розрахунок планової цехової собівартості деталі.

Розраховуємо собівартість виготовлення деталі статор, сумуючи калькуляційні статті витрат.

$$C_{\text{цех}} = M_o + Z_{\text{од}} + B_c + B_{\text{ін}} + B_o + B_{\text{ц}},$$

M_o – вартість основних матеріалів, грн.;

$Z_{\text{од}}$ – основна та додаткова заробітна плата основних виробничих робітників, грн.;

B_c – відрахування на соціальні потреби (єдиний соціальний внесок), грн.;

$B_{\text{ін}}$ – витрати на експлуатацію спеціального оснащення, грн.;

B_o – витрати на утримання та експлуатацію обладнання, грн.;

$B_{\text{ц}}$ – цехові витрати, грн.

Розраховуємо вартість основних матеріалів.

$$M_o = a_p \times C_{\text{м}} \times K_{\text{мр}} - a_{\text{в}} \times C_{\text{в}},$$

$a_p = 0,531$ – норма витрат матеріалів, кг.;

$C_{\text{м}} = 40$ – ціна матеріалів, грн./кг.;

					КР.ПМ.21.11.08.00.00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

K_{mp} 1,05 – коефіцієнт, який враховує транспортно-заготівельні витрати, витрати на зберігання матеріалів (приймається у розмірі 1,05...1,08);

$a_v = 0,102$ – маса відходів, кг.;

$C_v = 1,5$ – ціна відходів, грн./кг.

$$M_o = 0,531 \times 40 \times 1,05 - 0,102 \times 1,5 = 22,15 \text{ грн.}$$

Розраховуємо основну і додаткову заробітну плату виробничих робітників.

$$Z_{od} = P_v(1 + K_d)$$

P_v – відрядний розцінок на деталь (основна зарплата), що визначається, як сума операційних розцінок P_{on_i} .

$$P_v = \sum_i^m P_{on_i} = \sum_i^m \frac{e_{год}^B \times t_{шт-к_i}}{60},$$

$e_{год}^B$ – годинна тарифна ставка відрядника відповідного розряду роботи i -ої операції технологічного процесу, грн./год.;

$t_{шт-к_i}$ – штучно-калькуляційний час i -ої операції технологічного процесу, хв.:

$$t_{шт-к_i} = t_{шт_i} + \frac{t_{п-з_i}}{n_{пр}},$$

$t_{шт_i}$ – штучний час i -тої операції, хв.;

$t_{п-з_i}$ – підготовчо-заклучний час i -тої операції, хв.;

$n_{пр} = 97$ – розмір партії деталей, шт.

Розраховуємо штучно-калькуляційний час для операції 010 Токарна з ЧПУ.

$$t_{шт-к_i} = 3,20 + \frac{15}{97} = 3,35 \text{ хв.}$$

Розраховуємо розцінку на деталь для операції 010 Токарна з ЧПУ.

$$P_v = \frac{49,86 \times 3,35}{60} = 2,784 \text{ грн.}$$

Розраховуємо основну і додаткову заробітну плату.

$$Z_{od} = 10,795(1 + 0,1) = 11,938$$

Розраховану заробітну плату кожного робітника вносимо в таблицю 6.13.

					КР.ПМ.21.11.08.00.00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 6.13.

Розрахунок відрядної розцінки на даталь

Номер операції	Назва операції	Штучний час, $t_{шт}$, хв.	Штучно-підготовчий час, $t_{шт}$, хв.	Розряд	Годинна тарифна ставка	Штучно-калькуляційний час $t_{шт-к_i}$, хв.	Розцінка на деталь, грн.
010	Токарна з ЧПУ	3,20	15	3	49,86	3,35	2,784
015	Довбальна з ЧПУ	1,65	12	3	49,86	1,77	1,471
050	Плоскошліфувальна	1,88	12	3	49,86	2	1,662
055	Плоскошліфувальна	1,88	12	3	49,86	2	1,662
060	Круглошліфувальна з ЧПУ	3,13	12	3	49,86	3,25	2,701
065	Хонінгувальна	0,49	15	4	55,4	0,62	0,573
Всього:							10,853

КР.ІМ.21.11.08.00.00.ПЗ

Лист

Розраховуємо відрахування на соціальні потреби виробничих робітників.

$$B_c = Z_{\text{од}} \times \frac{K_c}{100}, \text{ грн};$$

$K_c = 22$ – відсоток єдиного соціального внеску.

$$B_c = 11,938 \times \frac{22}{100} = 2,626 \text{ грн};$$

Розраховуємо витрати на утримання і експлуатацію обладнання які необхідно включити у вартість готової деталі.

$$B_o = Z_{\text{од}} \times \frac{P_{\text{во}}}{100}, \text{ грн};$$

$P_{\text{во}}$ – процент витрат на утримання та експлуатацію обладнання;

$Z_{\text{од}}$ – основна заробітна плата за виготовлення деталі, грн.

$$B_o = 11,938 \times \frac{380}{100} = 45,364 \text{ грн};$$

Розраховуємо загальноцехові витрати які необхідно включити у вартість готової деталі.

$$B_{\text{ц}} = Z_{\text{од}} \times \frac{P_{\text{ц}}}{100},$$

$P_{\text{ц}}$ – процент цехових витрат.

$$B_{\text{ц}} = 11,875 \times \frac{220}{100} = 26,263 \text{ грн};$$

Результати розрахунків зводимо до таблиці 6.14

Таблиця 6.14

Калькуляція цехової собівартості виготовлення деталі

№ з/п	Найменування статей	Витрати, грн.
1.	Матеріали основні з відрахуванням зворотніх відходів	22,5
2.	Основна заробітна плата виробничих робітників	10,795
3.	Додаткова заробітна плата виробничих робітників	1,085
4.	Відрахування у соціальні фонди	2,626
5.	Витрати на утримання і експлуатацію обладнання	45,364
6.	Цехові витрати	26,263
7.	Всього цехова собівартість $C_{\text{ц}}$	108,633

6.6. Планування підсумкових техніко-економічних показників

Опираючись на попередні розрахунки проводимо підсумок техніко-економічних розрахунків, визначивши додаткові показники.

Розраховуємо виробіток продукції на одного робітника.

$$B_n = \frac{T_p}{R_o}, \text{ грн.}$$

$T_p = 13864$ – трудомісткість річної виробничої програми дільниці, нормо-год;

$R_o = 8$ – чисельність основних робітників цеху, осіб.

$$B_n = \frac{13864}{8} = 1733,$$

Розраховуємо зарплатомісткість продукції.

$$З_{зп} = \frac{З_{од}}{C_{ц}} \times 100\%,$$

$З_{од} = 11$ – основна й додаткова заробітна плата у собівартості деталі, грн.;

$C_{ц} = 113$ – цехова собівартість деталі, грн.

$$З_{зп} = \frac{11,938}{108,633} \times 100\% = 10,989,$$

Розраховуємо матеріаломісткість продукції.

$$З_{мп} = \frac{M_o}{C_{ц}} \times 100\%,$$

$M_o = 22,5$ – матеріали основні з відрахуванням зворотніх відходів у собівартості деталі, грн.

$$З_{мп} = \frac{22,5}{108,633} \times 100\% = 20,988 \text{ грн.}$$

Розраховуємо собівартість товарної продукції цеху.

$$C_{mn} = C_{ц} \times N_z \times K_{дов} \times K_{ц},$$

$N_z = 10000$ – річна програма запуску деталей, шт./рік.

$$C_{mn} = 108,633 \times 10000 \times 14,17 \times 1,16 = 15393297 \text{ грн.}$$

Результати розрахунків техніко-економічних показників роботи цеху зводимо до таблиці 6.15.

					КР.ПМ.21.11.08.00.00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 6.15

Техніко-економічні показники цеху

№ з/п	Показник	Одиниця виміру	Величина
1.	Програма запуску деталей (N_z)	шт./рік	10000
2.	Трудомісткість виробничої програми (T_p)	нормо-год	13864
3.	Випуск товарної продукції цеху (C_{mn})	грн./рік	1539329
4.	Чисельність робітників	осіб	8
	в тому числі: - основних	осіб	6
	- допоміжних	осіб	2
5.	Виробіток продукції на одного робітника	нормо-год	1733
6.	Зарплатомісткість продукції	%	10,989
7.	Матеріаломісткість продукції	%	20,988
8.	Зниження трудомісткості виготовлення деталі при впровадженні проектного варіанту техпроцесу ΔT_p	%	5,23
9.	Річний економічний ефект від застосування проектного варіанту техпроцесу E_p	грн.	452740
10.	Строк окупності додаткових капітальних витрат $T_{ок}$	років	2,9

Висновок.

У кваліфікаційній роботі на тему: «Проект цеху по випуску насоса-дозатора НДВЗ 25-01 з розробкою технології виготовлення деталі статор НДВЗ 25-01-03 та дослідженням конструкцій, способів та інструментів для виготовлення робочої поверхні статора» розроблено вдосконалений технологічний процес деталі статор.

В технологічній частині розроблено новий технологічний процес деталі статор з використанням верстатів з числовим програмним управлінням, ріжучого інструменту з пластинами із сучасних сплавів та прогресивних конструкцій, визначено режими різання та норми часу .

В конструкторській частині розроблено затискний пристрій для виконання операції 060 Круглошліфувальна та контрольний пристрій для контролю відхилень паралельності торців.

В дослідній частині розроблено формули для автоматичного визначення профілю ріжучого інструменту для довбання внутрішньої цівкової поверхні, за допомогою автоматичних засобів обчислення, проаналізовано конструкції довбачів з різною кількістю зубців, розроблено чотиризубий довбач для обробки внутрішньої цівкової поверхні, розглянуто методику пректування інструменту та розроблено технологію його виготовлення.

В організаційній частині розроблено план механічної дільниці та графік проведення ремонтних робіт.

В економічній частині розраховано порівняно витрати базового та проектного технологічних процесів, заробітні плати робітників і економічні ефекти проектного технологічного процесу.

Розроблено план дільниці та план цеху виготовлення деталі статор.

Розрахунки виконано на основі державних стандартів та спеціалізованої літератури, прийняті рішення обґрунтовано.

					КР.ПМ.21.11.08.00.00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Література:

1. Горбацевич А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. – Минск: Высшая школа, 1975 -288с.
2. Справочник технолога-машиностроителя Т.1 / Косилова А.Г., Мещеряков Р. К. – М.; Машиностроение, 1985.
3. Справочник технолога-машиностроителя Т.2 / Косилова А.Г., Мещеряков Р. К. – М.; Машиностроение, 1985.
4. Общемашиностроительные нормативы времен и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с числовым программным управлением Ч.1. Москва экономика 1990.
5. Справочник нормировщика-машиностроителя Е. И. Стружестрах, Москва, 1961.
6. Горохов В. А. Проектирование и расчет приспособлений: Учеб. пособие для студентов вузов машиностроительных спец.— Мн.: Выш. шк., 1986.— 238 с: ил.
7. Економічні та організаційно-планові розрахунки при проектуванні цеху механічної обробки. Методичні вказівки до виконання економічної частини дипломного проекту для студентів спеціальності 133 – «Галузеве машинобудування». /Укл. Журило І.В., Романюк Л.М. – Кропивницький: ЦНТУ, 2017 – 25 с.
8. Балабанов, А. Н. Краткий справочник технолога – машиностроителя/ А.Н. Балабанов. – М.: 1992.-464 с.
9. Точность обработки, заготовки и припуски. Справочник технолога. Косилова А.Г., Мещеряков Р. К. Калинин М. А. «Машиностроение», 1976. 288 с.
10. Расчеты зуборезных инструментов. Романов В. Ф. М., «Машиностроение», 1969, 251 с.

					КР.ПМ.21.11.08.00.00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		