

Центральноукраїнський національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Механіко-технологічний факультет

(назва факультету)

Кафедра «Машинобудування, мехатроніки і робототехніки»

(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи

магістра з прикладної механіки

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему: «Проект цеху по випуску насосів GPS2K-R2G6B з розробкою технології обробки шестерні GPS2K-4-00-03 з дослідженням технології зубообробки синусного зачеплення»

Виконав: студент II М курсу, групи ТМ-20М
за спеціальністю

131 «Прикладна механіка»

(шифр і назва спеціальності)

Павліченко І. О.

(прізвище та ініціали)

Керівник доцент к.т.н., Щербина К.К.

(прізвище та ініціали)

Рецензент _____

(прізвище та ініціали)

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

(прізвище та ініціали)

Кропивницький - 2021 року

Центральноукраїнський національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет Механіко-технологічний

факультет _____

Кафедра «Машинобудування, мехатроніки і робототехніки»

Освітньо-кваліфікаційний

рівень магістр

Спеціальність 131 "Прикладна механіка"

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

“ _____ ” _____ 20__ року

З А В Д А Н Н Я **НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ**

Павліченко Ігор Олександрович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Проект цеху по випуску насосів GPS2K-R2G6B з розробкою технології обробки шестерні GPS2K-4-00-03 з дослідженням технології зубообробки синусного зачеплення»

керівник роботи: Щербина Кирил Костянтинович , канд. техн. наук, доцент,

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від

“ _____ ” _____ 20__ року № _____

2. Строк подання студентом проекту _____

3. Вихідні дані до роботи _____

3.1. Креслення деталей шестерні GPS2K-4-00-03 _____

3.2. Технічні вимоги на виготовлення деталей _____

3.3. Річна програма випуску деталей: шестерні GPS2K-4-00-03- 3000шт. _____

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 4.1 Загальна частина

4.2 Технологічна частина

4.3 Конструкторська частина

4.4 Дослідна частина

4.5 Організаційна частина

4.6 Економічна частина

4.7 Охорона праці

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

5.1 Шестерня ведуча (Поковка) 1 арк. ф. А3; 5.2 Дослідна частина 2 арк. ф.

А1; 5.3 План цеха 1 арк. ф. А2; 5.4 План ділянки 1 арк. ф. А2; 5.5 Пристрій

затискний 1 арк. ф. А1; 5.6 Пристрій контрольний 1 арк. ф. А1; 5.7 Фреза

черв'ячна 1 арк. ф. А1 5.8 Схеми механічної обробки 1,75 арк. ф. А1;

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 кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Загальна частина	12.09.2021	
2	Технологічна частина	08.10.2021	
3	Конструкторська частина	25.10.2021	
4	Дослідна частина	07.11.2021	
5	Організаційна частина	10.11.2021	
6	Економічна частина	19.11.2021	
7	Розробка креслень	26.11.2021	
8	Розробка специфікацій	27.11.2021	
9	Комплект технологічної документації	01.12.2021	

Студент

(підпис)

Павліченко І.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

Щербина К.К.

Вступ.....	
1. Загальна частина.....	
1.1 Характеристика вузла та деталей, обраних для проектування технологічних процесів.....	
1.2 Вибір режиму роботи цеху та організація 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.....	
2.6 Розробка маршруту виготовлення деталей.....	
2.6 Вибір технологічних баз.....	
2.7 Розробка структури та змісту технологічних операцій, вибір обладнання для їх здійснення.....	
2.8 Вибір затискних пристроїв.....	
2.9 Вибір ріжучих інструментів.....	
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.....	
3.2 Розрахунок та розробка конструкції контрольно-вимірювального пристрою	
3.3 Розрахунок та розробка конструкції спеціального ріжучого інструменту	
4. Дослідна частина.....	
5. Організаційна частина.....	
5.1 Розрахунок програми запуску та уточнення типу виробництва...	
5.2 Розрахунок календарно-планових нормативів.....	
5.3 Розробка системи ППР.....	

5.4	Заходи щодо НОП.....	
5.5	Визначення площ виробничих ділянок цеху.....	
5.6	Визначення допоміжних відділень цеху та визначення їх площі..	
5.7	Визначення загальної площі та розмірів цеху.....	
5.8	Розробка планування ділянок механічної обробки та складання. Розробка загального плану цеху.....	
5.9	Організація внутрішнього транспорту	
5.10	Організація інструментального господарства.....	
5.11	Організація технічного контролю.....	
5.12	Вибір службово-побутових приміщень і визначення їх площі...	
5.13	Вибір будівельних елементів конструкції цеху та службово-побутових приміщень.....	
	Економічна частина.....	
	Висновки.....	
	Література.....	

Анотація

Кваліфікаційну роботу студента групи ТМ-20М

Павліченко Ігор Олександрович

Кваліфікаційна робота виконана на тему «Проект цеху по випуску насосів GPS2K-R2G6B з розробкою технології обробки шестерні GPS2K-4-00-03 з дослідженням технології зубообробки синусного зачеплення

Застосовано сучасне технологічне обладнання, стандартний ріжучий та вимірювальний інструменти.

Розраховано спеціальні конструкції затискного та вимірювального пристосувань, спроектовано спеціальний різальний інструмент.

Спроектовано план цеху механічної обробки деталей. Сплановані допоміжні, основні, службово-побутові відділення. Розроблено компоновку ділянок механічної обробки деталей.

В дослідній частині роботи проведено модернізацію гідравлічних машин, яка сприяє безшумній роботі гідравлічних машин, як наслідок зменшення динамічних навантажень, збільшення гідравлічного ресурсу, зменшення сили тертя та збільшення плавності обкату.

Наукова новизна проекту, полягає в створенні універсальних гідравлічних насосів та моторів з синусним зачепленням на базі гідравлічних насосів та моторів з традиційним евольвентним зачепленням, визначені параметри для створення уніфікованого ряду.

В економічній частині розраховано технічно-економічні показники роботи виробничих ділянок, визначено чисельність виробничого, допоміжного персоналу, керівників та спеціалістів, їх заробітна плата. Визначено економічну ефективність розроблених варіантів технологічних процесів обробки деталей

Вступ

Основним напрямком розвитку технологічних процесів в металообробці, є підвищення продуктивності та гнучкості, що пов'язане зі значним ростом номенклатури деталей у серійному виробництві та необхідністю автоматизації виробництва. Цього можна досягнути шляхом широкого використання верстатів з ЧПК, у тому числі багатоцільових і гнучких виробничих систем.

Верстати з ЧПК забезпечують високу автоматизацію процесу обробки, малі витрати часу на переналагодження, навіть при невеликих розмірах партій деталей і високу якість обробки.

При проектуванні технологічних процесів механічної обробки для сучасних умов виробництва доцільно розглядати декілька варіантів технологічних процесів з проведенням детального аналізу доцільності використання того чи іншого обладнання (верстатів напівавтоматів, верстатів з ЧПК, універсальних верстатів).

Верстати з ЧПК у порівнянні з іншими верстатами мають ряд суттєвих переваг, а саме вони оснащуються контурними системами керування. Значно збільшується число керуючих осей координат (до шести), внаслідок чого стало можливо виготовлення складних деталей.

Збільшені потужності головних приводів і приводів подач, підвищена динамічна сталість верстатів. Верстати з ЧПК оснащені пристосуваннями для автоматичної зміни інструментів та заготовок. На токарних верстатах забезпечується контурне програмне керування, впроваджуються верстати з інструментальними головками, що мають індивідуальний привід.

Використання верстатів з ЧПК у поєднанні з промисловими роботами забезпечують повністю автоматизоване виготовлення деталей і дозволяє організовувати їх обробку по „безлюдній” технології без участі оператора. Дипломний проект присвячений проектуванню механічного цеху по випуску насосу двухсекційного GPS2K-R2G6B з розробкою технологічних процесів механічної обробки деталей: шестерня GPS2K -4-00-03.

1. Загальна частина

1.1. Характеристика вузла та деталей, обраних для проектування технологічних процесів

Насос шестеренний GPS2K-R2G6B використовують в гідросистемах в якості приводів активних робочих органів сільськогосподарських, дорожніх та інших машин.

Обертання гідронасоса здійснюється потоком рідини, яка поступає у западини ведучої 2 та веденої 3 шестерень (рис. 1.1), обмежених платиками 7 та підтискною обоймою 14.

Обойма підшипникова 5, з встановленими в ній антифрикційними вкладишами 16 і 17, служить єдиною опорою для цапф шестерень як підшипник ковзання.

Обойма підтискна створює тиск робочої рідини в порожнині радіальної манжети 13, яка ущільнює по периферії зубці шестерень зі сторони зони високого тиску.

Опорна пластина 12 служить для перекриття зазору між корпусом 1 і обоймою підтискною 14.

Торцеві поверхні шестерень ущільнюються двома платиками під дією тиску робочої рідини в порожнинах з торцевими манжетами 19 та 20. Робочі кромки торцевих манжет захищені від видавлювання в торцеві зазори пластинами 21, кільцями 24 і запобіжними прокладками 23 та 25.

Ведучий вал гідронасоса ущільнюється манжетою 8, яка фіксується опорним 9 і пружинним 10 кільцями.

Центрування ведучого вала відносно установчого бурта корпуса забезпечується втулкою 6.

Кришка 4 приєднується до корпусу болтами, герметичність по площині роз'єму корпус–кришка досягається встановленням резинового ущільнювального кільця 11. При транспортуванні вхідний та вихідний отвори закриваються пробками 15 і 18.

Технічна характеристика насоса шестеренного GPS2K-R2G6B

Найменування параметра	Перша секція	Друга секція
1. Номінальний робочий об'єм, см	28	10
2. Частота обертання, с ⁻¹ :		
- номінальна	40	
- мінімальна	8,3	
- максимальна	50	
3. Номінальний об'єм подачі, л/хв.	61,8	21,0
4. Тиск на вході, МПа:		
- номінальний	0,08	
- максимальний	0,15	
5. Тиск на виході, МПа:		
- номінальний	16	
- максимальний	21	
6. Коефіцієнт корисної дії, не менше	0,80	
7. Коефіцієнт подачі, не менше	0,92	
8. Маса, кг	8,3	
9. Номінальна потужність, кВт	32,7	
10. Габаритні розміри, мм	296x174x144	
11. Температура навколишнього середовища, °С:		
- мінімальна	- 60	
- максимальна	+50	
12. Характеристика робочої рідини (кінематична в'язкість, мм 2/с):		
- номінальна	55 – 70	
- мінімальна	15	
- короткотривала, при старті	1000	
13. Температура, С:		
- мінімальна	0	
- максимальна	+80	

Шестерня ведуча GPS2K -4-00-03 разом із шестернею веденою утворюють качаючий вузол насоса шестеренного, і разом з нею переміщують рідину з порожнини всмоктування в порожнину нагнітання. Наявність малих зазорів між торцями вінця шестерні та корпуса створюється тиск рідини, таким чином ведена шестерня разом з ведучою є робочим органом вузла, і виконують головну функцію створення тиску рідини в насосі та нагнітання її в робочі органи механізмів машин. Шийки

шестерні призначені для базування деталі на підшипники ковзання, є основними базовими поверхнями, і тому мають високі параметри точності та шорсткості. Сальникова частина валу має високий параметр шорсткості для забезпечення щільного спряження деталі та гумової манжети.

1.2. Вибір режиму роботи цеху та організації виробництва

Вибір режиму роботи цеху передбачає встановлення змінності роботи основних підрозділів цеха, розрахунок дійсних річних фондів часу для обладнання, робочих місць без обладнання та робітників.

Найбільш раціональним для машинобудівних заводів є двозмінний режим роботи основного виробництва.

Дійсний річний фонд часу обладнання розраховуємо виходячи з кількості робочих днів за рік, кількості змін з урахуванням вимушеного простою на ремонт і підналадку обладнання. При цьому приймаємо п'яти денну робочу неділю з тривалістю зміни 8 год. При підрахунку річного дійсного фонду часу для робітників приймаємо до уваги роботу в одну зміну, враховуючи час через хвороби, виконання державних обов'язків та ін. Тоді для них приймаємо коефіцієнт вимушених втрат часу рівний 0,95.

Дійсний річний фонд часу робочих місць без устаткування дорівнює номінальному річному фонду часу, оскільки при цьому відсутні втрати часу, які пов'язані з ремонтами і підналадкою обладнання.

Відомості про режим роботи цеха представлені в табл. 1.2.

При проектуванні механічно-складального цеху визначаємо форму організації виробництва. Передбачаємо потокову форму організації виробництва, при якій операції обробки закріплюються за устаткуванням, розташованих в порядку виконання цих операцій, оброблювана заготовка передається з одного робочого місця на інше відразу ж після виконання попередньої операції, як правило, за допомогою спеціальних транспортних засобів, рух оброблених заготовок здійснюється в одному напрямку і при цьому тривалість обробки на кожній операції максимально наближена рівна або кратна такту випуску.

Дійсний річний фонд часу

Назва елементів виробництва	Змінність праці	Номінальний річний фонд часу F_n , год.	Коефіцієнт простою обладнання в ремонті η	Тривалість відпустки, днів	Дійсний річний фонд часу F_d , год.
Обладнання різних категорій складності	2	4008	3 %	-	3890
Робочі місця без обладнання	2	4008	3 %	-	3890
Робітники	1	2004	-	24	1840

Форма спеціалізації – предметна, при якій обладнання розміщене по ходу виконання технологічного процесу.

Виготовлення деталей насосу шестеренного GPS2K -4-00-03 планується на дільницях механічної обробки, а складання вузлів і всього виробу виконується на складальній дільниці. Таким чином така форма організації виробництва є змішаною.

1.3. Характеристика виробничої програми

Характер, структура та зміст технологічного процесу залежать від прийнятих організаційних форм роботи проектного цеху, які зумовлюються величиною виробничої програми та змістом робіт, що виконуються на робочих місцях.

Дані про виробничу програму наведені в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3

Подетальна річна програма цеху

Назва виробу	Маса одного виробу, кг	Річна програма випуску	
		штук	тон
Шестерня	0,743	3000	2,23

1.4. Визначення типу виробництва.

Згідно з ГОСТ 3.1108-74 тип виробництва визначаємо згідно із значенням коефіцієнта закріплення операції $K_{з.о}$, який визначається за формулою:

$$K_{з.о} = \frac{Q}{P},$$

де: Q – кількість різних операцій, що виконуються на дільниці протягом місяця.

P – кількість робочих місць (верстатів) на дільниці, які забезпечують виконання операцій.

Коефіцієнт закріплення операцій $K_{з.о}$ показує відношення усіх різних технологічних операцій, які виконуються в підрозділах за місяць до кількості робочих місць.

Використовуючи вказані в таблиці дані базових технологічних процесів обробки деталей, за допомогою ПК та відповідного програмного забезпечення визначаємо тип виробництва, що дає можливість скоротити

об'єм і час розрахунків. Результати визначення типу виробництва для деталей приведено нижче.

Розрахунок типу виробництва

Шестерня ведуча GPS2K -4-00-03

Вихідні дані

Програма випуску 3000

Номер операції		Дійсний річний		Штучний час	
		фонд часу роботи			
		обладнання			

5		3890		1.24	
10		3890		1.22	
15		3890		1.21	
20		3890		0.28	
25		3890		0.76	
30		3890		0.15	
35		3890		0.15	
40		3890		3.458	
45		3890		4.37	
50		3890		4.78	
55		3890		4.01	
60		3890		0.578	
65		3890		0.87	
70		3890		0.87	
75		3890		0.71	
80		3890		1.139	
85		3890		1.141	
90		3890		1.139	
95		3890		1.07	
100		3890		1.07	
105		3890		1.352	
110		3890		2.32	

115		3890		0.731	
120		3890		0.788	

Результати розрахунку

Номер операції	Розрахункова кількість верстатів	Прийнята кількість верстатів	Кількість операцій на даному верстаті
5	0.0778	1	9.42
10	0.0335	1	15.46
15	0.0587	1	11.37
20	0.0574	1	11.58
25	0.0489	1	21.57
30	0.1246	1	12.93
35	0.0758	1	8.53
40	0.0363	1	24.88
45	0.0733	1	10.92
50	0.0639	1	12.52
55	0.0373	1	21.45
60	0.0614	1	13.02
65	0.0557	1	14.72
70	0.0374	1	17.22
75	0.0585	1	11.23
80	0.0482	1	13.45
85	0.0374	1	17.22
90	0.0655	1	10.22
95	0.0375	1	16.95
100	0.0908	1	12.81
105	0.0447	1	13.12
110	0.0521	1	7.85

115	0.0528	1	14.85
120	0.0428	1	14.74

Коефіцієнт закріплення операцій 8,05385

Тип виробництва – дрібносерійне

Як показують розрахунки, тип виробництва виготовлення деталей - дрібносерійне.

Дрібносерійне виробництво — перехідна форма від одиничного виробництва до випуску продукції дрібними серіями. Виготовлення виробів або окремих деталей, як правило, не повторюється. Розмір серій нестійкий, а збут обмежений такими, що є замовленнями або договорами. З цієї причини порівняно швидко припиняється виготовлення одних видів продукції і налагоджується освоєння нових. При даному виробництві можлива часткова спеціалізація обладнання та використання верстатів, які мають можливість швидкого переналагодження. Різальний інструмент – універсальний і спеціальний. Затискні пристрої – спеціальні та універсальні. Вимірювальні пристрої – в основному універсальні в поєднанні з калібрами та спеціальними вимірювальними пристроями. Використовуються робітники різної кваліфікації.

2. Технологічна частина

2.1. Аналіз точності та технологічності деталі

Деталь шестерня ведуча GPS2K -4-00-03 (рисунок 2.1) відноситься до класу ступінчастих валів. Деталь має багато нетехнологічних елементів. Насамперед це зубчатий вінець. При можливості слід використовувати заготовку з зубчатим вінцем, отриманим методами пластичного деформування. Це значно зменшить трудомісткість обробки. Конфігурація деталі ускладнює використання прохідних різців. Торці зубчатого колеса шліфуються з піднутрінням. Це викликане необхідністю зменшити до мінімуму витoki мастила крізь торцеві зазори між шестернею та втулкою під час роботи насоса. Обробка шліців також є достатньо трудомісткою. Жорсткість вала є достатньою для отримання розмірів високої точності.

Деталь є достатньо складною, з високими вимогами по точності і, особливо, по шорсткості. Шийки шестерні $\varnothing 12f8$, $\varnothing 18f8$ та торці зубчатого вінця $31h8$ мають параметр шорсткості $R_a 0,16$. Сальникова ділянка приводного вала, яка контактує з ущільнювачем та шліцевий вал мають розмір $\varnothing 21,80b9$ та параметри шорсткості $R_a 0,32$ та $R_a 1,25$ відповідно. Шорсткість поверхні зубців по евольвентному профілю складає $R_a 2,5$. Перераховані поверхні є найбільш складними та вимагають використання шліфувальних та суперфінішних верстатів. Інші поверхні оброблюються за 11 – 14 квалітетами і мають параметри шорсткості $R_a 3,2 - 12,5$, що можна досягти лезовою обробкою.

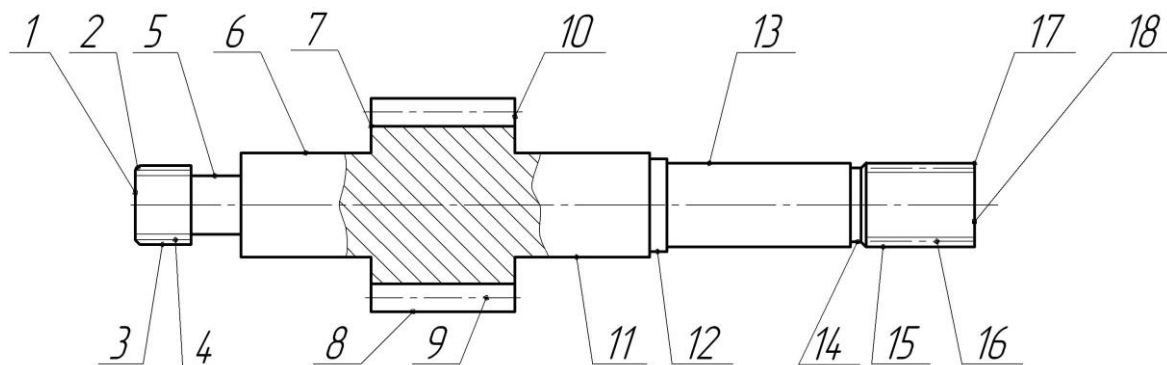


Рис. 2.1. Шестерня ведуча GPS2K -4-00-03

Дані аналізу приведено в таблиці 2.1.

Технічні умови на виготовлення деталі:

1. Маса заготовки 1,65 кг, не більше; КИМ не менше 0,50.
2. Цементувати h 0,4...0,6 мм; 86,5...91 HRC.
3. Допускається виготовлення із сталі 25ХГТ ГОСТ 4543-71.
4. Деталі розділити за значенням граничного відхилення розміру Ж

на 8 груп:

1. від 0 до 0,005 мм; 5. від 0,020 до 0,025 мм;
2. від 0,005 до 0,010 мм; 6. від 0,025 до 0,030 мм;
3. від 0,010 до 0,015 мм; 7. від 0,030 до 0,035 мм;
4. від 0,015 до 0,020 мм; 8. від 0,035 до 0,040 мм.

Підбір груп виконувати по максимальному значенню граничного розміру.

5. Гострі кромки по профілю евольвенти та западини зубця заокруглити R0,06...0,15 мм.

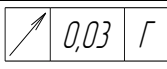
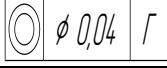
6. Допускається не площинність поверхонь И та К з вгнутістю в тіло шестерні 0,012мм, не більше, та випуклістю 0,005мм, не більше.

7. Не вказані граничні відхилення розмірів: h14; $\pm(t/2)$.

8. Допуск направленості зуба 0,025 мм, не більше.

Таблиця 2.1

Параметри точності поверхонь шестерня ведуча GPS2K -4-00-03

Позначення поверхні	Назва поверхні	Розміри з відхиленнями, заданими від розкладаємої поверхні	Квалітет точності	Точність відносних поворотів, відстаней, розміщення поверхонь	Точність форми	Шорсткість поверхні
1	2	3	4	5	6	7
1	Торець	178,5 _{-0,5}	h14	—	—	Ra12,5
2	Фаска	1x45°	—	—	—	Ra12,5
3	Зовнішня шліцева поверхня	Ø16,7 _{-0,043}	h9		—	Ra1,25
4	Шліци	Ø13 _{-0,56}	h9		—	Ra3,2
5	Шийка	Ø12,8 _{-0,3}	h14	—	—	Ra2,5

6	Зовнішня циліндрична	$\varnothing 25_{-0,075}^{-0,060}$	h7			Ra0,16
7	Торець	$26,5_{-0,3}^{+0,2}$	h14			Ra0,16
8	Зубчатий вінець	$\varnothing 46,9_{-0,041}^{-0,025}$	7		—	Ra0,63
9	Зубці	$\varnothing 32,5_{-0,4}$	8	—	—	Ra2,5
10	Торець	$26,5_{-0,3}^{+0,2}$	h14			Ra0,16
11	Зовнішня циліндрична	$\varnothing 25_{-0,075}^{-0,060}$	h7			Ra0,16
12	Канавка	$\varnothing 23_{-0,3}$	h14	—	—	Ra12,5
13	Зовнішня циліндрична	$\varnothing 22_{-0,05}$	h9		—	Ra0,32
14	Канавка	$\varnothing 21,5_{-0,21}$	h14	—	—	Ra2,5
15	Зовнішня шліцева поверхня	$\varnothing 21,8_{-0,125}$	h9		—	Ra1,25
16	Шліци	$\varnothing 18,4_{-0,28}$	h9		—	Ra3,2
17	Фаска	1x45°	—	—	—	Ra12,5
18	Торець	$178,5_{-0,5}$	h14	—	—	Ra12,5

2.2 Аналіз діючого технологічного процесу

Технологічний процес механічної обробки шестерні ведучої GPS2K - 4-00-03 відповідає типовим технологічним процесом обробки валів. Використовується універсальні верстати, на яких обробляються обидва торці послідовно.

Чорнова та чистова токарна обробка поверхонь деталі виконується на чотирьох універсальних токарних верстатах, які згруповані попарно в автоматичні лінії. Наявність на верстатах кількох супортів розширює їх технологічні можливості. Диференціація операцій є ефективним методом підвищення продуктивності обробки.

Обробка зубчатого колеса складається з трьох операцій. Основний

припуск знімається на зубофрезерному верстаті. Зубофрезерування є однією з найбільш трудомістких операцій технологічного процесу. Підвищити продуктивність можна тільки за рахунок режимів різання та збільшуючи число заходів фрези. Друга операція – зубодовбальна прийнята як напівчистова. Цей метод обробки дозволяє отримати більш високу точність профіля зуба та параметр шорсткості поверхні. Третя операція – зубошевінгування дисковим шевером призначена для чистової обробки зубців, підвищення точності зубчатого зачеплення та параметра шорсткості поверхні профілю зубців.

Обробка шліців ведеться на шліцефрезерному верстаті спеціальною черв'ячною фрезою. Це дозволяє підвищити продуктивність. Спеціально розрахований профіль фрези дозволяє отримати високий параметр шорсткості поверхні шліців.

Чистова обробка циліндричних поверхонь деталі після термообробки виконується на круглошліфувальних верстатах, а обробка торців шестерні та опорних шийок вала одночасно на торцекруглошліфувальних верстатах. Особливо слід відмітити раскатку центрових отворів після термообробки оскільки вся послідовна обробка здійснюється при затиску деталі в центрах.

Для отримання високих параметрів шорсткості поверхонь торців шестерні та опорних шийок вала застосовують спеціальні суперфінішні верстати.

Із недоліків базового технологічного процесу можна відмітити відсутність чистової обробки профіля зубців після термообробки та використання відносно низьких режимів різання.

2.3. Вибір заготовок та способу їх виготовлення

Вибір заготовок проводимо враховуючи конфігурацію і матеріал деталі, річну програму випуску, технічні вимоги на виготовлення, а також технологічні можливості виробництва. При цьому важливим фактором є визначення коефіцієнту використання матеріалу.

Деталь шестерня ведуча відноситься до класу ступінчастих валів. Деталь працює в надзвичайних умовах, і тому виготовляється із сталі 18ХГТ, що забезпечує високу міцність і довготривалу службу. Допускається виготовлення із сталі 25ХГТ. Характеристики матеріалу та його хімічний склад наведено в таблицях 2.3 та 2.4.

Таблиця 2.3

Механічні властивості матеріалу деталі

Марка сталі	Границя текучості, кгс/мм ²	Тимчасовий опір розриву, кгс/мм ²	Відносне подовження, %	Відносне звуження, %	Твердість в відпаленому стані, НВ
18ХГТ	75	90	10	40	156 – 207

Таблиця 2.4

Хімічний склад матеріалу деталі

Марка сталі	Вуглець С, %	Хром Х, %	Марганець Г, %	Титан Т, %
18ХГТ	0,18	1	1	1

В базовому технологічному процесі передбачено метод отримання загото-вки – об’ємна штамповка. Цей метод має переваги перед іншими методами, на-приклад, перед ковкою. Об’ємною штамповкою можна отримувати заготовки складної форми з високою якістю поверхонь (параметр шорсткості Ra 16...5), з невеликими припусками. Цей метод є дуже продуктивним (десятки та сотні по-ковок за годину). Клас точності

виготовлення поковки – Т5. Група сталі поковки – М2. Ступінь складності поковки – С2.

Заготовки піддають термічній обробці – відпалу. Метою термічної обробки є усунення дефектів які є наслідком нагріву та обробки тиском, зниження твердості, усунення остаточних напружень, покращення оброблюємості різанням, а також підготовка структури матеріалу для кінцевої термічної обробки після обробки різанням.

Для підвищення терміну використання ріжучого інструменту при обробці поковок, а також для полегшення контролю якості поверхні поковки очищують від окалини на дробоструйних апаратах.

Після лезової обробки деталі її піддають кінцевій термічній обробці – дифузійному насиченню неметалами. Деталь необхідно цементувати на глибину $h = 0,4...0,6$ мм; твердість поверхні 86,5...91 HRC, серцевина 25...45 HRC.

Розраховуємо вартість отримання заготовки методом об'ємної штамповки.

Таблиця 2.5

Характеристика заготовки

Метод	Маса деталі, кг	Маса заготовки, кг	Коефіцієнт використання матеріалу
Об'ємна штамповка	0,743	1,57	0,47

$$S_{\text{заг}} = \left(\frac{C}{1000} \cdot Q \cdot k_m \cdot k_c \cdot k_v \cdot k_m \cdot k_n \right) - (Q - q) \cdot \frac{S_{\text{від}}}{1000}$$

де:

C – базова вартість 1 т заготовок, грн.;

k_t, k_c, k_v, k_m, k_n – коефіцієнти, які залежать від класу точності, групи складності, ваги, марки матеріалу та об'єму виробництва заготовок;

Q – вага заготовки, кг;

q – вага деталі, кг;

$S_{\text{від}}$ – вартість 1 т відходів, грн.

$$S_{\text{заг}} = \left(\frac{18600}{1000} * 1.57 * 1 * 0.88 * 1.15 * 1.21 * 0.8 \right) - (1.57 - 0.743) * \frac{2500}{1000} = 26.53 \text{ грн.}$$

2.4. Вибір методів обробки поверхонь

Сучасна теорія технології машинобудування представляє побудову раціонального технологічного процесу виготовлення деталі як направлений пошук з використанням багатьох конструктивних, функціональних, економічних особливостей та обмежень, а також особливостей керування і організації виробництва. На більшості цих особливостей великий вплив має підмножина маршрутів обробки окремих поверхонь деталі. Таку підмножину маршрутів можна визначити виходячи з необхідної точності та шорсткості оброблюваних поверхонь деталі та точності заготовки на підставі закону копіювання похибок з урахуванням типових маршрутів обробки поверхонь і таблиць економічної точності різних методів обробки.

Загальне уточнення розраховуються за формулою:

$$\varepsilon_3 = \delta_3 / \delta_d$$

Розрахунок проводимо для поверхні $\varnothing 25_{-0,075}^{-0,060}$ деталі шестерня ведуча.

Допуск на деталь становить $\delta_d = 0,015$ мм., шорсткість Ra 0,16 мкм., а допуск на заготовку $\delta_3 = 2,2$ мм [3].

Вибираємо два маршрути обробки поверхні:

Перший маршрут складається з чорнового, напівчистового і чистового точіння, попереднє шліфування та чистове шліфування.

Другий маршрут складається напівчистового, чистового та тонкого точіння.

Загальне уточнення дорівнює $\varepsilon_3 = 140$.

Розраховуємо фактичне уточнення за формулою:

$$\varepsilon_{\Phi} = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \varepsilon_3 \cdot \varepsilon_4$$

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

$$\varepsilon_1 = \frac{2,2}{0,21} = 10,48 \quad \varepsilon_2 = \frac{0,21}{0,13} = 1,62 \quad \varepsilon_3 = \frac{0,13}{0,052} = 2,5 \quad \varepsilon_4 = \frac{0,052}{0,038} = 1,58$$

$$\varepsilon_5 = \frac{0,038}{0,013} = 2,54$$

$$\varepsilon_1 = \frac{2,2}{0,13} = 16,9 \quad \varepsilon_2 = \frac{0,13}{0,033} = 3,94 \quad \varepsilon_1 = \frac{0,033}{0,013} = 2,54$$

Для першого варіанту $\varepsilon_{\phi 1} = 175,58$; для другого $\varepsilon_{\phi 2} = 161,62$. Для обох варіантів умова $\varepsilon_{\phi} \geq \varepsilon_3$ виконується. Із двох варіантів перевагу віддаємо тому, який при виконанні нерівності ближче відповідає рівності, тому приймаємо другий варіант.

Результати розрахунків зведені до таблиць 2.8 та 2.9.

Таблиця 2.8

Технологічні маршрути обробки поверхонь шестерні GPS2K -4-00-03

Позначення поверхні	Допуск на поверхню за кресленням δ_d , мм	Шорсткість поверхні Ra, мкм	Допуск на заготовку поверхні δ_z , мм	Загальне уточнення ε_3	Можливі технологічні маршрути обробки	Економічні допуски на проміжні методи обробки	Частинні коефіцієнти уточнення
1	2	3	4	5	6	7	8
1, 18	0,5	12,5	3,2	6,4	1. Точіння чорнове	0,39	8,2
3	0,043	1,25	1,1	25,58	1. Точіння чорнове 2. Точіння полу чистове 3. Тонке точіння	0,180 0,070 0,043	6,1 2,5 1,62
4	0,56	3,2	1,1	1,96	1. Фрезерування	0,21	5,2
5	0,3	2,5	2,2	7,3	1. Точіння чорнове	0,27	8,2

6, 11	0,015	2,5	2,2	140	1. Точіння чорнове	0,21	10,4
					2. Точіння полу чистове	0,13	1,62
					3. Точіння чистове	0,052	2,5
					4. Попереднє шліфування	0,033	1,58
					5. Чистове шліфування	0,013	2,54
					1.Точіння полу чистове	0,13	16,9
					2. Точіння чистове	0,033	3,94
					3. Точіння тонке	0,013	2,54
7, 10	0,5	2,5	2,4	4,8	1. Точіння чорнове	0,39	6,15
8	0,016	0,63	2,4	150	1.Точіння чорнове	0,39	6,1
					2.Точіння полу чистове	0,160	2,44
					3. Точіння чистове	0,062	2,58
					4. Точіння тонке	0,016	3,88
9	0,4	2,5	0,62	1,55	1. Фрезерування	0,050	2,48
12	0,3	12,5	2,2	7,3	1. Точіння получистове	0,210	10,48
13	0,05	0,32	2,2	44	1. Точіння получистове	0,210	10,48
					2. Точіння чистове	0,084	2,5
					3. Попереднє шліфування	0,033	2,55
14	0,21	12,5	2,2	10,4	1. Точіння получистове	0,210	10,48
15	0,125	1,25	1,1	8,8	1. Точіння полу чистове	0,13	8,46
					2. Точіння чистове	0,084	1,55
16	0,28	3,2	1,1	3,9	1. Фрезерування	0,21	5,2

2.5 Розробка маршруту виготовлення деталей

Маршрут обробки деталі розробляємо з урахуванням обраних маршрутів обробки окремих поверхонь, типу виробництва, технологічних можливостей металорізального обладнання, технічних вимог та розмірних зв'язків на кресленні деталі. Його зміст приводиться як послідовність назв технологічних операцій, короткий зміст технологічних переходів та використуванні верстати.

Розроблені маршрути обробки поверхонь шестерня ведуча та кришка передня наведені в таблицях 2.10 та 2.11.

**Таблиця технологічних маршрутів обробки деталі шестерні GPS2K -4-
00-03**

Маршрутний технологічний процес	
базовий	проектуємий
1	2
005 Токарна з ЧПК GOODWAY TS-150 Підрізати торець цапфи, свердлити центровий отвір, точити коротку сторону, підрізати торець вінця, точити зовнішній діаметр вінця, врізати канавку.	005 Токарна з ЧПК GOODWAY TS-150 Підрізати торець цапфи, свердлити центровий отвір, точити коротку сторону, підрізати торець вінця, точити зовнішній діаметр вінця, врізати канавку.
010 Токарна з ЧПК GOODWAY TS-150 Підрізати торець цапфи, свердлити центровий отвір, точити довгу сторону по контуру в чистовий розмір, підрізати торець вінця, врізати канавку.	010 Токарна з ЧПК GOODWAY TS-150 Підрізати торець цапфи, свердлити центровий отвір, точити довгу сторону по контуру в чистовий розмір, підрізати торець вінця, врізати канавку.
015 Зубодовбальна 5122 Довбати шліц вихідного кінця вала	015 Зубофрезерна з ЧПК Liebherr LC150 Фрезерувати зуб'я шестерні
020 Промивка ГМ 752 Промити деталі	020 Шліцефрезерна 53A13C411 Фрезерувати шліци деталі
025 Зубофрезерна з ЧПК 53Д30ПФ2-02 Фрезерувати зуб'я шестерні	025 Зубодовбальна 5122 Довбати шліц вихідного кінця вала
030 Зубошевінгувальна 5702В Шевінгувати зуб'я	030 Контрольна ГМ 3112 Перевірити розміри
035 Шліцефрезерна 53A13C411 Фрезерувати шліци деталі	035 Круглошліфувальна 3Б153У Правити центрові отвори
040 Промивка ГМ 752 Промити деталі	040 Промивка ГМ 752 Промити деталі
045 Контрольна ГМ 3112 Перевірити розміри	045 Притирка ГМ 1765 Протерти центрові отвори вручну
050 Круглошліфувальна 3Б153У Правити центрові отвори	050 Круглошліфувальна 3М151МВФ2 Шліфувати шліцеву шийку довгої сторони

055 Промивка ГМ 752 Промити деталі	055 Круглошліфувална 3М151МВФ2 Шліфувати сальникову шийку
060 Притирка ГМ 1765 Протерти центрові отвори вручну	060 Круглошліфувална 3М151МВФ2 Шліфувати шліцеву шийку короткої сторони
065 Круглошліфувална 3М151МВФ2 Шліфувати шліцеву шийку довгої сторони	065 Круглошліфувална 3М151МВФ2 Шліфувати цапфу попередньо
070 Круглошліфувална 3М151МВФ2 Шліфувати сальникову шийку	070 Круглошліфувална 3М151МВФ2 Шліфувати цапфу остаточно
075 Круглошліфувална 3М151МВФ2 Шліфувати шліцеву шийку короткої сторони	075 Круглошліфувална 3М151МВФ2 Шліфувати цапфу попередньо
080 Круглошліфувална 3М151МВФ2 Шліфувати цапфу попередньо	080 Круглошліфувална 3М151МВФ2 Шліфувати цапфу остаточно
085 Круглошліфувална 3М151МВФ2 Шліфувати цапфу остаточно	085 Торцешліфувальна 3Б153У Шліфувати торець з однієї сторони
090 Круглошліфувална 3М151МВФ2 Шліфувати цапфу попередньо	090 Торцешліфувальна 3Б153У Шліфувати торець з іншої сторони
095 Круглошліфувална 3М151МВФ2 Шліфувати цапфу остаточно	095 Слюсарна 3Д642Е Притупити гострі кромки по профілю евольвенти і впадині зуба
100 Торцешліфувальна 3Б153У Шліфувати торець з однієї сторони	100 Промивка ГМ 752 Промити деталі
105 Торцешліфувальна 3Б153У Шліфувати торець з іншої сторони	115 Круглошліфувална 3М151МВФ2 Шліфувати зовнішній діаметр зубчатого вінця остаточно
110 Слюсарна 3Д642Е Притупити гострі кромки по профілю евольвенти і впадині зуба	120 Суперфінішна 020-125 Суперфініширувати 2 цапфи, сальникову шийку
115 Промивка ГМ 752 Промити деталі	125 Доводочна 3К12 Довести торець з однієї сторони

120 Круглошліфувална 3М151МВФ2 Шліфувати зовнішній діаметр зубчатого вінця остаточно	130 Доводочна 3К12 Довести торець з іншої сторони
125 Суперфінішна 020-125 Суперфініширувати 2 цапфи, сальникову шийку	135 Зачистка 3К634 Зачистити неробочі торці шестерні
130 Доводочна 3К12 Довести торець з однієї сторони	140 Промивка ГМ 752 Промити деталі
135 Доводочна 3К12 Довести торець з іншої сторони	145 Притирка ГМ 1765 Протерти шліфувальні поверхні і центрові отвори
140 Зачистка 3К634 Зачистити неробочі торці шестерні	150 Контрольна ГМ 3112 Перевірити розміри
145 Промивка ГМ 752 Промити деталі	
150 Притирка ГМ 1765 Протерти шліфувальні поверхні і центрові отвори	
155 Контрольна ГМ 3112 Перевірити розміри	

2.6 Вибір технологічних баз

Забезпечення технічних вимог, які висуваються до деталі здійснюють вибором раціональної схеми базування деталі під час механічної обробки. Схема базування заготовок на верстатах повинна забезпечити достатню жорсткість встановлення заготовки, а також задану тоничність орієнтації її в пристрої, та надійність закріплення.

Вибір технологічних баз для деталі шестерня ведуча GPS2K -4-00-03.

За чорнову базу приймаємо зовнішню циліндричну поверхню заготовки та торець 7 (див. рис. 2.1.). На першій операції виконується підготовка чистової технологічної бази для всієї послідууючої механічної обробки – центрування деталі. При токарній обробці, обробці зубців та шліців деталей базується в центрах. Необхідно відмітити обробку центрових

отворів після термообробки деталі. На цій операції деталь закріплюється в повідковому патроні за зубчасту поверхню. Кінцева абразивна обробка також здійснюється при базуванні деталі в центрах. Виняток складає суперфінішна операція. Тут деталь встановлюється на валки верстата.

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

На підставі розробленого технологічного маршруту обробки деталі, маршрутів обробки окремих поверхонь та аналізу постановки розмірів з урахуванням технічних вимог до окремих поверхонь, розробляється структура та зміст кожної операції з зазначенням її номера та найменування.

Структура та зміст технологічних операцій наведені в таблиці 2.12. Тип та модель використовуваних металорізальних верстатів визначаємо відповідно обраному методу обробки поверхонь, їх точності та типу виробництва, враховуючи розміри заготовки. Моделі верстатів та їх технічні характеристики вибираємо з каталогів та довідників [3]. Вибрані верстати та їх технічна характеристика наведені у таблиці 2.14.

Таблиця 2.14

Металорізальні верстати для обробки шестерні ведучої GPS2K -4-00-03

№ операції	Модель та найменування верстату	Стисла технічна характеристика				
		Габаритні розміри робочого столу чи макс. діаметр обробки	Ряд частот обергання (хв ⁻¹)	Ряд подач (мм/об)	Потужність (кВт)	Габаритні розміри верстату (мм)
1	2	3	4	5	6	7
005 010	GOODWAY TS-150	165x249	0÷6000	0,1÷5,3	22,3	3124x2540
015	LIEBHERR LC150	250	0÷5000	0,2÷2,2	5,5	2000x1450x1965

025	5122	250	0÷1000	1÷2,2	3,2	2000x1 450x 1965
030	53A13C411	450	50÷400	0,26÷1,8	4,2	2390x1 340x20 80
035	3Б153У	260	0÷2500	0,1÷1,25	4	2640 x 1580 x 1770
065 070 075 080 085 090 095	3М151МВФ2	200 x 700	0÷3000	0,1÷1,2	10	4635x2 450x 2170
100 105	3Б153У	260	0÷2500	0,1÷1,25	4	2640 x 1580 x 1770
120	3М151МВФ2	200 x 700	0÷3000	0,1÷1,2	10	4635x2 450x 2170
125	020-125	20 x 100	0÷1200	0,2÷1,8	3,62	880x14 00x 1970
130 135	3К12	200	30÷300	0,5÷2,2	7,5	2600x1 900x 1975

2.8. Вибір затискних пристосувань

Тип та конструктивні особливості затискних пристроїв для виконання кожної технологічної операції визначають з урахуванням обраної теоретичної схеми базування деталі та типу виробництва [3].

Вибрані затискні пристрої для шестерні ведучої і кришки передньої, та їх стисла характеристика наведені в таблицях 2.17.

Таблиця 2.17

Затискні пристрої для затиску шестерні ведучої GPS2K -4-00-03

Номер операції	Найменування пристрою	Стандарт (код)	Вид приводу
1	2	4	5
005 010	Центр задній Центр передній	7032-4014 7162-0093	Механічний
015	Пристосування установочне Центр	-	Механічний
020	Центр Центр задній	7032-4167-01 7032-6025	Механічний
025	Пристосування установочне	7520-6009	Механічний

035	Пристосування установочне	7520-6010	Механічний
050	Центр ГОСТ 13214-79	7032-0030	Механічний
055	Центр ГОСТ 13214-79	7032-0030	Механічний
060	Центр ГОСТ 13214-79 Центр	7032-0030 7032-4249	Механічний
065 070 075 080 085 090	Центр передній Центр задній	7032-4124 7032-4249	Механічний
115	Центр ГОСТ 13214-79	7032-0030	Механічний
120	Фланець передній Центр задній	7663-6003 7663-6001	Механічний
125 130	Центр ГОСТ 13214-79	7032-0030	Механічний

2.9. Вибір ріжучих інструментів

Враховуючи метод та стадію обробки, тип виробництва, фізико – хімічні характеристики матеріалів вихідної заготовки та інструменту, його міцність та стійкість, а також характер обробки обираємо для кожного переходу ріжучий інструмент. Відомості про обрані інструменти вибираємо з довідників [3]. Характеристики вибраного інструменту для обробки поверхонь деталей наведені в таблицях 2.18.

Таблиця 2.18

Ріжучий інструмент для обробки шестерні ведучої GPS2K -4-00-03

Номер			Назва інструменту	Стандарт на конструкцію інструменту (код)	Різальна частина	
Операції	Позиції	Переходу			Матеріал	Стандарт
1	2	3	4	5	6	7
005		2	Різець	PCLNL	K12	2020
		3	Свердло	2317-0032	IDI 5	SG
		4	Різець	PCLNL	K12	2020
		5	Різець	PCLNL	K12	2020
		6	Різець	PCLNL	K15	2020
		7	Різець	PDJNL	SH UE	150608
		8	Різець	PDJNL	SH UE	150608
010		9	Різець	KC5010	NG2	M200LK
		2	Різець	PCLNL	K12	2020
		3	Свердло	2317-0032	IDI 5	SG
		4	Різець	PCLNL	K12	2020

		5 6 7 8	Різець Різець Різець Різець	PCLNL PDJNL KC5010 PCLNL	K15 SH UE NG2 K15	2020 150608 M200LK 2020
015		2	Фреза черв'ячна	VE 123432	AS39	SG
020		2	Фреза	PH-50020	BK8	3882-74
025		2	Довбач хвостовий	2540-0081	P6M5	6762-79
035		2	Раскатка	1417-4157	BK8	3882-74
050		2	Шліфувальний круг	ГОСТ 2424-83	CM2	14A25
055		2	Шліфувальний круг	ГОСТ 2424-83	CM2	14A25
060		2	Шліфувальний круг	ГОСТ 2424-83	CM2	14A25
065		2	Шліфувальний круг	ГОСТ 2424-83	CM2	14A25
070		2	Шліфувальний круг	ГОСТ 2424-83	CM2	14A25
075		2	Шліфувальний круг	ГОСТ 2424-83	CM2	14A25
080		2	Шліфувальний круг	ГОСТ 2424-83	CM2	14A25
085		2	Шліфувальний круг	ГОСТ 2424-83	CM1	24A25
090		2	Шліфувальний круг	ГОСТ 2424-83	CM1	24A25
115		2	Шліфувальний круг	ГОСТ 2424-83	CM2	25A25П
120		2	Блок-брусок алмазний	2-037-397-83	АСМ	К3-02-1-К
125		2	Круг алмазний	ТУ-2-037-233-78	АСМ	В3-01
130		2	Круг алмазний	ТУ-2-037-233-78	АСМ	В3-01

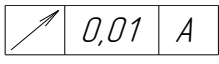
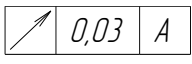
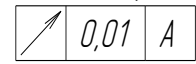
2.10. Вибір вимірювальних пристроїв та інструментів

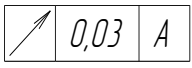
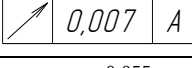
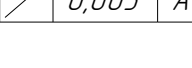
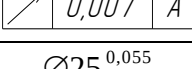
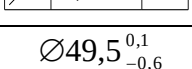
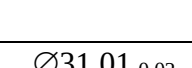
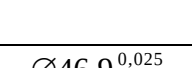
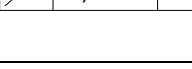
Засоби технічного контролю технічних операцій обираємо з урахуванням точності вимірювання, розміру та якості вимірювальної поверхні і типу виробництва. Вибрані засоби технічного контролю наведені в таблицях 2.20.

Для контролю циліндричних поверхонь використовуються переважно ка-лібр-скоби та калібр-пробки, а для найбільш точних поверхонь – важільні скоби з контрольними зразками. Лінійні розміри вимірюються за допомогою калібрів. Для контролю технічних вимог використовуються спеціальні пристосування оснащені індикаторами різних типів. Для контролю шорсткості поверхонь використовується профілометр системи “М”.

Таблиця 2.20

**Вимірювальний інструмент для контролю деталі
шестерня ведуча GPS2K -4-00-03**

Номер операції	Параметр деталі, який контролюється	Найменування вимірювального інструменту	Стандарт на конструкцію
1	2	3	4
005	47 ^{-0,4} Ø6,7 ^{+0,2}	ШЦ-I-0 Пристосування для контролю глибини Контрольний зразок	ГОСТ 166-89 8514-6002 8514-6002-01
	48 ^{-0,2} Ø28,5 ^{-0,5}	ШЦ-I-0 ШЦ-I-0	ГОСТ 166-89 ГОСТ 166-89
	Ø47,9 ^{-0,05} 	Мікрометр МК50 Індикатор МИГ Щуп №1	ГОСТ 6507-78 ГОСТ 9696-82 ТУ2-034-225-81
	49,25 ^{-0,1} ^{-0,2}	Профілометр	ГОСТ 19300-88
	12±0,2	ШЦ-I-0	ГОСТ 166-89
010	178 Ø6,7 ^{+0,2}	ШЦ-I-0 ШЦ-II-0 Пристосування для контролю глибини Контрольний зразок	ГОСТ 166-89 ГОСТ 166-89 8514-6002 8514-6002-01
	98 ^{+0,3} Ø28,5 ^{-0,5} 31 ^{-0,04}	ШЦ-I-0 ШЦ-I-0 ШЦ-I-0 Мікрометр МК50 Профілометр Індикатор 1МИГ Щуп №1	ГОСТ 166-89 ГОСТ 166-89 ГОСТ 166-89 ГОСТ 6507-78 ГОСТ 19300-88 ГОСТ 9696-82 ТУ2-034-225-81
	Ø25,45 ^{-0,05} 		
	Ø23,5 ^{-0,21}	Калібр	8113-4127
015	Ø32,5 ^{-0,4}	Калібр для заміру діаметра впадин зуб'їв Пристосування для контролю допуску Оправка	8124-6005 8532-4054 8431-6014-01
	31,6	Колесо вимірювальне Пристосування для контролю допуску	ГОСТ 6512-74 8532-4054
020	41,5±0,5	Пристосування спеціальне	-
025	20,05 ^{-0,05}	Вимірювальні ролики Мікрометр МК25	8464-6001 ГОСТ 6507-78
035	Ø22 ^{-0,040} ^{-0,092} 	Індикатор 1МИГ Мікрометр МК25 Профілометр	ГОСТ 9696-82 ГОСТ 6507-78 ГОСТ 19300-88
050	Ø22 ^{-0,03} 	Мікрометр МК25 Індикатор 1МИГ Центра контрольні	ГОСТ 6507-78 ГОСТ 9696-82 ТУ2-034-450-75

055	$\varnothing 16,7_{-0,043}$ 	Мікрометр МК25 Індикатор 1МИГ Центра контрольні Профілометр	ГОСТ 6507-78 ГОСТ 9696-82 ТУ2-034-450-75 ГОСТ 19300-88
060	$\varnothing 25,1_{-0,02}$ 	Індикатор 1МИГ Центра контрольні Скоба	ГОСТ 9696-82 ТУ2-034-450-75 ГОСТ 11098-75
065	$\varnothing 25_{0,055}^{-0,065}$ 	Індикатор 1МИГ Центра контрольні Скоба	ГОСТ 9696-82 ТУ2-034-450-75 ГОСТ 11098-75
070	$\varnothing 25,1_{-0,02}$ 	Індикатор 1МИГ Центра контрольні Скоба	ГОСТ 9696-82 ТУ2-034-450-75 ГОСТ 11098-75
075	$\varnothing 25_{0,055}^{-0,065}$ 	Індикатор 1МИГ Центра контрольні Скоба	ГОСТ 9696-82 ТУ2-034-450-75 ГОСТ 11098-75
080	$\varnothing 49,5_{-0,6}^{0,1}$ 	Індикатор 1МИГ Кільце для контролю бурта Центра контрольні Скоба індикаторна	ГОСТ 9696-82 8533-4050 ТУ2-034-450-75 8515-4036-02-00-00
085	$\varnothing 31,01_{-0,02}$ 	Індикатор 1МИГ Кільце для контролю бурта Центра контрольні Скоба індикаторна	ГОСТ 9696-82 8533-4050 ТУ2-034-450-75 8515-4036-02-00-00
090	$\varnothing 46,9_{-0,041}^{0,025}$ 	Профілометр Контрольне пристосування Індикатор 1МИГ	ГОСТ 19300-88 8515-6005 ГОСТ 9696-82
115	$\varnothing 25_{-0,075}^{0,06}$	Профілометр Скоба	ГОСТ 19300-86 ГОСТ 11098-75
120	$31,005_{-0,02}$ 	Профілометр Пристосування спеціальне Центра контрольні Скоба Індикатор 1МИГ	ГОСТ 19300-86 8533-4029-00-00-05 ТУ2-034-450-75 ГОСТ 11098-75 ГОСТ 9696-82
125	$31_{-0,04}$ 	Профілометр Пристосування спеціальне Центра контрольні Скоба Індикатор 1МИГ	ГОСТ 19300-86 8533-4029-00-00-05 ТУ2-034-450-75 ГОСТ 11098-75 ГОСТ 9696-82

2.11. Визначення припусків та операційних розмірів деталей

Після вибору плану обробки поверхонь, розробки маршрутної технології, розраховуємо припуски на механічну обробку.

Для розрахунку використовуємо методику В.М. Кована. Припуски розраховуємо аналітичним методом на поверхню $\varnothing 25_{-0,075}^{-0,060}$.

Маршрут обробки поверхні:

- 1.Точіння полу чистове
2. Точіння чистове
3. Точіння тонке

Для заготовки значення шорсткості, дефектного шару та коробління скла-дають відповідно:

$$R_z = 0,15 \text{ мм} \quad T = 0,2 \text{ мм} \quad \Delta_k = 0,5 \text{ мм}$$

Допуск на розмір заготовки $\delta_3 = 2,2 \text{ мм}$.

Для точіння полу чистове: $R_z = 0,1 \text{ мм} \quad T = 0,3 \text{ мм} \quad \delta = 0,13 \text{ мм}$

Для точіння чистового: $R_z = 0,6 \text{ мм} \quad T = 0,12 \text{ мм} \quad \delta = 0,033 \text{ мм}$

Для точіння тонкого: $R_z = 0,4 \text{ мм} \quad T = 0,003 \text{ мм} \quad \delta = 0,013 \text{ мм}$

Мінімальний припуск розраховується за формулою:

$$2Z_{\min i} = 2(R_z + T + \Delta_k)$$

де:

R_z – параметр шорсткості, мм

T – товщина дефектного шару, мм

Δ_k – просторові відхилення деталі, мм

Значення мінімального припуску:

для точіння полу чистового $2Z_{\min 1} = 1,38 \text{ мм}$

для точіння чистового $2Z_{\min 2} = 0,473 \text{ мм}$

для точіння тонкого $2Z_{\min 3} = 0,072 \text{ мм}$

Максимальний припуск розраховується за формулою:

$$2Z_{\max} = 2Z_{\min} + \delta_{i-1} + \delta_i$$

де:

δ_{i-1} – технологічний допуск на попередньому переході, мм

δ_i – технологічний допуск на даному переході, мм

Значення максимального припуску:

для точіння полу чистового $2Z_{\max 1} = 1,88 \text{ мм}$

для точіння чистового $2Z_{\max 2} = 0,795 \text{ мм}$

для точіння тонкого $2Z_{\max 3} = 0,265 \text{ мм}$

Операційні розміри розраховуються за формулами:

$$D_{\min i-1} = D_{\max i} + 2Z_{\max i}$$

$$D_{\max i-1} = D_{\min i} + 2Z_{\min i}$$

для точіння полу чистового

$$D_{\min 1} = 25,62 \text{ мм}$$

$$D_{\max 1} = 26,12 \text{ мм}$$

для точіння чистового

$$D_{\min 2} = 25,147 \text{ мм}$$

$$D_{\max 2} = 25,325 \text{ мм}$$

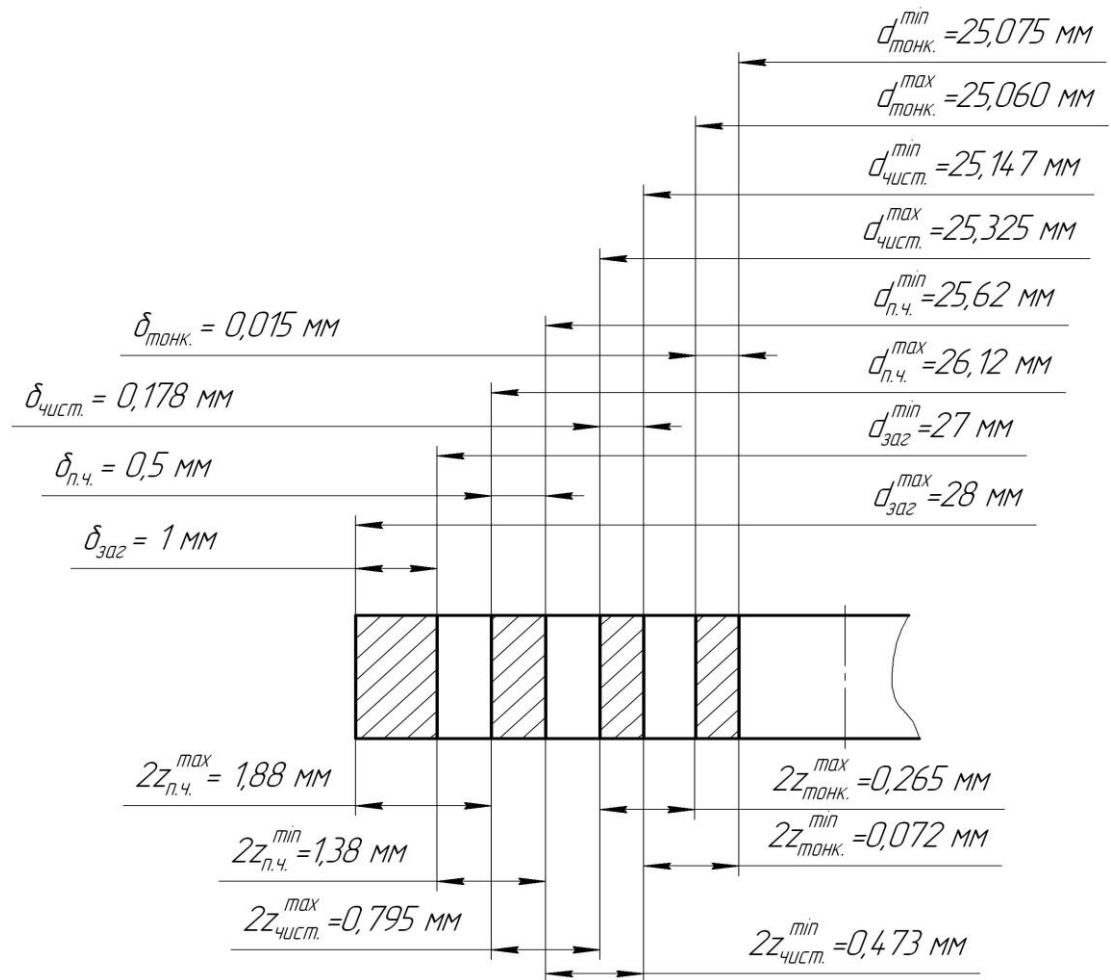
для точіння тонкого

$$D_{\min 3} = 25,075 \text{ мм}$$

$$D_{\max 3} = 25,060 \text{ мм}$$

На інші поверхні припуски визначаємо за довідниковими таблицями та заносимо в таблицю 2.22 та 2.23.

Схема графічного розташування припусків представлена на рис. 2.3.



2.3. Схема графічного розташування припусків

Припуски на обробку деталі шестерня ведуча GPS2K -4-00-03

№ поверхні	Найменування поверхні	Найменування переходу	Припуск $Z_{\min}$ (мм)	Технологічний допуск, мм
1	2	3	4	5
1, 18	Торець	1. Точіння чорнове	4	0,4
3	Зовнішня шліцева поверхня	1. Точіння чорнове 2. Точіння полу чистове 3. Тонке точіння	1,78 1 0,21	0,21 0,084 0,025
4	Шліци	1. Фрезерування	2,5	0,086
5	Шийка	1. Точіння чорнове	2,28	0,21
6, 11	Зовнішня циліндрична	1. Точіння полу чистове 2. Точіння чистове 3. Точіння тонке	1 0,6 0,4	0,3 0,12 0,03
7, 10	Торець	1. Точіння чорнове	1,28	0,25
8	Зубчатий вінець	1. Точіння чорнове 2. Точіння полу чистове 3. Точіння чистове 4. Точіння тонке	1,32 1 0,6 0,4	0,4 0,3 0,12 0,03
9	Зубці	1. Фрезерування	1,3	0,074
12	Канавка	1. Точіння получистове	1	0,18
13	Зовнішня циліндрична	1. Точіння получистове 2. Точіння чистове 3. Попереднє шліфування	1 0,6 0,21	0,3 0,12 0,021
14	Канавка	1. Точіння получистове	1	0,18
15	Зовнішня шліцева поверхня	1. Точіння полу чистове 2. Точіння чистове	1 0,3	0,087 0,09
16	Шліци	1. Фрезерування	2,9	0,046

2.12. Визначення режимів різання

Розрахунок режимів різання здійснюємо для технологічної операції 005 обробки деталі шестерня ведуча. Деталь оброблюється на верстаті з ЧПК. Розрахунок здійснюємо за допомогою емпіричних формул.

Виконуємо розрахунок для переходу 2: фрезерувати площину.

Швидкість різання визначається за формулою:

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

де:

C_v – коефіцієнт; T – період стійкості; t – глибина різання, мм; S – подача, мм/об; $m=0,28$; $x=0,12$; $y=0,5$ – показники ступенів відповідно при T, t, S .

K_v – коефіцієнт, розраховується за формулою:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{iv}$$

$$K_v = 1 \cdot 1 \cdot 2,7 = 2,7$$

де:

K_{mv} – коефіцієнт, що враховує вплив матеріалу заготовки;

K_{nv} – коефіцієнт, що враховує вплив стану поверхні;

K_{iv} – коефіцієнт, що враховує вплив матеріалу інструмента;

$R_a 2,0 \quad D_{\max} = 125 \text{ мм} \quad t = 2 \text{ мм} \quad i = 1$

$$v = \frac{392}{60^{0,28} \cdot 2^{0,12} \cdot 0,74^{0,5}} \cdot 2,7 = 392,6 \text{ м/хв}$$

Визначаємо частоту обертання інструменту за формулою:

$$n = \frac{1000v}{\pi D}$$

$$n = \frac{1000 \cdot 392,6}{3,14 \cdot 125} = 1000,25 \text{ хв.}^{-1}$$

Приймаємо по паспорту верстата $n_{\text{пасп.}} = 1000 \text{ хв.}^{-1}$

Крутний момент:

$$M_{\text{кр}} = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot P^y \cdot K_p,$$

Значення коефіцієнту C_m , та показники степені вибираємо з таблиць [3].

$C_p = 26,6$; $q = 0,25$; $y = 1,5$

Поправочний коефіцієнт:

$$K_p = 0,45$$

Тоді:

$$M_{кр} = 10 \cdot 26,6 \cdot 101^{0,25} \cdot 0,1^{1,5} \cdot 0,45 = 8,64 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Потужність різання:

$$N_p = \frac{M \cdot n}{975}$$

$$N_p = \frac{8,64 \cdot 1000}{975}$$

Перевірка по потужності:

$$N_p \leq 1,2 \cdot N_{дв} \cdot \eta$$

$$8,86 \leq 1,2 \cdot 15 \cdot 0,8$$

$$8,86 \leq 14,4$$

Умова виконується.

Основний час визначаємо за формулою:

$$t_o = \frac{l}{n \cdot S} \cdot i$$

$$t_o = \frac{125}{1000 \cdot 0,74} \cdot 1 = 0,17$$

де:

l – довжина робочого ходу, мм; n – частота обертання шпинделя, об/хв.;

S – подача, мм/об; i – кількість проходів.

На решту операцій елементи режимів різання для деталей шестерня ведуча GPS2K -4-00-03 приведені відповідно в таблицях 2.25.

Таблиця 2.25

**Режими різання на операціях механічної обробки шестерня
ведуча GPS2K -4-00-03**

Номер			$t, \text{мм}$	$S_o, \text{мм/об},$ $S_{хв}, \text{мм/хв}$	$v, \text{м/хв}$	$n, \text{об/хв}$	$t_o, \text{хв}$
Операції	Позиції	Переходу					
1	2	3	4	5	6	7	8
005		2	1	0,3	90	2244	0,05
		3	3,35	0,05	6,6	315	0,43
		4	1	0,3	170	2244	0,04

		5	1	0,3	150	2244	0,05
		6	1	0,3	190	1234	0,12
		7	3	0,3	50	315	0,05
		8	1	0,3	150	2244	0,04
		9	1	0,3	150	2244	0,01
							Σ0,79
010		2	1	0,3	150	2244	0,05
		3	3,35	0,05	6,6	315	0,43
		4	1	0,3	190	2244	0,04
		5	3	0,3	150	2244	0,15
		6	2	0,3	150	2244	0,15
		7	1	0,2	50	315	0,05
		8	3	0,3	50	315	0,05
							Σ0,92
015		2	1,65	3	29,5	120	4,12
020		2	5	0,57	19,5	215	3,79
025		2	3	0,45	15,5	205	3,0
035		2	0,1	0,8	35	920	0,25
050		2	0,25	0,025	30	100	0,4
055		2	0,2	0,025	30	100	0,4
060		2	0,2	0,025	30	100	0,3
065		2	0,25	0,64	50	300	0,6
070		2	0,25	0,64	50	300	0,6
075		2	0,25	0,64	50	300	0,6
080		2	0,25	0,64	50	300	0,6
085		2	0,25	0,05	35	180	0,5
090		2	0,25	0,05	35	180	0,5
115		2	0,25	0,005	30	200	0,7
120		2	0,1	0,01	75	500	1,87
125		2	0,005	0,0015	70	300	0,2
130		2	0,005	0,0015	70	300	0,2

2.13. Технічне нормування операцій

Розрахунок норм часу виконуємо на операцію 005, яка виконується на на обробляючому центрі з ЧПК.

Норма штучного часу $t_{шт}$, розраховується за формулою:

$$t_{шт} = t_o + t_d + t_{т.о} + t_{о.о} + t_{відп},$$

де: t_o – основний час визначається в розділі розрахунок режимів різання;

t_d – допоміжний час, який включає в себе: час на встановлення та зняття деталі; час на підведення, відведення та зміну ріжучого інструменту; час на керування верстатом; час на проведення контрольних вимірів.

Розрахунок основного часу проведено в розділі розрахунків режимів різання.

$$t_o(005) = 1,93 \text{ хв.}$$

Елементи допоміжного часу вибираються з нормативних таблиць:

$$t_d = t_{в.з.} + t_{п.в.} + t_{кер.} + t_{вим.},$$

$t_{в.з.}$ – час на встановлення та зняття деталі – 0,1 хв. ;

$t_{п.в.}$ – час на підведення та відведення інструмента – 0,24 хв. ;

$t_{кер.}$ – час на керування верстатом – 0,01 хв. ;

$t_{вим.}$ – час на проведення контрольних вимірів – 0,48 хв.

Тоді:

$$t_d = 0,1 + 0,24 + 0,01 + 0,48 = 0,83 \text{ хв.}$$

$t_{т.о}$ – час на технічне обслуговування обладнання, розраховується за формулою:

$$t_{т.о} = \alpha \cdot t_o$$

де: α - нормативний процент від основного часу – 4% ;

$$t_{т.о} = 0,04 \cdot 1,93 = 0,08 \text{ хв.}$$

$t_{о.о}$ – час на організаційне обслуговування, розраховується за формулою:

$$t_{о.о} = \beta \cdot t_{оп}$$

де: β – нормативний процент від оперативного часу – 4,5%;

$t_{оп}$ – оперативний час, є сумою основного та допоміжного часу;

$$t_{оп} = t_o + t_d = 1,93 + 0,83 = 2,76 \text{ хв.}$$

$$t_{о.о} = 0,045 \cdot 2,76 = 0,12 \text{ хв.}$$

$t_{\text{відп}}$ – час на перерви відпочинок та особисті потреби, розраховується за формулою:

$$t_{\text{відп}} = \gamma \cdot t_{\text{оп}}$$

де: γ – нормативний процент від оперативного часу – 6%;

$$t_{\text{відп}} = 0,06 \cdot 2,76 = 0,14 \text{ хв.}$$

Тоді норма штучного часу становить:

$$t_{\text{шт}} = t_o + t_d + t_{\text{т.о}} + t_{\text{о.о}} + t_{\text{відп}} = 1,93 + 0,83 + 0,08 + 0,12 + 0,14 = 3,1 \text{ хв.}$$

На решту операцій механічної обробки деталей виконуємо нормування згідно відомих рекомендацій з використанням таблиць, довідників, виробничих нормативних документів.

Результати вибору та розрахунку норм часу заносимо в таблиці 2.27.

Таблиця 2.27

Результати технічного нормування операцій механічної обробки шестерня ведуча GPS2K -4-00-03

№ операції	t_o , хв	t_d , хв	$t_{\text{обсл.}}$ хв	$t_{\text{відп.}}$ хв	$t_{\text{шт.}}$ хв	$T_{\text{п-з.}}$ хв
005	0,79	0,903	0,1	0,04	1,833	17
010	0,92	0,79	0,11	0,04	1,86	17
015	4,12	0,48	0,24	0,14	4,98	30
020	3,79	0,44	0,23	0,12	4,58	23
025	3,0	0,248	0,28	0,18	3,708	28
035	0,25	0,21	0,03	0,02	0,51	10
050	0,4	0,34	0,05	0,03	0,82	10
055	0,4	0,34	0,05	0,03	0,82	10
060	0,3	0,28	0,04	0,02	0,64	10
065	0,6	0,42	0,07	0,04	1,13	10
070	0,6	0,42	0,07	0,04	1,13	10

075	0,6	0,42	0,07	0,04	1,13	10
080	0,6	0,42	0,07	0,04	1,13	10
085	0,5	0,39	0,06	0,04	0,99	10
090	0,5	0,39	0,06	0,04	0,99	10
115	0,7	0,44	0,1	0,06	1,3	10
120	1,87	0,6	0,18	0,1	2,75	24
125	0,2	0,27	0,03	0,02	0,52	12
130	0,2	0,27	0,03	0,02	0,52	12

3. Конструкторська частина

3.1. Розробка та розрахунок конструкції затискного пристосування

Розробляємо інерційний патрон для обробки шестерня ведуча GPS2K -4-00-03 на токарному верстаті з ЧПК GOODWAY TS-150, конструкція якого показана на Рис. 3.1.

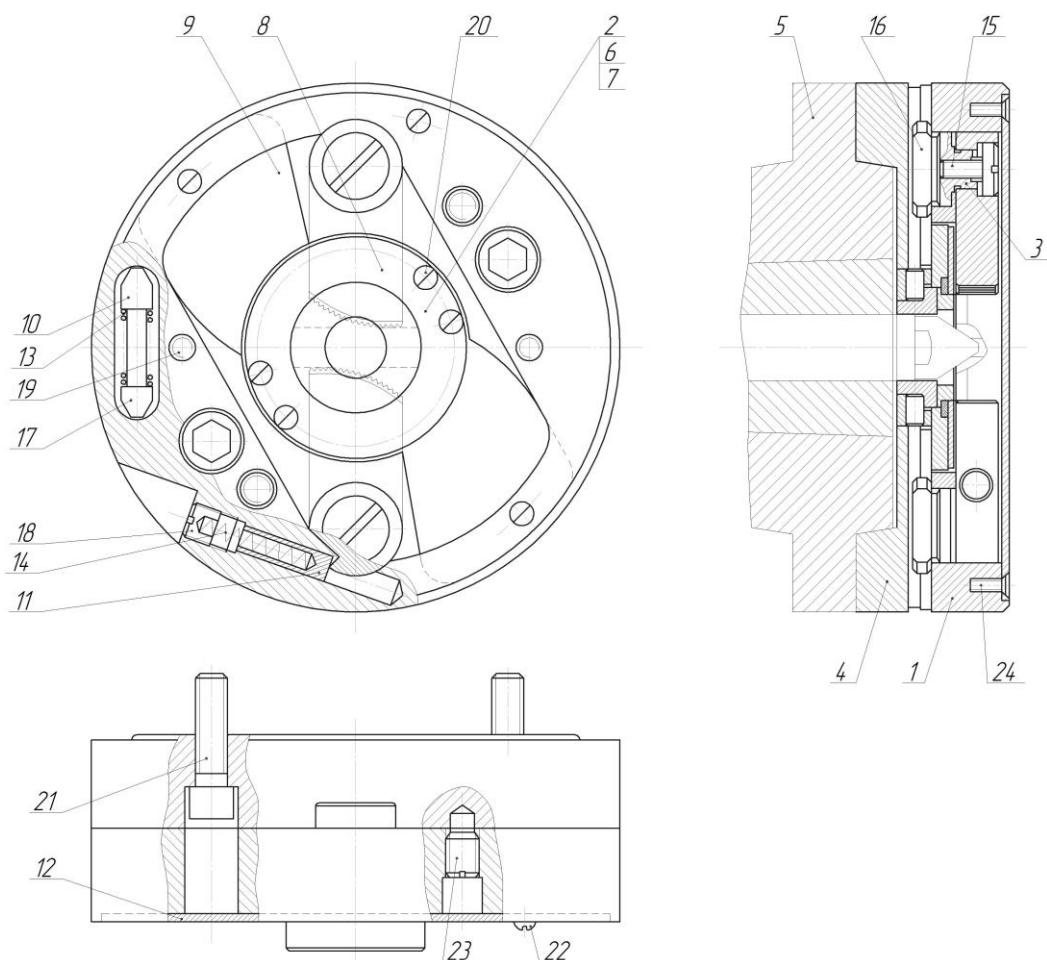


Рис. 3.1 Конструкція інерційного патрону

3.1.1. Призначення інерційного патрону

Інерційний патрон призначений для передачі крутного моменту оброблюємім деталі. Патрон встановлюється і закріплюється на планшайбі шпинделя верстата.

Деталь попередньо встановлюється в центрах верстата, які її орієнтують в радіальному напрямку, утворюючи подвійну напрямну базу. Орієнтація деталі в осьовому напрямку здійснюється шляхом підтискання заднім центром деталі до опори, розміщеної в патроні. При цьому передній центр, суміщений з патроном, виконується плаваючим.

3.1.2. Конструкція інерційного патрону

Показаний на Рис. 3.1 патрон складається із нижчеописаних складових частин:

Корпус патрону (4) у вигляді циліндричного диску з виконаними на торці пазами, в яких переміщується самоцентруєма планшайба (1) в складі з вісями інерційних кулачків (16) і самими кулачками (8) з прикріпленими до останніх вантажами (9).

На протилежній стороні корпусу виконаний конічний отвір для базування на шпиндель верстата. На корпусі виконані отвори під розміщення крипіжних болтів (21). Отвори розміщені на колі, концентричному зовнішньому циліндру патрону.

Самоцентруюча планшайба (1) також виконана у вигляді диску. Її середину перетинає прямокутний наскрізний паз, в якому розміщуються інерційні кулачки (8) і вантажі (9).

Радіальне переміщення самоцентруючої планшайби забезпечується за рахунок центруючих штирів (9) і пружин (12).

Встановлення інерційних кулачків у вихідне положення (розкриття кулачків) забезпечується за рахунок плунжера зворотнього ходу (10) і пружини (13).

3.1.3. Принцип роботи інерційного патрону

Розглянемо принцип роботи інерційного патрону. Він працює слідуючим чином. При початку обертання шпинделя верстата під дією відцентрових сил інерції вантажи (8) переміщуються в напрямку вектора відцентрових сил, обертаючи кулачки навколо власних осей (16) до моменту контакту робочої поверхні кулачка з закріплюємою поверхнею деталі. При цьому деталь закріплена в центрах верстата.

Зовнішня поверхня деталі може мати неточну геометричну форму або зміщення осі зовнішньої циліндричної поверхні відносно осі центрових отворів, крім того неточність виготовлення самих кулачків і центруючої планшайби, в якій вони розміщені вимагають утворення компенсації, яка б забезпечила одночасну взаємодію обох робочих поверхонь кулачків з поверхнею деталі, яка затискається. Ця компенсація утворюється за рахунок можливості переміщення самоцентруючої планшайби в напрямку лінії, яка проходить через осі обертання кулачків. В наслідок дотримання вказаних умов кулачки зцентрувавшись по деталі переміщують самоцентруючу планшайбу в положення, при котрому забезпечується затиск обома кулачками.

Працездатність патрона повинна забезпечуватись умовами, при яких момент від сил затиску перевищує момент від сил різання. При невиконанні цієї умови можливі поломки ріжучого інструменту від повороту деталі, виникаючого, якщо момент від сил різання перевищить момент від сил закріплення. Іншою умовою працездатності патрону повинно бути безумовне відкріплення кулачків під дією плунжера зворотнього ходу при зупинці шпинделя.

Для визначення можливості передачі необхідного і достатнього крутного моменту проводимо необхідні розрахунки.

3.1.4. Розрахунок сил затиску патрона

Побудуємо розрахункову схему затиску деталі в інерційному патроні див. рис.3.2.

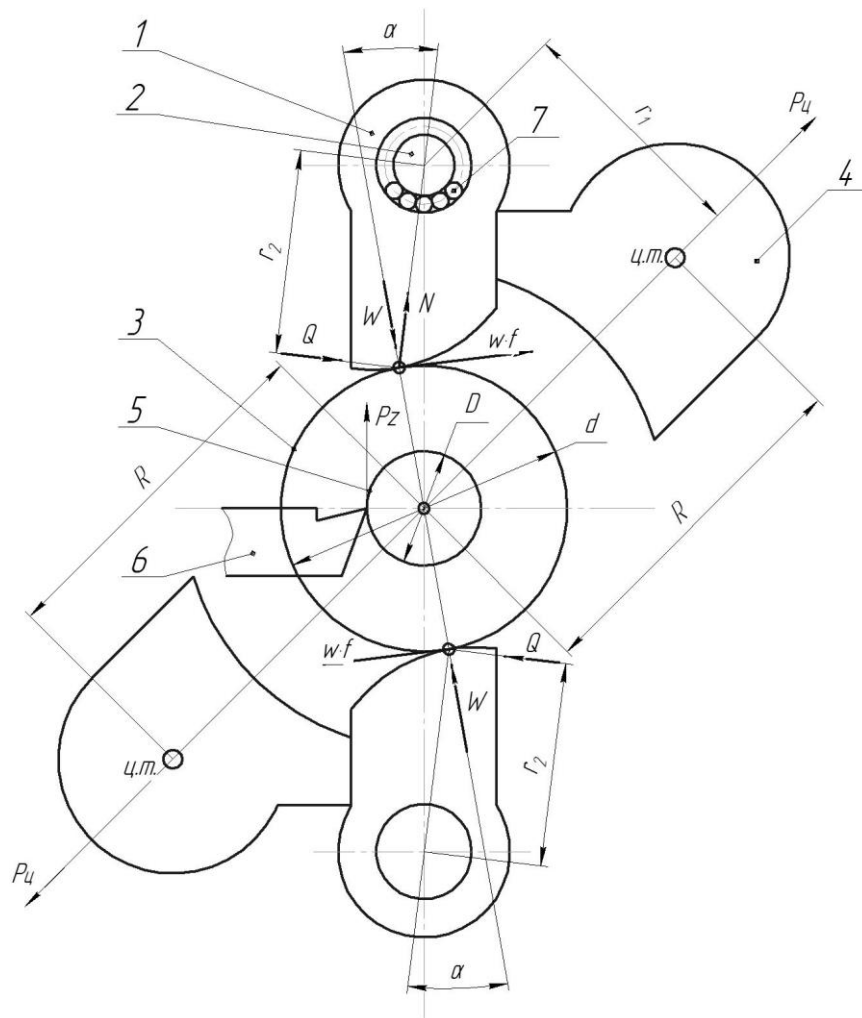


Рис. 3.2. Розрахункова схема затиску деталі

1 – кулачок з радіально-ексцентричною затискною поверхнею; 2 – вісь обертання кулачка; 3 – поверхня затиску; 4 – інерційний вантаж; 5 – оброблювана поверхня; 6 – різець; 7 – ролики; $P_{\text{ц}}$ – відцентрова сила; P_z – тангенційна сила різання; r_1 – плече дії сили $P_{\text{ц}}$, відстань від вісі обертання кулачка до центру ваги вантажу; Q – сила діюча на кулачок внаслідок сил інерції $P_{\text{ц}}$; r_2 – плече дії сили Q ; N – складова від сили W на нормаль до вісі; R – відстань від центру обертання патрону до центру ваги вантажу; W – сила затиску деталі, виникаюча від взаємодії радіально-ексцентрикової поверхні кулачка і поверхні затиску; d – діаметр поверхні затиску; D – діаметр оброблюваної поверхні; α – кут підйому радіально-ексцентрикової поверхні кулачка; f – коефіцієнт тертя між поверхнями і кулачка і затискаємою деталлю.

На схемі приведено вектори дії сили різання P_z утвореної в процесі обробки.

Також наведені протидіючі сили, які виникають в затискних елементах з врахуванням до плеча дії сили, яка виникає за рахунок інструкції. Та дії нормальної сили. Представлена дія відцентрової сили $P_{\text{ц}}$ з врахування плеча дії сили у вигляді відстані від вісі обертання кулачка до центру ваги вантажу.

Та відстані від центру обертання патрону до центра ваги вантажу.

Враховано дію кута підйому радіального-ексцентрика поверхні кулачка.

Визначимо головну умову рівноваги розрахунку інерційного вантажу.

Головна умова рівноваги системи на Рис. 3.2 описується рівнянням:

$$M(Pz) \leq \frac{M(w \cdot f)}{\eta} \quad (3.1)$$

де $M(Pz)$ – крутний момент від сил різання;

$M(w \cdot f)$ – крутний момент від сил затиску;

η – коефіцієнт корисної дії пари кулачок-вісь.

Згідно Рис. 3.2 визначимо значення моменту $M(Pz)$:

$$M(Pz) = Pz \cdot 0,5D \quad (3.2)$$

Тоді момент від сил затиску визначиться:

$$M(w \cdot f) = w \cdot f \cdot 0,5d \quad (3.3)$$

Прирівнявши рівняння (3.1) і (3.2), з урахуванням рівняння (3.3), отримуємо:

$$Pz \cdot 0,5D = W \cdot f \cdot 0,5d \cdot \eta \quad (3.4)$$

Визначимо із рівняння (13) значення W :

$$W = \frac{Pz \cdot 0,5D}{f \cdot 0,5d \cdot \eta} \quad (3.5)$$

З розкладу сил на Рис. 3.2 відомо співвідношення між силами W та Q :

$$W = \frac{Q}{\operatorname{tg} \alpha} \quad (3.6)$$

Одночасно з тим, рівняння яке виказує дію сили Q має вигляд:

$$Q \cdot r_2 = P_{\psi} \cdot r_1 \quad (3.7)$$

Визначивши з рівняння (3.7) силу Q отримаємо:

$$Q = \frac{P_{\psi} \cdot r_1}{r_2} \quad (3.8)$$

Відцентрова сила P_{ψ} визначена рівнянням, приведеним в роботі [12]:

$$P_{\psi} = 0,001G \cdot R \cdot n^2 \quad (3.9)$$

де G – вага інерційного вантажу;

n – кількість обертів патрону.

Підставивши значення P_{ψ} із формули (3.6) в формулу (3.7) отримаємо:

$$Q = \frac{0,001G \cdot R \cdot n^2 \cdot r_1}{r_2} \quad (3.10)$$

Підставимо значення Q із рівняння (3.8) в рівняння (3.3), отримаємо:

$$W = \frac{0,001G \cdot R \cdot n^2 \cdot r_1}{r_2 \cdot \operatorname{tg} \alpha} \quad (3.11)$$

Прирівнюємо рівняння (3.3) та (3.8), отримуємо:

$$\frac{P_z \cdot 0,5D}{f \cdot \eta \cdot d} = \frac{0,001G \cdot R \cdot n^2 \cdot r_1}{r_2 \cdot \operatorname{tg} \alpha} \quad (3.12)$$

Вирішимо дане рівняння відносно ваги інерційного вантажу G :

$$G = \frac{P_z \cdot r_2 \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot D}{d \cdot f \cdot \eta \cdot 0,001R \cdot n^2 \cdot r_1} \quad (3.13)$$

З урахуванням того, що затиск деталі здійснюється одночасно двома кулачками, а також з урахуванням коефіцієнту запасу K_3 вираз (3.12) має вигляд:

$$G = \frac{P_z \cdot r_2 \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot D \cdot K_3}{2d \cdot f \cdot \eta \cdot 0,001R \cdot n^2 \cdot r_1} \quad (3.14)$$

Виконуємо розрахунок патрону. Вихідні дані для розрахунку наведено в табл.3.1

Таблиця 3.1

Вихідні дані

№ п/п	Найменування	Значення	Джерело інформації
1	2	3	4
1	Тангенціальна сила різання P_z , кг	342	Розділ 2.15
2	Кількість обертів патрону n , об/хв	670	Розділ 2.15
3	Оброблюємий діаметр D , мм	42,0	Креслення деталі
4	Закріплюємий діаметр d , мм	38,5	Креслення деталі
5	Кут підйому радіально- ексцентрикової поверхні кулачка α , град.	12,0	[12], стор. 139 (рекомендації)
6	Коефіцієнт тертя між взаємодіючими поверхнями f	17	[18], стор.158

7	Коефіцієнт корисної дії пари кулачок-вісь, η	0,95	[15], стор.227
8	Відстань від центра обертання патрону до центру ваги вантажа R , мм	55,0	Креслення патрону
9	Плече дії сили P_{ψ} , r_1 , мм	50,0	Креслення патрону
10	Плече дії сили Q , r_2 , мм	35,0	Креслення патрону
11	Коефіцієнт запасу затиску K_3	1,5	[12], стор.141

Виконуємо розрахунок ваги інерційних вантажів:

$$G = \frac{342 \cdot 0,035 \cdot 0,212 \cdot 0,042 \cdot 1,5}{2 \cdot 0,0385 \cdot 0,7 \cdot 0,95 \cdot 0,001 \cdot 0,055 \cdot 670^2 \cdot 0,05} = 2,5 \text{ кг}$$

Розрахунок контактних напружень в з'єднанні кулачок-вісь

На Рис. 3.2 видно, що на вісь кулачка 2 діє сила N , яка є складовою сили W , розміщеній на нормалі до вісі. Значення сили N визначається рівнянням:

$$N = W \cdot \cos \alpha \quad (3.15)$$

З урахуванням рівняння (14) визначаємо:

$$N = \frac{P_z \cdot 0,5D}{f \cdot 0,5d\eta} \cdot \cos \alpha \quad (3.16)$$

Як видно з Рис. 3.2 кулачок контактує з віссю через ролики 7, з урахуванням чого необхідно визначити допустимість контактних напружень, виникаючих між поверхнями вісі 2 і роликів 7. Згідно з формулою Герца [16] для визначення контактних напружень маємо вираз:

$$\tau = 0,145 \sqrt{\frac{q \cdot E}{\rho}} \quad (3.17)$$

де q – питоме навантаження на 1 см довжини контактних ліній;

ρ – приведений радіус кривизни контактуємих поверхонь;

E – модуль пружності, $E = 2,15 \times 10^6$ кг/см²;

Значення q визначаємо по формулі:

$$q = \frac{N}{l} \quad (3.18)$$

де l – довжина контактної лінії.

Значення ρ визначаємо по формулі:

$$\rho = \frac{\rho_1 \cdot \rho_2}{\rho_1 + \rho_2} \quad (3.19)$$

де ρ_1 – радіус ролика;

ρ_2 – радіус вісі.

Таким чином, з урахуванням приведених виразів, отримаємо:

$$\tau = 0,145 \sqrt{\frac{N \cdot 2,15 \cdot 10^6 (\rho_1 + \rho_2)}{l \cdot \rho_1 \cdot \rho_2}} \quad (3.20)$$

При цьому для прийнятих матеріалів ролика – сталь ШХ15 і вісі – сталь 40Х:

$$[\tau] = \frac{[\sigma]}{2,9} = \frac{10000}{2,9} = 3448 \text{ кг/см}^2$$

Таблиця 3.2

№ з/п	Визначаєми й параметр	Розрахункова формула	Розрахунок
1	Осьова сила N , кг	$N = \frac{Pz \cdot 0,5D}{f \cdot 0,5d\eta}$	$N = \frac{342 \cdot 0,5 \cdot 0,042}{0,7 \cdot 0,5 \cdot 0,0385 \cdot 0,95} = 56,1$ кг
2	Контактне напруження τ , кг/см ²	$\tau = 0,145 \sqrt{\frac{N \cdot 2,15 \cdot 10^6 (\rho_1 + \rho_2)}{l \cdot \rho_1 \cdot \rho_2}}$	$\tau = 0,145 \sqrt{\frac{56,1 \cdot 2,15 \cdot 1,6 \cdot 10^6}{2,0 \cdot 0,437}} = 2860$ кг/см ²

Розрахунок контактних напружень

$$[\tau] = 3448 \text{ кг/см}^2, \tau = 2860 \text{ кг/см}^2$$

Таким чином $\tau_p < [\tau]$.

3.1.5 Розрахунок патрону на точність

Розрахунок пристрою на точність має за мету визначення необхідної точності його виготовлення по вибраному параметру, до яких відносяться:

а) допуски на координуючі розміри, що задані від баз чи базових поверхонь;

б) допуски взаємного розміщення (непаралельності або не перпендикулярності тощо) баз або базових поверхонь затискного пристрою. Точність виготовлення пристрою з достатнім наближенням, а саме тих його елементів, які впливають на точність оброблюваного розміру може бути оцінена допуском, який визначається за формулою:

$$\varepsilon_{\text{пр}} = T_A - K_m * (K_{m1} * \varepsilon_{\delta})^2 + \varepsilon_z^2 + (K_{m2} * \omega_{m.o})^2$$

де T_A — допуск на виконуваний розмір;

ε_{δ} — 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) [11, т.1 с.8-12]

ε_z — похибка закріплення деталі [8, с.16-19]

При використанні механізованих затискних пристроїв, що забезпечують сталість сили затиску похибка закріплення деталі дорівнює нулю.

$$\varepsilon_{\text{пр}} = 0.062 \cdot 0.9 \cdot \sqrt{(0.8 \cdot 0)^2 + 0 + (0.6 \cdot 0.062)^2} = 0.00207$$

3.2 Розрахунок та розробка конструкції контрольно-вимірювального пристрою

3.2.1. Опис конструкції та роботи пристрою

Прилад призначений для контролю діаметрів шестерень (рис. 3.3). Він складається з основи 9, на якому встановлені вимірювальний вузол, блок індикації, а також по верхній і нижній губці для кожного із діаметрів.

Контроль діаметрів виконується методом порівняння з еталоном. Робота електричної схеми основана на управлінні моменту запалюванню тиратронів. Нижче представлена технічна характеристика.

Технічна характеристика

1. Кількість контролюємих січень – 5.
2. Похибка настройки – $\pm 0,0005$ мм.
3. Не стабільність спрацювання контактів, не більше – 0,0005 мм.
4. Зміщення настройки контактів за 25000 вимірювань, не більше – $\pm 0,0005$ мм.
5. Найбільша можлива абсолютна похибка вимірювання – $\pm 0,0025$
6. Вимірювальні зусилля одної пари вимірювальних губок – 2,5-3 Н.
7. Час вимірювання однієї деталі – max 1,5÷2 сек.
8. Напруга живлення – 220В, 50 Гц.
9. Споживана потужність, не більше – 5 Вт.

Порядок роботи:

- включити прилад в мережу;
- підвести деталь у вимірювальні губки до упора. Якщо шестерня має розміри діаметрів в границях допуску, то рухомі контакти датчиків знаходяться в нейтральному положенні. На світловому табло блока індикації горить лампа «годная». Якщо діаметральний розмір буде нижчий відповідному, горить лампа під знаком «-» (мінус), вищий – горить лампа під знаком «+» (плюс) відповідно»
- деталь вводиться в зону вимірювальних губок без поштовхів, ударів і перекосів;
- для забезпечення постійної точності вимірювання періодично протирати поверхні губок, контактуючих з поверхнею контролюємої деталі;
- деталі перед вимірюванням повинні бути ретельно протерті.

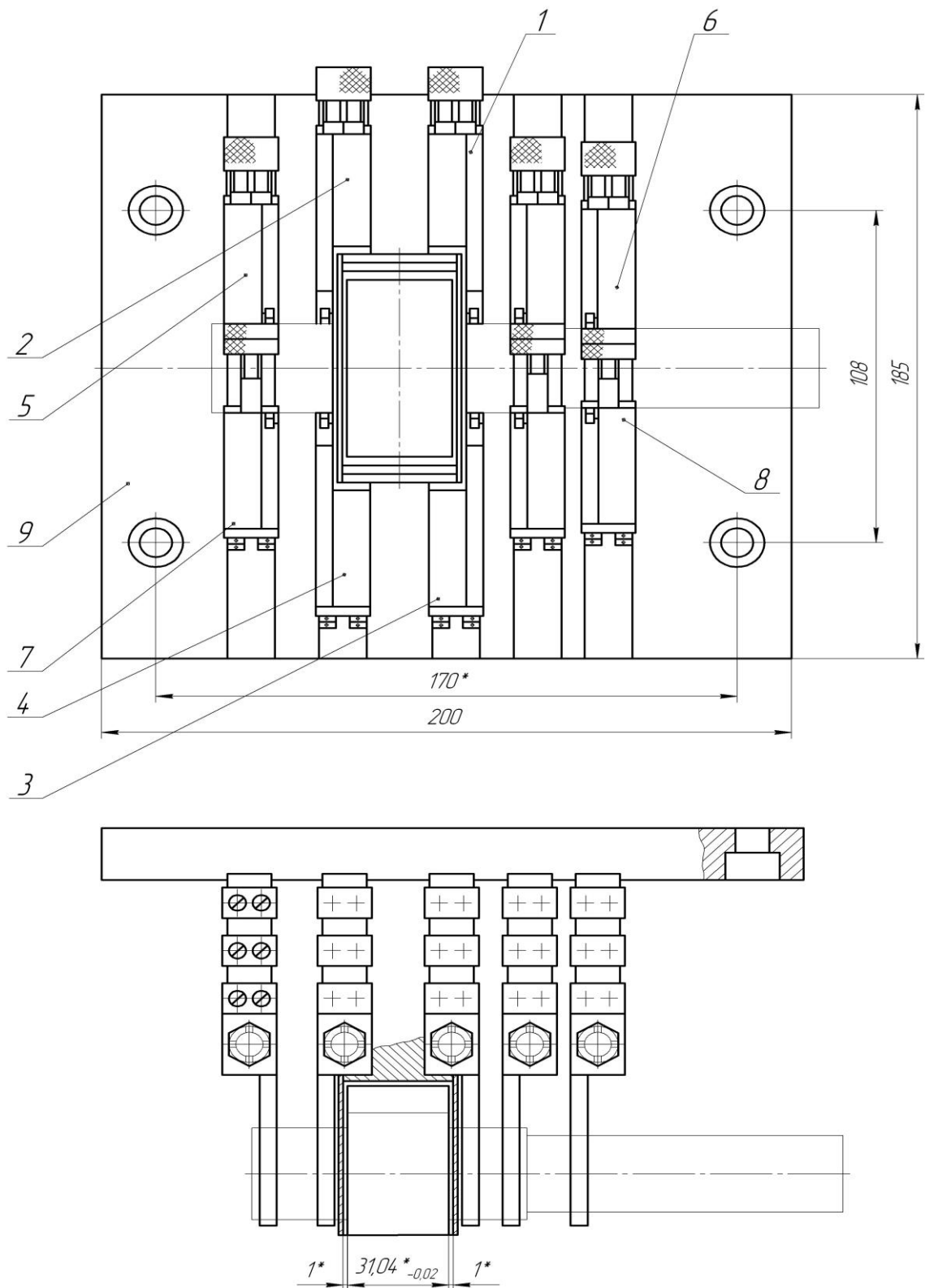


Рис. 3.3 Конструкція контрольно-вимірювального пристрою.

3.2.2. Визначення похибок вимірювання і перевірка умов працездатності пристрою

Перевірку умов працездатності контрольного пристрою визначаємо за формулою:

$$\sqrt{\Delta_{\theta}^2 + \Delta_{\theta\delta}^2 + \Delta_{nn}^2 + \Delta_{\epsilon z}^2 + \Delta_{\epsilon z\epsilon}^2 + \Delta_{\epsilon i\delta}^2} \leq [\Delta_{\text{вим}}],$$

де: Δ_{δ} – похибка базування контрольованої деталі, $\Delta_{\delta} = 0$;

$\Delta_{\delta d}$ – похибка встановлення деталі, $\Delta_{\delta d} = 0,001 \text{ мм}$;

Δ_{nn} – похибка передавального пристрою, $\Delta_{nn} = 0,002 \text{ мм}$;

$\Delta_{\delta z}$ – похибка вимірювального засобу, $\Delta_{\delta z} = 0,0005 \text{ мм}$;

$\Delta_{\delta z\delta}$ – похибка встановлення засобу вимірювання, $\Delta_{\delta z\delta} = 0,0009 \text{ мм}$;

$\Delta_{\delta id}$ – похибка відліку, $\Delta_{\delta id} = 0$

$[\Delta_{\delta \text{вим}}]$ – допустима похибка вимірювання, $[\Delta_{\delta \text{вим}}] = 0,0025 \text{ мм}$.

Тоді:

$$\sqrt{0,001^2 + 0,002^2 + 0,0005^2 + 0,0009^2} = 0,0024 \text{ мм}$$

Умова виконується.

3.2.3. Розробка креслення загального виду пристрою

Креслення загального виду контрольного пристрою виконуємо в необхідній для уявлення його конструкції кількості проекцій і в положенні контролю, контрольний зразок зображуємо тонкими лініями.

На кресленні проставляємо габаритні розміри, установчі розміри, посадки основних спряжень, допуск розташування найбільш важливих поверхонь. У стислій формі формулюємо технічні вимоги до контрольного пристрою. Креслення загального виду контрольного пристосування представлено в графічній частині дипломного проекту.

3.3. Розробка конструкції черв'ячної фрези

3.3.1. Побудова профіля зубів методом комп'ютерного моделювання

Сінусний контур оброблюємої поверхні 1, генерується в умовах обкату. При обкаті без ковзання початкового кола 3, по початковій прямій 4. Комп'ютерна модель здійснена за допомогою програмного середовища Kompas v16. На рис.3.3.1 зображена вихідна схема зачеплення, на рис.2 зображена генерація профілів [4].

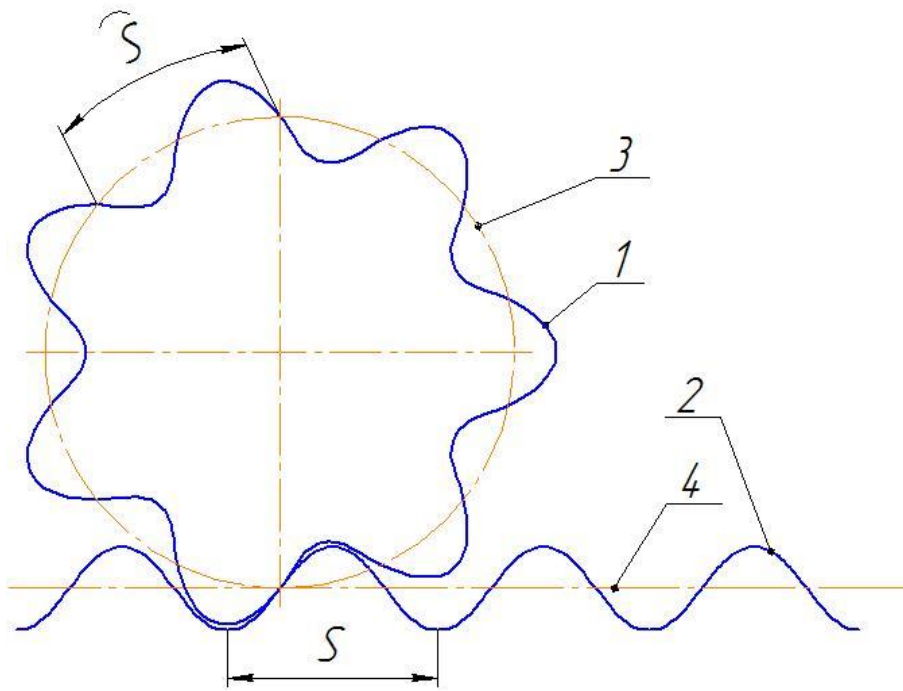


Рис.3.3.1. Схема зачеплення виробна рейка- оброблюємий контур

1- контур оброблюємої поверхні

2- контур виробної рейки

3- початкове коло

4- початкова пряма рейки

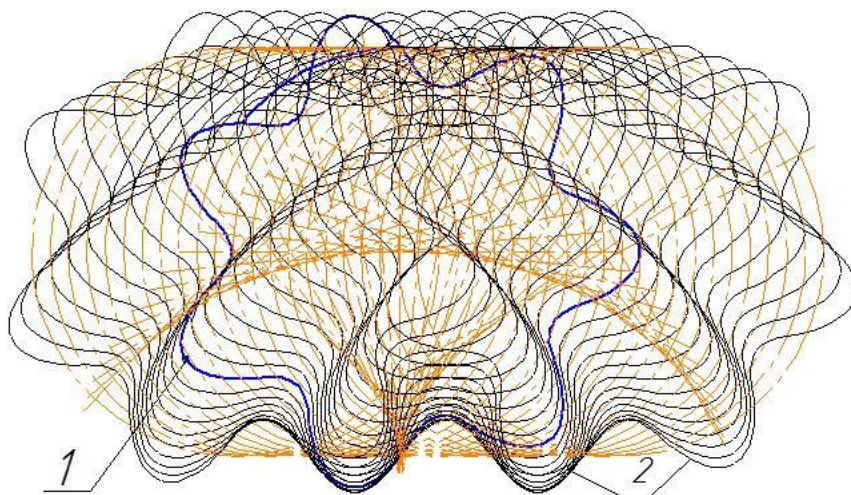


Рис. 3.3.2. Генерація профілей по утворенню контура виробної рейки

1-контур оброблюємої поверхні; 2- контур виробної рейки

3.3.2 Розрахунок конструктивних елементів фрези.

Найменування	Позначення	Одиниці виміру	Чисельне значення	Джерело інформації
1	2	3	4	5
Модуль	m	мм	4,5	Креслення фрези
Товщина зуба колеса	S_{d1}	мм	7,56	Креслення фрези
Висота зуба	h	мм	5,76	Креслення фрези
Падіння затилка	K	мм	3	[8.ст.79]
Число заходів фрези	a		1	[8.ст.79]
Величина припуску	ΔS	мм	0	[8.ст.79]
Зовнішній діаметр фрези	D_{eu}	мм	80	[8.ст.79]
Число заходів фрези	ϕ		1	[8.ст.80]
Кут підйому гвинтової лінії	ω		4°13'	Креслення фрези

Розрахунок

Таблиця 3.2

№ з/п	Визначаємий параметр	Розрахункова формула	Розрахунок
1	Модуль нормалі	$m_u = m$	4,5
2	Шаг по нормалі	$t_u = \pi m_u$	$t_u = 3,14 \cdot 4,5 = 14,13$
3	Розрахункова товщина зуба по нормалі	$S_u = t_u - (S_{d1} + \Delta S)$	$S_u = 14,13 - (7,56 + 0 = 6,57)$
4	Висота зуба фрези	$h_u = h + 0,3m$	$h_u = 5,76 + 0,3 \cdot 4,5 = 7,11$
5	Радіус закруглення	$r_1 = r_2 \approx (0,25 \div 0,3)m$	$r_1 = r_2 = 0,3 \cdot 4,5 = 1,35$
6	Число зубів фрези	$z_u = 1,3 \frac{360^\circ}{\phi}$ $\cos \phi = \frac{D_{eu} - 2h_u}{D_{eu}}$	$z_u = 1,3 \frac{360^\circ}{36} = 13$ $\cos \phi = \frac{80 - 2 \cdot 7,11}{80} = 0,822$

7	Діаметр початкової кола	$d_{\partial u} = D_{eu} - 2h'_u - 0,1$	$d_{\partial u} = 80 - 2 \cdot 7,11 - 0,1 \cdot 3 = 65,48$
8	Кут підйому витків фрези	$\sin \omega = \frac{m_u a}{d_{\partial u}}$	$\sin \omega = \frac{4,5 \cdot 1}{65,48} = 3^\circ 26' 23''$
9	Крок по вісі між 2 витками	$t_{oc} = \frac{t_u}{\cos \omega}$	$t_{oc} = \frac{14,13}{\cos 3^\circ 26' 23''} = 14,15$
10	Хід витків по вісі фрези	$t_x = t_{oc} a$	$t_x = 14,15 \cdot 1 = 14,15$
11	Осевой крок гвинтової лінії стружкових канавок	$T = t_{oc} \operatorname{ctg}^2 \omega$	$T = 14,15 \cdot \operatorname{ctg}^2 3^\circ 26' 23'' = 3913$
12	Кут встановлення фрези на верстаті	$\psi = \beta_{\partial} \alpha \pm \omega$	$3^\circ 26' 23''$

3.3.3 Опис конструктивного виконання черв'ячної фрези

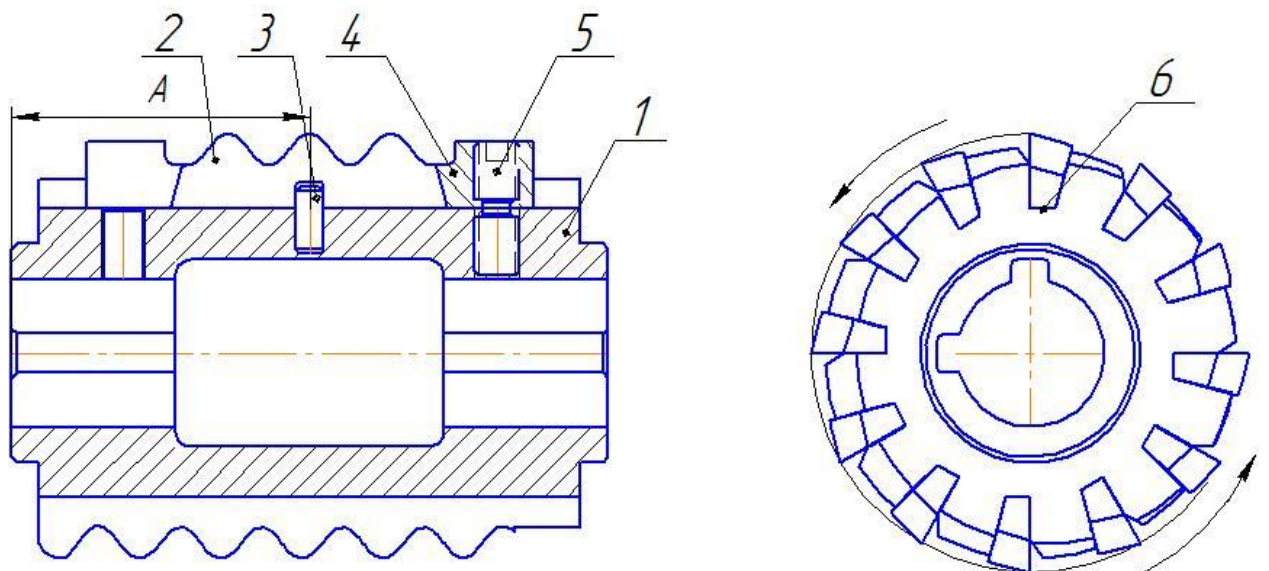


Рис. 3.3.3 Черв'ячна фреза

1- корпус, 2 – рейка, 3 – штифт 4 – клин, 5- диференційний гвинт

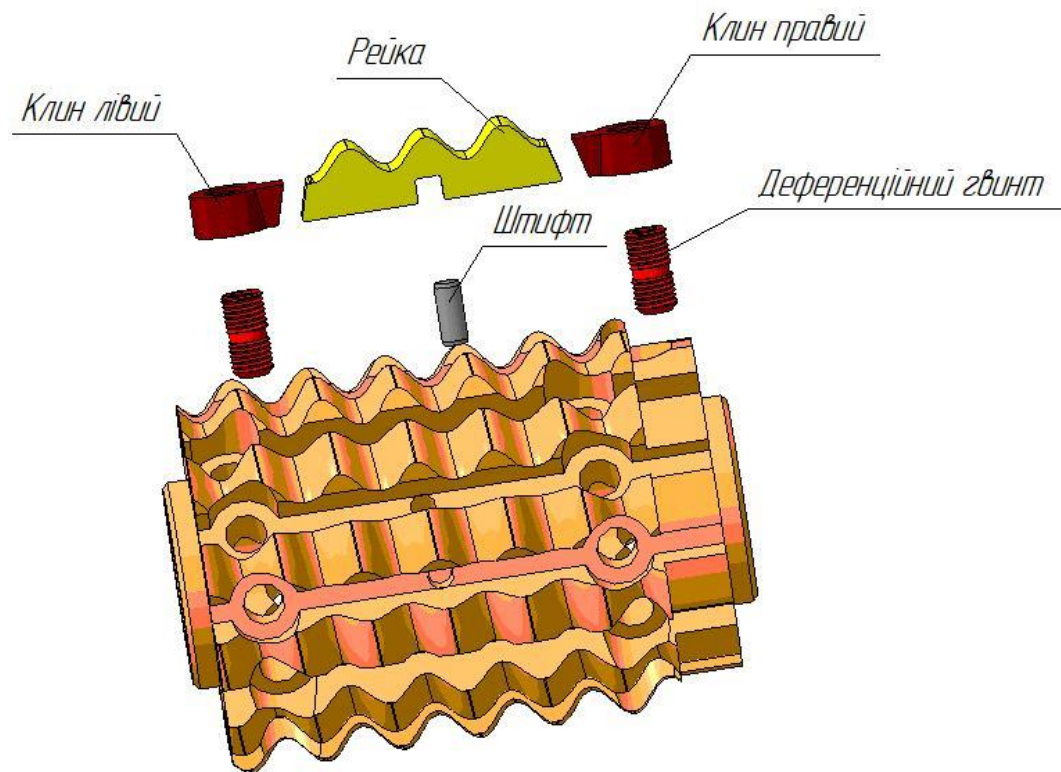


Рис. 3.3.4 Схема черв'ячної фрези

Складальна черв'ячна фреза складається з корпусу 1 та комплекту зубчастих рейок 2, установочного штифта 3 та клинів 4 які встановлюються у паз . Клини закріплюються диференційними гвинтами 5 [4].

Корпус 1 , має циліндричну форму, на зовнішній циліндричній поверхні якого утворений гвинтовий профіль. Контур перерізу гвинтового профіля є зменшеним копією контуру зуба рейки.

На зовнішній циліндричній поверхні розміщені пази трапецеїдальної форми для монтажу в них рейок . На дні кожного пазу розміщений комплект отворів в тому числі:

- 2-а різьбових, кріпільних отворів для диференційного гвинта
- Отвір для контрольного штифта, який визначає положення рейки в корпусі.

Осьовий отвір корпусу має шпонковий паз для передачі крутного моменту. Виготовляється з конструктивної сталі 40Х з термообробкою до твердості

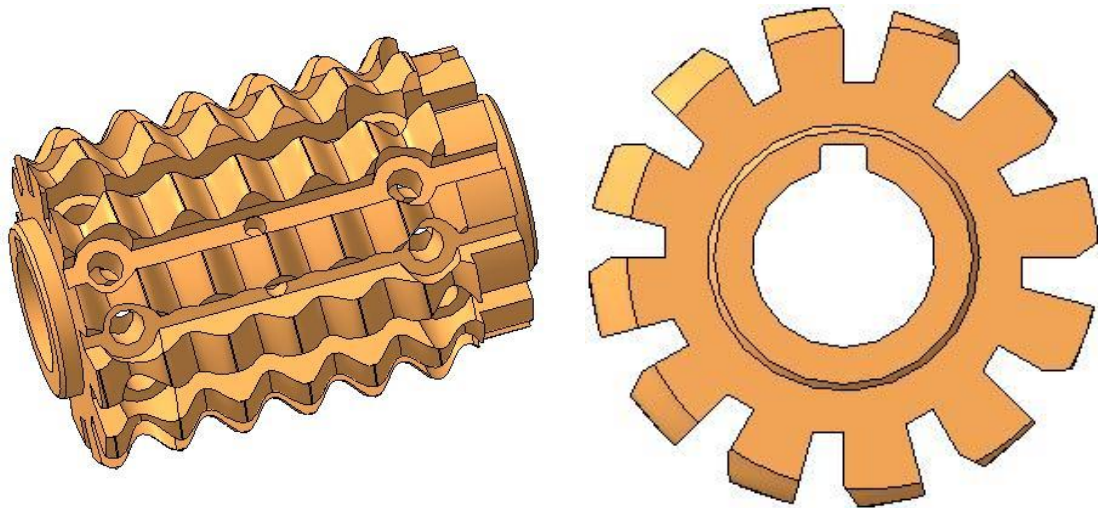


Рис. 3.3.5. Корпус фрези

Рейка 2 , виконана у вигляді призматичного тіла з трапецеїдальним контуром поперечного перерізу. Зуб'я рейки відповідають розмірам представлених в робочому кресленні. Співвісно з центральним зубом рейки на ній утворюється паз необхідний для забезпечення орієнтації рейки в корпусі. Рейка виготовляється із матеріала наближеного до швидкорізальної сталі , методом порошкової металургії. Твердість рейки HRC 62...65.

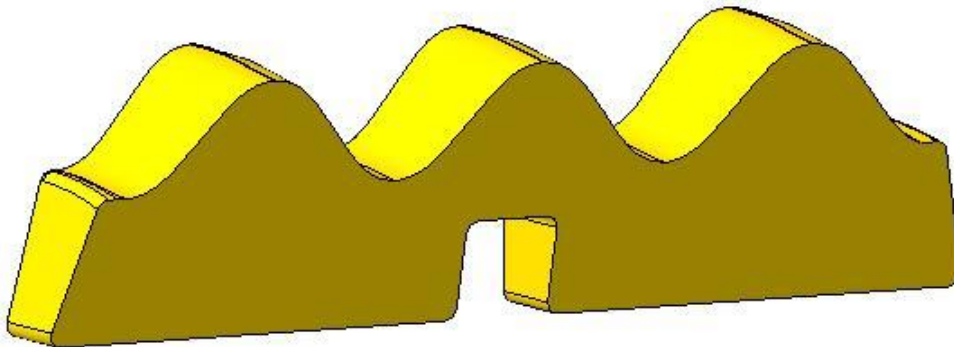


Рис. 3.3.6 Рейка

Клин виповнений у вигляді призматичного тіла , циліндричною базовою маточини для базування в корпусі фрези.

Для взаємодії з рейкою на циліндричній поверхні виконаний виступ , щільно заходить в паз шляхом центрування 2ма боковими сторонами та опирається кутовою поверхнею на відповідну поверхню рейки. Диференціальний гвинт виконаний у вигляді гвинта традиційної конструкції

з внутрішнім шестигранником. На його зовнішній поверхні утворено 2-і різьбові поверхні : ліва та права, розділені собою технологічною канавкою [4].

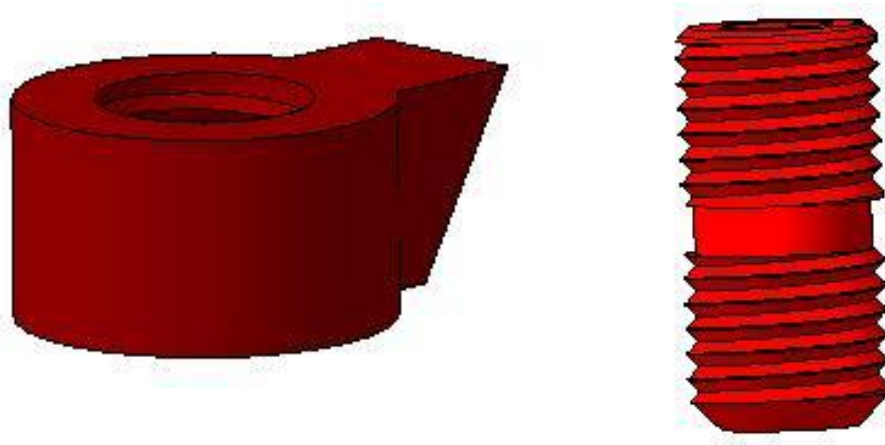


Рис. 3.3.7. Елементи кріплення рейки

1- клин 2- диференціальний гвинт

4. Дослідна частина

Дослідження технології зубообробки синусного зачеплення

4.1. Загальні положення

Існуюча система створення проектів гідравлічних машин шестеренного типу та їх реалізація недостатньо досконала на ряду причин [1], в тому числі:

- відсутність достатнього рівня уніфікації;
 - не дотриманні вимоги по створенню виробництва та зберігання, на яке б не впливали миттєві коливання ринкових потреб;
- деякі недосконалі конструктивні рішення, які не враховують вимоги: -
 - навантажень деталей при термічній обробці;
 - можливостей точної механічної обробки.

Ця система може бути ефективною в умовах крупносерійного виробництва.

Існуюча система побудована на стихійному відтворенні аналогів відомих виробників. Але при цьому не враховується те, що кожна фірма розробляє проект, який враховував би власні потреби і не перетинався з конкурентами.

Внаслідок чого однакові функційно машини мають суттєві відрізняючі ознаки.

Таке повторення проектів в рамках єдиного виробника, яким є АТ «Гідросила» може привести до економічної кризи, внаслідок не можливості відтворення економічних показників при малих партіях, і не можливості створення попередніх запасів.

Єдиним виходом в цій складній ситуації може бути застосування кардинальних принципів уніфікації гідравлічних машин.

Такі принципи передбачають максимальну диференціацію перемінних складових деталей та вузлів, та створення базових об'єктів з постійною

складовою структурою.

Основу цього принципу складає механізм відокремлення складних і трудомістких елементів від відносно простих та менш трудомістких.

Принцип передбачає можливість за рахунок гнучкої конструктивної схеми створити гнучке виробництво гідравлічних машин.

Одним із шляхів підвищення конкурентоспроможності сучасних гідравлічних насосів та моторів є застосування зубчатих передач спеціального профілю. Прикладом такого профілю є синусоїдальне зачеплення, використане при профілюванні шестерень імпортного насоса.

4.2. Аналіз та синтез геометрії робочого контуру

В основу розробки поставлена задача створення зачеплення (рис. 4.1) без защемленого об'єму, яке може мати довільну кількість зуб'їв і в якому розподіл точок профілю описується функціональними залежностями типу $X=f(\varphi)$ і $Y=f(\varphi)$, що дозволить розширити межі застосування зачеплення та дасть можливість автоматизації процесу генерації профілів зубчатих коліс [7].

Поставлена задача вирішується тим, що профіль зуба колеса в торцевому перерізі окреслений двома кривими – коловою синусоїдою, яка формує виступ зуба і дискримінантною кривою, яка формує западину і утворюється як огинаюча множини положень колової синусоїди при обкаті її початкового кола навколо початкового кола дискримінантної кривої. Точки спряження кривих виступах і западини зуба лежить на початковому колі, а діаметри початкових кіл зубчатих коліс в зачепленні рівні.

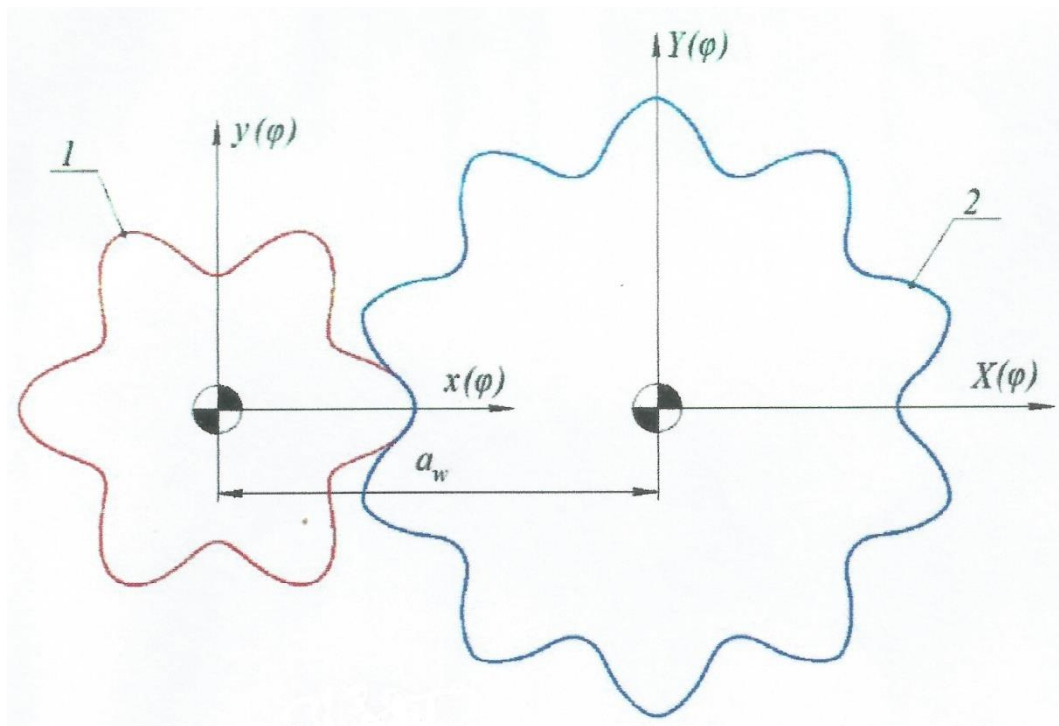


Рис. 4.1 Синусоїдальне зачеплення

1 – синусоїдальна крива; 2 – спряжена крива

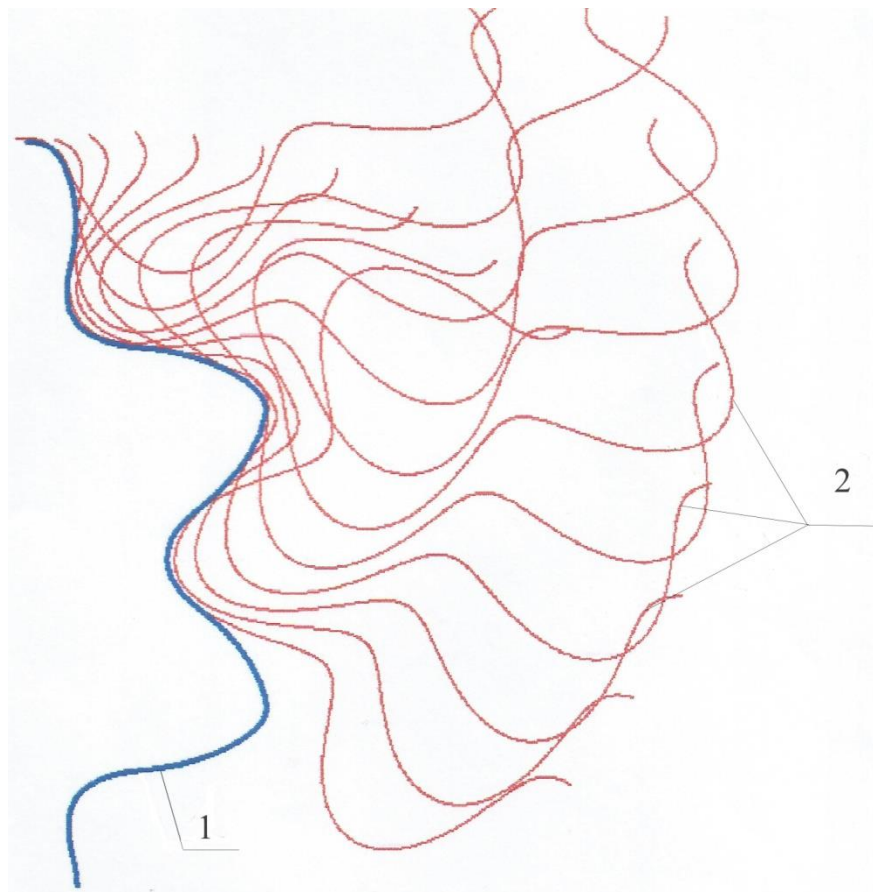


Рис. 4.2 Сімейство синусоїдальних кривих та їх огинаюча

1 – спряжений контур; 2 – сімейство огинаючих вихідного контуру.

Наступним кроком – генерування спряженого контуру профілю (рис. 4.2). Він утворюється як огинаюча сімейства положень вихідного контуру 2,

при взаємному обкатуванні центроїд шестерень. Результат математичного моделювання (процесу генерації) огинаючої, представлений на рис.

Сімейство вихідних контурів описуються наступними рівняннями:

$$X(\varphi, \psi) = a_w \cdot \cos(\psi) - x(\varphi) \cdot \cos(n \cdot \psi) + y(\varphi) \cdot \sin(n \cdot \psi) \quad (4.1)$$

$$Y(\varphi, \psi) = a_w \cdot \sin(\psi) - y(\varphi) \cdot \cos(n \cdot \psi) - x(\varphi) \cdot \sin(n \cdot \psi) \quad (4.2)$$

де $n = \frac{z+Z}{z}$ – коефіцієнт;

ψ – параметр, визначаючий положення контуру $x(\varphi)$ $y(\varphi)$ у множині сімейства.

Умови існування огинаючого сімейства кривих базується на відомій теоремі диференціальної геометрії, яка стверджує, що точки згинаючої належать множині, в якій дискримінанта сімейства кривих рівна нулю:

$$\frac{\partial x}{\partial \psi} \cdot \frac{\partial y}{\partial \varphi} - \frac{\partial x}{\partial \varphi} \cdot \frac{\partial y}{\partial \psi} = 0 \quad (4.3)$$

Рішення рівняння (4.3) дає залежність $\psi = \psi(\varphi)$, визначаючи взаємозв'язок параметра φ , який визначає положення точки контуру і параметра множини сімейства ψ . Таким чином, рівняння спряженої огинаючої приймають вид:

$$X(\varphi) = a_w \cdot \cos(\psi(\varphi)) - x(\varphi) \cdot \cos(n \cdot \psi(\varphi)) + y(\varphi) \cdot \sin(n \cdot \psi(\varphi)) \quad (4.4)$$

$$Y(\varphi) = a_w \cdot \sin(\psi(\varphi)) - y(\varphi) \cdot \cos(n \cdot \psi(\varphi)) - x(\varphi) \cdot \sin(n \cdot \psi(\varphi)) \quad (4.5)$$

Якщо прийняти число зубів $z=Z$, то при детальному розгляді, можна зазначити, що профілі не ідентичні (рис. 4.5). Це створить складність в процесі виготовлення таких шестерень, а саме – для виготовлення необхідно два різних інструменти. Для усунення даної проблеми, пропонується сумістити два контури і створити новий. Суть суміщення в наступному – новий профіль включає в себе виступ вихідної кривої $x(\varphi)$ $y(\varphi)$ і впадину спряженої кривої $X(\varphi)$ $Y(\varphi)$. В результаті утворюється взаємоогинаючий профіль, який можна використати в парі насосів

зачеплення, а для виготовлення пари знадобиться один спільний інструмент [4].

В якості вихідного контуру для проектування зачеплення, використовується крива, яка задається параметричними рівняннями:

$$x(\varphi) = k \cdot (z + f \cdot \cos(\varphi)) \cdot \cos\left(\frac{\varphi}{z}\right) \quad (4.6)$$

$$y(\varphi) = k \cdot (z + f \cdot \cos(\varphi)) \cdot \sin\left(\frac{\varphi}{z}\right) \quad (4.7)$$

де k - масштабний коефіцієнт зачеплення;

z – кількість зубів шестерні;

f - коефіцієнт висоти зуба;

φ – кутовий параметр побудови.

Міжцентрова відстань в зачепленні a_w визначається за формулою:

$$a_w = k \cdot (z + Z) \quad (4.8)$$

де Z - кількість зубів спряженого колеса, утворюючого зачеплення.

Область визначення кутового параметра φ для побудови повного вихідного контуру, лежить в межах $0 \dots 360 \cdot z$ [8].

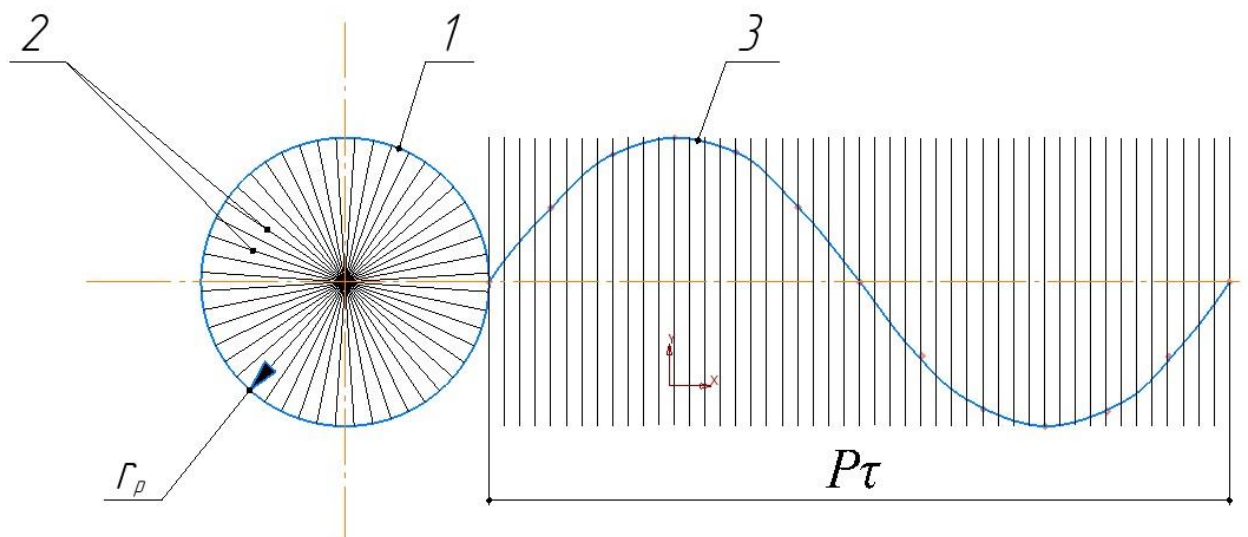


Рис. 4.3 Схема побудови розвертки профілю в торцевій площині по схемі marzocchi (М 10:1)

1 – крокове коло; 2 – радіальні профілі; 3 – контур розвертки профілю;

r_p - радіус крокового кола; P_t – торцевий крок.

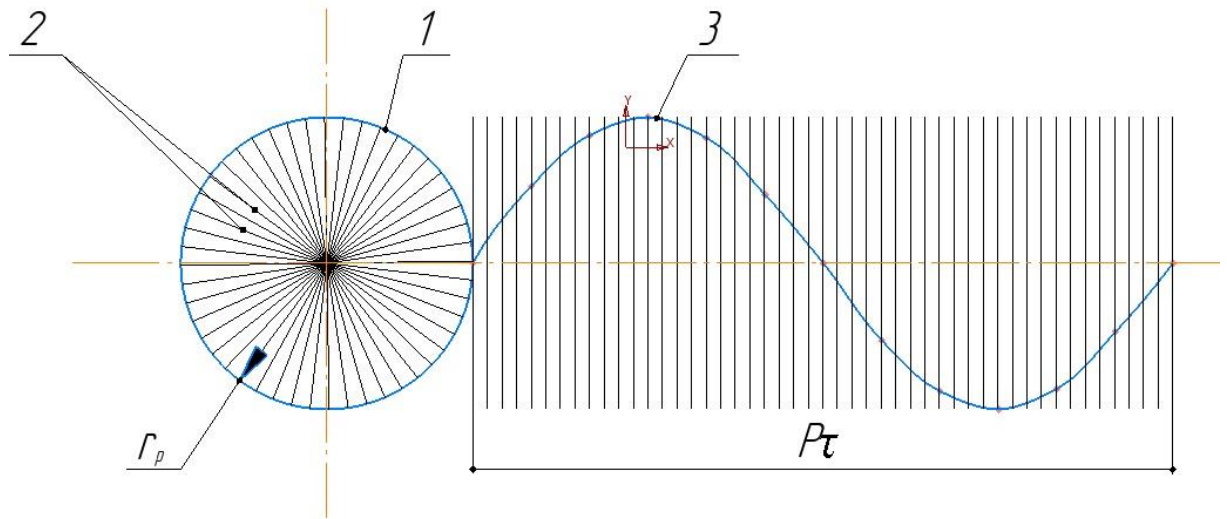


Рис. 4.4 Схема побудови розвертки профілю в торцевій площині по схемі bosch (М 10:1)

Побудовані на базі колової синусоїди контури мають інтерференцію в зачепленні рис. 4.5. Наявність інтерференції сприяє виникненню динамічних навантажень в роботі передачі. Тому передбачається корегування профіля [9].

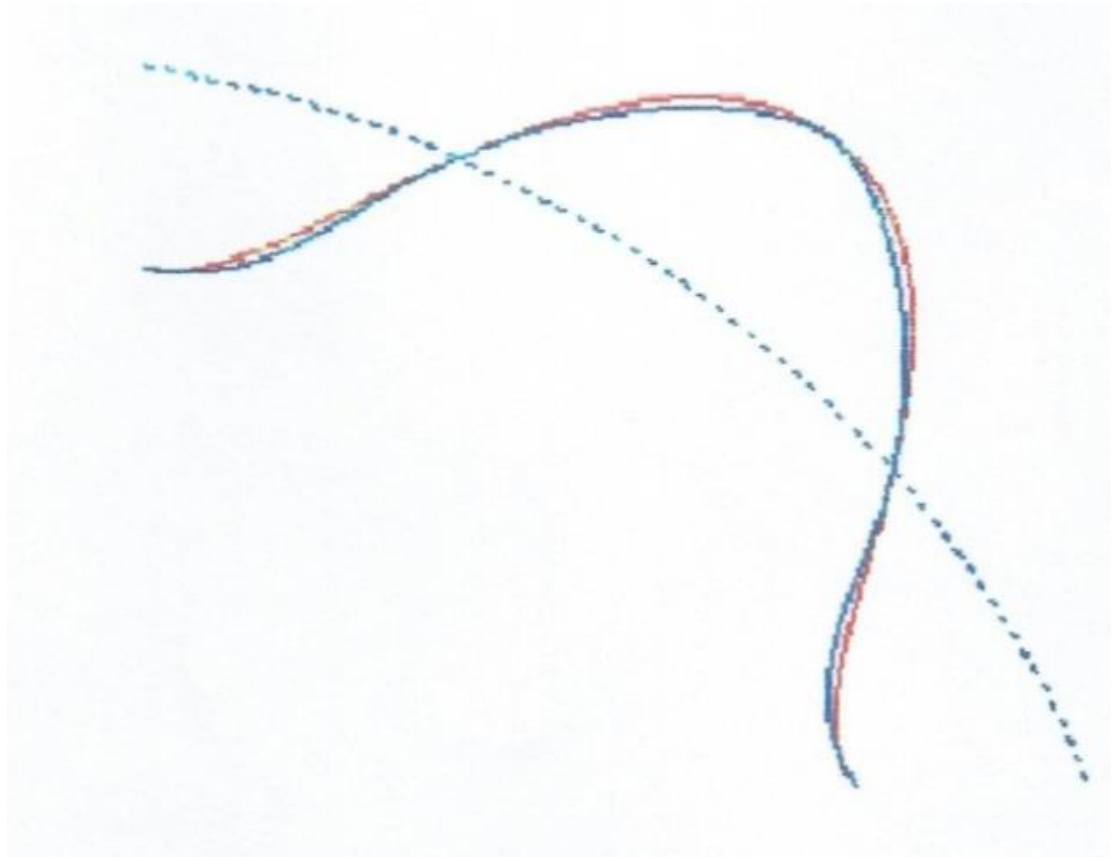


Рис. 4.5. Інтерференція вихідного і спряженого профілів

Суть корегування пояснюється кресленнями, де на рис. 4.6 показано

загальний вигляд зачеплення в торцевому перерізі; на рис. 4.7 показано множину положень кругової синусоїди та її огибаючу; на рис. 4.8. зображено суміщення кругової синусоїди і дискримінантної кривої; на рис. 4.8 зображена остаточна форма зуба, зображено зачеплення коліс з гвинтовою формою зуба.

Зачеплення коліс шестеренної гідромашини без защемленого об'єму, яке утворюється двома зубчатими колесами 1 і 2 (рис. 4.6), профіль зуба яких в торцевому перерізі описується двома кривими – коловою синусоїдою 1, яка описує виступ зуба і дискримінантною кривою 2, яка описує западину і утворюється як огибаюча множини положень колової синусоїди 3 при обкаті її початкового кола 5, навколо початкового кола 6 дискримінантної кривої 4. Точки T1 і T2 спряження кривих виступа 1 і западини 2 зуба лежить на початковому колі, а діаметри початкових кіл зубчатих коліс в зачепленні рівні ($d_0^1 = d_0^2$).

Кругова синусоїда 1 задається параметричними рівняннями:

$$x(\varphi) = m \cdot (Z + \lambda \cdot f(\varphi)) \cdot \cos\left(\frac{\varphi}{Z}\right) \quad (4.9)$$

$$y(\varphi) = m \cdot (Z + \lambda \cdot f(\varphi)) \cdot \sin\left(\frac{\varphi}{Z}\right) \quad (4.10)$$

де m - модуль зачеплення;

Z - кількість зуб'їв колеса;

λ – коефіцієнт висоти зуба;

$f(\varphi)$ – функція, що може приймати значення $\sin(\varphi), \cos(\varphi), \arctg(\cos(\varphi))$;

φ – кутовий параметр побудови;

Міжосьова відстань a_w визначається за формулою:

$$a_w = 2 \cdot m \cdot Z \quad (4.11)$$

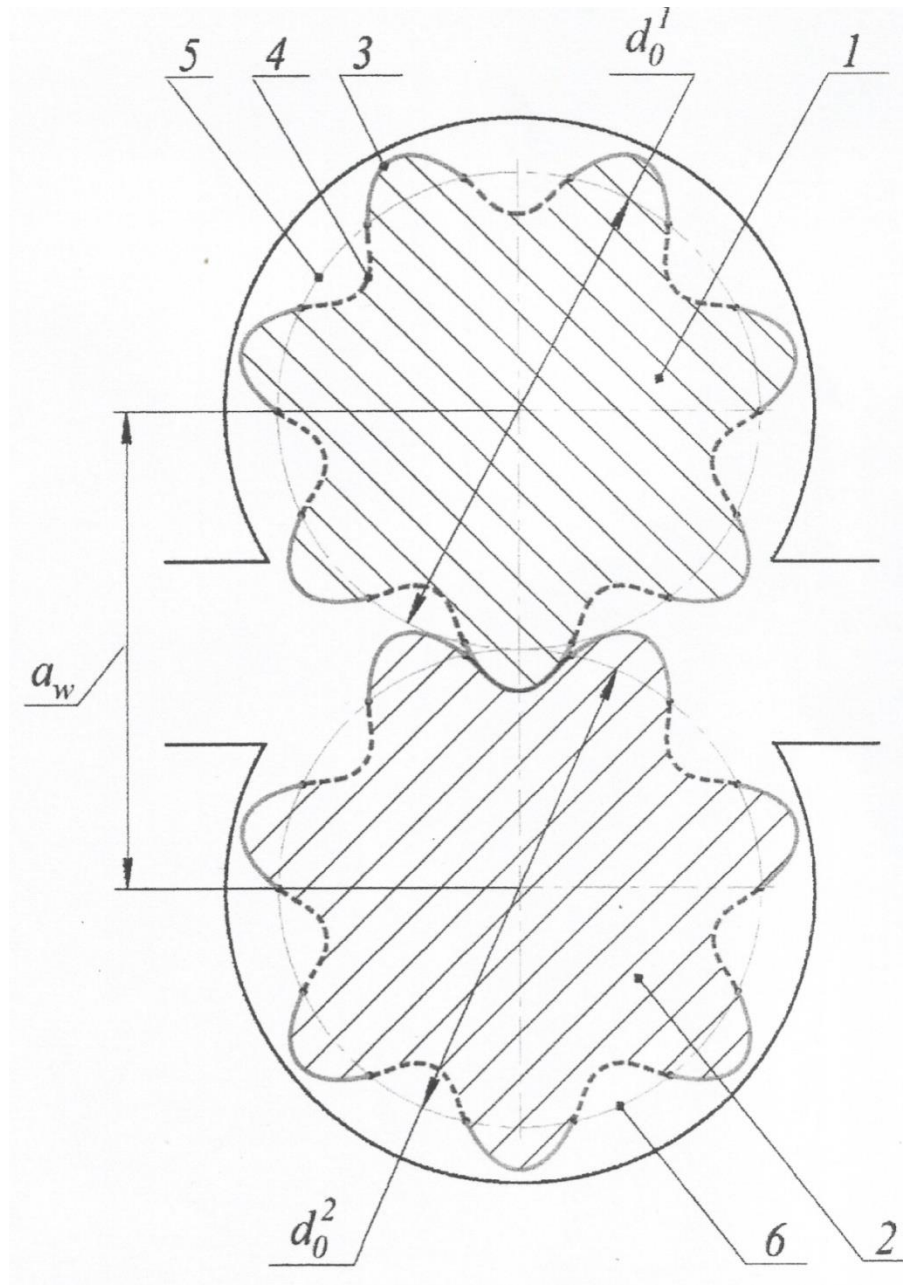


Рис. 4.6 Синтез зачеплення

1,2 – спряжені зубчаті колеса; 3 – колова синусоїда; 4 – дискримінантна крива; 5,6 – початкові кола; a_w – міжцентрова відстань; d_{o1} , d_{o2} – діаметри початкових кіл

Діаметри початкових кіл коліс зачеплення визначатимуться за формулою:

$$d_0^1 = d_0^2 = 2 \cdot m \cdot Z \quad (4.12)$$

Область визначення кутового параметру φ для побудови повного профілю 3, лежить в межах $0 \dots 360 \cdot Z$. Дискримінантна крива 4 описується наступними параметричними рівняннями:

$$X(\varphi) = a_w \cdot \cos(\psi(\varphi)) - x(\varphi) \cdot \cos(2 \cdot \psi(\varphi)) + y(\varphi) \cdot \sin(2 \cdot \psi(\varphi)) \quad (4.13)$$

$$Y(\varphi) = a_w \cdot \sin(\psi(\varphi)) - y(\varphi) \cdot \cos(2 \cdot \psi(\varphi)) - x(\varphi) \cdot \sin(2 \cdot \psi(\varphi)) \quad (4.14)$$

де $\psi(\varphi)$ - функція зв'язку параметру φ , який визначає положення точки кругової синусоїди 1 і параметру ψ , який визначає положення кривої 1 із множини.

Для утворення форми зуба (рис. 4.9), криві 1 і 2 необхідно сумістити таким чином, щоб вони мали спільний центр початкових кіл. Після чого ділянка дискримінантної кривої 2 на проміжку між точками T1-T2 відтинається. одночасно на ділянках між точками T1-T4 і T2-T3 відтинаються ділянки кривої 3, а залишені після відтинання ділянки формують остаточний профіль зуба на ділянці $360^\circ/Z$ [9].

Для зменшення шуму і вібрацій під час роботи, зачеплення доцільно виконати гвинтовим, що надасть зачепленню позитивні властивості, притаманні передачам із криволінійними зуб'ями.

Перевагою заявленого зачеплення є можливість створення зубчатих коліс з будь-якими конструктивними параметрами, не обмежуючись числом зуб'ів і габаритами, що дає змогу розширити область його застосування. Така конфігурація зуб'ів коліс забезпечує плавність ходу та відсутність герметично відокремленого об'єму рідини в між зубових камерах, як це має місце у евольвентних передачах, що забезпечить зниження пульсацій.

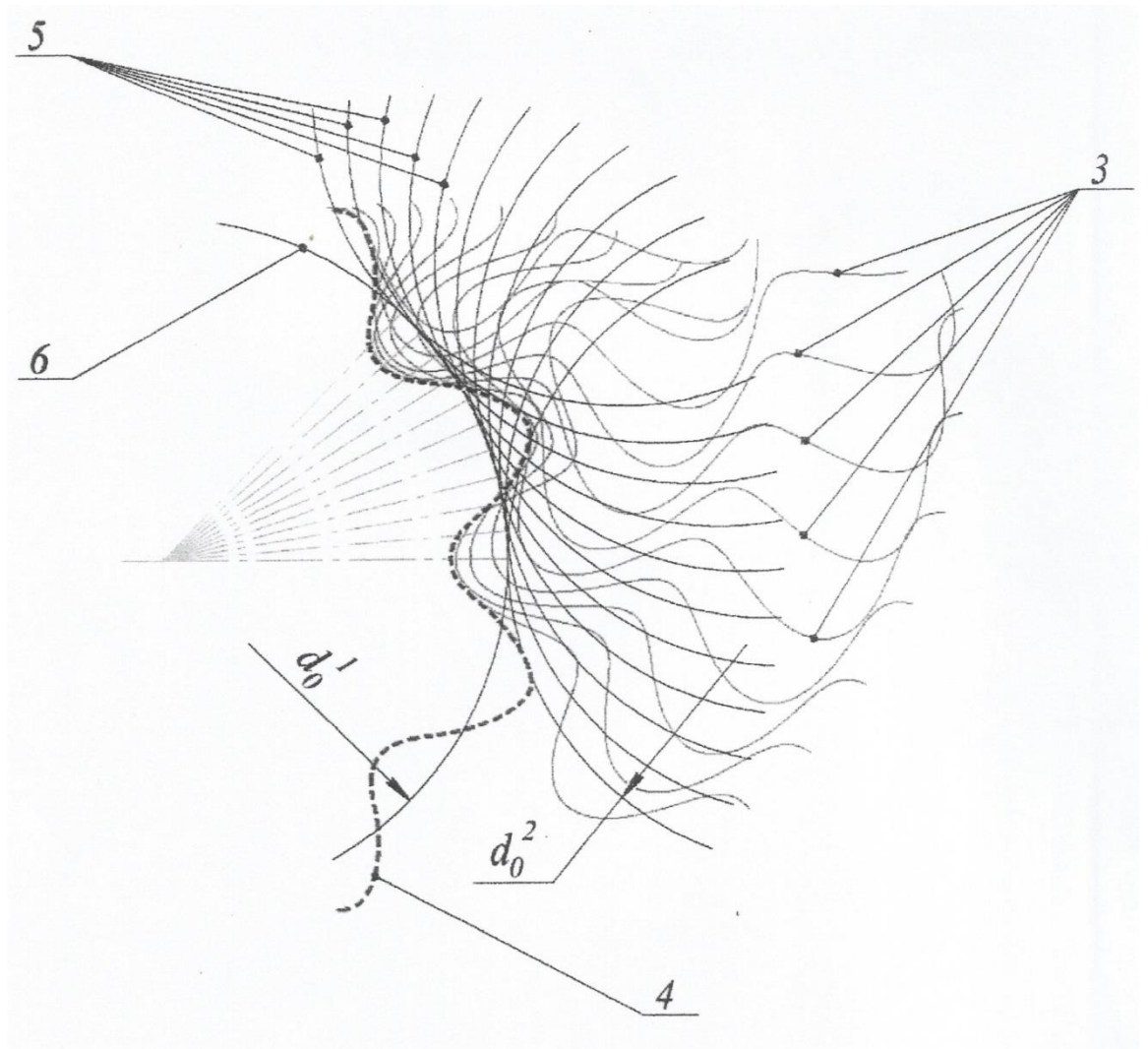


Рис. 4.7. Генерування спряженого контуру профіля круговою синусоїдою

1 – спряжений контур ; 2 – сімейство огинаючих кругової синусоїди.

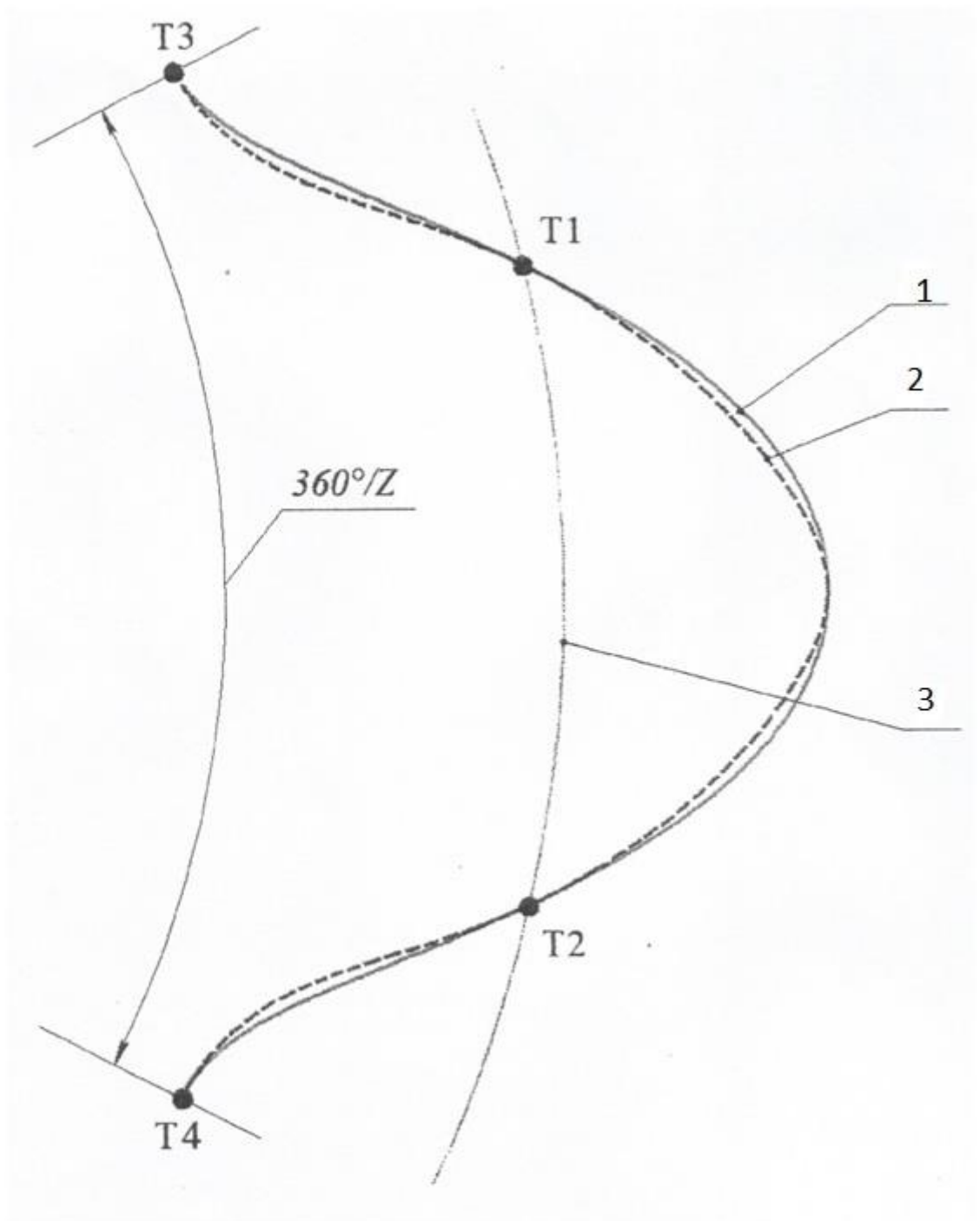


Рис. 4.8 Схема суміщення кругової синусоїди та дискримінантної кривої

1 – колова синусоїда; 2 – дискримінантна крива; 3 – початкове коло.

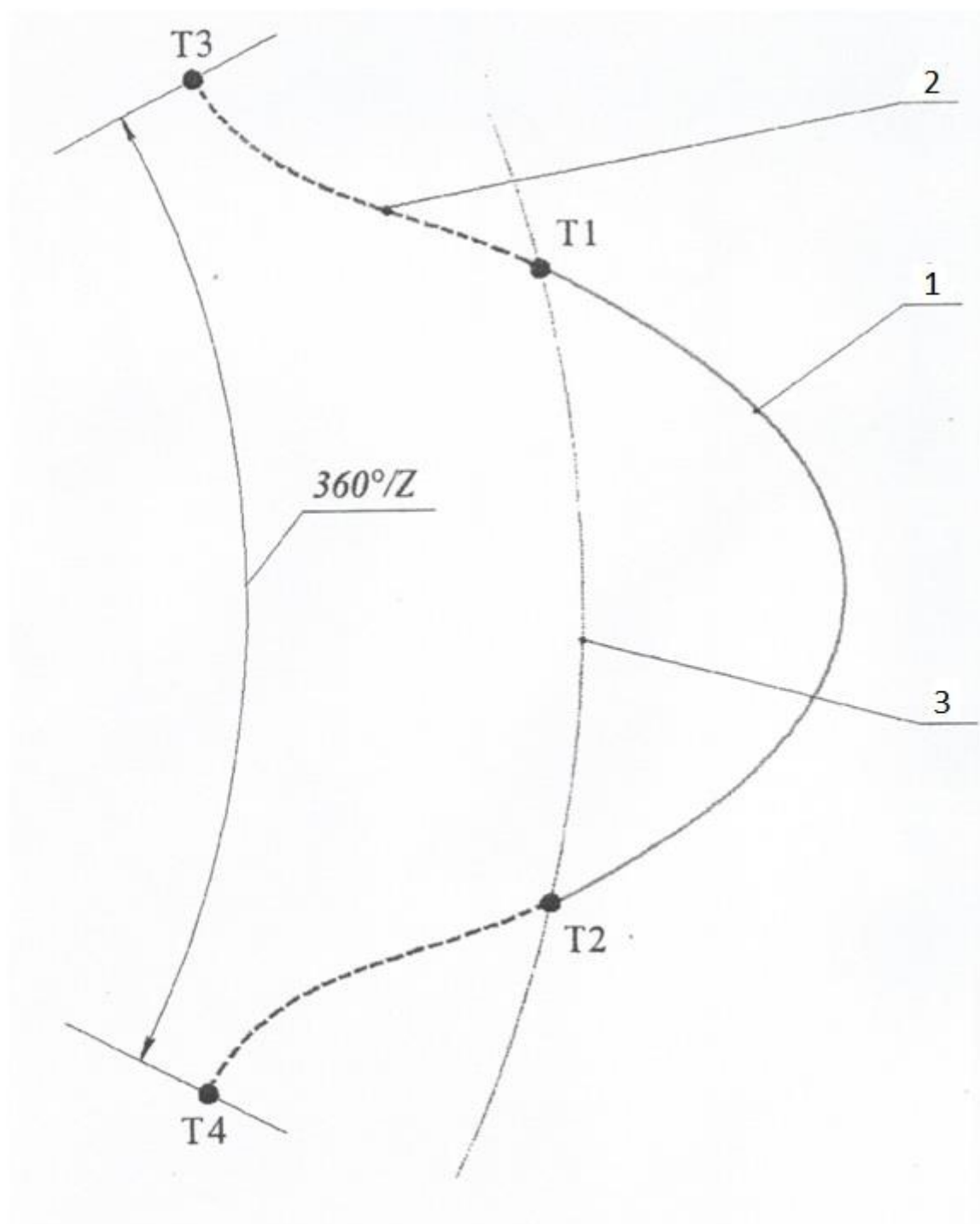


Рис. 4.9 Остаточний контур зуба

1 – колова синусоїда; 2 - дискримінантна крива; 3 – початкове коло.

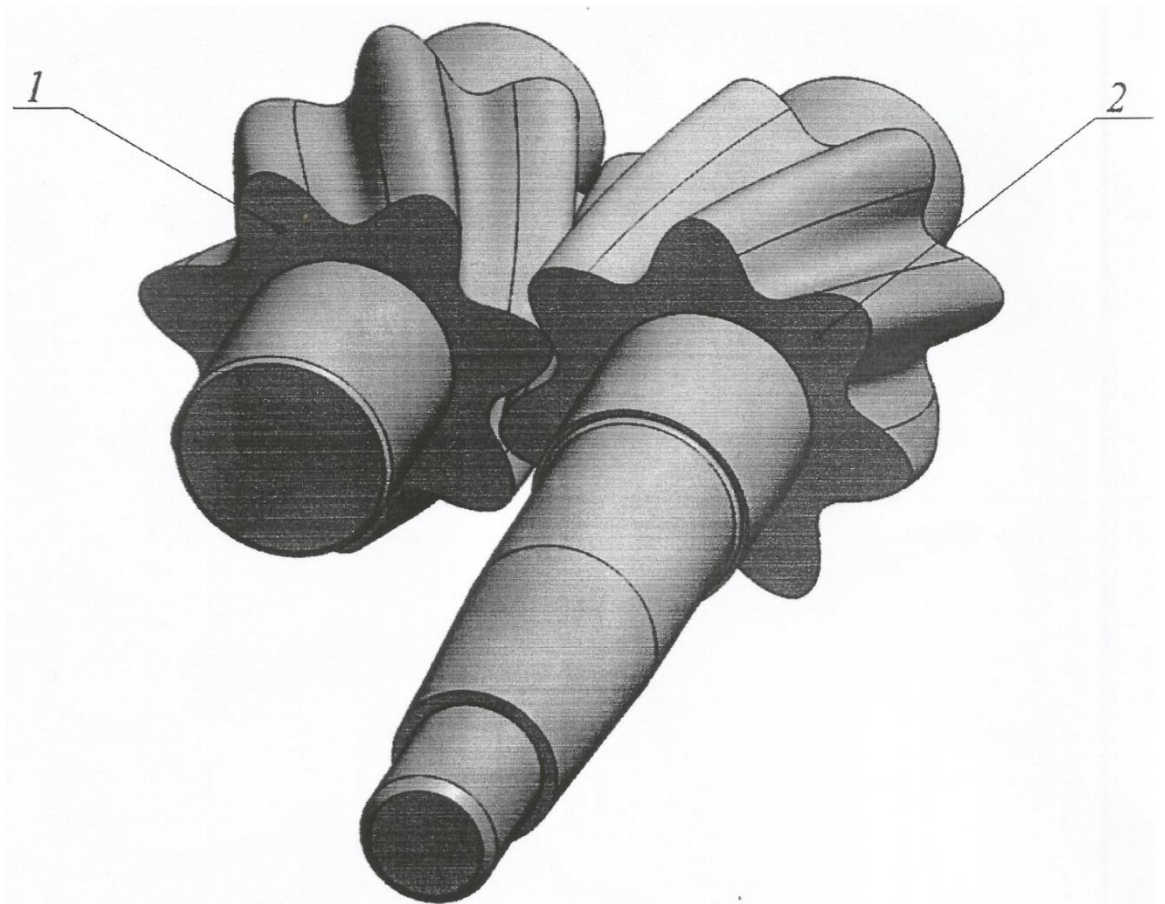


Рис. 4.10 Зовнішній вигляд синтезованої передачі

1 – ведена шестерня; 2 – ведуща шестерня

В якості результату приведені розрахунки для насосного зачеплення насосів. Вихідні данні були отримані в результаті виміру натурного зразка:

- зовнішній діаметр вінця $D_{\text{зовн}}=37\text{мм}$
- внутрішній діаметр вінця $D_{\text{вн}}=26\text{мм}$
- шаг гвинтової поверхні вінця $t=250\text{мм}$
- число зубів $z=Z=7$

На основі цих даних були вираховані коефіцієнти для параметричних рівнянь:

- масштабний коефіцієнт зачеплення $k=2.25$
- коефіцієнт висоти зуба $f=1.2222$
- міжцентрова відстань $a_w=31,5$

На основі рівнянь (2.1) (2.2) і (2.7) (2.8) були побудовані і суміщені профілі з наступним імпортом в CAD-систему SolidWorks, де було

виконано побудову гвинтового зубчатого вінця і виміри необхідних конструктивних параметрів:

- довжина загальної нормалі по 2м зубам $W_1=19,64\text{мм}$
- довжина загальної нормалі по 3м зубам $W_2=30\text{мм}$
- кут підйому гвинтової лінії по середньому діаметру (31,5мм)-
 $21^\circ 38'$

Також був вирахований об'єм однієї впадини з урахуванням гвинтової лінії і висоти вінця 27,5мм, який склав $1,132\text{ см}^3$.

Ескіз зачеплення з вказанням основних параметрів приведений на рис.4.11. Також були вираховані координати контуру половини зуба, який достатньо для побудови повного зачеплення. Принцип побудови показаний на рис. 4.12, а координати приведені в таблиці 4.1.

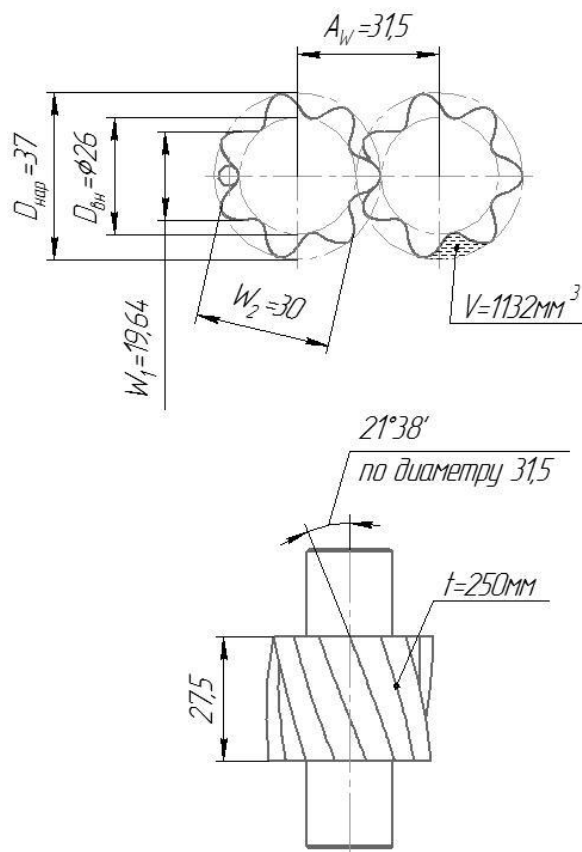


Рис. 4.11. Параметри гвинтової синусоїдального зачеплення, отримання на основі виміру натурального зразка.

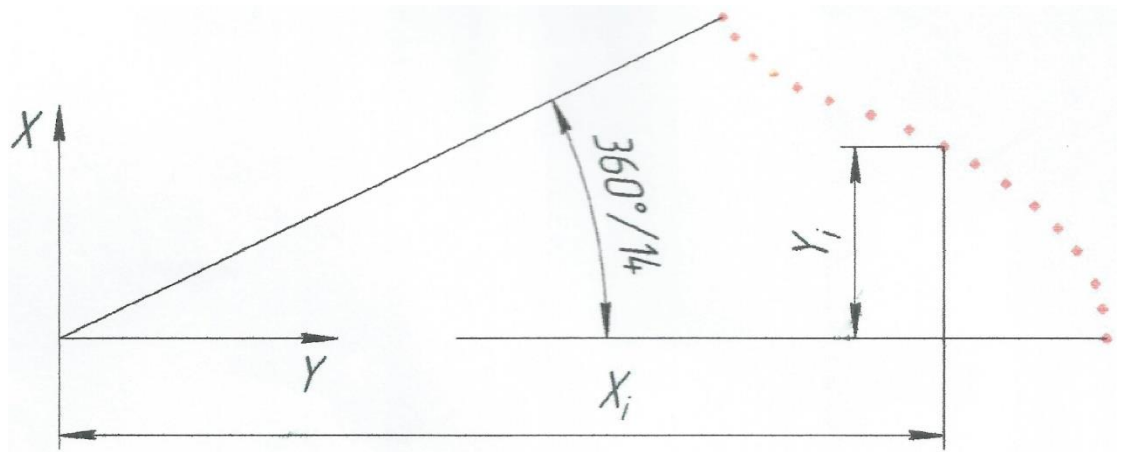


Рис. 4.12 Побудова відрізка профілю по координатам

Таблиця 4.1.

Точка 1 X=18.500мм Y=0.000 мм	Точка 21 X=16,981мм Y=2,516 мм
Точка 2 X=18,496мм Y=0.138 мм	Точка 22 X=16,854мм Y=2,612 мм
Точка 3 X=18,483мм Y=0.273 мм	Точка 23 X=16,724мм Y=2,706 мм
Точка 4 X=18,464мм Y=0.399 мм	Точка 24 X=16,590мм Y=2,798 мм
Точка 5 X=18,435мм Y=0.536 мм	Точка 25 X=16,454мм Y=2,887 мм
Точка 6 X=18,398мм Y=0.673 мм	Точка 26 X=16,316мм Y=2,975мм
Точка 7 X=18,352мм Y=0.809 мм	Точка 27 X=16,175мм Y=3,060 мм
Точка 8 X=18,292мм Y=0.959 мм	Точка 28 X=16,032мм Y=3,144 мм
Точка 9 X=18,222мм Y=1,107 мм	Точка 29 X=15,906мм Y=3,215 мм
Точка 10 X=18,151мм Y=1,239 мм	Точка 30 X=15,760мм Y=3,295 мм
Точка 11 X=18,062мм Y=1,384 мм	Точка 31 X=15,632мм Y=3,363 мм
Точка 12 X=17,965мм Y=1,527 мм	Точка 32 X=15,485мм Y=3,440 мм
Точка 13 X=17,848мм Y=1,681 мм	Точка 33 X=15,337мм Y=3,514 мм
Точка 14 X=17,732мм Y=1,819 мм	Точка 34 X=15,173мм Y=3,592 мм
Точка 15 X=17,634мм Y=1,928 мм	Точка 35 X=15,015мм Y=3,663 мм

Точка 16 X=17,531мм Y=2,034 мм	Точка 36 X=14,846мм Y=3,734 мм
Точка 17 X=17,437мм Y=2,126 мм	Точка 37 X=14,684мм Y=3,799 мм
Точка 18 X=17,339мм Y=2,217 мм	Точка 38 X=14,514мм Y=3,863 мм
Точка 19 X=17,224мм Y=2,319 мм	Точка 39 X=14,336мм Y=3,926 мм
Точка 20 X=17,104мм Y=2,418 мм	Точка 40 X=14,151мм Y=3,989 мм
Точка 41 X=13,971мм Y=4,049 мм	Точка 52 X=12,343мм Y=4,842 мм
Точка 42 X=13,768мм Y=4,117 мм	Точка 53 X=12,233мм Y=4,393 мм
Точка 43 X=13,591мм Y= 4,179мм	Точка 54 X=12,139мм Y=5,032 мм
Точка 44 X=13,428мм Y=4,239 мм	Точка 55 X=12,060мм Y=5,117 мм
Точка 45 X=13,291мм Y=4,293 мм	Точка 56 X=11,986мм Y=5,206 мм
Точка 46 X=13,167мм Y=4,346 мм	Точка 57 X=11,926мм Y=5,285 мм
Точка 47 X=13,029мм Y=4,409 мм	Точка 58 X=11,869мм Y=5,367 мм
Точка 48 X=12,876мм Y=4,486 мм	Точка 59 X=11,824мм Y=5,436 мм
Точка 49 X=12,739мм Y=4,564 мм	Точка 60 X=11,782мм Y=5,508 мм
Точка 50 X=12,604мм Y=4,648 мм	Точка 61 X=11,742мм Y=5,581 мм
Точка 51 X=12,471мм Y=4,741 мм	Точка 62 X=11,713мм Y=5,641 мм

4.3. Обробка синтезованого синусоїдального профілю спроектованою черв'ячною фрезою

Фрези черв'яна збірна (надалі виріб) призначена для обробки шестерен малошумних насосів на зубофрезерних верстатах [4, 5].

Технічні характеристики:

- Зовнішній діаметр фрези – 84 мм;
- Довжина – 100 мм;
- Діаметр посадкового отвору – $\varnothing 27H6^{(+0,013)}$;
- Матеріал ріжучої частини – Р6М5К5 ГОСТ 19265-73

Склад виробу показан на рис. 4.13.

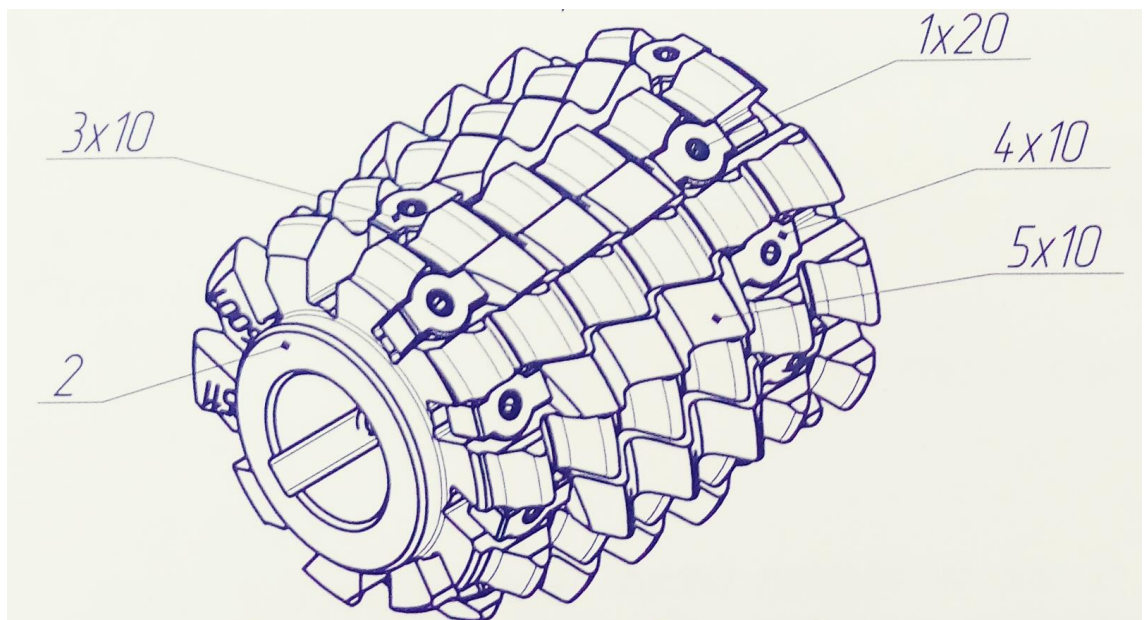


Рис. 4.13. Склад черв'ячної фрези

Різниця в конструкції різних модифікацій виробу від базового складають в профілі рейки поз. 5.

Виріб уявляє собою складальний інструмент в корпусі поз. 2 виконані 10 повздовжніх пазів для установки рейок поз. 5. Рейки кріпляться до корпусу за допомогою гвинтів поз. 1 безпосередньо прихватом поз. 3, 4.

Профіль рейки в нормальному перерізі повторює вихідний контур профілю оброблюваного зубчатого вінця.

Інструмент, необхідний для контролю, регулювання (наладки) і виконання робіт по технічному обслуговуванню виробу:

- ключ шестигранний ГОСТ 11737-93 ($S=2,5$ мм);

- індикатор 1МИГ-1 ГОСТ 9696-82;

- штатив ШМ-Ш-8 ГОСТ 10197-70.

Гвинти призначені для надійного кріплення складальних частин в корпусі виробу.

Корпус виробу призначений для розміщення ріжучих елементів при експлуатації. З цією ціллю в корпусі виконано 10 повздовжніх пазів.

Прихвати виконують притиск ножів в корпусі.

Рейки уявляють собою призматичні тіла з заданим профілем ріжучої частини.

Корпус з установленими ножами показан на рис. 4.14. В кожному пазі корпусу виконані 2 різьбові отвори і 1 базове – під штифт. Затиск рейки виникає при взаємодії відповідних клинів поверхонь прихватів і рейок [4, 5].

Рейки виконують зняття металу заготовки в забезпечення необхідної форми профіля зубчатого вінця в процесі роботи шляхом неперервного обкату заготовки і фрези і послідовного осьового переміщення виробу вздовж осі заготовки. Забезпечення необхідної геометрії ріжучої частини виникає за рахунок розміщення рейок з осьовим кроком.

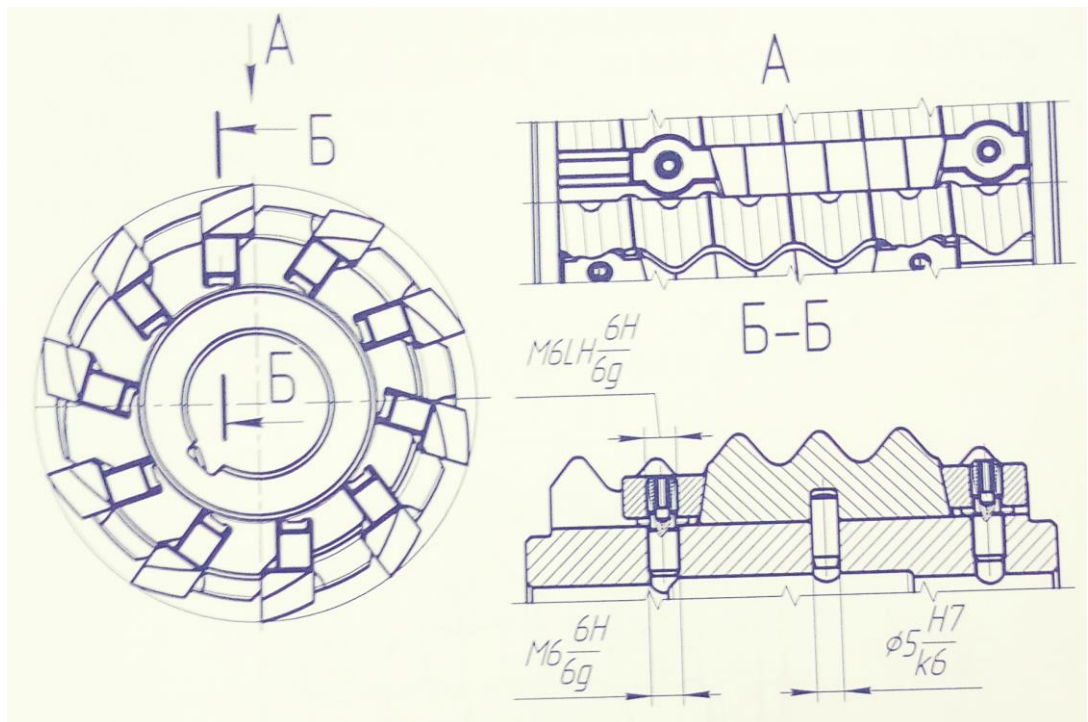


Рис. 4.14. Кріплення ножів

Ненадійне закріплення рейок може призвести до поломки інструменту і травматизму. Момент затяжки гвинтів 15 Нм.

При підготовці виробу до роботи слід виконати візуальний огляд на наявність пошкоджень складальних частин, базових елементів, затуплення рейок чи їх поломки. При наявності дефектів використання заборонено.

Після установки виробу на оправці на верстаті необхідно перевірити радіальне биття по контрольним буртам за допомогою індикатора на магнітній стійці рис. 4.15. Допустиме значення радіального биття 0,01 мм.

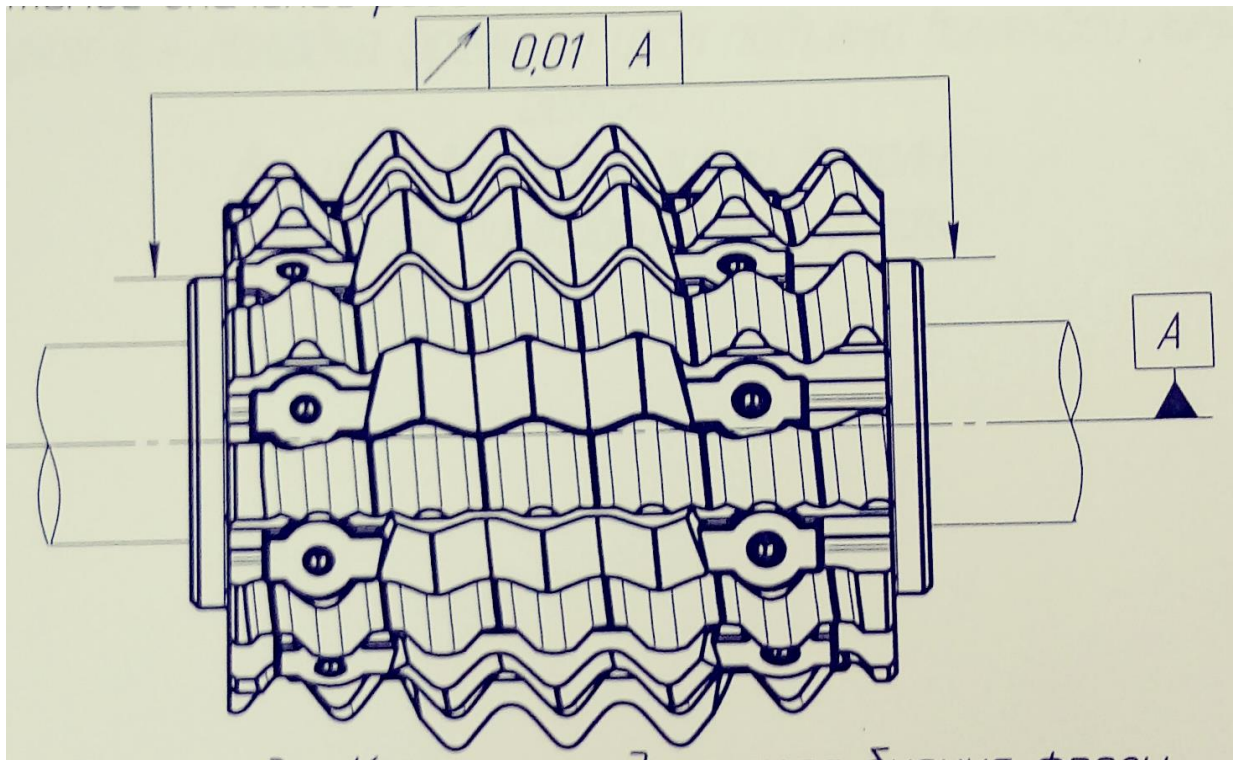


Рис. 4.15. Контроль радіального биття фрези.

Рекомендовані режими різання:

- Частота обертів різання – 90 об/хв.;
- Осьова подача – 0,63 мм/об.

Виріб встановлюється на верстаті на оправці $\varnothing 27$ h5

Для виконання обробки зубчатого вінця, фрезерний супорт верстата повертається на кут відповідно рис. 4.16.

При необхідності виконання заточки рейок, необхідно демонтувати їх з корпусу. Демонтаж виконувати в наступній послідовності:

- викрутити 2 гвинта з прихватом ключем;
- вийняти рейку з паза;

- повторити з наступною рейкою.

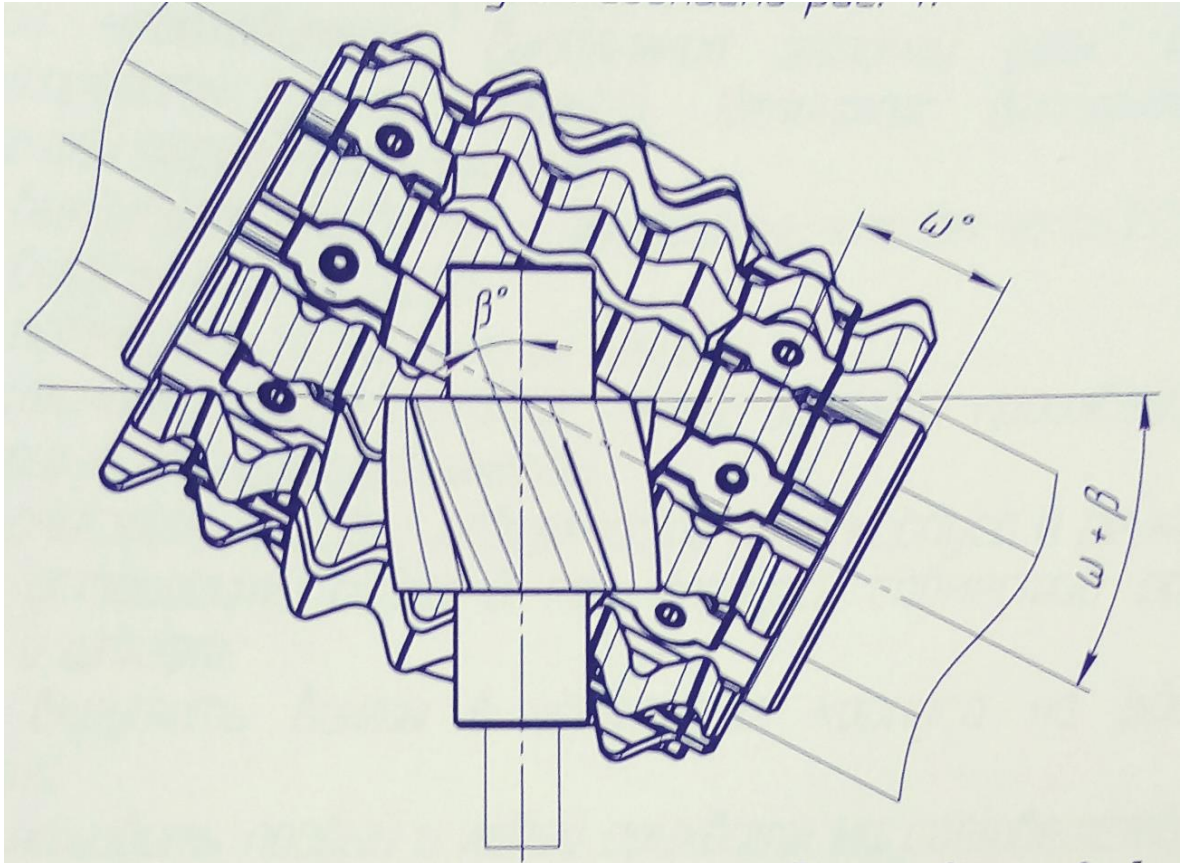


Рис. 4.16. – Наладка фрези на кут підйому гвинтової лінії деталі

β – кут гвинтової лінії деталі

ω – кут гвинтової лінії фрези

Встановлення рейки в корпус після заточки виконувати в наступній послідовності:

- очистити базові поверхні паза корпусу і рейки;
- встановити рейку в паз корпусу сумістив прорізь рейки і штифта;
- вкрутити гвинти в отвори корпусу на один-два оберти;
- наживити правий та лівий призвати на відповідні їм гвинти;
- закрутити обидва гвинта попередньо;
- виконати рівномірну паралельну затяжку гвинтів від виникнення перекосу рейки;
- повторити з наступною рейкою.

Заточку рейки виконувати по передній грані. Ресурс заточок складає 3 мм (мінімальна товщина 7 мм). Експлуатація рейки з використаним ресурсом переточок не допустима.

Кожний паз корпусу і кожна рейка виробу повинна бути пронумеровані відповідно. Установка рейки в паз, не відповідаю чому їй номеру, не допустима.

Профільювання задньої поверхні ріжучої частини рейок виконується в технологічному корпусі приведенному на рис. 4.17 а.

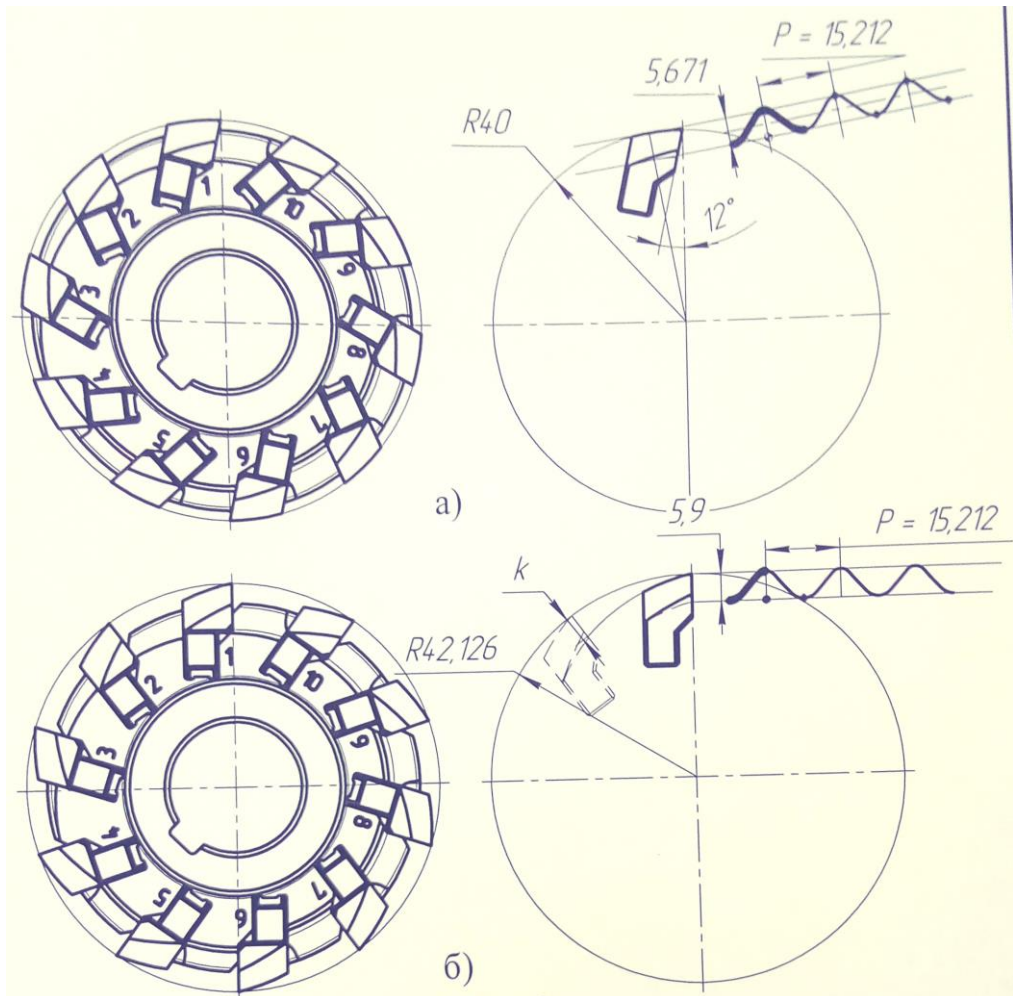


Рис. 4.17. Утворення профілю

а) рейки в технологічному корпусі б) рейки в корпусі

Як видно на рис. 4.12, профільювання рейок (рис.4.17 а) виконується в положенні повернутому на 17° . Після остаточної обробки, рейки встановлюються в робочий корпус (рис.4.12 б), конструкція якого забезпечує необхідну величину затиловки «k» [4, 5].

5. ОРГАНІЗАЦІЙНА ЧАСТИНА

5.1. Розрахунок потрібної кількості обладнання та коефіцієнту його завантаження

Потребу в обладнанні на операціях технологічного процесу механічної обробки деталі «шестерня ведуча GPS2K-4-00-03» визначимо згідно [1, с. 4] за формулою:

$$q_{p(i)} = \frac{N_z \cdot t_{um(i)}}{F_{орм} \cdot 60 \cdot k_g}, \quad (5.1)$$

де $t_{um(i)}$ - штучний час i -ої операції, хв.;

$F_{орм}$ - дійсний річний фонд часу роботи обладнання, годин:

$$F_{орм} = F_n \cdot S \cdot (1 - 0,01 \cdot f), \quad (5.2)$$

де F_n - номінальний (режимний) фонд часу роботи обладнання в одну зміну, год. (визначається за календарем з урахуванням кількості святкових та вихідних днів у поточному році, а також 8-годинній тривалості зміни);

S - режим (кількість змін) роботи цеху;

f - регламентований процент втрат робочого часу, пов'язаний з плановими простоями обладнання під час планових ремонтів та міжремонтного обслуговування. Для механообробного обладнання величина f може складати 8-10% [1, с. 4].

$$F_{орм} = (365 - 104 - 11) \cdot 8 \cdot 1 \cdot (1 - 0,01 \cdot 8) = 1840 \text{ год.}$$

k_g - нормативний коефіцієнт виконання норм часу (приймається у розмірі 1,01-1,1 згідно з [1, с. 4]).

На операції 005 техпроцесу:

$$q_{p(1)} = \frac{3000 \cdot 1,833}{1840 \cdot 60 \cdot 1,01} = 0,049$$

Розрахунки виконані аналогічно за іншими операціями технологічного процесу зведено до табл. 5.1.

Коефіцієнт завантаження обладнання по кожній деталі-операції:

$$\eta_{z(i)} = \frac{q_{p(i)}}{q_{np(i)}} \quad (5.3)$$

де $q_{np(i)}$ - прийнята (ціла) кількість робочих місць.

Так, наприклад, на операції 005 техпроцесу:

$$\eta_{з(1)} = \frac{0,049}{1} = 0,049.$$

Аналогічно виконані розрахунки по інших операціях техпроцесу зведемо до табл. 6.1.

Середній коефіцієнт завантаження робочих місць на усіх операціях технологічного процесу виготовлення деталі:

$$\bar{\eta}_з = \frac{\sum_{i=1}^m q_{p(i)}}{\sum_{i=1}^m q_{np(i)}} = \frac{0,743}{18} = 0,041 \quad (5.4)$$

де m - кількість операцій технологічного процесу.

Таблиця 5.1

Розрахунок завантаження обладнання

№ операції	Найменування операції	$t_{ум}$, хв.	Кількість обладнання		η_z	$\bar{\eta}_з$
			q_p	q_{np}		
005	Токарна з ЧПК	1,833	0,049	1	0,049	0,041
010	Токарна з ЧПК	1,86	0,050	1	0,050	
025	Зубофрезерна з ЧПК	4,98	0,134	1	0,134	
035	Шліцефрезерна	4,58	0,123	1	0,123	
050	Круглошліфувальна	0,51	0,014	1	0,014	
065	Круглошліфувальна	0,82	0,022	1	0,022	
070	Круглошліфувальна	0,82	0,022	1	0,022	
075	Круглошліфувальна	0,64	0,017	1	0,017	
080	Круглошліфувальна	1,13	0,030	1	0,030	
085	Круглошліфувальна	1,13	0,030	1	0,030	
090	Круглошліфувальна	1,13	0,030	1	0,030	
095	Круглошліфувальна	1,13	0,030	1	0,030	
100	Торцешліфувальна	0,99	0,027	1	0,027	
105	Торцешліфувальна	0,99	0,027	1	0,027	
120	Круглошліфувальна	1,30	0,035	1	0,035	
125	Суперфінішна	2,75	0,074	1	0,074	
130	Доводочна	0,52	0,014	1	0,014	
135	Доводочна	0,52	0,014	1	0,014	
	Всього	27,633	0,743	18	0,743	

5.2. Розрахунок календарно-планових нормативів

До календарно-планових нормативів серійного виробництва належать:

- розмір партії деталей;
- кількість запусків партії деталей;

- періодичність (ритм) запуску-випуску партії деталей;
- тривалість операційних та технологічного циклів обробки деталі;
- розмір циклового запасу деталей.

Розмір партії деталей розраховуємо у два етапи: спочатку визначимо розрахунковий розмір партії, а потім цю величину скорегуємо з урахуванням виробничих умов.

Для визначення розрахункового розміру партії деталей n_p скористаємося другим методом [1, с. 5], який застосовується у тому разі, коли в технологічному процесі відсутні трудомісткі за переналагоджуванням операції (тобто підготовчо-заклучний час не перевищує 30 хв.). Щоб не допускати частих переналагоджувань обладнання, час виготовлення партії деталей на найбільш продуктивній операції не повинен бути меншим, ніж половина зміни. Тобто:

$$n_p = \frac{0,5F_{зм.д}}{t_{ум}^{min}}, \quad (5.5)$$

де $F_{зм.д}$ - дійсний фонд часу зміни (440 хв.);

$t_{ум}^{min}$ - штучний час на найбільш продуктивній операції техпроцесу, хв.

$$n_p = \frac{0,5 \cdot 440}{0,51} \approx 431 \text{ шт.}$$

Для спрощення планування та обліку, партія деталей повинна укладатися в річну програму запуску ціле число разів. Тому, після визначення розрахункової *кількості партій* протягом року за формулою:

$$A_p = \frac{N_z}{n_p} = \frac{3000}{431} = 7, \quad (5.6)$$

визначимо фактичну кількість партій (A_ϕ) шляхом підбору найближчого до A_p цілого значення з уніфікованого ряду:

$$1, 2, 4, 8, 12, 18, 24, 36, 48, 52, 104, 250,$$

після чого скорегуємо, відповідно до отриманого значення A_ϕ , розмір партії деталей:

$$n_{np} = \frac{N_z}{A_\phi} = \frac{3000}{8} = 375 \text{ шт.} \quad (5.7)$$

Періодичність (ритм) запуску-випуску партій деталей:

$$R_3 = \frac{T_p}{A_\phi} = \frac{250}{8} = 31,3 \text{ роб. днів}, \quad (5.8)$$

де T_p - кількість робочих днів протягом року.

Тривалість багатоопераційного виробничого циклу виготовлення партії деталей залежить від тривалості операційних циклів, способу їхнього сполучення у часі (прийнятого виду руху партії деталей) та часу межопераційних перерв.

Тривалість операційного циклу:

$$T_{o(i)} = \frac{n_{np} \cdot t_{\kappa-\partial(i)}}{S \cdot F_{зм. \partial}}, \quad (5.9)$$

де n_{np} - остаточно прийнятий розмір партії деталей, шт.;

$t_{\kappa-\partial(i)}$ - калькуляційно-дійсний час на даній деталі-операції, хв.

$$t_{\kappa-\partial(i)} = \frac{t_{ум(i)}}{k_\phi \cdot p_{m(i)} \cdot q_{np(i)}} + \frac{t_{n-з(i)}}{n_{np}}, \quad (5.10)$$

де k_ϕ - коефіцієнт виконання норм на даній операції;

$p_{m(i)}$ - технологічна партія деталей (кількість деталей, що одночасно оброблюються в багатопозиційному пристосуванні), шт.

$q_{np(i)}$ - кількість робочих місць, які працюють на даній операції паралельно.

Наприклад, для операції 005:

$$t_{\kappa-\partial(1)} = \frac{1,833}{1,01 \cdot 1 \cdot 1} + \frac{17}{375} = 1,878 \text{ хв.}$$

$$T_{o(1)} = \frac{375 \cdot 1,878}{1 \cdot 440} = 1,60 \text{ дн.}$$

Результати розрахунків $t_{\kappa-\partial(i)}$ і $T_{o(i)}$ зведемо до табл. 5.2.

Таблица 5.2

Розрахунок тривалості циклу

№ опер	Найменування операції	$t_{ум}$, хв.	$t_{n-з}$, хв.	$t_{\kappa-\partial}$, хв.	T_o , днів	$t_{мо}$, днів
005	Токарна з ЧПК	1,833	17	1,878	1,60	0,33
010	Токарна з ЧПК	1,86	17	1,905	1,62	0,33
025	Зубофрезерна з ЧПК	4,98	30	5,060	4,31	0,33
035	Шліцефрезерна	4,58	23	4,641	3,96	0,33

050	Круглошліфувальна	0,51	10	0,537	0,46	0,33
065	Круглошліфувальна	0,82	10	0,847	0,72	0,33
070	Круглошліфувальна	0,82	10	0,847	0,72	0,33
075	Круглошліфувальна	0,64	10	0,667	0,57	0,33
080	Круглошліфувальна	1,13	10	1,157	0,99	0,33
085	Круглошліфувальна	1,13	10	1,157	0,99	0,33
090	Круглошліфувальна	1,13	10	1,157	0,99	0,33
095	Круглошліфувальна	1,13	10	1,157	0,99	0,33
100	Торцешліфувальна	0,99	10	1,017	0,87	0,33
105	Торцешліфувальна	0,99	10	1,017	0,87	0,33
120	Круглошліфувальна	1,30	10	1,327	1,13	0,33
125	Суперфінішна	2,75	24	2,814	2,40	0,33
130	Доводочна	0,52	12	0,552	0,47	0,33
135	Доводочна	0,52	12	0,552	0,47	0,33
	Всього	27,633	-	28,286	24,11	5,94

Для даної партії деталей може бути обраний послідовний рух, який рекомендується приймати при груповому розташуванні обладнання, невеликій масі деталей та тривалості операційних циклів, що в середньому не перевищують два дні.

Тривалість виробничого циклу визначаємо за формулою:

$$T_n = \sum_{i=1}^m T_{o_i} + \sum_{i=1}^m t_{mo} = 24,11 + 5,94 = 30,1 \text{ днів}, \quad (5.11)$$

де t_{mo} - час міжопераційної перерви, днів.

$$t_{mo} = \frac{(0,25 \dots 0,8) \cdot \sum_{i=1}^m T_{o_i}}{m} = \frac{0,25 \cdot 24,11}{18} = 0,33 \text{ дні}, \quad (5.12)$$

Графік послідовного руху партії деталей представлено на рис. 5.1.

Середній розмір *циклового запасу* деталей визначається за формулою:

$$Z_{\text{ц}} = \frac{n_{np} \cdot T_n}{R_3} = \frac{375 \cdot 30,1}{31,3} = 361 \text{ шт.}, \quad (5.13)$$

5.3. Визначення чисельності основних робітників цеху

До основних належать робітники, безпосередньо зайняті виконанням технологічних операцій. Їх чисельність у серійному виробництві визначається за формулою:

$$R_o = \frac{T_p}{F_{op}}, \quad (5.14)$$

де T_p - трудомісткість річної виробничої програми, нормо-годин.

$$T_p = N_z \cdot \frac{\sum_{i=1}^m t_{um_i}}{60} \cdot K_{дог} \cdot (1 + 0,01 \cdot d), \quad (5.15)$$

де $K_{дог}$ - коефіцієнт довантаження обладнання до нормативного (η_{zn}) для даного типу виробництва [1, дод. Д1]:

$$K_{дог} = \frac{\eta_{zn}}{\bar{\eta}} = \frac{0,8}{0,041} = 20 \quad (5.16)$$

d - процент додаткових робіт, непередбачених технологічним процесом (виправлення браку, доробка, комплектація тощо), $d=15...20\%$;

$F_{оп}$ - 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%)):

$$F_{оп} = F_n \cdot (1 - 0,01 \cdot C_n) = 2000 \cdot (1 - 0,01 \cdot 8) = 1840 \text{ год.}, \quad (5.17)$$

$$T_p = 3000 \cdot \frac{27,633}{60} \cdot 20 \cdot (1 + 0,01 \cdot 20) = 33160 \text{ нормо-год.}$$

$$R_o = \frac{33160}{1840} = 18 \text{ осіб.}$$

5.3. Розробка системи ППР

Ремонт технологічного обладнання здійснюється згідно вимогам системи планово – попереджувального ремонту (ППР), яка характеризується тим, що ремонт виконується у визначений термін часу після встановленої кількості годин роботи кожної одиниці технологічного обладнання. При застосуванні такої системи верстат та його вузли не спрацьовуються до кінцевої стадії. Своєчасне усунення дефектів зменшує спрацювання частин верстату, прискорює виконання ремонтних робіт, зменшує вартість ремонту та підвищує загальний термін роботи обладнання.

Система ППР вміщує такі ремонти:

- оглядовий ремонт (О) – 0,1 доби
- малий поточний ремонт (М) – 0,25 доби
- середній ремонт (С) – 0,6 доби

- капітальний ремонт (К) – 1 доба

Розробка структури ППР здійснюється в такій послідовності:

Визначаємо структуру міжремонтного циклу.

Для середніх верстатів вагою до 10т. рекомендується такий цикл

$K - O - M_1 - O - M_2 - O - C - O - M_3 - O - M_4 - O - K$

Визначаємо кількість ремонтів та оглядів:

капітальних – 1;

середніх – 1;

малих – 4;

оглядів – 6;

Визначаємо тривалість міжремонтного циклу

Для серійного виробництва і верстатів вагою до 10т. рекомендується тривалість циклу:

$$t = 8 \text{ років} = 96 \text{ міс.}$$

Визначаємо міжремонтний $t_{m.p}$ та між оглядовий t_o період:

$$t_{m.p} = \frac{t}{n_p}$$

та

$$t_o = \frac{t}{n_o}$$

де n_p – кількість середніх ремонтів, $n_p = 1$;

n_m – кількість малих ремонтів, $n_m = 4$;

n_o – кількість оглядів, $n_o = 6$.

Тоді:

$$t_{m.p_c} = 96/1 = 96 \text{ міс.}$$

$$t_{m.p_m} = 96/4 = 24 \text{ міс.} = 2 \text{ роки}$$

$$t_o = 96/6 = 16 \text{ міс.} = 1 \text{ рік } 4 \text{ міс.}$$

Слід відзначити, що всі види ремонтів, крім капітального, виконують на місці встановленого технологічного обладнання.

5.4. Заходи щодо НОП

Під час проектування технологічних процесів механічної обробки деталей та складання машин, а також розробки компоновки планування цеху необхідно враховувати заходи по екології навколишнього середовища, покращення умов праці робітників.

Розробка заходів по науковій організації праці здійснюється на підставі аналізу типових рішень планування та організації робочих місць з метою узгодження цих рішень до конкретних умов роботи цеху та вимог по НОП.

При розробці планування цеху слід враховувати фактори, які впливають на продуктивність праці та умови праці робітників.

Основні з них наступні:

- вільний доступ до кожного робочого місця;
- зручні умови праці;
- мінімальна відстань до санітарних приміщень, кімнат для паління, душових, роздягальні, їдальні, туалету тощо;
- достатнє освітлення, обмін повітря та його температура;
- зручне розташування автоматів з питною водою, телефонів.

При плануванні цеху, дільниць та робочих місць слід враховувати також:

- забезпечення економії рухів та енергії робітника за рахунок раціональної організації робочого місця;
- забезпечення мінімального часу та відстані при транспортуванні заготовок та деталей.

5.5. Визначення площ виробничих дільниць цеху

Виробнича площа дільниці механічної обробки деталі шестерня ведуча GPS2K -4-00-03 складальної дільниці по складанню насосу GPS2K визначається по формулі

$$F_{дiл.} = C_{np} \times F_{уд.заг.}$$

При цьому: $F_{дiл.}$ - площа дільниці механічної обробки деталей;

C_{np} - прийнята кількість обладнання на ділянці;

$F_{уд.заг.}$ - загальна удільна площа, яка потрібна на 1 верстат.

$$F_{дiл.} = (20 + 3) \times 30 = 690 \text{ м}^2$$

Загальна виробнича площа цеху по виготовленню деталей враховуючи коефіцієнт переводу

$$F_{вир.} = C_{дiл.} \times K_{пер.} = 690 \times 8 = 5520 \text{ м}^2$$

5.6. Визначення допоміжних відділень цеху та визначення їх площі

В залежності від масштабу виробництва, розміру цеху та організації виробництва визначаємо склад допоміжних відділень.

До складу допоміжних відділень входять:

- інструментальна служба цеху, яка має заточувальні відділення, відділення по ремонту інструменту та оснастки, інструментально-роздаточна комора (ІРК), комора для пристроїв та абразивів;
- цехова ремонтна база, склади;
- відділення для приготування та роздачі МОР;
- відділення для збору та переробки стружки;
- приміщення санітарно-механічних установок.

Заточувальне відділення

Кількість заточувальних верстатів загального призначення визначається від кількості металообробного обладнання

Приймаємо 3%

$$C_{зат} = 0,03 \times 100 = 3 \text{ верстатів}$$

Приймаємо 1 верстат для заточування фрез, 1 верстат для заточування зенкерів та зенків, та для заточування різців.

Крім заточувальних верстаті в відділенні є допоміжні верстати які складають біля 20% обладнання. До складу допоміжного обладнання входять настільні точила, обдирочно-шліфувальний верстат, та верстати для заточування центрових свердл, дискових пилок.

$$C_{зат.дон} = 0,2 \times (6 + 1 + 1) = 2 \text{ верстата}$$

Загальна площа заточувального відділення визначається по удільній площі на один верстат.

$$F_{зат} = F_{уд.зат} \times C_{зат.зат}$$

$$F_{зат} = (3 + 2) \times 10 = 50 \text{ м}^2$$

Остаточно приймаємо площу заточувального відділення $F_{зат} = 50 \text{ м}^2$

Відділення для ремонту інструменту та оснастки

Відділення призначене для малого та поточного ремонту інструменту, та ремонту оснастки.

Кількість основного обладнання визначаємо по нормам

$$C_{рем.інстр.осн} = 4 \text{ верстата}$$

Крім основних верстатів в склад відділення входять біля 40% допоміжного обладнання.

Приймаємо 3 одиниці обладнання.

Загальну площу відділення визначаємо за нормою на один основний верстат

$$F_{рем.інстр.осн} = 24 \times (4 + 3) = 168 \text{ м}^2$$

Остаточно приймаємо загальну площу відділення по ремонту інструменту та оснастки.

$$F_{рем.інстр.осн} = 180 \text{ м}^2$$

Інструментально-роздаточна комора

Призначена для постачання робочих місць інструментом та пристроями. Для невеликих цехів (100...200 верстатів) влаштовується одна комплексна комора.

Визначаємо норми площини на один верстат по різних об'єктах зберігання:

- різальний та допоміжний інструмент – $0,1\text{ м}^2$;
- інструмент для виміру – $0,1\text{ м}^2$;
- різальні допоміжні та вимірювальні інструменти – $0,2\text{ м}^2$;
- пристрої для встановлення деталей – $0,15\text{ м}$;
- пристрої та всі види інструменту – $0,3\text{ м}^2$.

Загальна площа Інструментально-роздаточної комори

$$F_{ipk.} = (0,1 + 0,1 + 0,2 + 0,15 + 0,3) \times 100 = 85\text{ м}^2$$

Ремонтне відділення

Призначена для проведення мілких ремонтних робіт та міжремонтного обслуговування верстатного парку цеху. Кількість верстатів у відділенні визначається по кількості основного обладнання

Приймаємо 4 верстати

Загальну площу ремонтного відділення визначаємо в залежності від кількості основного обладнання

$$F_{рем.від.} = F_{уд} \times 4 = 20 \times 4 = 80\text{ м}^2$$

Остаточно приймаємо площу ремонтної бази

$$F_{рем.від.} = 80\text{ м}^2$$

Відділення приготування та роздачі МОР

Площа відділення приготування та роздачі МОР визначається по нормативам в залежності від кількості виробничого обладнання.

Приймаємо $F_{МОР} = 80\text{ м}^2$

Відділення для браку та стружки

Вихід стружки при обробці визначається по всім видам деталей, як різниця між вагою заготовки та вагою готової деталі на річну програму випуску.

Об'єм стружки залежить від виду заготовки і приймається орієнтовно при обробці деталей:

- з поковок -20%
- з кольорового литва до -16%

Приймаємо комбіновану систему збирання стружки .

Площу відділення для збору стружки буде

$$F_{стр} = 80 \text{ м}^2$$

5.7. Визначення загальної площі та розмірів цеху

Загальну площу МСЦ визначаємо по формулі:

$$F_{заг.} = F_{вир.} + F_{доп.}$$

де: $F_{вир.}$, $F_{доп.}$ – площа відповідно механічної та допоміжних відділень цеха, м^2 ;

$$F_{доп.} = F_{рем.інстр.} + F_{зат.} + F_{ірін.} + F_{рем.від.} + F_{мор.} + F_{стр} = \\ 180 + 50 + 85 + 80 + 80 + 80 = 555 \text{ м}^2$$

де: $F_{рем.інстр.}$; $F_{зат.}$; $F_{ірін.}$; $F_{рем.від.}$; $F_{мор.}$; $F_{стр}$ – площа відділення відповідно для приготування охолоджуючої рідини, переробки стружки, ремонтного, майстерні для ремонту пристосувань і інструментів, заточного.

$$F_{заг} = 5520 + 555 = 6075 \text{ м}^2$$

В загальну питому площу входять слідуєчі допоміжні приміщення: ІРК, складання та зберігання УСП чи УСПО, приміщення ОТК, складів заготовок, полу фабрикатів та готових деталей. А тому в розрахунок загальної площі МСЦ *F_{заг}* вони не враховуються.

5.8. Розробка планування діляниць механічної обробки та складання. Розробка загального плану цеху

План розміщення обладнання на діляницях повинен базуватися на основних принципах забезпечення прямо точності руху деталей в процесі їх обробки згідно з технологічним процесом та визначеними оптимальними розмірами між обладнанням, обладнанням та колонами, обладнанням та стінами.

Враховуючи тип виробництва верстати на діляниці розміщуємо по технологічному признаку. Місця для складування заготовок та деталей включаємо до розмірів діляниць. Відносно один одного верстати розміщуємо як фронтом так і тильними сторонами.

Відстань між верстатами та елементами будови для різних варіантів розміщення обладнання вибираємо керуючись нормами технологічного проектування:

- між верстатами по фронту – 800 мм;
- між тильними сторонами - 800 мм;
- між верстатами при поперечному розташуванні до проїзду;
- в потилицю -1300-1500 мм;
- фронтом один до одного -2000 мм;
- від стін чи будов колони:
 - тильної сторони – 700мм;
 - фронту верстату – 1300мм;

В цеху є два магістральні проїзди:

Один – для вивозу стружки та заову заготовок

Другий – для вивозу готової продукції

Ширина магістральних проїздів залежить від застосування міжцехового транспорту та його вантажопідйомності.

5.9. Організація внутрішнього транспорту

Вибір транспортних засобів залежить від таких факторів:

- а) характеристики оброблюємої деталі;
- б) маси та габаритів, а також величини транспортної партії;
- с) типу виробництва.

Основними транспортними засобами для між операційного транспортування та переміщення вантажів використовуємо електронавантажувачі з підйомними вилками 0,5 т та електровізки з підйомною платформою зі швидкістю руху 35км/год.

Потрібна кількість електровізків визначається:

$$K_{e.v.} = \frac{Q \times T}{60 \times F_{op} \times K_n \times g}, \text{ шт.}$$

при цьому: Q – вантажний оберт, т

F_{op} - дійсний фонд часу роботи обладнання, год;

$K_n = 0,75$ – коефіцієнт повнонавантаженості;

g – вантажопідйомність

T – час на один рейс, хв.;

L – відстань перевози, м;

$V_1 V_2$ - швидкість візка при навантаженому та холостому пробігу м/хв.

$T_{нав} T_{розв.}$ - час на навантаження та розвантаження

$$T = \frac{L_1}{V_1} + \frac{L_2}{V_2} + T_{нав} + T_{розв.};$$

$$T = \frac{72}{60} + \frac{72}{90} + 10 + 12 = 1,2 + 0,8 + 10 + 12 = 24 \text{ хв.}$$

$$K_{e.g.} = \frac{1924 \times 24}{60 \times 3890 \times 0,75 \times 2} = 0,13$$

Приймаємо 1 електровізок.

5.10. Організація інструментального господарства

Інструментальне господарство має в своєму складі інструментально-роздаточну комору, комору пристроїв заточувальне відділення та відділення по ремонту інструменту та пристроїв.

Інструментально-роздаточна комора застосовується для зберігання, видачі та перевірки інструменту. Інструмент який поступає з робочих місць, до його укладки до комори піддається перевірці силами та засобами контрольно перевірного пункту, після цього в залежності від технічного стану його укладають або направляють на переточку та ремонт.

5.11. Організація технічного контролю

Контроль в цеху проектують таким чином: а) летючий; б) проміжний; в) кінцевий.

По мірі проходження продукції по ступеням обробки проводимо перевірку, контроль на дільницях механічної обробки вибірковий.

Летючий контроль виконується в формі періодичних перевірок деталей в процесі виробництва для попередження масового браку. Летючому контролю піддаються перші деталі, оброблені після наладки або переналадки. Проміжний контроль проводиться між операціями, коли деталь пройшла одну операцію і повинна поступати на наступні. Обов'язковий контроль проводиться перед термічною, або термічно-хімічною обробкою. Кінцевий контроль проводиться після закінчення всіх операцій. Перевірку проводять в контрольному відділенні, куди деталі поступають після останньої операції. Кінцевий контроль передбачає перевірку розмірів та якості поверхонь, а також перевірку підвищених вимог точності.

5.12. Вибір службово-побутових приміщень і визначення їх площі

До складу службово побутових приміщень входять приміщення необхідні для нормальної роботи робочих. Гардеробні призначені для зберігання вуличного, домашнього та спеціального одягу. Для зберігання різного виду одягу передбачається шафи.

Розміри відділень шаф:

Глибина – 500мм; висота – 1650мм; ширина – 330мм.

Вмивальні кімнати

Кількість кранів приймаємо від кількості працюючих в найбільш багато численній зміні. Розрахункова кількість чоловік на один кран – 10. Відстань між вісями кранів умивальників рядні менш 0,6 м., а між віссю крайнього крану та стіною не менш 0,45 м. Ширина проходів між рядами умивальників та стіною – 1,5 м.

Душові розташовуються в приміщеннях, суміжних з гардеробними. Розрахункова кількість чоловік на одну душову сітку:

- чоловік – 15;
- жінок – 12.

Число душових сіток:

- в чоловічій душовій – 10;
- в жіночій душовій – 10.

Розміри відкритих душових кабін 0,9х0,9 м

Ширина проходу між рядами кабін та стіною – 1,5 м.

Приміщення для гігієни жінок розміщуємо рядом з дешевою та туалетною кімнатою. Площа такого приміщення залежить також від числа працюючих жінок. Остаточню приймаємо площу кімнати гігієни жінок – 18 м²

Туалетні кімнати

Розмір кабін в плані – 1,2X0,8 м.

Кількість санітарних приборів приймається по найбільш багаточисленній зміні з розрахунку 15 чоловік на один санітарний прибор.

Кількість санітарних приборів в жіночому туалеті – 12. Вхід в туалет через тамбур, де розміщуються умивальники.

Медпункт

Медичний пункт являє собою перший об'єкт медичного обслуговування та надання першої допомоги. Загальна площа цехового медичного пункту – 50 м².

Приміщення для відпочинку в робочий час має площу – 60 м²

Кімната для прийому їжі – 72 м² .

Крім цього в цеху передбачається адміністративно конторські приміщення площею:

- табельна – 24 м²;
- зала для зборів – 96 м²;
- тех. бюро – 45 м²;
- бюро праці та зарплати – 40 м²;
- начальник цеху – 25 м²;
- бухгалтерія – 48 м²;
- ВДБ – 34 м²;
- профспілкові організації – 26 м²;

5.13. Вибір будівельних елементів конструкції цеху та службово-побутових приміщень

Виробнича одноповерхова будівля складається:

З паралельних одноповерхових перегонів, створених рядом залізобетонних колон. Стіни виробничого приміщення – панельні. При панельних стінах виконується стрічкове застіблення. Для всіх перегонів,

окрім крайніх, використовуються секції з ліхтарями, які мають вертикальне застіблення. Для крайніх перегонів використовуються без ліхтарні секції.

Побутові приміщення розташовані разом з адміністративно-конторськими в одному спеціальному приміщенні, яке прибудоване безпосередньо до торцевого боку будівлі цеху.

6. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

6.1. Аналіз варіантів технологічного процесу

Для того, щоб довести доцільність впровадження запропонованого у даній дипломній роботі варіанту технологічного процесу, необхідно зробити його економічний аналіз. Цей аналіз здійснюється шляхом визначення та порівняння технологічної собівартості виготовлення деталі по кожному з альтернативних варіантів (базовому і проектному):

$$C_{tex} = V \cdot N_z + P, \quad (6.1)$$

де V – змінні витрати у технологічній собівартості, величина яких змінюється пропорційно зміні обсягу випуску продукції, грн./рік.

P – постійні витрати, величина яких не змінюється або змінюється неістотно в залежності від зміни річного випуску продукції грн./рік.

Порівнюючи варіанти технологічного процесу, проаналізуємо та зіставимо лише ті статті витрат, величина яких змінюється при переході від одного варіанту до іншого.

6.1.1. Розрахунок змінних витрат

За поелементним методом розрахунку змінні витрати визначаються за формулою:

$$V = M_o + Z_{одв} + E_c + B_p + B_{мд} + B_{ін.ун} + B_{пр.ун} + B_{ам.у} + B_{ен}, \quad (6.2)$$

де M_o – вартість основних матеріалів (не змінюються у порівнюваних варіантах), грн.;

$Z_{одв}$ – заробітна плата виробничих робітників основна, додаткова з урахуванням єдиного соціального внеску, грн.;

E_c – витрати на електроенергію силову, грн.;

B_p – витрати на ремонт обладнання, грн.;

$B_{мд}$ – витрати на матеріали допоміжні, грн.;

$B_{ін.ун}$ – витрати на експлуатацію універсального ріжучого інструменту, грн. (однакові у порівнюваних варіантах);

$B_{ам.у}$ – витрати на амортизацію універсального обладнання, грн.;

$B_{ен}$ – витрати на експлуатацію приміщень, грн.

Витрати на заробітну плату основну, додаткову з урахуванням єдиного соціального внеску:

$$Z_{\text{одв}} = C_{z(i)} \frac{t_{\text{ум}(i)}}{60} (1 + K_{\text{д}}) \cdot (1 + K_{\text{с}}), \quad (6.4)$$

де $C_{z(i)}$ – годинна тарифна ставка відповідного розряду i -тої операції техпроцесу, грн./год.;

$t_{\text{ум}(i)}$ – штучний час i -тої операції, хв.;

$K_{\text{д}}, K_{\text{с}}$ – коефіцієнти, які враховують відповідно додаткову заробітну плату та відрахування на соціальні потреби (єдиний соціальний внесок).

$$Z_{\text{одв.баз}} = \frac{55,398 \cdot 13,928}{60} \cdot (1 + 0,1) \cdot (1 + 0,22) = 17,258 \text{ грн.};$$

$$Z_{\text{одв.баз}} = \frac{55,398 \cdot 4,98}{60} \cdot (1 + 0,1) \cdot (1 + 0,22) = 6,171 \text{ грн.}$$

Наступні статті витрат пов'язано з утриманням та експлуатацією обладнання. Тому, перед їх розрахунком, на основі [1, дод. Д2 та 2, с. 91] складемо таблицю щодо характеристики обладнання, яке використовується у порівнюваних операціях базового та проектного технологічних процесів (табл. 6.1).

Таблиця 6.1

Характеристика обладнання

Модель обладнання	Габаритні розміри: довжина × ширина, м	Потужність електро-двигунів верстага, кВт	Група ремонтної складності механічної/електричної частини, УРО	Площа в плані $S_{\text{од}}, \text{м}^2$	Оптова ціна, тис. грн.
Базовий варіант					
Зубодовбальний 5122	2,00×1,45	3,2	9/4	2,90	78,24
Зубофрезерний 53Д30ПФ2-02	2,00×1,45	12,55	40/25	3,20	1549,8
Зубошевінгувальний 5702В	2,10×1,51	3,0	10/13	3,17	75,72
Проектний варіант					
Зубофрезерний з ЧПК LIEBHERR LC150	2,00×1,45	5,5	35/22	2,90	4509,0

Витрати на електроенергію силову:

$$E_{\text{с}} = \frac{N_{\text{в}} \cdot K_{\text{о}} \cdot K_{\text{Н}} \cdot K_{\text{д}}}{\eta_{\text{в}} \cdot \eta_{\text{м}}} \cdot \frac{t_{\text{ум}}}{60} \cdot C_{\text{ел}}, \quad (6.5)$$

де $N_{\text{в}}$ – встановлена потужність електродвигунів обладнання, кВт;

K_o – коефіцієнт одночасної роботи двигунів, $K_o=0,65...0,8$;

K_N – коефіцієнт, який враховує завантаження електродвигунів за потужністю (приймається у розмірі 0,6...0,7 – для зубообробних верстатів);

K_∂ – коефіцієнт, який враховує завантаження електродвигунів за часом, $K_\partial=0,3...0,5$;

η_e – коефіцієнт, що враховує втрати електроенергії в мережі, $\eta_e=0,92...0,96$;

η_m – ККД електродвигунів, $\eta_m=0,86...0,9$;

$C_{ел}$ – ціна 1 кВт-год електроенергії без ПДВ, грн.

$$E_{с.баз} = \frac{(3,2 \cdot 3,708 + 12,55 \cdot 4,98 + 3 \cdot 5,24) \cdot 0,6 \cdot 0,5 \cdot 0,4}{60 \cdot 0,95 \cdot 0,88} \cdot 4,21 = 0,906 \text{ грн.};$$

$$E_{с.пр} = \frac{5,5 \cdot 0,6 \cdot 0,5 \cdot 0,4}{0,95 \cdot 0,88} \cdot \frac{4,98}{60} \cdot 4,21 = 0,276 \text{ грн.}$$

Витрати на ремонт обладнання:

$$B_p = \frac{W_m \cdot R_m + W_e \cdot R_e}{F_{дрм}} \cdot \frac{t_{ум}}{60}, \quad (6.6)$$

де W_m , W_e – витрати на всі види ремонту та обслуговування за ремонтний цикл, які припадають на одиницю ремонтної складності, відповідно механічної та електричної частини обладнання, грн.;

R_m , R_e – категорія ремонтної складності відповідно механічної та електричної частин обладнання, УРО;

$$B_{р.баз} = \frac{(680 \cdot 9 + 520 \cdot 4) \cdot 3,708 + (680 \cdot 40 + 520 \cdot 25) \cdot 4,98 + (680 \cdot 10 + 520 \cdot 13) \cdot 5,24}{1840 \cdot 60} = 2,732 \text{ грн.}$$

$$B_{р.пр} = \frac{680 \cdot 35 + 520 \cdot 22}{1840} \cdot \frac{4,98}{60} = 1,590 \text{ грн.}$$

Витрати на допоміжні матеріали:

$$B_{мд} = \frac{M_{св} \cdot R_m \cdot t_{ум}}{100 \cdot 60} \cdot K_e, \quad (6.8)$$

де $M_{св}$ – годинні витрати на допоміжні матеріали, коп.;

K_e – коефіцієнт, який враховує тип виробництва.

$$B_{\text{мд.баз}} = \frac{29,5 \cdot (9 \cdot 3,708 + 40 \cdot 4,98 + 10 \cdot 5,24)}{100 \cdot 60} \cdot 1,1 = 1,541 \text{ грн.};$$

$$B_{\text{мд.нр}} = \frac{29,5 \cdot 35 \cdot 4,98}{100 \cdot 60} \cdot 1,1 = 0,943 \text{ грн.}$$

Витрати на амортизацію універсального обладнання:

$$B_{\text{ам}} = \frac{\Phi_{\text{бал}} \cdot H_a \cdot t_{\text{ум}}}{F_{\text{дрм}} \cdot 60 \cdot 100 \cdot \eta_{\text{зн}}}, \quad (6.9)$$

де $\Phi_{\text{бал}}$ – балансова вартість одиниці обладнання, грн.

$$\Phi_{\text{бал}} = \Pi_{\text{опт}} \cdot (1 + K_{\text{тр}} + K_{\text{м}} + K_{\text{ф}}), \quad (6.10)$$

де $\Pi_{\text{опт}}$ – оптова ціна обладнання, грн.;

$K_{\text{тр}}$, $K_{\text{м}}$, $K_{\text{ф}}$ – коефіцієнти, які враховують відповідно витрати на транспортування обладнання (0,05...0,1), його монтаж (0,04...0,06), улаштування фундаменту (0,02...0,08);

H_a – норма амортизації на реновацію, %.

$$B_{\text{ам.баз}} = \frac{(78,24 \cdot 3,708 + 1549,8 \cdot 4,98 + 75,72 \cdot 5,24)}{1840 \cdot 60 \cdot 100 \cdot 0,8} \cdot 1000 \cdot 1,19 \cdot 15 = 16,987 \text{ грн.};$$

$$B_{\text{ам.нр}} = \frac{4509000 \cdot 1,16 \cdot 15 \cdot 4,98}{1840 \cdot 60 \cdot 100 \cdot 0,8} = 44,238 \text{ грн.}$$

Витрати на експлуатацію приміщення:

$$B_{\text{ен}} = \frac{S_{\text{од}} \cdot k_f \cdot C}{F_{\text{дрм}} \cdot \eta_{\text{зн}}} \cdot \frac{t_{\text{ум}}}{60}, \quad (6.11)$$

де $S_{\text{од}}$ – площа в плані, яку займає одиниця обладнання, м²;

k_f – коефіцієнт, який враховує додаткову площу (проходи, проїзди, транспортно-складські приміщення) [1, табл. 4].

C – річні витрати, пов'язані з експлуатацією 1м² виробничого приміщення, грн.

$$B_{\text{ен.баз}} = \frac{(2,9 \cdot 3,708 + 3,2 \cdot 4,98 + 3,17 \cdot 5,24) \cdot 3,5}{1840 \cdot 60 \cdot 0,8} \cdot 450 = 0,772 \text{ грн.};$$

$$B_{\text{ен.нр}} = \frac{2,9 \cdot 4,98 \cdot 3,5}{1840 \cdot 60 \cdot 0,8} \cdot 450 = 0,258 \text{ грн.}$$

6.1.2. Розрахунок постійних витрат

За поелементним методом розрахунку постійні витрати включають:

$$P = B_{нал} + B_{сп.осн} + B_{ам.сп} + B_{пр}, \quad (6.12)$$

де $B_{нал}$ – витрати на налагодження обладнання, грн.;

$B_{сп.осн}$ – витрати на експлуатацію спеціального оснащення, грн. (у базовому варіанті відсутні);

$B_{ам.сп}$ – витрати на амортизацію спеціального обладнання (у базовому варіанті відсутні), грн.;

$B_{пр}$ – витрати на створення програмного забезпечення верстатів з ЧПУ (у базовому та проєктному варіантах ці витрати близькі за величиною, тому ними можна знехтувати), грн.

Витрати на налагодження обладнання:

$$B_{нал} = C_{гн} \cdot \frac{t_{н-з}}{60} \cdot (1 + K_d) \cdot (1 + K_c) \cdot A, \quad (6.13)$$

де $C_{гн}$ – годинна тарифна ставка наладчика відповідного розряду грн./год.;

$t_{н-з}$ – підготовчо-заключний час даної операції, хв.;

A – кількість партій, що відповідає кількості переналагоджень за рік.

$$B_{нал.баз} = 73,864 \cdot \frac{18 + 40 + 22}{60} \cdot (1 + 0,1) \cdot (1 + 0,22) \cdot 8 = 1057,32 \text{ грн.};$$

$$B_{нал.пр} = 73,864 \cdot \frac{35}{60} \cdot (1 + 0,1) \cdot (1 + 0,22) \cdot 8 = 462,59 \text{ грн.}$$

6.1.3. Розрахунок технологічної собівартості

Усі виконані розрахунки змінних та постійних витрат, а також розрахунок технологічної собівартості зведемо до табл. 6.2.

Таблиця 6.2

Розрахунок технологічної собівартості у базовому варіанті

№ з/П	Статті витрат	Витрати, грн.	
		базовий варіант	проєкт
1.	<u>Змінні витрати V</u>		
1.1	Заробітна плата виробничих робітників основна, додаткова з єдиним соціальним внеском	17,258	6,171
1.2	Електроенергія силова	0,906	0,276

1.3	Ремонт обладнання	2,732	1,590
1.4	Матеріали допоміжні	1,541	0,943
1.5	Амортизація універсального обладнання	16,987	44,238
1.6	Експлуатація приміщень	0,772	0,258
	Всього змінних витрат	40,196	53,476
2.	<u>Постійні витрати Р</u>		
2.1	Налагодження обладнання	1057,32	462,59
	Технологічна собівартість річного випуску деталей C_{tex}	121645	160891

Технологічна собівартість:

$$C_{tex.баз} = 40,196 \cdot 3000 + 1057,32 = 121645 \text{ грн.};$$

$$C_{tex.пр} = 53,476 \cdot 3000 + 462,59 = 160891 \text{ грн.}$$

6.1.4. Розрахунок приведених витрат за варіантами технологічного процесу

Приведені витрати за базовим та проектним варіантом техпроцесу:

$$B_{np} = C_{tex(i)} + E_n \cdot K_{(i)}, \quad (6.14)$$

де E_n – нормативний коефіцієнт порівняльної економічної ефективності капітальних вкладень;

$K_{(i)}$ – капітальні вкладення за і-тим варіантом техпроцесу, грн.

Капітальні вкладення по кожному варіанту складаються із вкладень в обладнання $\Phi_{бал}$, оснащення $B_{осн}$, а також у приміщення, яке це обладнання займає $K_{бюд}$, скореговані на коефіцієнт завантаження обладнання тих деталей-операцій, які відрізняються у порівнюваних варіантах:

$$K = (\Phi_{бал} + B_{осн} + K_{бюд}) \cdot \eta_{з_i}, \quad (6.14)$$

)

Капітальні вкладення в будівлі розраховуємо за формулою:

$$K_{бюд} = S_{од} \cdot K_f \cdot q_{np} \cdot h \cdot \Pi_{бюд}, \quad (6.15)$$

)

де h - висота приміщення цеху, м;

$C_{\text{буд}}$ – ціна 1 м^2 виробничої площі висотою 8-10 м, грн./м³.

$$K_{\text{буд.баз}} = (2,9 + 3,2 + 3,17) \cdot 3,5 \cdot 8 \cdot 4500 = 1168020 \text{ грн.}$$

$$K_{\text{буд.пр}} = 2,9 \cdot 3,5 \cdot 8 \cdot 4500 = 365400 \text{ грн.}$$

Балансова вартість обладнання:

$$\Phi_{\text{бал.баз}} = (78240 + 1549800 + 75720) \cdot 1,19 = 2027475 \text{ грн.}$$

$$\Phi_{\text{бал.пр}} = 4509000 \cdot 1,16 = 5230440 \text{ грн.}$$

$$K_{\text{баз}} = (1168020 + 2027475) \cdot 0,125 = 399437 \text{ грн.}$$

$$K_{\text{пр}} = (365400 + 5230440) \cdot 0,134 = 749843 \text{ грн.}$$

$$B_{\text{пр.б}} = 121645 + 0,16 \cdot 399437 = 185555 \text{ грн.}$$

$$B_{\text{пр.пр}} = 160891 + 0,16 \cdot 749843 = 280866 \text{ грн.}$$

Висновок: За критеріями мінімуму технологічної собівартості та приведених витрат більш ефективним для заданої програми запуску деталі «шестерня ведуча» $N_3=3000$ шт. є базовий варіант техпроцесу механічної обробки. Проте фізичне та моральне зношення обладнання, яке в ньому використовується, неможливість його оновлення через відсутність на вітчизняному ринку нових зразків цього обладнання, вимагає використання нових більш прогресивних технологічних підходів. Зокрема, запропоновані у даному дипломному проекті модель верстату з ЧПК має значно ширші технологічні можливості, дозволяє зекономити чисельність основних і допоміжних робітників та зменшити експлуатаційні витрати за статтями: заробітна плата робітників, силова електроенергія, ремонт обладнання, допоміжні матеріали, утримання приміщення.

6.2. Розрахунок планової цехової собівартості деталі

Цехова собівартість виготовлення деталі визначається як сума калькуляційних статей витрат:

$$C_{\text{цех}} = M_o + Z_{od} + B_c + B_{in} + B_o + B_{\text{ц}}, \quad (6.20)$$

де M_o - вартість основних матеріалів (розраховано у розд. 6.1), грн.:

Z_{od} - основна та додаткова заробітна плата основних виробничих робітників, грн.;

B_c - відрахування на соціальні потреби (єдиний соціальний внесок), грн.;

B_{in} - витрати на експлуатацію спеціального оснащення, грн.;

B_o - витрати на утримання та експлуатацію обладнання, грн.;

$B_{ц}$ - цехові витрати, грн.

Вартість основних матеріалів:

$$M_o = a_p \cdot \Pi_m \cdot K_{mp} - a_{\epsilon} \cdot \Pi_{\epsilon}, \quad (6.3)$$

де a_p - норма витрат матеріалу (сталь 18ХГТ), кг;

Π_m - ціна матеріалу, грн./кг;

K_{mp} - коефіцієнт, який враховує транспортно-заготівельні витрати, витрати при зберіганні матеріалів (приймається у розмірі 1,05...1,08);

a_{ϵ} - маса відходів, кг;

Π_{ϵ} - ціна відходів, грн./кг;

$$M_o^u = 1,57 \cdot 34,0 \cdot 1,05 - (1,57 - 0,743) \cdot 5,1 = 51,832 \text{ грн.}$$

Заробітна плата основна й додаткова виробничих робітників:

$$Z_{od} = P_{\epsilon} (1 + K_d), \quad (6.21)$$

де P_{ϵ} - відрядний розцінок на деталь (основна зарплата), що визначається, як сума операційних розцінок $P_{on(i)}$:

$$P_{\epsilon} = \sum_1^m P_{on_i} = \sum_1^m \frac{e_{zod_i}^{\epsilon} \cdot t_{um-\kappa_i}}{60}, \quad (6.22)$$

де $e_{zod_i}^{\epsilon}$ - годинна тарифна ставка відрядника відповідного розряду роботи i -ої операції технологічного процесу, грн./год.;

$t_{um-\kappa_i}$ - штучно-калькуляційний час i -ої операції технологічного процесу, хв.;

На першій операції техпроцесу:

$$P_{on_1} = 23,750 \cdot \frac{0,738}{60} = 0,2921 \text{ грн./шт.}$$

Розрахунок відрядної розцінки на деталь зведемо до табл. 6.1.

Таблиця 6.1

Розрахунок відрядної розцінки на деталь

№ оп.	Найменування операції	$t_{\text{шт-к, хв.}}$	Розряд	Годинна тарифна ставка, грн./год.	Розцінка на деталь, грн.
005	Токарна з ЧПК	1,878	4	55,398	1,7340
010	Токарна з ЧПК	1,905	4	55,398	1,7588
025	Зубофрезерна з ЧПК	5,060	4	55,398	4,6719
035	Шліцефрезерна	4,641	3	49,858	3,8565
050	Круглошліфувальна	0,537	3	49,858	0,4462
065	Круглошліфувальна	0,847	3	49,858	0,7038
070	Круглошліфувальна	0,847	3	49,858	0,7038
075	Круглошліфувальна	0,667	3	49,858	0,5542
080	Круглошліфувальна	1,157	3	49,858	0,9614
085	Круглошліфувальна	1,157	3	49,858	0,9614
090	Круглошліфувальна	1,157	3	49,858	0,9614
095	Круглошліфувальна	1,157	3	49,858	0,9614
100	Торцешліфувальна	1,017	3	49,858	0,8451
105	Торцешліфувальна	1,017	3	49,858	0,8451
120	Круглошліфувальна	1,327	4	55,398	1,2253
125	Суперфінішна	2,814	2	40,625	2,1045
130	Доводочна	0,552	3	49,858	0,4586
135	Доводочна	0,552	3	49,858	0,4586
	Всього	28,286	-	-	24,2120

$$Z_{\text{од}} = 24,212 \cdot (1 + 0,1) = 26,633 \text{ грн.}$$

Відрахування на соціальні потреби виробничих робітників:

$$B_c = 26,633 \cdot \frac{22}{100} = 5,859 \text{ грн.}, \quad (6.23)$$

де K_c - відсоток єдиного соціального внеску.

Витрати на експлуатацію спеціального оснащення, що припадають на одну деталь, складають 17-20 грн. на одну нормо-годину трудомісткості виготовлення деталі (менше значення відповідає ДС, більше – ВС).

$$B_{\text{осн}} = 17 \cdot \frac{27,633}{60} = 7,829 \text{ грн.}$$

Витрати на утримання і експлуатацію обладнання:

$$B_o = 24,212 \cdot \frac{320}{100} = 77,478 \text{ грн.}, \quad (6.24)$$

де $\Pi_{\text{во}}$ - процент витрат на утримання та експлуатацію обладнання;

Z_o - основна заробітна плата за виготовлення деталі, грн.

Загальноцехові витрати в собівартості деталі:

$$B_{\text{ц}} = 24,212 \cdot \frac{280}{100} = 67,794 \text{ грн.}, \quad (6.25)$$

де $P_{\text{ц}}$ – процент цехових витрат.

Калькуляцію цехової собівартості деталі слід звести до табл. 6.2.

Таблиця 6.2

Калькуляція цехової собівартості виготовлення деталі

№ з/п	Найменування статей	Витрати, грн.
1.	Матеріали основні з відрахуванням зворотних відходів	51,832
2.	Основна заробітна плата виробничих робітників	24,212
3.	Додаткова заробітна плата виробничих робітників	2,421
4.	Відрахування у соціальні фонди	5,859
5.	Експлуатація спеціального оснащення	7,829
6.	Витрати на утримання і експлуатацію обладнання	77,478
7.	Цехові витрати	67,794
8.	Всього цехова собівартість $C_{\text{ц}}$	237,425

6.2. Планування підсумкових техніко-економічних показників

Крім показників, розрахованих у попередніх розділах дипломної роботи, слід додатково визначити такі:

- *зниження трудомісткості* виготовлення деталі при впровадженні проектного варіанту техпроцесу (у відсотках):

$$\Delta T_p = \frac{\sum_{i=1}^m t_{\text{ум}(i)}^{\text{баз}}}{\sum_{i=1}^m t_{\text{ум}(i)}^{\text{пр}}} \cdot 100 - 100 = \frac{36,581}{27,633} \cdot 100 - 100 = 32,4\%, \quad (6.26)$$

- *виріток продукції на одного робітника*:

$$B_n = \frac{T_p}{R_o} = \frac{33160}{18} = 1842,2 \text{ нормо-год./ос.}, \quad (6.27)$$

де T_p – трудомісткість річної виробничої програми дільниці, нормо-год.;

R_o – чисельність основних робітників цеху, осіб;

- *зарплатомісткість продукції*:

$$Z_{\text{зн}} = \frac{Z_{\text{од}}}{C_{\text{ц}}} \cdot 100 = \frac{26,633}{237,425} \cdot 100 = 11,2\%, \quad (6.28)$$

де Z_{od} – основна й додаткова заробітна плата у собівартості деталі, грн.;

$C_{ц}$ - цехова собівартість деталі, грн.

- *матеріаломісткість продукції:*

$$Z_{mn} = \frac{M_o}{C_{ц}} \cdot 100 = \frac{51,832}{237,425} \cdot 100 = 21,8\%, \quad (6.29)$$

де M_o – матеріали основні з відрахуванням зворотних відходів у собівартості деталі, грн.

- *собівартість товарної продукції цеху:*

$$C_{mn} = 237,425 \cdot 3000 \cdot 38 = 27066450 \text{ грн.} \quad (6.30)$$

де N_z - річна програма запуску деталей, шт./рік.

Підсумкові техніко-економічні показники роботи цеху зведемо до табл. 6.3.

Таблиця 6.3

Техніко-економічні показники цеху

№ з/п	Показник	Одиниця виміру	Величина
1.	Програма запуску деталі (N_3)	шт./рік	3000
2.	Трудомісткість виробничої програми (T_p)	нормо-год.	33160
3.	Цехова собівартість деталі	грн.	237,43
4.	Собівартість товарної продукції цеху (C_{mn})	грн./рік	27066450
5.	Чисельність основних робітників	осіб	18
6.	Виробіток продукції на одного робітника	нормо-год.	1842,2
7.	Матеріаломісткість продукції	%	21,8
8.	Зарплатомісткість продукції	%	11,2
9.	Зниження трюдомісткості виготовлення деталі при впровадженні проектного варіанту техпроцесу ΔT_p	%	32,4

Висновки

В кваліфікаційній роботі було розроблено Проект цеху по випуску насосів GPS2K-R2G6B з розробкою технології обробки шестерні GPS2K-4-00-03 з дослідженням технології зубообробки синусного зачеплення. Також були проведені організаційні та економічні розрахунки, розроблені конструкції затискного та вимірювальних пристроїв і спеціального ріжучого інструменту.

Розробленні технологічні процеси механічної обробки забезпечують виготовлення деталі із заданими вимогами щодо точності. Використане нове обладнання, що забезпечує високу гнучкість виробництва та високопродуктивні режими обробки. Завдяки використанню верстатів з ЧПК вдалося зменшити кількість технологічного обладнання, звільнити додаткові виробничі площі та чисельність робітників необхідних для виготовлення деталей, знизити собівартість обробки деталей без втрати продуктивності. Розроблено спеціальний зубооброблюваний інструмент для передач з синусним зачепленням.

В дослідній частині було виконано аналіз та синтез геометрії робочого контуру, розраховані геометричні параметри передач для створення уніфікованого ряду, визначенні умови перекриття в синусній передачі, розроблено структуру випробувань гідравлічних насосів та гідравлічних моторів, наведені графіки кореляційних залежностей і оціночні показники для гідравлічних машин із шестернями з синусним зачепленням.

Економічний ефект при застосування розробленого технологічного процесу обробки деталі шестерня ведуча GPS2K-4-00-03 склав - 17135 грн.

Література

1. Методичні вказівки до дипломного проектування зі спеціальності 8.090202 “Технологія машинобудування” – Кіровоград: КДТУ, 2002.
2. Горбачевич А.Ф. , Шкред В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. – Мн.: Высшая школа, 1983.
3. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Под ред. А.Г. Косило-вой и Р.К. Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1986.
4. Балабанов А.Н. Краткий справочник технолога – машиностроителя. М.: Издательство стандартов, 1992.
5. Справочник технолога-машиностроителя. Под ред. А.Н. Малова. М.: Машиностроение, 1972.
6. Руденко П.А. и др. Проектирование и производство заготовок в машиностроении. К.: Высшая школа, 1991.
7. Общемашиностроительные нормативы режимов резания. М.: Машино-строение, 1967.
8. Общемашиностроительные нормативы времени. М.: Машиностроение, 1974.
9. Кузнецов Ю.И. и др. Оснастка для станков с ЧПУ. Справочник. М.: Машиностроение, 1990.
10. Вардашкин Б.Н. и др. Станочные приспособления. Т.1,2. М.: Машиностроение, 1984.
11. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. Т.1,2,3. М.: Машиностроение, 1979.
12. Локтева Е.С. Станки с программным управлением. М.: Машино-строение, 1979.
13. Проектування технологічних процесів механічної обробки деталей на верстатах з ЧПК. Методичні вказівки до виконання курсового проекту по спеціальності 8090202 “Технологія машинобудування” – Кіровоград , 2000.
14. Егоров М.Е. и др. Технология машиностроения. “Высшая школа”, 1976.

15. Абрамов Ф.Н. и др. Справочник по обработке металлов резанием. Киев: “Техніка”, 1983.
16. Корсаков В.С. Основы конструирования приспособлений. М.: Машино-строение, 1983.
17. Методические указания к изучению курса “Проектирование приспособлений” Кіровоград: КИСХМ, 1990.
18. Кузнєцов Ю.М. Верстати з ЧПК та верстатні комплекси. Київ – Тернопіль, 2001.
19. Детали и механизмы роботов: Основы расчета, конструирования и технологии производства: Учеб. пособие / Под ред. Б.Б.Самотокина. – К.: Выща шк., 1990. 343с. С.69-80.
20. І.І.Павленко, М.О.Охремчук. Особливості розрахунку сил затиску для горизонтально розміщених призматичних захватних пристроїв. Збірник наукових праць Кіровоградського державного технічного університету /Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація/ - Вип.12. – Кіровоград: КДТУ, 2003.- с.124-128.
21. Методичні вказівки до практичних робіт по курсу “Проектування механоскладальних цехів та ділень” для студентів спеціальностей 8.090202 /Укл. І.І. Павленко, А.І. Валявський, В.П. Короп. – Кіровоград: КДТУ, 2001.
22. Егоров М.Е. Основы проектирования машиностроительных заводов. – М.: Высшая школа, 1969.
23. Методичні вказівки до виконання курсового та дипломного проекту для студентів спеціальності 8.090202 – Кіровоград, КДТУ, 2000 р.
22. Расчеты экономической эффективности новой техники: Справочник. Под общей редакцией К.М. Великанова, 2-ое изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение, 1988г.
23. Миценко І.М., Мезенцева О.М. Цивільна оборона: навчальний посібник. – Чернівці: Книги-XXI, 2004. – 404 с.