

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

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до випускної роботи
для освітнього ступеня «МАГІСТР»
за спеціальністю 131 «Прикладна механіка»
на тему:

Розробка технології обробки шестерні ведучої НШ100А-3-00-03 з дослідженням модульних конструкцій двозахватних промислових роботів

Development of the technology for machining the drive gear NSh100A-3-00-03 with the study of modular designs of two-gripper industrial robots

Виконавець: ст. гр. ПМ-22М-3

_____ Володимир СТАРОВАТСЬКИЙ

Керівник: к.т.н., доцент

_____ Віталій МАЖАРА

Рецензент: к.т.н., доцент

_____ Сергій КОНОНЧУК

Завідувач кафедри ММР

_____ Андрій ГРЕЧКА

Кропивницький – 2024

СТРУКТУРНИЙ ПІДРОЗДІЛ МЕХАНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА «МАШИНОБУДУВАННЯ, МЕХАТРОНИКИ І РОБОТОТЕХНІКИ»

Освітній ступінь МАГІСТР

СПЕЦІАЛЬНІСТЬ 131 «ПРИКЛАДНА МЕХАНІКА»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

“ ” 2024 року

З А В Д А Н Н Я

НА ВИПУСКНУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Староватському Володимиру Миколайовичу

(ПРІЗВИЩЕ, ІМ'Я, ПО БАТЬКОВІ)

1. Тема роботи: «Розробка технології обробки шестерні ведучої НШ100А-3-00-03 з дослідженням модульних конструкцій двозахватних промислових роботів»
« Development of the technology for machining the drive gear NSh100A-3-00-03 with the study of modular designs of two-gripper industrial robots »

керівник роботи: к.т.н., доц. Мажара Віталій Анатолійович

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від “ ” 20 року №

2. Строк подання роботи

3. Вихідні дані до роботи

3.1. Креслення деталі шестерні ведучої НШ100А-3-00-03

3.2. Технічні вимоги на виготовлення деталі

3.3. Річна програма випуску насосів

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

1 Загальна частина

2 Технологічна частина

3 Конструкторська частина

4 Дослідна частина

5 Економічна частина

5. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

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

6. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	Загальна частина	22.09.2023р.	
2	Технологічна частина	21.10.2023р.	
3	Конструкторська частина	11.11.2023р.	
4	Дослідна частина	30.11.2023р.	
5	Економічна частина	19.12.2023р.	
6	Розробка графічного матеріалу	10.01.2024р.	

Здобувач вищої освіти _____ Володимир СТАРОВАТСЬКИЙ

Керівник роботи _____ Віталій МАЖАРА

Анотація

на кваліфікаційну магістерську роботу здобувача вищої освіти гр. ПМ-22М-3 Староватського Володимира Миколайовича

Кваліфікаційна робота на тему: “Розробка технології обробки шестерні ведучої НШ100А-3-00-03 з дослідженням модульних конструкцій двозахватних промислових роботів” містить 84 сторінки, 8 листів графічних креслень та комплект технологічної документації.

У роботі виконаний аналіз діючого на базовому підприємстві технологічного процесу механічної обробки деталі шестерня ведуча, визначені недоліки та розроблені рекомендації по модернізації.

Проведені аналіз точності та технологічності деталі, обґрунтування методів виготовлення заготовок та виконана розробка структури технологічних процесів. Усі прийняті в проекті технічні та технологічні рішення підтверджуються необхідними розрахунками, наведені розрахунки припусків, режимів різання, технічно-обґрунтованих норм часу. Розроблений та розрахований пристрій для затиску деталі та контрольний пристрій.

В дослідній частині було проведено дослідження модульних конструкцій двозахватних промислових роботів та закладені основи модульного принципу побудови двозахватних пристроїв з розробкою градації з’єднувальних елементів та розробкою модулів. Побудовані графіки залежності росту продуктивності від часу експлуатації роботів і експлуатаційних витрат та терміну окупності промислового робота від змінності роботи технологічного обладнання і продуктивності устаткування при різних характеристиках промислових роботів, які ще раз довели переваги двозахватних виконань.

ANNOTATION

for the qualifying master's thesis of a higher education applicant PM-22M-3

Starovatsky Volodymyr Mykolayovych

The qualification work on the topic: "Development of the technology for machining the drive gear NSh100A-3-00-03 with the study of modular designs of two-gripper industrial robots" contains 84 pages, 8 sheets of graphic drawings and a set of technological documentation.

In the work, an analysis of the technological process of mechanical processing of the driver gear part operating at the base enterprise was performed, shortcomings were identified and recommendations for modernization were developed.

The analysis of the accuracy and manufacturability of the part was carried out, the substantiation of the methods of manufacturing blanks and the development of the structure of technological processes was carried out. All technical and technological solutions adopted in the project are confirmed by the necessary calculations, the calculations of allowances, cutting modes, and technically justified time norms are given. The device for clamping the part and the control device are designed and calculated.

In the experimental part, the study of modular designs of two-grip industrial robots was carried out and the foundations of the modular principle of construction of two-grip devices were laid with the development of the gradation of connecting elements and the development of modules. Graphs of the dependence of productivity growth on the time of operation of robots and operating costs and the payback period of an industrial robot on the variability of the operation of technological equipment and the productivity of the equipment at various characteristics of industrial robots were constructed, which once again proved the advantages of two-pronged designs.

ЗМІСТ

Вступ	8
1 Загальна частина	
1.1 Характеристика вузла та деталей, обраних для проектування технологічних процесів	9
1.2 Характеристика виробничої програми	11
1.3 Визначення типу виробництва	12
2 Технологічна частина	
2.1 Аналіз точності та технологічності деталі	13
2.2 Аналіз діючих технологічних процесів	15
2.3 Вибір заготовок та методів їх отримання	18
2.4 Вибір вірогідних методів та маршрутів обробки поверхонь деталей	19
2.5 Розробка маршрутів виготовлення деталі	22
2.6 Вибір технологічних баз	25
2.7 Розробка структури та змісту технологічних операцій	25
2.8 Вибір затискних пристроїв	33
2.9 Вибір ріжучих інструментів	34
2.10 Вибір вимірювальних пристроїв та інструментів	36
2.11 Визначення припусків та операційних розмірів деталей	38
2.12 Розрахунок режимів різання	39
2.13 Технічне нормування операцій	42
3 Конструкторська частина	
3.1 Розробка конструкції затискного пристрою	43
3.2 Розробка конструкції контрольного пристрою	50
4 Дослідна частина	
4.1 Вступ	52
4.2 Загальні положення та градація з'єднувальних елементів	53
4.3 Розробка модулів двозахватних пристроїв промислових роботів	56
4.4 Економічна ефективність використання двозахватних промислових роботів	58

4.5 Висновки	64
5 Економічна частина	
5.1 Розрахунок портібно́ї кількості обладнання та коефіцієнту його завантаження	65
5.2 Розрахунок календарно-планових нормативів	67
5.3 Розрахунок планової цехової собівартості	70
5.4 Аналіз варіантів технологічного процесу	72
Висновки	82
Література	83

Вступ

Прискорення науково-технічного прогресу, в великій мірі, залежить від розвитку сучасного машинобудування, основним напрямком якого є комплексна механізація і автоматизація виробничих процесів і кінцевою метою є підвищення продуктивності праці, постійне зростання якості виробів, зменшення витрат на виробництво при скороченні термінів проектування та технічної підготовки виробництва.

Важливою властивістю сучасного машинобудування є його багатомоделюваність та серійність. Більше 80% всієї машинобудівної продукції виготовляється в умовах серійного виробництва, що обумовлює часте переналагоджування технологічного обладнання, за обмежений термін, на випуск іншої продукції.

Для забезпечення ефективного функціонування швидко переналагоджуваного виробництва необхідно впроваджувати нові сучасні технології, нове технологічне обладнання, побудоване на базі верстатів з ЧПК.

Кваліфікаційна робота присвячена розробці технологічного процесу механічної обробки деталі шестерня ведуча та дослідженню модульних конструкцій двозахватних промислових роботів.

1 Загальна частина

1.1 Характеристика вузла та деталей, обраних для проектування технологічних процесів

Насос шестеренний НШ100А (рис. 1.1) призначений для нагнітання робочої рідини в гідравлічні системи тракторів, сільськогосподарських машин.

Насос має торцову та радіальну компенсацію зазорів, які в поєднанні з обмеженою зоною високого тиску забезпечують надійну роботу на малов'язких робочих рідинах при збереженні високого ККД.

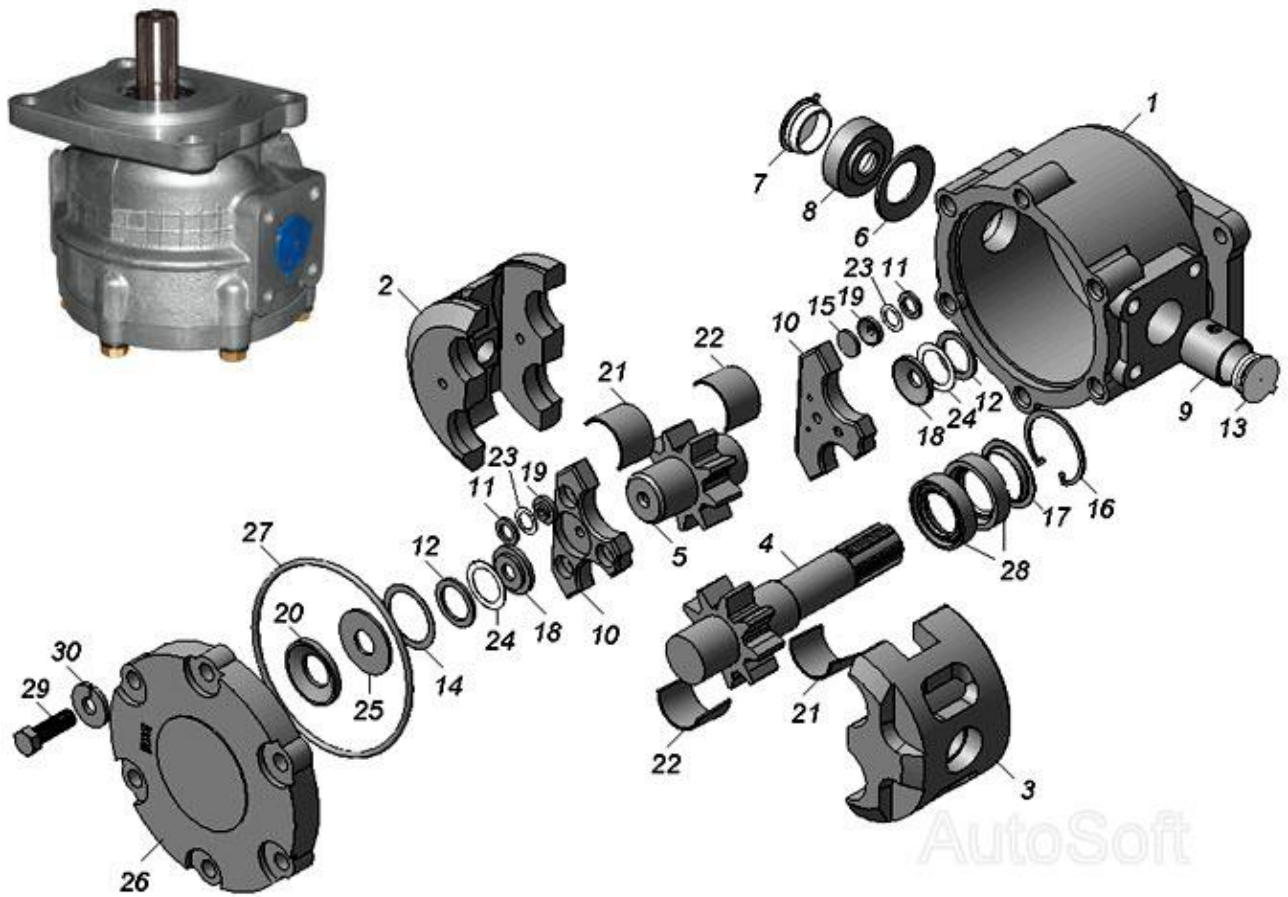


Рис. 1.1 Схема насосу шестеренного НШ100А

Насос (рис. 1.1) складається з таких основних частин: корпус поз. 1, обойма підтискна поз. 2, обойма підшипникова поз. 3, шестерня ведуча НШ100А-3-00-03 поз. 4, шестерня ведена поз. 5 та кришка поз. 26.

Робоча рідина в шестереному насосі нагнітається за допомогою ведучої (поз. 4) та веденої (поз. 5) шестерен, розташованих в розточках корпуса (поз. 1). Шестерні розташовуються між металофторопластовими втулками (поз. 21 та 22) які виконують роль підшипників і одночасно являють собою компенсатори зазорів. Зазначені втулки встановлюються у обойми – підтискну (поз. 2) та підшипникову (поз. 3). Кришка (поз. 26) приєднується до корпуса (поз. 1) бовтами, під якими встановлені пружинні шайби. Герметичність по площині роз'єму корпус-кришка досягається установкою гумового кільця (поз. 27).

Технічні характеристики насосу наведено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1

Технічні характеристики насосу

Найменування параметру	Норма
Номінальний робочий об'єм, см ³	50
Тиск на виході, Мпа	- номінальний - максимальний
	16 25
Частота обертання, с ⁻¹	- номінальна - мінімальна - максимальна
	32 8,3 40
Номінальна об'ємна подача, л/хв..	173,4
Коефіцієнт подачі,	0,95
Загальний коефіцієнт поліпної дії,	0,86
Номінальна потужність, кВт,	64,1
Маса, кг	17
Габаритні розміри, мм	205x210x267
Кінематична в'язкість робочої рідини, мм ² /с	55 ... 70
Температура навколишнього середовища, °С	
- мінімальна	- 60
- максимальна	+ 50

Шестерня ведуча НШ100А-3-00-03 (поз. 5, рис. 1.1) разом із шестернею веденою утворюють качаючий вузол насоса шестеренного НШ100А-3. Для передачі крутного моменту від двигуна на шийці шестерні нарізано шість шліців. Шийки шестерні $\varnothing 35^{-0,08}_{-0,095}$ призначені для базування деталі на підшипники ковзання і мають високі параметри точності та шорсткості.

1.2 Характеристика виробничої програми

Проектований цех механічної обробки призначений для обробки деталей насосів шестеренних НШ100А-3. Річна програма випуску шасосів $N_B=17000$ штук, тож програма випуска шестерні ведучої НШ100А-3-00-03 – $N_{ш.} = 17000$ шт.

Характеристика виробничої програми проектного цеха приведена в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1

Характеристика виробничої програми

Назва виробу	Маса одного виробу, кг	Річна програма випуску	
		штук	тон
Насос шестеренний НШ100А-3	17	17000	289
Шестерня ведуча НШ100А-3-00-03	2,15	17000	36,55

1.3 Визначення типу виробництва

Тип виробництва по ГОСТ 3.1108-74 характеризується коефіцієнтом закріплення операцій $K_{з.о.}$. Розрахунок виконуємо за допомогою ПК, використовуючи дані базових технологічних процесів ($T_{шт}$).

Розрахунок типу виробництва
шестерня ведуча НШ100А-3-00-03

Вихідні дані
програма випуску 17000

Номер операції	дійсний річний фонд часу роботи обладнання	штучний час
5	3977	2.4910
10	3977	3.1270
15	3977	5.3490
20	3977	13.3870
25	3977	5.1000
30	3977	2.6890
35	3977	1.0860
40	3977	1.9030
45	3977	1.6850
50	3977	1.6850
55	3977	0.8490
60	3977	1.1850

Результати розрахунку

Номер операції	Розрахункова кількість верстатів	Прийнята кількість верстатів	кількість операцій на даному верстаті
5	0.3262	1	2.45
10	0.4095	1	1.95
15	0.7005	1	1.14
20	1.7532	2	0.91
25	0.6679	1	1.20
30	0.3522	1	2.27
35	0.1422	1	5.62
40	0.2492	1	3.21
45	0.2207	1	3.63
50	0.2207	1	3.63
55	0.1112	1	7.20
60	0.1552	1	5.15

коефіцієнт закріплення операцій 10.951209

Тип виробництва - середньосерійний

2 Технологічна частина

2.1 Аналіз точності та технологічності деталі

З метою виконання аналізу точності деталей виконано ескіз деталі з нумерацією всіх оброблюємих поверхонь, а висновки по точності параметрів занести в таблицю 2.1.

Шестерня ведуча НШ100А-3-00-03 не має нетехнологічних елементів. Конфігурація деталі не ускладнює використання прохідних різців. Торці зубчатого колеса обробляються з піднутрінням. Це викликане необхідністю зменшення витоку мастила крізь торцеві зазори під час роботи насоса. Жорсткість деталі є достатньою для використання сучасного обладнання та ріжучого інструменту для отримання розмірів високої точності.

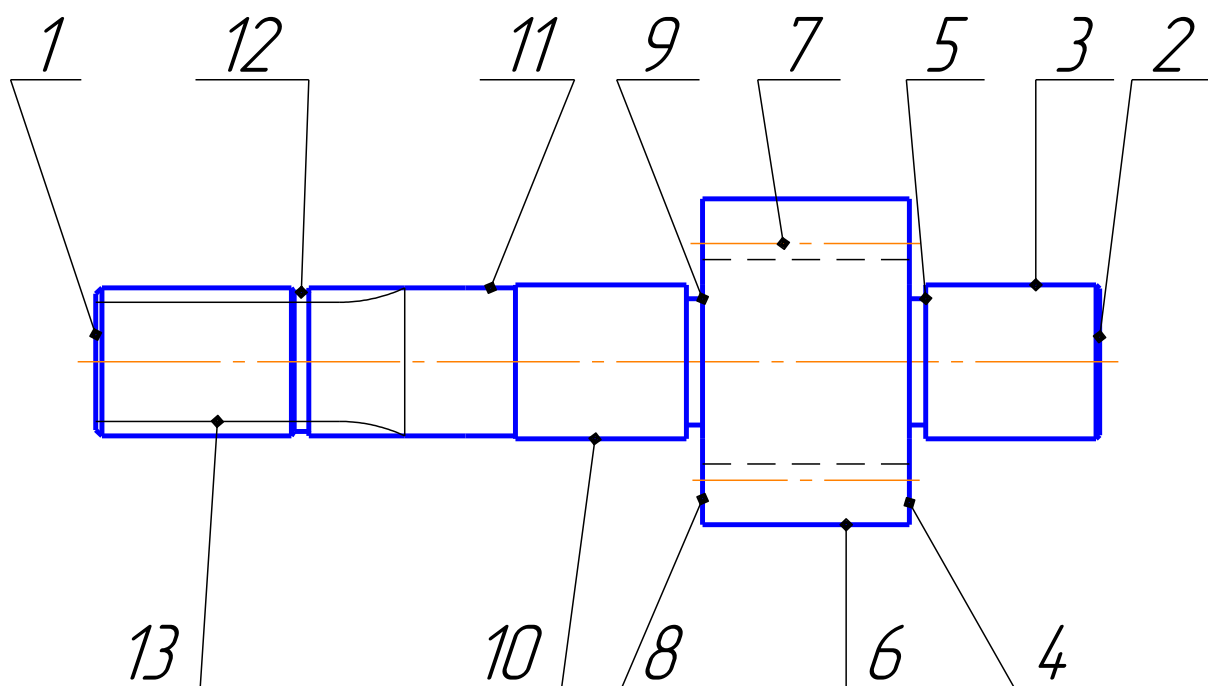


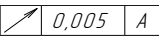
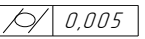
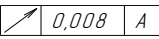
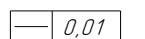
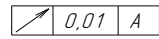
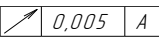
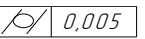
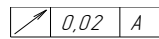
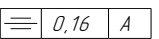
Рис. 2.1 Поверхні що обробляються в шестерні ведучій НШ100А-3-00-03

Шийки шестерні $\varnothing 35^{+0,08}_{-0,095}$ (пов. 3, 10) та торці зубчатого вінця $50^{+0,02}_{-0,02}$ (пов. 4, 8) мають параметр шорсткості $R_a 0,16$. Зубчатий вінець $\varnothing 68,5^{+0,03}_{-0,06}$ (пов. 6) та шліцева поверхня $\varnothing 34^{+0,05}_{-0,112}$ мають параметр шорсткості $R_a 1,25$. 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.

Таблиця 2.1

Параметри точності деталі шестерня НШ100А-3-00-03

№	Найменування поверхні	Розміри з відхиленням	Квалітет	Точність відносних поворотів	Точність форми	R_a
1, 2	Торці	$211_{-0,7}$	h13	-	-	12,5
3	Зовнішня циліндрична	$\varnothing 35_{-0,095}^{-0,08}$	f6			0,16
4, 8	Торці	$50_{-0,02}$	h7			0.16
5	Канавка	$\varnothing 34,85_{-0,52}$	h9	-	-	6,3
7	Западина зуба	$\varnothing 46_{-0,62}$	h9	-	-	2,5
6	Зубчатий вінець	$\varnothing 68,5_{-0,06}^{-0,03}$	f7			1,25
9	Канавка	$\varnothing 34,85_{-0,52}$	h9	-	-	6,3
10	Зовнішня циліндрична	$\varnothing 35_{-0,095}^{-0,08}$	f6			0,16
11	Зовнішня циліндрична	$\varnothing 34_{-0,112}^{-0,05}$	e9		-	1,25
12	Канавка	$\varnothing 32,2_{-0,25}$ $2,4_{-0,3}^{+0,3}$	h12 js16	-	-	6,3
13	Шліці	$\varnothing 26_{-0,07}$ $7_{-0,2}^{-0,035}$	h14	- 	-	3,2

Деталь є нескладною та, в цілому, технологічною, але високі вимоги по точності і шорсткості призводять до високої трудомісткості. З точки зору механічної обробки деталь технологічна. Вона має зручні базові поверхні для закріплення деталі. Конструкція деталі дозволяє використовувати при токарній обробці поверхонь токарні верстати з ЧПУ. До всіх оброблюваних поверхонь є

вільний доступ різального і вимірювального інструментів.

Аналіз технічних умов на виготовлення деталі:

1. Цементувати h 0,7...1,3 мм; 57...63 HRC; серцевина 25...45 HRC.
2. Гострі кромки по профілю евольвенти та западини зубця заокруглити R0,06...0,15 мм.
3. Допускається неплоскостність поверхонь 4 та 8 з вогнутістю в тіло шестерні 0,012мм, не більше, та випуклістю 0,005мм, не більше.
4. Різниця діаметрів цапф (3 та 10) не більше 0,005 мм.
5. Невказані граничні відхилення розмірів: h_{14} ; $\pm(t_2/2)$.

Заготовка деталі має значні припуски на механічну обробку. Це обумовлене великою кількістю технологічних переходів для досягнення необхідної точності. Заготовка піддається термообробці – відпалу. Кінцева термообробка – цементация. Метод простановки розмірів – комбінований.

2.2 Аналіз діючих технологічних процесів

Аналіз діючого на базовому підприємстві (ВАТ “Гідросила”) технологічного процесу обробки шестерні ведучої НШ100А-3-00-03 виконується з метою виявлення відповідності вимогам сучасної технології машинобудування, визначення відхилень та недоліків, а також розробки рекомендацій по модернізації.

Аналіз діючого технологічного процесу механічної обробки шестерні ведучої показує, що він забезпечує виготовлення деталі у повній відповідності з даними вимогами, що до точності, продуктивності та собівартості.

Базовий технологічний процес обробки деталі наведено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2

Базовий технологічний процес обробки деталей

№ операції	Найменування операції	Обладнання	T _{шт} , хв
005	Фрезерно-центрувальна	МР-76	0,682
010	Токарно-копіювальна	СА 022Л	1,682
015	Токарно-копіювальна	СА 023	1,963
020	Токарно-копіювальна	СА 023	1,427
025	Токарно-копіювальна	СА 023	1,609
030	Зубофрезерна	5В312	5,253
035	Зубодовбальна	5122 КН24	13,291
040	Зубошевінгувальна	5702В	5,004
045	Шліцефрезерна	5350А	2,593
060	Круглошліфувальна	3А151	1,014
065	Круглошліфувальна	3А151	1,831
070	Торцекруглошліфувальна	3Т160	1,613
075	Торцекруглошліфувальна	3Т160	1,613
080	Суперфінішна	3Д879	0,785
085	Доводочна	020-011	1,121

Відповідно до масового типу виробництва в технологічному процесі застосовуються верстати автомати та напівавтомати.

Перша операція традиційна для обробки валів – фрезерно-центрувальна. Використовується спеціальний автомат МР-76 який обробляє обидва торці одночасно, що підвищує продуктивність.

Чорнова та чистова токарна обробка поверхонь деталей виконується на чотирьох токарно-копіювальних автоматах.

Обробка зубчатого вінця складається з трьох операцій. Основний припуск знімається на зубофрезерному верстаті. Зубофрезерування є однією з найбільш трудомістких операцій технологічного процесу. Підвищити продуктивність можна

за рахунок режимів різання та збільшуючи число заходів фрези. Також можна підвищити продуктивність використовуючи заготовку з зубчатим вінцем отриманим методами пластичного деформування. Друга операція – зубодовбальна прийнята як напівчистова. Цей метод обробки дозволяє отримати більш високу точність профілю 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.

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

Основним недоліком базового технологічного процесу є те, що він розроблений для умов багатосерійного та масового типу виробництва, а величина річної програми випуску насосів відповідає серійному типу виробництва. Таким чином, діючий технологічний процес не забезпечує необхідну гнучкість виробництва яка є характерною для серійного типу виробництва.

Використання для токарної обробки верстатів з ЧПК дасть можливість суттєво підвищити гнучкість виробництва при забезпеченні необхідної продуктивності обробки. Тож пропонується токарну обробку вести на двох токарних верстатах з ЧПК моделі SL-20 фірми HAAS. На 005 операції провести повну обробку короткої частини шестерні, а на 015 – довгої.

2.3 Вибір заготовки та методів її отримання

Згідно з вихідними даними базового технологічного процесу та практичного досвіду проектування і експлуатації насосів для виготовлення деталі шестерня ведуча НШ100А-3-00-03 використовується легована сталь 18ХГТ ГОСТ 4543-71. Характеристику хімічного складу матеріалу наведені в таблицях 2.3 та 2.4.

Таблиця 2.3

Хімічний склад матеріалу, %

Марка матеріалу	Хімічний склад в %							
	C, %	Si, %	Mn, %	Cr, %	Ni, %	Ti, %	S, %	P, %
18ХГТ	0,17-0,23	0,1-0,3	0,8-1,1	1-1,3	0,3	0,8-1,0	до 0,035	до 0,035

Таблиця 2.4

Механічні властивості матеріалу заготовки

Марка сталі	σ_b , МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	Відносне подовження, %	Твердість в відпаленому стані, НВ
18ХГТ	640	360	10	157 – 207

Для шестерні у базовому технологічному процесі передбачено метод отримання заготовки – поковка. Цей метод має переваги перед іншими методами, наприклад, перед прокатом. Об'ємною штамповкою можна отримувати заготовки складної форми з високою якістю поверхонь (параметр шорсткості R_a 25...12,5), з невеликими припусками. Цей метод є дуже продуктивним.

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.

2.4 Вибір методів обробки поверхонь

Методику розрахунку детально приводимо для поверхні $\varnothing 35^{-0,08}_{-0,095}$. Попередньо обираємо два можливі маршрути обробки зовнішньої циліндричної поверхні.

Розраховуємо загальне уточнення:

$$\varepsilon_z = \frac{\delta_z}{\delta_d};$$

$$\varepsilon_z = \frac{1.1}{0,015} = 73.33$$

де δ_z – допуск на розмір заготовки; δ_d – допуск на розмір деталі.

Можливі два варіанти маршрутів обробки:

- обробка за 5 переходів:

1. Точіння чорнове.
2. Точіння чистове.
3. Шліфування чорнове.
4. Шліфування чистове.
5. Шліфування тонке.

- обробка за 4 переходи:

1. Точіння чорнове.
2. Точіння чистове.
3. Шліфування.
4. Суперфініш.

Проведемо порівняння по кожному проміжному методу обробки із таблиць економічної точності вибираючи допуски на обробку і розраховуючи частинні уточнення.

- Точіння чорнове: $\varepsilon_1 = \frac{1.1}{0,25} = 4.4;$

- Точіння чистове: $\varepsilon_2 = \frac{0,25}{0,1} = 2.5;$

- Шліфування чорнове: $\varepsilon_3 = \frac{0,1}{0,062} = 1.613;$

- Шліфування чистове: $\varepsilon_4 = \frac{0,062}{0,025} = 2.48;$

- Шліфування тонке: $\varepsilon_5 = \frac{0,025}{0,015} = 1.67.$

Частинне уточнення для другого маршруту обробки:

- Точіння чорнове: $\varepsilon_1 = \frac{1.1}{0,25} = 4.4;$

- Точіння чистове: $\varepsilon_2 = \frac{0,25}{0,1} = 2.5;$

- Шліфування: $\varepsilon_3 = \frac{0,1}{0,039} = 2.564;$

- Суперфініш: $\varepsilon_4 = \frac{0,039}{0,015} = 2.6.$

Достатність і економічну доцільність вибору маршруту обробки перевіряємо за умовою фактичного уточнення:

$$\varepsilon_{заг} \leq \varepsilon_{\phi} = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \varepsilon_3;$$

1 маршрут

$$\varepsilon_{\phi} = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \varepsilon_3 \cdot \varepsilon_4 \cdot \varepsilon_5 = 4.4 \cdot 2.5 \cdot 1.613 \cdot 2.48 \cdot 1.67 = 73.48 > \varepsilon_{заг} = 73,33$$

умова виконується.

2 маршрут

$$\varepsilon_{\phi} = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \varepsilon_3 \cdot \varepsilon_4 = 4.4 \cdot 2.5 \cdot 2.564 \cdot 2.6 = 73.33 = \varepsilon_{заг} = 73,33$$

умова виконується.

Таким чином більш прийнятним є маршрут по другому варіанту, оскільки $\varepsilon_{\phi 2}$ більше наближено до $\varepsilon_{заг}$.

Вибір маршрутів обробки інших поверхонь наведені в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5

Зведена таблиця технологічних маршрутів обробки поверхонь деталі
шестерня ведуча

Позначення поверхні	Допуск на поверхню деталі δ_d , мм	Шорсткість поверхні R_a	Допуск на заготовку δ_z , мм	Загальне уточнення ϵ_z	Можливі технологічні маршрути обробки		Економічні допуски на проміжні методи обробки	Частинні коефіцієнти уточнення
					№	Зміст маршруту		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1, 2	0,7	12,5	3,2	4,57	1	Точіння одноразове	0,7	4,57
3, 10	0,015	0,16	1,1	73,33	1	Точіння чорнове	0,25	4,4
						Точіння чистове	0,1	2,5
						Шліфування	0,039	2,564
						Суперфініш	0,015	2,6
					2	Точіння чорнове	0,25	4,4
						Точіння чистове	0,1	2,5
						Шліфування чорнове	0,062	1,613
						Шліфування чистове	0,025	2,48
						Шліфування тонке	0,015	1,67
4, 8	0,02	0,16	2,8	140	1	Точіння чорнове	0,25	11,2
						Точіння чистове	0,1	2,5
						Шліфування	0,039	2,56
						Доводка	0,02	1,95
6	0,03	1,25	2,8	93,3	1	Точіння чорнове	0,3	9,33
						Точіння чистове	0,12	2,5
						Шліфування	0,03	4

продовження таблиці 2.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9
7	0,1	2,5	-	-	1	Фрезерування	0,25	-
						Довбання	0,15	1,67
						Шевингування	0,1	1,5
13	0,062	1,25	1,1	17,7	1	Точіння чорнове	0,25	4,4
						Точіння чистове	0,1	2,5
						Шліфування	0,062	1,61
						Фрезерування шліців	0,167	-
11	0,062	1,25	1,1	17,7	1	Точіння чорнове	0,25	4,4
						Точіння чистове	0,1	2,5
						Шліфування	0,062	1,61

2.5 Розробка маршрутів виготовлення деталі

Маршрут виготовлення деталі шестерня ведуча НШ100А-3-00-03.

005 Токарна з ЧПК (токарний з ЧПК SL-20 фірми HAAS)

1. Встановити деталь.
2. Точити торець, цапфу з короткої сторони та вінець начорно.
3. Точити торець, цапфу з короткої сторони та вінець начисто.
4. Точити канавку.
5. Свердлити центровий отвір.
6. Зняти деталь.

010 Токарна з ЧПК (токарний з ЧПК SL-20 фірми HAAS)

1. Встановити деталь.

2. Точити торець, цапфу з довгої сторони та торець вінця начорно.
3. Точити торець, цапфу з довгої сторони та торець вінця начисто.
4. Точити канавку.
5. Точити канавку.
6. Свердли́ти центровий отвір.
7. Зняти деталь.

020 Зубофрезерна (зубофрезерний напівавтомат 5B312)

1. Встановити деталь.
2. Фрезерувати зубці.
3. Зняти деталь.

025 Зубодовбальна (зубодовбальний напівавтомат 5122KH24)

1. Встановити деталь.
2. Довбати зубці.
3. Зняти деталь.

030 Зубшевінгувальна (зубшевінгувальний напівавтомат 5702B)

1. Встановити деталь.
2. Шевінгувати зубці.
3. Зняти деталь.

035 Шліцефрезерна (шліцефрезерний напівавтомат 5350A)

1. Встановити деталь.
2. Фрезерувати шліці.
3. Зняти деталь.

050 Термічна

060 Круглошліфувальна (круглошліфувальний напівавтомат 3A151)

1. Встановити деталь.
2. Шліфувати зубчатий вінець.
3. Зняти деталь.

065 Круглошліфувальна (круглошліфувальний напівавтомат 3A151)

1. Встановити деталь.
2. Шліфувати шліцьову шийку.

3. Зняти деталь.

070 Торцекруглошліфувальна (торцекруглошліфувальний 3Т160)

1. Встановити деталь.

2. Шліфувати одночасно цапфу з довгої сторони і торець вінця.

3. Зняти деталь.

075 Торцекруглошліфувальна (торцекруглошліфувальний 3Т160)

1. Встановити деталь.

2. Шліфувати одночасно цапфу з короткої сторони і торець вінця.

3. Зняти деталь.

080 Слюсарна

1. Спилять заусенці.

085 Суперфінішна (суперфінішний напівавтомат 3Д879)

1. Встановити деталь.

2. Суперфінішувати шийки шестерні одночасно.

3. Зняти деталь.

090 Доводочна (доводочний автомат 020-011)

1. Встановити деталь.

2. Довести торці зубчатого вінця одночасно.

3. Зняти деталь.

095 Слюсарна

1. Спилять заусенці.

100 Контрольна

2.6. Вибір технологічних баз

При обробці деталі шестерня ведуча НШ100А-З-00-03 приймаємо слідуєчі технологічні бази: за чорнову базу приймаємо зовнішню циліндричну поверхню заготовки та торець зубчатого вінця. На двох перших операціях виконується підготовка чистової технологічної бази для всієї послідуєчої механічної обробки – свердління центрових отворів. При обробці зубців деталь базується в центрах. Кінцева абразивна обробка також здійснюється при базуванні деталі в центрах. Виняток складає суперфінішна операція де деталь встановлюється на валки верстата.

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

На підставі 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 наведено в таблиці 2.6.

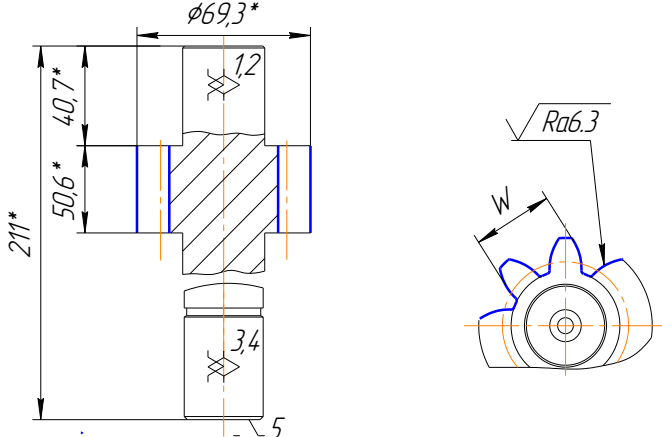
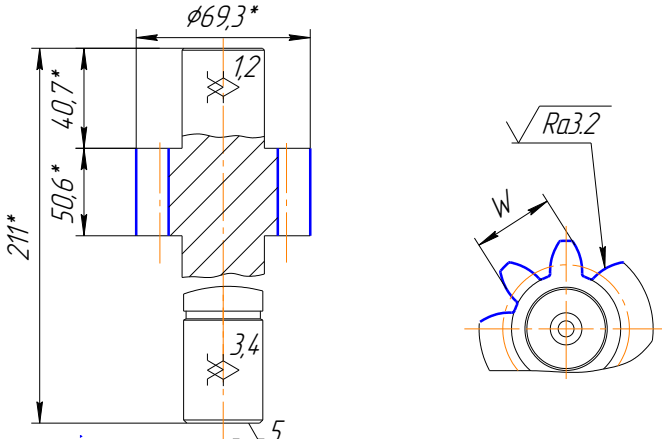
Моделі верстатів та їх технічні характеристики наведені у таблиці 2.7.

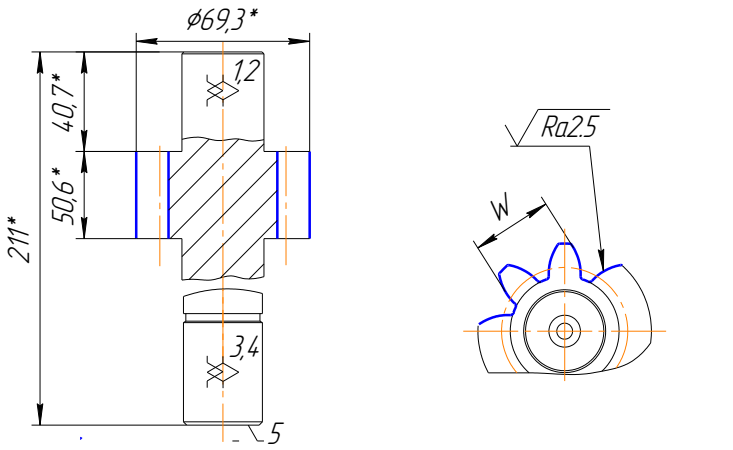
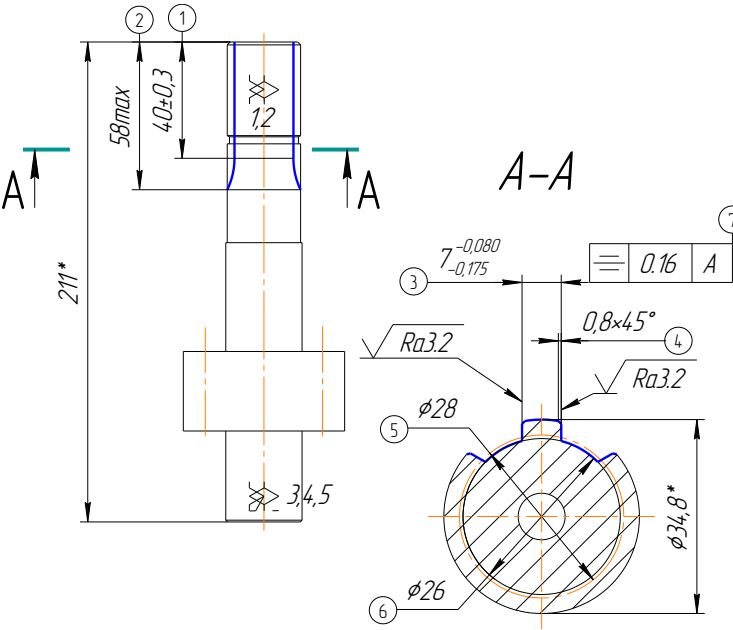
Таблиця 2.6

Розробка маршруту обробки деталі шестерня ведуча НШ100А-3-00-03

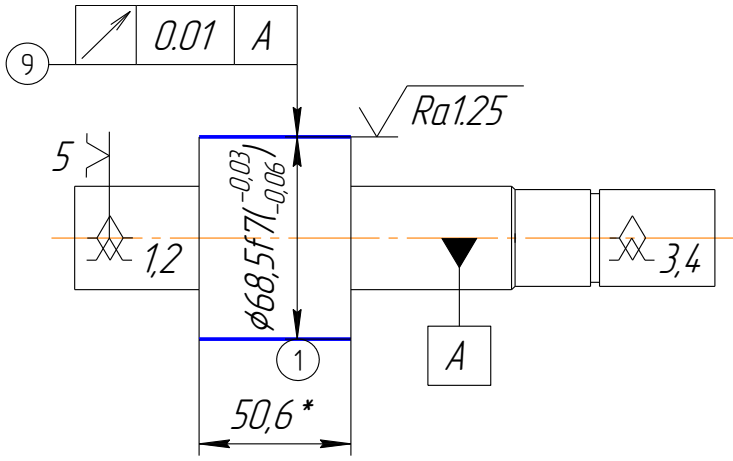
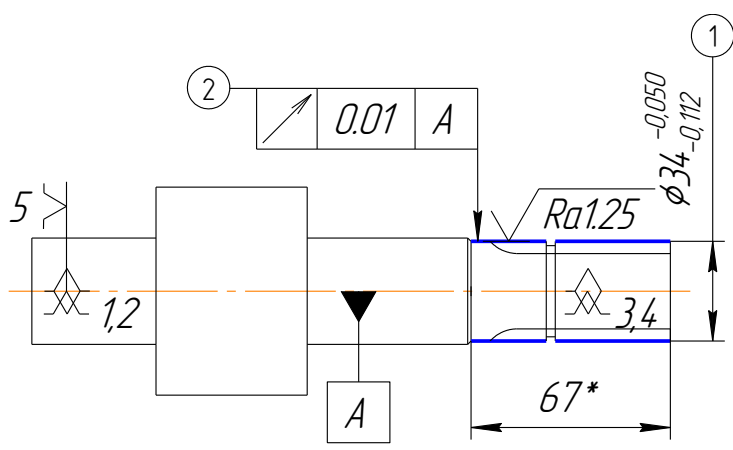
№ опер	Обладнання	Операційний ескіз	Зміст операції
1	2	3	4
005 Токарна з ЧПК	Токарний з ЧПК SL-20 фірми HAAS		1. Встановити деталь. 2. Точити торець, цапфу з короткої сторони та вінець начорно, витримавши розміри 1, 2, 3, 4. 3. Точити цапфу з короткої сторони та вінець начисто, витримавши розміри 5, 6, 7, 8, 9. 4. Точити канавку, витримавши розміри 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21. 5. Свердлити цетровий отвір, витримавши розміри 10, 11, 12, 13, 14. 6. Зняти деталь.

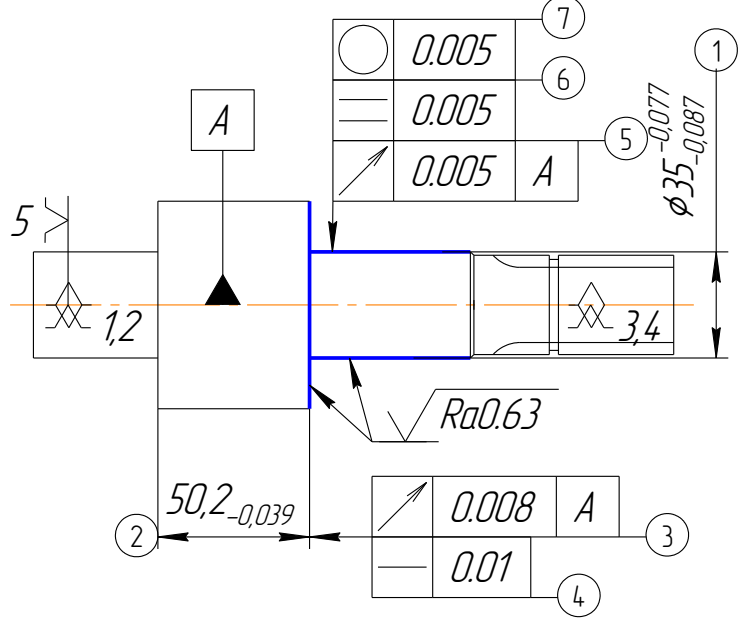
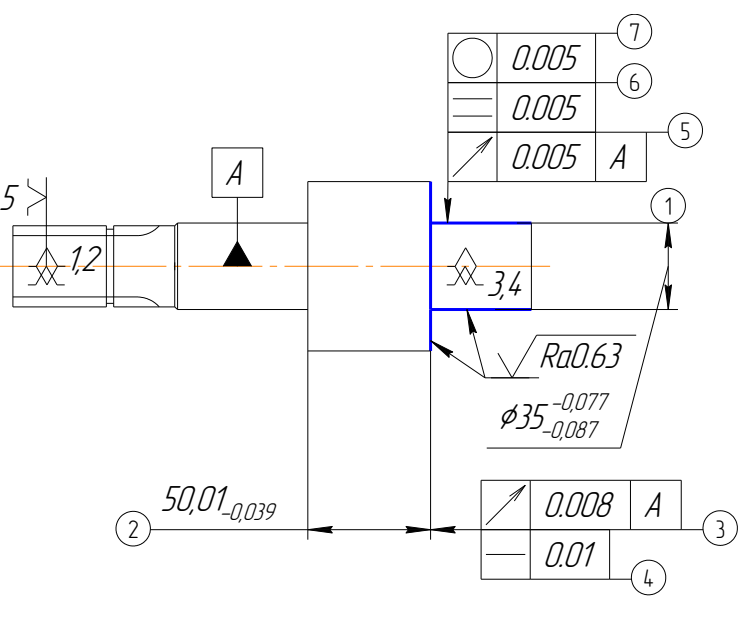
1	2	3	4
010 Токарна з ЧПК	Токарний з ЧПК SL-20 фірми HAAS		1. Встановити деталь. 2. Точити торець, цапфу з довгої сторони та торець вінця начорно, витримавши розміри 1, 2, 3, 4. 3. Точити цапфу з довгої сторони та торець вінця начисто, витримавши розміри 5, 6, 8, 9, 10, 11. 4. Точити канавку, витримавши розміри 7, 23, 24, 25, 26. 5. Точити канавку, витримавши розміри 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22. 6. Свердлити цетровий отвір, витримавши розміри 12, 13, 14, 15, 23. 7. Зняти деталь.

1	2	3	4																															
020 Зубофрезерна	Зубофрезерний напівавтомат 5B312	 <table><tr><td>Модуль</td><td></td><td>m</td><td>5</td></tr><tr><td>Число зубців</td><td></td><td>z</td><td>11</td></tr><tr><td>Вихідний контур</td><td></td><td></td><td>ГОСТ 13755–81</td></tr><tr><td>Коефіцієнт зміщення вихідного контура</td><td></td><td>x</td><td>+0,657</td></tr><tr><td rowspan="2">Допуск на коливання вимірювальної міжцентрової відстані</td><td>за оборот колеса</td><td>F_i''</td><td>0,3</td></tr><tr><td>на одному зубі</td><td>f_i''</td><td>0,1</td></tr><tr><td>Допуск на похибку напрямку зубця</td><td></td><td>F_p</td><td>0,1</td></tr><tr><td>Довжина загальної нормалі</td><td></td><td>W</td><td>26,25-0,25</td></tr></table>	Модуль		m	5	Число зубців		z	11	Вихідний контур			ГОСТ 13755–81	Коефіцієнт зміщення вихідного контура		x	+0,657	Допуск на коливання вимірювальної міжцентрової відстані	за оборот колеса	F _i ''	0,3	на одному зубі	f _i ''	0,1	Допуск на похибку напрямку зубця		F _p	0,1	Довжина загальної нормалі		W	26,25-0,25	1. Встановити деталь. 2. Фрезерувати зубці шестерні, витримавши розміри згідно таблиці. 3. Зняти деталь.
Модуль		m	5																															
Число зубців		z	11																															
Вихідний контур			ГОСТ 13755–81																															
Коефіцієнт зміщення вихідного контура		x	+0,657																															
Допуск на коливання вимірювальної міжцентрової відстані	за оборот колеса	F _i ''	0,3																															
	на одному зубі	f _i ''	0,1																															
Допуск на похибку напрямку зубця		F _p	0,1																															
Довжина загальної нормалі		W	26,25-0,25																															
025 Зубодовбальна	Зубодовбальний напівавтомат 5122KN24	 <table><tr><td>Модуль</td><td></td><td>m</td><td>5</td></tr><tr><td>Число зубців</td><td></td><td>z</td><td>11</td></tr><tr><td>Вихідний контур</td><td></td><td></td><td>ГОСТ 13755–81</td></tr><tr><td>Коефіцієнт зміщення вихідного контура</td><td></td><td>x</td><td>+0,657</td></tr><tr><td rowspan="2">Допуск на коливання вимірювальної міжцентрової відстані</td><td>за оборот колеса</td><td>F_i''</td><td>0,085</td></tr><tr><td>на одному зубі</td><td>f_i''</td><td>0,045</td></tr><tr><td>Допуск на похибку напрямку зубця</td><td></td><td>F_p</td><td>0,02</td></tr><tr><td>Довжина загальної нормалі</td><td></td><td>W</td><td>24.98-0,15</td></tr></table>	Модуль		m	5	Число зубців		z	11	Вихідний контур			ГОСТ 13755–81	Коефіцієнт зміщення вихідного контура		x	+0,657	Допуск на коливання вимірювальної міжцентрової відстані	за оборот колеса	F _i ''	0,085	на одному зубі	f _i ''	0,045	Допуск на похибку напрямку зубця		F _p	0,02	Довжина загальної нормалі		W	24.98-0,15	1. Встановити деталь. 2. Довбати зубці шестерні, витримавши розміри згідно таблиці. 3. Зняти деталь.
Модуль		m	5																															
Число зубців		z	11																															
Вихідний контур			ГОСТ 13755–81																															
Коефіцієнт зміщення вихідного контура		x	+0,657																															
Допуск на коливання вимірювальної міжцентрової відстані	за оборот колеса	F _i ''	0,085																															
	на одному зубі	f _i ''	0,045																															
Допуск на похибку напрямку зубця		F _p	0,02																															
Довжина загальної нормалі		W	24.98-0,15																															

1	2	3	4																															
030 Зубошевінговальна	Зубошевінгувальний напівавтомат 5702В	 <table border="1" data-bbox="443 907 1141 1220"> <tr> <td>Модуль</td><td></td><td>m</td><td>5</td></tr> <tr> <td>Число зубців</td><td></td><td>z</td><td>11</td></tr> <tr> <td>Вихідний контур</td><td></td><td></td><td>ГОСТ 13755-81</td></tr> <tr> <td>Коефіцієнт зміщення вихідного контура</td><td></td><td>x</td><td>+0,657</td></tr> <tr> <td rowspan="2">Допуск на коливання вимірювальної міжцентрової відстані</td><td>за оборот колеса</td><td>F_i''</td><td>0,052</td></tr> <tr> <td>на одному зубі</td><td>f_i''</td><td>0,028</td></tr> <tr> <td>Допуск на похибку напрямку зубця</td><td></td><td>F_p</td><td>0,15</td></tr> <tr> <td>Довжина загальної нормалі</td><td></td><td>W</td><td>$24.117^{+0.347}_{-0.447}$</td></tr> </table>	Модуль		m	5	Число зубців		z	11	Вихідний контур			ГОСТ 13755-81	Коефіцієнт зміщення вихідного контура		x	+0,657	Допуск на коливання вимірювальної міжцентрової відстані	за оборот колеса	F_i''	0,052	на одному зубі	f_i''	0,028	Допуск на похибку напрямку зубця		F_p	0,15	Довжина загальної нормалі		W	$24.117^{+0.347}_{-0.447}$	1. Встановити деталь. 2. Шевінгувати зубці шестерні, витримавши розміри згідно таблиці. 3. Зняти деталь.
Модуль		m	5																															
Число зубців		z	11																															
Вихідний контур			ГОСТ 13755-81																															
Коефіцієнт зміщення вихідного контура		x	+0,657																															
Допуск на коливання вимірювальної міжцентрової відстані	за оборот колеса	F_i''	0,052																															
	на одному зубі	f_i''	0,028																															
Допуск на похибку напрямку зубця		F_p	0,15																															
Довжина загальної нормалі		W	$24.117^{+0.347}_{-0.447}$																															
035 Шліцефрезерна	Шліцефрезерний напівавтомат 5350А		1. Встановити деталь. 2. Фрезерувати шліці, витримавши розміри 1, 2, 3, 4, 5, 6 та вимогу 7. 3. Зняти деталь.																															

продовження таблиці 2.6

1	2	3	4
060 Круглошліфувальна	Круглошліфувальний 3A151		1. Встановити деталь. 2. Шліфувати зубчатий вінець, витримавши розмір 1 та допуск 2. 3. Зняти деталь.
065 Круглошліфувальна	Круглошліфувальний 3A151		1. Встановити деталь. 2. Шліфувати шліцьову шийку, витримавши розмір 1 та допуск 2. 3. Зняти деталь.

1	2	3	4
070 Торцекруглошліфувальна	Торцекруглошліфувальний 3Т160		1. Встановити деталь. 2. Шліфувати одночасно цапфу довгої сторони і торець вінця, витримавши розміри 1, 2 та вимоги 3, 4, 5, 6, 7. 3. Зняти деталь.
075 Торцекруглошліфувальна	Торцекруглошліфувальний 3Т160		1. Встановити деталь. 2. Шліфувати одночасно цапфу короткої сторони і торець вінця, витримавши розміри 1, 2 та вимоги 3, 4, 5, 6, 7. 3. Зняти деталь.

1	2	3	4
085 Суперфінішна	Суперфінішний автомат 3Д879		1. Встановити деталь. 2. Суперфінішувати шийки одночасно витримавши розміри 1, 2 та вимоги 3, 4, 5. 3. Зняти деталь
090 Доводочна	Доводочний автомат 020-011		1. Встановити деталь. 2. Довести торці одночасно витримавши розмір 1 та вимоги 2, 3, 4, 5. 3. Зняти деталь.

2.8. Вибір затискних пристроїв

Після вибору обладнання, необхідно наступним етапом встановити, які затискні пристрої у відповідності з операційними ескізами необхідні для виконання операцій. Технічні характеристики вибраних затискних пристроїв приведені в таблиці 2.8.

Таблиця 2.8

Затискні пристрої для обробки деталі

№ перації	Найменування пристосування	Стандарт (код)	Вид приводу
1	2	3	4
005	Патрон VITAGANA B-210	-	Гідравлічний
010	Патрон VITAGANA B-210	-	Гідравлічний
020	Пристрій зубофрезерний	7533-4065	Гідравлічний
	Центр нижній	7533-6007	Гідравлічний
	Центр верхній	7533-6080	
025	Пристрій зубодовбальний	7520-4073	Гідравлічний
	Центр задній	7520-4063-1	
	Центр передній	7520-4063-2	
030	Пристрій шевінгувальний	7030-4081	Гідравлічний
035	Центр передній	7032-4006	Гідравлічний
	Хомут	7067-6059	
060	Центр задній	7032-0032	Пневматичний
	Центр передній	7032-0033	
	Поводок	1309-86	
065	Центр задній	7032-0032	Пневматичний
	Центр передній	7032-0033	
	Поводок	1309-86	

продовження таблиці 2.8

1	2	3	4
070	Центр задній	7032-0032	Пневматичний
	Центр передній	7032-0033	
	Поводок	1309-86	
075	Центр задній	7032-0032	Пневматичний
	Центр передній	7032-0033	
	Поводок	1309-86	
085	Валок (2 штуки)	7662-6023	-
090	Центр задній	2742-75	Механічний
	Центр передній	7032-6046	

2.9. Вибір ріжучого інструменту

На операціях, де обробка ведеться на оброблюючих центрах HAAS буде використано інструмент фірми Iscar.

Інформацію про обраний інструмент заносимо до таблиці 2.9.

Таблиця 2.9

Ріжучий інструмент для механічної обробки деталі

№ опер	№ пер.	Назва інструменту	Стандарт (код)	Ріжуча частина	
				Матеріал	ГОСТ
1	2	3	4	5	6

продовження таблиці 2.9

1	2	3	4	5	6
005	2, 3	Різець контурний: державка пластина	MULNR2525M15 WNMG08...WG	- IC 9015	- DIN/ISO513
	4	Різець канавочний державка пластина	BNR MB24x100 CCMT 09T304	- IC 9025	- DIN/ISO513
	5	Свердло центрове	14952-72	P6M5	19265-73
010	2, 3	Різець контурний: державка пластина	MULNR2525M15 WNMG08...WG	- IC 9015	- DIN/ISO513
	4	Різець канавочний державка пластина	BNR MB24x100 CCMT 09T304	- IC 9025	- DIN/ISO513
	5	Різець канавочний державка пластина Свердло центрове	BNR MB24x100 CCMT 09T304 14952-72	- IC 9025 P6M5	- DIN/ISO513 19265-73
020	2	Фреза черв'ячна m=5мм	18695-88	P6M5	19265-73
025	2	Довбач дисковий m=5мм	9323-79	P6M5	19265-73
030	2	Шевер дисковий m=5мм	8570-80	P6M5	19265-73
035	2	Фреза черв'ячна шліцьова	2520-4003	P6M5	19265-73
060	2	Круг шліфувальний ПП600x80x305	2424-83	14A25PC3 T1K6	3647-81

продовження таблиці 2.9

1	2	3	4	5	6
065	2	Круг шліфувальний ПП600х80х305	2424-83	14A25ПС3 Т1К6	3647-81
070	2	Круг шліфувальний ПП750х63х305	2424-83	14A16ПСМ2 С16К6	3647-81
075	2	Круг шліфувальний ПП750х63х305	2424-83	14A16ПСМ2 С16К6	3647-81
080	2	АББС 125х80х5х16	37397-83	АСМ20/14 К3-02-1-К	-
085	2	Алмазний круг 200х32х50х3	ТУ2-037-233-78	В3-0150	-

2.10. Вибір вимірювальних пристроїв та інструментів

Засоби технічного контролю технічних операцій обирають з урахуванням точності вимірювання, розміру, якості вимірювальної поверхні. Відомості про засоби технічного контролю приводимо в таблиці 2.10.

Таблиця 2.10

Вимірювальний інструмент для контролю деталей

№ опер	№ пер.	Параметр деталі, що контролюється	Найменування інструменту	Стандарт (код)
1	2	3	4	5
005	3	Діаметр цапфи $\varnothing 35,5_{-0,062}$	Калібр-скоба 35,5h10	8551-75
		Довжина цапфи $41.7 \pm 0,2$	Шаблон 41.7	2556-3669
		Діаметр вінця $\varnothing 69,3_{-0,12}$	Калібр-скоба 69,3h10	8551-75
	4	Діаметр канавки $\varnothing 34,85_{-0,52}$	Калібр-скоба 34,85h12	8551-75

1	2	3	4	5
010	3	Діаметр цапфи $\varnothing 35,5_{-0,062}$	Калібр-скоба 35,5h10	8551-75
		Діаметр шийки $\varnothing 34,8_{-0,062}$	Калібр-скоба 34,8h10	8551-75
		Ширина вінця 50.6 $_{-0,1}$	Шаблон 50.6	2556-3687
	4	Діаметр канавки $\varnothing 32,2_{-0,25}$	Калібр-скоба 32.2h12	8551-75
		Ширина канавки 2.4 $\pm 0,3$	Шаблон 2.4 $\pm 0,3$	2556-3662
	5	Діаметр канавки $\varnothing 34,85_{-0,52}$	Калібр-скоба 34,85h12	8551-75
020	2	Допуск на похибку напрямку зубців 0,1	Прибор для контролю	8532-4054
025	2	Допуск на похибку напрямку зубців 0,02	Прибор для контролю	8532-4054
030	2	Допуск на похибку напрямку зубців 0,017	Прибор для контролю	8532-4054
035	2	Діаметр западин $\varnothing 26_{-0,7}$	Скоба 26 $_{-0,7}$	8111-4004
		Ширина шліця 7 $^{-0,08}_{-0,175}$	Калібр 7 $^{-0,08}_{-0,175}$	8152-4010
060	2	Діаметр вінця $\varnothing 68,5_{-0,06}^{+0,03}$	Калібр-скоба 68,5f7	8551-75
065	2	Діаметр шліцьової шийки $\varnothing 34_{-0,112}^{+0,05}$	Калібр-скоба 34e9	8551-75
070	2	Ширина вінця 50.2 $_{-0,039}$	Калібр-скоба 50.2h9	8551-75
		Діаметр цапфи $\varnothing 35_{-0,087}^{+0,077}$	Калібр-скоба 35h7	8551-75
075	2	Ширина вінця 50.1 $_{-0,039}$	Калібр-скоба 50.1h9	8551-75
		Діаметр цапфи $\varnothing 35_{-0,087}^{+0,077}$	Калібр-скоба 35h7	8551-75
085	2	Діаметр цапфи $\varnothing 35_{-0,095}^{+0,08}$	Калібр-скоба 35f6	8551-75
090	2	Ширина вінця 50 $_{-0,02}$	Калібр-скоба 50h7	8551-75
		Відхилення від площинності 0,01 мм	Пристрій для контролю площинності	7455-5887
		Відхилення від паралельності 0,01 мм	Пристрій для контролю паралельності	7455-1455

2.11 Визначення припусків та операційних розмірів деталі

Таблиця 2.11

Зведена таблиця припусків на обробку шестерні ведучої

№ поверхні	Технологічний перехід	Припуск	Допуск
1, 2	Точіння одноразове	2,0	0,7
3, 10	Точіння чорнове	2,0	0,25
	Точіння чистове	0,75	0,1
	Шліфування	0,25	0,039
	Суперфініш	0,025	0,015
4, 8	Точіння чорнове	2,0	0,25
	Точіння чистове	0,5	0,01
	Шліфування	0,3	0,039
	Доводка	0,025	0,02
6	Точіння чорнове	1,5	0,3
	Точіння чистове	0,85	0,12
	Шліфування	0,4	0,03
11	Точіння чорнове	2,0	0,25
	Точіння чистове	0,75	0,1
	Шліфування	0,3	0,062

2.12 Розрахунок режимів різання

Аналітичним методом визначаємо режими різання на 025 операцію зубодовбальну. На даній операції проводиться напівчистова обробка зубців шестерні.

Вихідні дані:

Верстат – зубодовбальний напівавтомат 5122КН24;

Різальний інструмент – дисковий довбач Ø125мм з швидкоріжучої сталі Р6М5.

Приймаємо колову подачу S згідно з [23]. Тож при модулі зубчастого зачеплення $m=5$ та потужності привода головного руху $N=7,5\text{кВт}$, кількістю зубців шестерні $z=11$ приймаємо $S_T=0,35\text{мм/подв.хід}$.

Вносимо поправки у відповідності з зміненими умовами роботи

$$S = S_T \cdot K_s,$$

де $K_s = 0,9$ - поправочний коефіцієнт у зв'язку із зміненими умовами роботи.

$$S = 0.35 \cdot 0.9 = 0.32 \text{ мм/подв.хід}$$

Визначаємо радіальну подачу $S_{\text{рад}}$ згідно рекомендацій [23]:

$$S_{\text{рад}} = (0,1 \dots 0,3) \cdot S = (0,1 \dots 0,3) \cdot 0.32 = 0.07 \text{ мм/подв.хід}$$

Приймаємо швидкість різання V згідно з [23]. Отже при модулі зубчастого зачеплення $m=5$ та коловій подачі $S=0,32$ приймаємо $V_T= 16 \text{ м/хв}$.

Вносимо поправки у відповідності з зміненими умовами роботи

$$V = V_T \cdot K_v$$

де $K_v = 0,9$ - поправочний коефіцієнт у зв'язку із зміненими умовами роботи.

$$V = 16 \cdot 0.9 = 14,4 \text{ м/хв}$$

Визначаємо число подвійних ходів довбача за хвилину:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{2 \cdot L},$$

де $L = b + 2 \cdot l_{\text{пер}}$ - довжина ходу довбача;

$b = 50$ мм - ширина вінця шестерні;

$l_{\text{пер}} = 8$ мм - довжина перебігу.

Тож $L = 50 + 2 \cdot 8 = 66$ мм.

$$n = \frac{1000 \cdot 14,4}{2 \cdot 66} = 110 \text{ подв.ход} / \text{хв}$$

Визначаємо потужність різання N :

$$N = N_T \cdot K_N$$

де N_T – табличне значення потужності різання.

$K_N = 0,9$ - поправочний коефіцієнт у зв'язку із зміненими умовами роботи.

При модулі зубчастого зачеплення $m=5$ та коловій подачі $S=0.32$ приймаємо $N_T=2.3$ кВт.

$$N = 2.3 \cdot 0.9 = 2.1 \text{ кВт}$$

Щоб визначити чи можлива обробка на даному верстаті перевіримо умову:

$$N_{\text{ог}} \cdot \eta \geq N$$

$$7.5 \cdot 0.6 \geq 2.1$$

$$4.5 \geq 2.1$$

умова виконується, обробка можлива.

Для розрахунку сили затиску також визначаємо силу різання

$$P_z = \frac{N \cdot 1020 \cdot 60}{V} = \frac{2.1 \cdot 1020 \cdot 60}{14.4} = 8925 \text{ Н.}$$

Визначаємо основний час на обробку t_o :

$$t_o = \frac{\pi \cdot m \cdot z}{n \cdot S} \cdot i + \frac{h_1}{n \cdot S_{\text{пад}}},$$

де $i=2$ число робочих ходів;

$h_1 = 11.65$ мм – висота нарізованого зубця.

$$t_o = \frac{3.14 \cdot 5 \cdot 11}{110 \cdot 0.32} \cdot 2 + \frac{11.65}{110 \cdot 0.07} = 11.32 \text{ хв.}$$

На решту операцій елементи режимів різання визначаємо за нормативними даними. Визначені величини елементів режимів різання заносимо до таблиці 2.12.

Таблиця 2.12

Зведена таблиця режимів різання на операції механічної обробки

Номер		L _{р.х.} , мм	t, мм	S, мм/об (мм/хв)	V, м/хв	n, об/хв	t _о , хв
операції	переходу						
1	2	3	4	5	6	7	8
005	2	104	2,0	0,25	178,4	800	0,52
	3	90	0,75	0,2	178,4	800	0,563
	4	12	1,5	0,15	96,96	800	0,1
	5	14	5,3	0,1	16,6	500	0,28
010	2	152	2,0	0,25	178,4	800	0,76
	3	138	0,75	0,2	178,4	800	0,863
	4	12	1,5	0,15	96,96	800	0,1
	5	5	2,4	0,15	84,42	800	0,042
	6	14	5,3	0,1	16,6	500	0,28
020	2	100	1,65	2,65/62,9	60	190	3,9
025	2	66	-	0,32	14,4	110	11,32
030	2	52,2	0,12	0,04	50	23	3,67
035	2	78	4,6	1,4	56	224	1,5
060	2	50,6	0,4	1,2 _(мм/хв)	51/36	1112/200	0,45
065	2	67	0,4	0,8 _(мм/хв)	50/40	950/375	1,2
070	2	53	0,2	0,6	50/30	1250/250	0,96
075	2	53	0,2	0,6	50/30	1250/250	0,96
085	2	-	0,025	600	17	300	0,26
090	2	-	0,025	0,015	45	300	0,573

2.13. Технічне нормування операцій

Таблиця 2.13

Результати технічного нормування операцій механічної обробки шестерні ведучої

№ операції	t_o , хв	t_d , хв	$t_{т.о.}$, хв	$t_{о.о.}$, хв	$t_{відп.}$, хв	$t_{шт.}$, хв	$T_{п.з.}$, хв	$t_{шт.к.}$, хв
005	1,463	0,75	0,066	0,055	0,077	2,411	20	2,491
010	2,045	0,75	0,084	0,07	0,098	3,047	20	3,127
020	3,9	0,92	0,144	0,12	0,169	5,253	24	5,349
025	11,32	0,93	1,041			13,291	24	13,387
030	3,67	0,92	0,138	0,115	0,161	5,004	24	5,1
035	1,5	0,88	0,071	0,059	0,083	2,593	24	2,689
060	0,45	0,48	0,028	0,023	0,033	1,014	18	1,086
065	1,2	0,48	0,05	0,042	0,059	1,831	18	1,903
070	0,96	0,52	0,044	0,037	0,052	1,613	18	1,685
075	0,96	0,52	0,044	0,037	0,052	1,613	18	1,685
085	0,26	0,46	0,022	0,018	0,025	0,785	16	0,849
090	0,573	0,46	0,031	0,026	0,031	1,121	16	1,185

3 Конструкторська частина

3.1. Розробка конструкції пристрою для встановлення і закріплення деталі

3.1.1. Опис будови та роботи пристрою

Для довбання зубців в деталі шестерня ведуча НШ100М-3-00-03 на операції 025 Зубодовбальна технологічного процесу механічної обробки використовується одномісний гідравлічний затискний пристрій.

Затискний пристрій складається з корпусу поз.1, який встановлено на корпус стола верстата за допомогою двох штифтів поз.41 та п'ятнадцяти гвинтів поз.36, в який вмонтовано пневмоциліндр (складається з гільзи поз.11 та поршня поз.4 з ущільнюючими кільцями поз.18) та який також має напрямні поверхні по яким переміщуються напрямна поз.2. До напрямної в свою чергу за допомогою трьох гвинтів поз.35 приєднані кронштейн поз.3 із запресованим в ньому центром верхнім поз.7. Герметичність штокової та безштокової порожнини забезпечують фланці поз.5 та поз.6 з встановленими в них ущільнюючими кільцями поз.18.

Нижня частина пристрою складається з кронштейна поз.8, який встановлено на обертовий стіл верстата за допомогою 8 болтів поз.37. На кронштейн встановлено фланець поз.9, в який встановлено нижній центр поз.10, підпружинений за допомогою пружини поз.20, гвинта поз.21, упора 17, опори поз.15 та ковпака поз.16. Кронштейн поз.8 під час налагодження центрується на столі верстата відносно верхнього центра.

Оброблюєма деталь встановлюється центровим отвором довгої сторони на плаваючий нижній центр та піднімається до контакту з верхнім центром.

Поворотом рукоятки гідросистеми робоча рідина подається в безштокову порожнину гідроциліндра. Під дією робочої рідини поршень разом з кронштейном поз.12 переміщуються вниз, закріплена на кронштейні напрямна рухається разом з ним. На напрямній закріплено верхній центр в кронштейні

поз.3, який переміщуючись вниз притискає деталь до фланця поз.9.

Після затиску виконується довбання зубців. Розтиск обробленої деталі виконується в зворотньому порядку – робоча рідина потрапляє в штокову порожнину, поршень разом з закріпленим на ньому кронштейном поз.12, та прямою закріпленою до кронштейна рухаються вгору. Центр верхній закріплений до прямої за допомогою кронштейна поз.3 рухаючись вгору припиняє дію на деталь, після цього деталь знімається з пристрою.

3.1.2. Розрахунок сили затиску деталі.

Оброблюєма деталь встановлюється одним центровим отвором в плаваючий нижній, торцем опирається на фланець пристрою і зверху затискається центром верхнім по другому центровому отвору. Внаслідок виконання механічної обробки виникає сила P_z , яка намагається повернути деталь відносно навколо точки О. Внаслідок даного провороту в точці контакту верхнього центра та центрового отвору виникає виштовхуюча сила (P_{np}), яка намагається змістити верхній центр догори.

Визначаємо мінімально необхідну силу затиску, привевши силу P_z до сили P_{np} , що діє в точці контакту верхнього центру та центрового отвору, та намагається відтиснути верхній центр від заготовки:

$$P_z \cdot l_1 = P_{np} \cdot l_2$$
$$P_{np} = \frac{P_z \cdot l_1}{l_2} = \frac{8925 \cdot 0,0185}{0,212} = 778,8 \text{ Н}$$

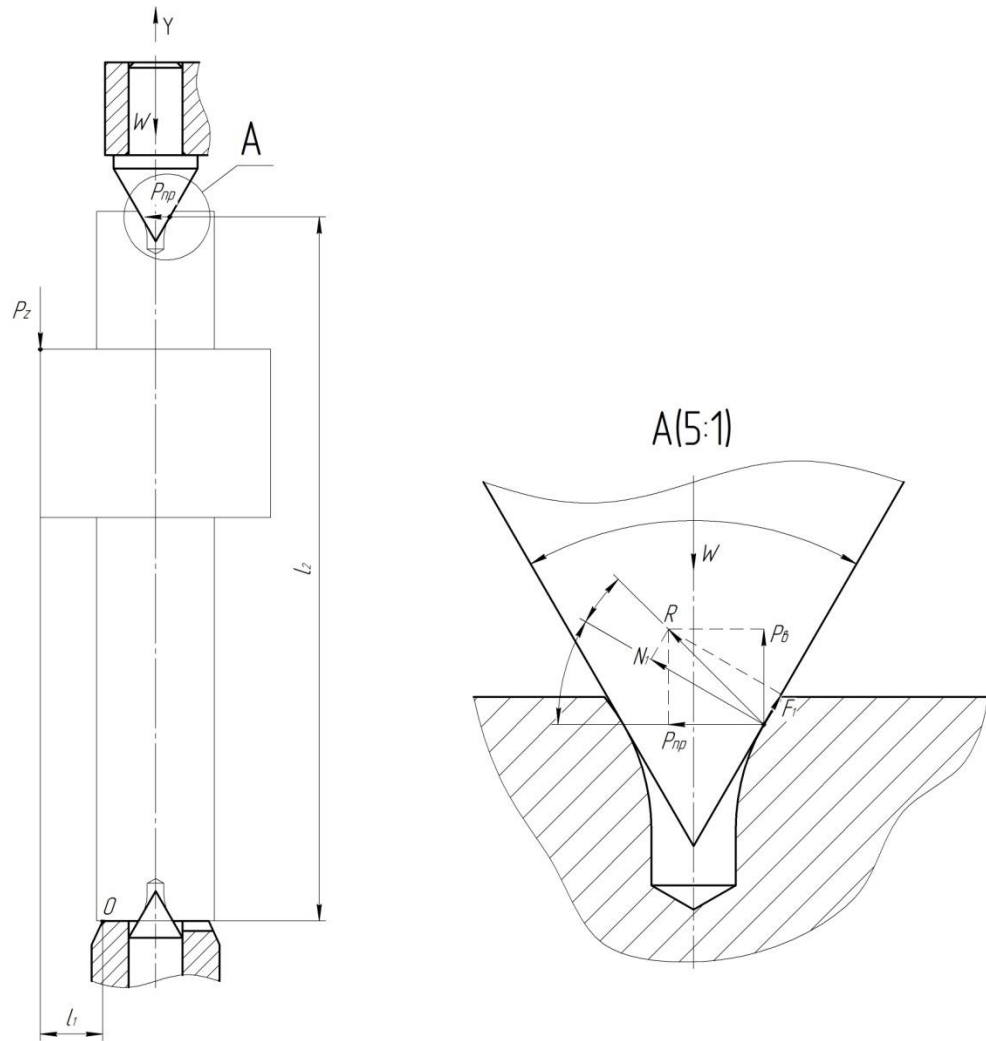


Рис.3.1. Розрахункова схема для визначення сили затиску.

Сума всіх сил по вісі Y повинна дорівнювати нулю:

$$\sum F_y = 0;$$

$$P_B - W = 0.$$

$$P_B = P_{np} \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{\alpha}{2} + \varphi\right),$$

де α – кут верхнього центра;

φ – кут тертя між верхнім центром та центровим отвором деталі.

$$P_B = 778.8 \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{60^\circ}{2} + 8.5^\circ\right) = 619.14 \text{ Н}$$

$$W = P_B \cdot K$$

де K – коефіцієнт запасу, який визначається з умов обробки.

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6;$$

де K_0 – гарантований коефіцієнт запасу, $K_0 = 1,5$,

K_1 – коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання через зношування ріжучого інструмента: $K_1 = 1,5$.

K_2 – коефіцієнт, що враховує вид обробки (чорнова чи чистова). $K_2 = 1,2$;

K_3 – динамічний коефіцієнт, що враховує виникаючі при деяких видах обробки удари. $K_3 = 1,2$;

K_4 – коефіцієнт, що враховує сталість затискного зусилля. При механізованому приводі $K_4 = 1,0$;

K_5 – коефіцієнт, що враховує зручність розміщення рукояток у ручних затискних пристроях. $K_5 = 1$;

K_6 – коефіцієнт, що враховує невизначеність положення заготовки через нерівності місця її контакту з опорними елементами (враховується лише за наявності крутного моменту, що намагається повернути заготовку). $K_6 = 1,0$.

$$K = 1,5 \cdot 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 3,24.$$

$$W = W_p \cdot K = 619,14 \cdot 3,24 = 2006 \text{ Н}.$$

Тож для забезпечення затиску деталі при виконанні зубодовбання сила затиску повинна бути не менша ніж 2006Н.

3.1.3. Розрахунок параметрів силового приводу

Визначаємо діаметр силового приводу. Приводом нашого затискного пристрою являється гідроциліндр.

Оскільки даний затискний пристрій не має підсилюючих ланок то:

$$Q = W = 2006 \text{ Н} = 200,6 \text{ кгс},$$

де Q – сила на штоці.

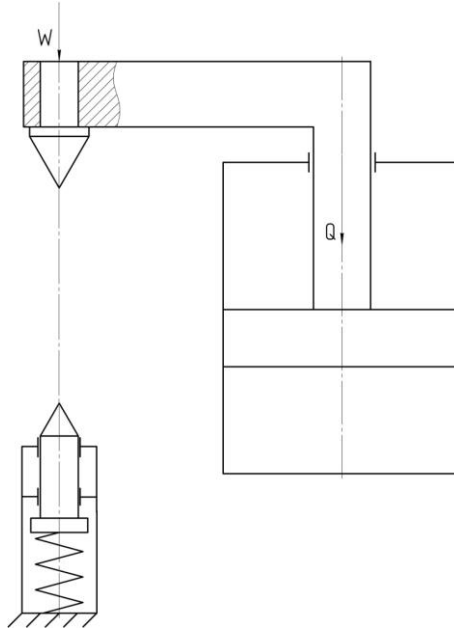


Рис. 3.2. Схема до розрахунку силового приводу

Затискання деталі відбувається при подачі рідини в штокову порожнину гідроциліндра, тож його діаметр визначається залежністю:

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi \cdot P \cdot \eta} + d^2};$$

де P – тиск стиснутого повітря в системі 30-50 кгс/см²;

$\eta = 0,85$ – ккд приводу;

$d=1.8$ см діаметр штоку гідроциліндра.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 200.6}{3,14 \cdot 30 \cdot 0,85} + 1.8^2} = 3.64 \text{ см}$$

Із стандартного ряду діаметрів циліндрів, а також із конструктивних міркувань, приймаємо найближче більше значення $D = 45$ мм.

3.1.4. Розрахунок пристрою на точність.

Точність виготовлення пристрою, а саме тих його елементів, які впливають на точність оброблюваного розміру може бути оцінена допуском, який визначається за формулою:

$$\varepsilon_{np} = T_A - k_m \cdot \sqrt{(k_{m1} \cdot \varepsilon_{\delta})^2 + \varepsilon_3^2 + (k_{m2} \cdot \omega_{m.o})^2},$$

де T_A – допуск на виконуваний розмір;

ε_{δ} – похибка базування деталі ($\varepsilon_{\delta} = 0$, оскільки конструкторська та вимірювальні бази співпадають з технологічною);

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) [5, т.1, с.8-12];

ε_3 – похибка закріплення деталі (при використанні механізованих затискних пристроїв, що забезпечують сталість сили затиску похибка закріплення деталі дорівнює нулю, оскільки може бути компенсована настройкою верстату).

Тож

$$\varepsilon_{np} = 0.15 - 0.9 \cdot \sqrt{(0.85 \cdot 0)^2 + 0^2 + (0.7 \cdot 0.15)^2} = 0.056 \text{ мм}.$$

3.1.4. Розрахунок на міцність слабких ланцюгів пристрою.

Слабкою ланкою даного пристрою є різь, яка знаходиться на поршні поз.4, що передає зусилля затиску на кронштейн поз.12. Сила затиску намагається розтягнути гвинт М20-6h. Умова міцності нарізаної частини гвинта:

$$\sigma_p = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot d_1^2} \leq [\sigma]_p;$$

де: $[\sigma]_p$ – допустиме напруження розтягу в поперечному перерізі;

σ_p – розрахункове напруження розтягу.

$$[\sigma]_p = \frac{\sigma_T}{[s]_T};$$

де: $[s]_T = 2$ – коефіцієнт запасу міцності;

$\sigma_T = 395 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2}$ – межа текучості матеріалу поршня - сталі 40Х.

$$[\sigma]_p = \frac{395}{2} = 264 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2};$$

$$d_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot F}{\pi \cdot [\sigma]_p}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2006}{3,14 \cdot 264}} = 3,11 \text{ мм};$$

Так як внутрішній діаметр різі $17,5 > 3,11$, умова міцності виконується.

3.2. Розробка конструкції контрольного пристрою

3.2.1. Опис конструкції та роботи пристрою

Контрольне пристосування призначене для контролю непрямолінійності на торцях шестерні веденої НШ100А-3-00-03. Величина допуску непрямолінійності 0,005.

Контрольне пристосування рис. 3.2 складається з корпусу поз. 3 на якому кріпиться стакан поз. 29 з втулкою. Вилка поз. 4 закріплена на плиті поз. 24, яка рухається на кулькових направляючих. Важіль поз. 5 закріплений в центрах поз. 8 і підтримується стійкою поз. 6. У важіль закріплюється утримувач поз. 51 і наконечниками поз. 2, за допомогою прижимів поз. 31. Наконечник переміщається по копіру поз. 1, який закріплений у вилці поз. 35. Паралельність копіра щодо торця втулки регулюється гвинтом поз. 32. Переміщення наконечника індикатора по торцю шестерні здійснюється за допомогою гвинта поз. 12. Переміщення наконечників індикатора обмежується упорами поз. 10.

Принцип виміру заснований на одночасному переміщенні наконечників по торцю деталі і копіру. Вимір проводять при переміщенні наконечника от вершини зуба до ніжки.

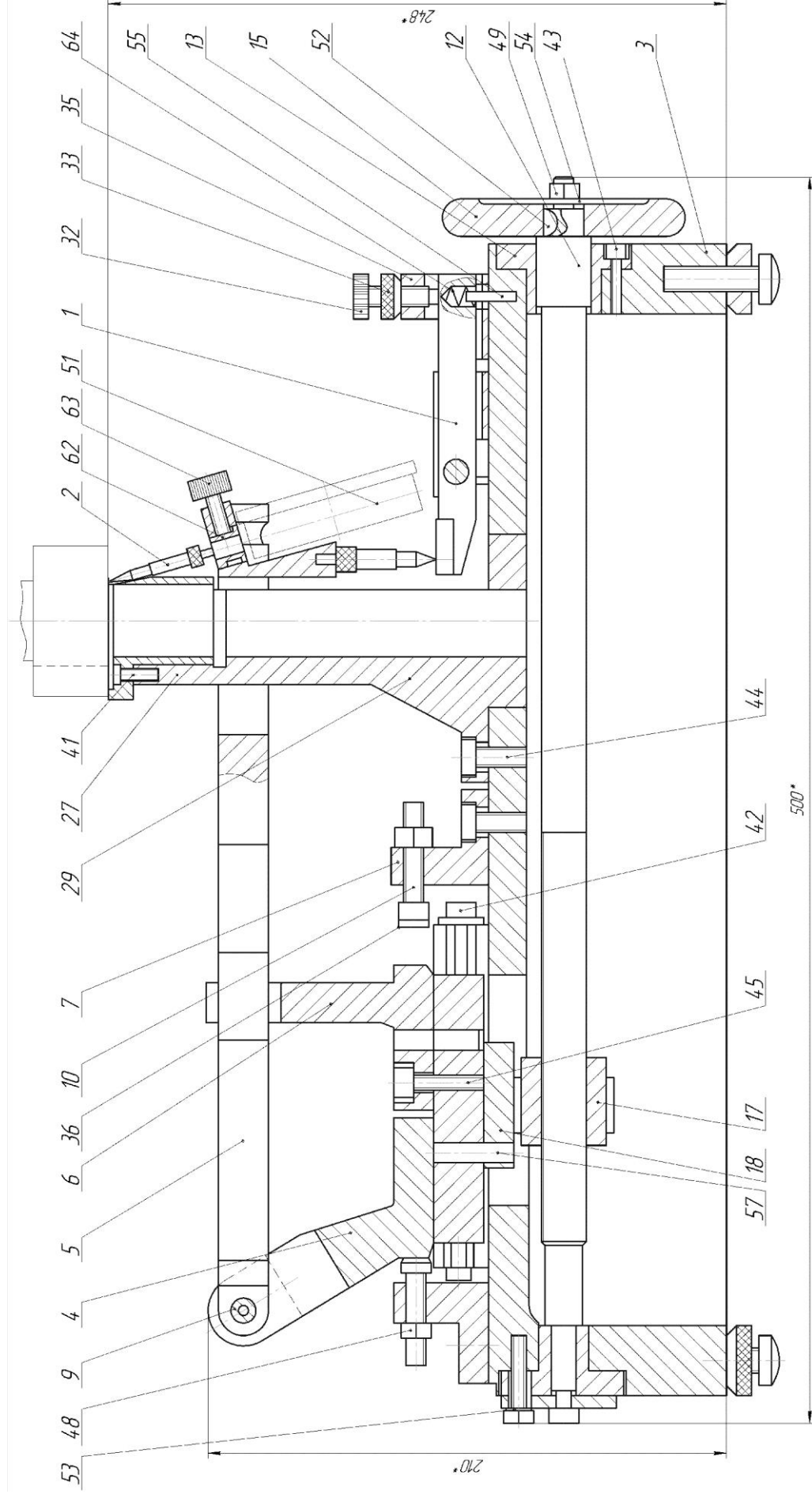


Рис. 3.6 Контрольный прибор

4. Дослідна частина

4.1 Вступ

Принцип модульного виконання знаходить все більш широке розповсюдження, так як при цьому можна значно швидше створювати (складати) двозахватні пристрої для певних умов праці з відповідними деталями. При модульній будові двозахватних пристрів являє собою набір функціонально – закінчених та взаємно – стикованих виконавчих механізмів, які здійснюють необхідні рухи та функції.

Наукова новизна.

Проведено оцінку ефективності використання ДПР в умовах обслуговування токарних РТК, та проведено порівняння з одно захватними виконаннями. ПР

Побудовані графіки залежності росту продуктивності від часу експлуатації роботів і експлуатаційних витрат та терміну окупності ПР від змінності роботи ТО і продуктивності устаткування при різних характеристиках ПР, які ще раз довели переваги ДПР.

Практична цінність.

Розроблені практичні рекомендації по проектуванню двозахватних пристроїв (на основі яких розроблено та запатентовано ряд конструкцій) та визначені основні напрямки ефективного їх використання в складі токарних РТК.

Закладені основи модульного принципу побудови двозахватних пристроїв з розробкою градації з'єднувальних елементів та розробкою модулів.

4.2. Загальні положення, та градація з'єднувальних елементів.

Для забезпечення модульного виконання двозахватних пристроїв важливою умовою є забезпечення їх стикування між собою. Це вимагає наявності елементів (фланців), які допускають з'єднання модулів в потрібній послідовності, щоб отримати потрібний варіант виконання пристрою.

Спочатку необхідно визначити можливі варіанти з'єднання фланців з ВЛ руки робота (зазвичай вихідний вал лінійного приводу руки) та вихідними частинами інших ланок двозахватного пристрою.

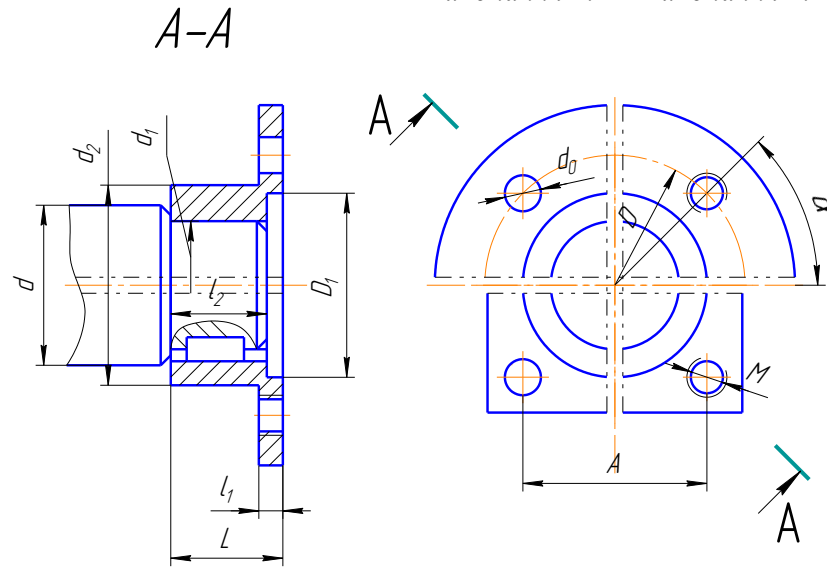
З'єднання модулів між собою можна виконувати наступними способами:

1. Використання в модулях змінних з'єднувальних фланців, що вимагає регламентації кінцевих елементів модулів, до яких можна приєднати фланці;
2. Використання перехідних (проміжних) фланців, які дозволяють з'єднувати модулі з постійними фланцями різного розміру;
3. Використання фланців, які мають потрібний набір отворів (пазів), що дозволяло б приєднати до цього фланця інші фланці (модулі) з меншими приєднувальними розмірами;
4. Використання спеціальних, в тому числі, автоматично діючих з'єднувальних пристроїв.

Виконання з'єднання модулів можливе при забезпеченні відповідності між конструктивними параметрами з'єднувальних елементів. Найбільш важливим є співпадання координат приєднувальних отворів та їх розмірів. Вирішення цього питання виконане за умови забезпечення оптимального співвідношення міжцентрових відстаней та діаметрами ланок модулів.

Виконання 1

Виконання 1.1 Виконання 1.2



Виконання 2.1 Виконання 2.2

Виконання 2

Рис. 4.1. Виконання з'єднувальних фланців.

Визначаючим фактором, що розподіляє фланці на два виконання, є спосіб встановлення координат приєднувальних отворів. Так, виконанню 1 – відповідає встановлення координат отворів діаметром (D) та кутом (α), що відповідає фланцям круглої форми (рис. 4.1). Виконання 2 – використовується при встановленні координат отворів лінійними міжцентровими розмірами (A), що має місце при прямокутній формі фланців. Кожне з цих виконань можна розділити на два інші: коли отвори мають різь (1.2 і 2.2), або не мають (1.1 і 2.1). Ще одним уточненням виконання фланців є визначення кількості приєднувальних отворів.

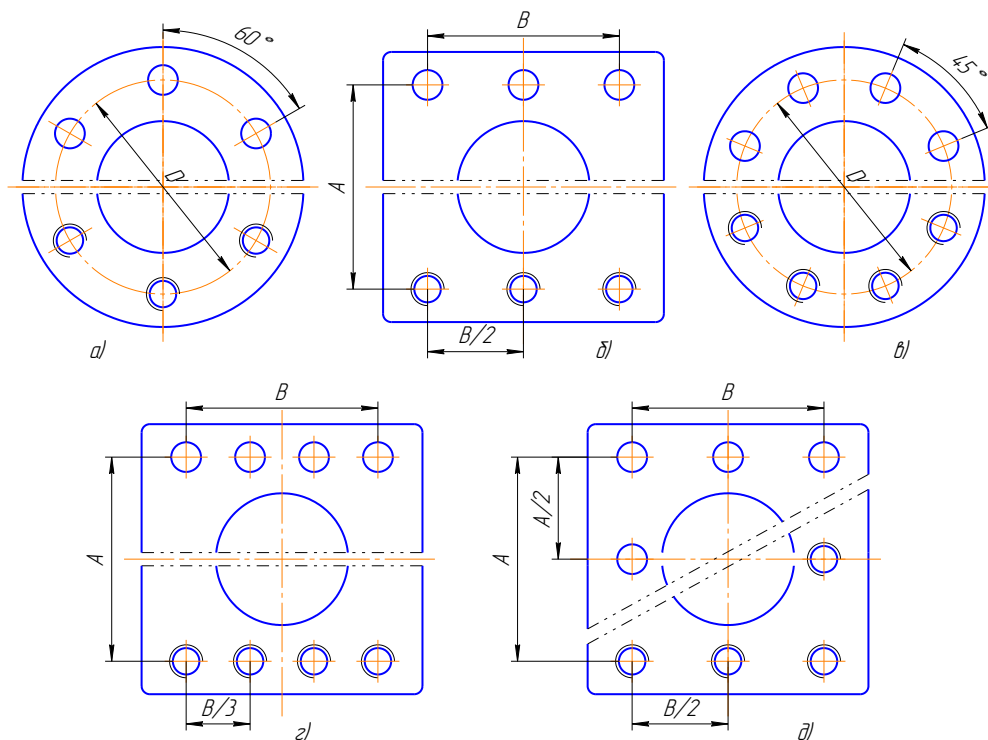


Рис. 4.2. Схеми розміщення отворів для кріплення.

На основі виконаних уточнень розмірів з'єднувальних фланців, у відповідності до доцільності їх використання в двозахватних пристроях визначені їх основні параметри (рис. 4.2 та табл. 4.1). Тож розміри фланців можуть бути визначені за діаметром ВЛ (d), способу з'єднання модулів, їх кількості і інших умов.

Таблиця 4.1

Градація з'єднувальних фланців за конструктивними параметрами

d , мм	d_1 , мм	d_2 , мм	D , мм	A , мм	d_0 , мм	M	L , мм	L_1 , мм	L_2 , мм	D_1 , мм
10	8	14	22	16	4,4	M4	14	4	12	12
16	12	20	30	25	5,5	M5	16	5	14	16
25	20	32	45	32	6,6	M6	22	6	18	28
40	32	50	65	45	9,0	M8	28	6	24	46
60	50	70	90	60	11,0	M10	35	10	30	66

В разі потреби зазначену градацію можна продовжити як в більше, так і в меншу сторону у відповідності до рядів R5 та R10.

4.3. Розробка модулів двозахватних пристроїв промислових роботів

Розглянуті елементи з'єднання ланок доцільно використати при розробці модульної побудови двозахватних пристроїв. Тож, зазначені модулі можна розділити на дві частини – виконавчі елементи (захвати, механізми зміни захватів місцями то що), та ланки пристрою (планки, кронштейни і т.д.).

На рис. 4.3 представлені розроблені виконавчі елементи: захвати, механізм ЗЗМ та кисті.

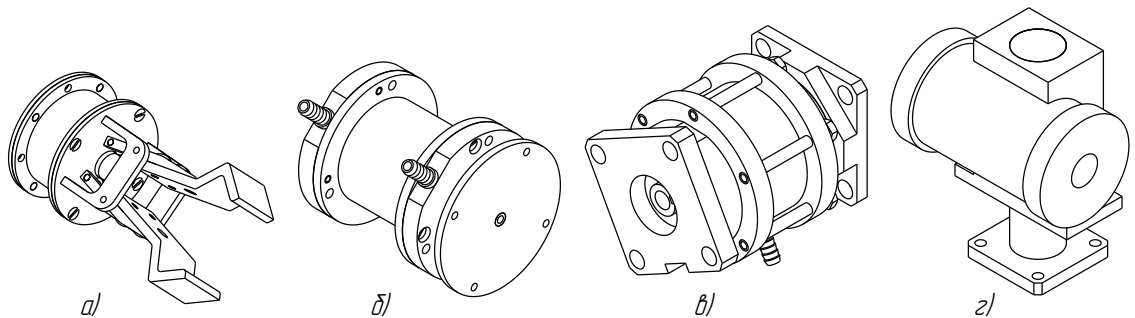


Рис. 4.3. Модулі двозахватних пристроїв.

а – захват; б, в, г – кисті та механізми ЗЗМ.

При виборі варіанту виконання ланок з'єднання необхідно враховувати наступні вимоги:

1. Забезпечення надійного з'єднання модулів;
2. Забезпечення потрібної точності з'єднання модулів з необхідною їх взаємною орієнтацією. Для цього в стикових елементах мають бути передбачені базові поверхні;
3. Простота конструкції, з мінімальними масо – габаритними параметрами;
4. Забезпечення швидкого і зручного з'єднання модулів між собою.

На рис. 4.4 наведені де які з можливих виконань з'єднувальних ланок які є комбінаціями фланців. Такий метод дозволяє отримати необхідний набір доцільних конструкцій зазначених ланок. Довжина ланки L (рис. 4.4) залежить від довжини деталі та виконання двозахватного пристрою, але в будь якому випадку її потрібно вибирати з стандартного ряду R5 чи R10.

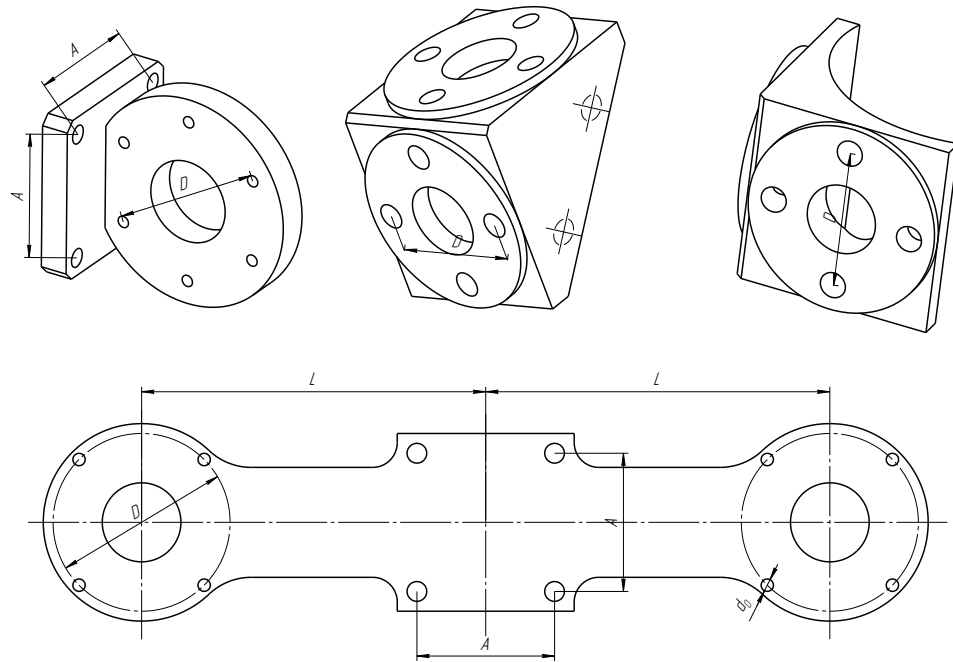


Рис. 4.4. З'єднувальні ланки.

З наведених модулів та з'єднувальних ланок можна скласти різні за конструктивним виконанням та функціональними можливостями двозахватні пристрої для відповідних умов роботи ПР в токарних РТК.

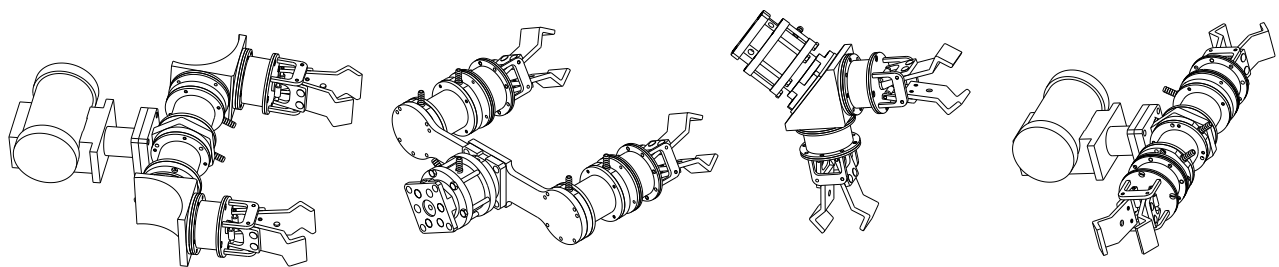


Рис. 4.5. Модульні виконання двозахватних пристроїв.

Тож розроблені модулі дозволяють отримувати двозахватні пристрої для певних умов роботи. Градація розмірів у відповідності до ГОСТ8032-84 (СТСЕС 3961-83) “Предпочтительные числа и ряды предпочтительных чисел” дозволяє зменшити кількість їх виконань в тому числі перехідних ланок та кронштейнів для з’єднання модулів між собою, що враховано в градації параметрів фланців (табл. 4.1).

4.4. Економічна ефективність використання двозахватних промислових роботів.

Оцінку ефективності можна виконувати як по загальноновживаній методиці, що дозволяє визначити величину економічного ефекту при конкретних умовах порівняння варіантів, так і по інших методиках. Особливо доцільним є використання теорії продуктивності праці яка дозволяє аналізувати вплив техніко – економічних характеристик конструкцій роботів на ріст продуктивності праці. На основі цієї теорії, продуктивність праці показує відношення кількості випущеної продукції до трудових витрат:

$$П = \frac{W}{T};$$

де $П$ – продуктивність праці; W – кількість випущеної продукції; T – трудові витрати, необхідні для випуску даної кількості продукції.

Підвищення продуктивності праці визначається як відношення продуктивності обладнання, обслуговування якого може здійснюватись промисловим роботом та робітником:

$$\lambda = \frac{П_2}{П_1};$$

де λ – коефіцієнт росту продуктивності праці; $П_1$ – продуктивність праці, яку забезпечує обладнання при обслуговуванні його робітником; $П_2$ –

продуктивність праці, яку забезпечує обладнання при обслуговуванні його ПР.

Продуктивність праці на робочому місці:

$$П_1 = \frac{W_1}{T_1} = \frac{Q_1 N}{T_{ж1} N} = \frac{Q_1}{T_{ж1}} = \frac{q_1 \cdot F_1 \cdot j_1}{T_{ж1}},$$

де Q_1 – кількість випущеної продукції за рік; $T_{ж1}$ – поточні витрати живої праці на обслуговування робітником ТО (річна заробітна плата, враховуючи відрахування на соціальне страхування); N – час експлуатації ТО в роках; q_1 – циклова продуктивність; j_1 – коефіцієнт завантаження ТО; F – фонд часу роботи ТО.

Продуктивність праці, яку забезпечить ТО при обслуговуванні його ПР буде:

$$П_2 = \frac{W_2}{T_2} = \frac{Q_2 \cdot N}{T_{п2} + N(T_{v2} + T_{ж2})} = \frac{q_2 \cdot F_2 \cdot j_2 \cdot \psi_2 \cdot N}{T_{п2} + N(T_{v2} + T_{ж2})},$$

де Q_2 – річний випуск продукції при даному варіанті експлуатації ТО; $T_{п2}$ – одноразові витрати минулої праці на створення, транспортування та монтаж ПР; T_{v2} – річні поточні витрати минулої праці, пов'язані з експлуатацією ПР (електроенергія, ремонт і т. п.); $T_{ж2}$ – поточні річні витрати живої праці на обслуговування ПР (заробітна плата наладчика); ψ – змінність роботи обладнання; q_2 – циклова продуктивність обладнання при обслуговуванні його ПР.

Ріст продуктивності праці від використання ПР буде:

$$\lambda = \frac{П_2}{П_1} = \frac{q_2 \cdot F_2 \cdot j_2 \cdot \psi_2 \cdot N}{T_{п2} + N \cdot \psi_2 (T_{v2} + T_{ж2})} \cdot \frac{T_{ж1}}{q_1 j_1};$$

Так як порівняння повинно здійснюватись при однаковій змінності роботи ТО $\psi_1 = \psi_2 = \psi$, то одержимо:

$$\lambda = \frac{q_2}{q_1} \psi \frac{j_2}{j_1} \cdot \frac{N \cdot T_{ж1}}{T_{п2} + N \cdot \psi (T_{v2} + T_{ж2})};$$

Позначимо $\varphi = q_2/q_1$ – ріст продуктивності ТО від використання ПР; $\omega = j_2/j_1$ – збільшення коефіцієнта завантаження ТО від використання ПР.

Розділивши трудові витрати на $T_{ж1}$ одержимо:

$$\lambda = \varphi \psi \omega \cdot \frac{N}{k + N \cdot \psi(m + 1/\epsilon)};$$

де $k = T_{п2}/T_{ж1}$ – коефіцієнт відносної вартості робота, який визначає відношення одноразових витрат на придбання та встановлення ПР до річної заробітної плати робітника, обслуговуючого дане обладнання; $m = T_{v2}/T_{ж1}$ – коефіцієнт експлуатаційних витрат, який визначає відношення річних поточних витрат минулої праці, пов'язаних з експлуатацією ПР, до тієї ж величини заробітної плати; $\epsilon = T_{ж1}/T_{ж2}$ – коефіцієнт скорочення витрат живої праці при використанні ПР.

Із формули слідує, що ріст продуктивності праці, при використанні ПР, прямопропорційно залежить від росту продуктивності ТО (φ) та збільшення коефіцієнту його завантаження (ω). Підвищення продуктивності, як правило, має місце в тому випадку, якщо ПР виконує потрібну операцію швидше робітника, скорочуючи, тим самим, простій ТО. Для цього необхідно, щоб ПР мав велику швидкодію рухів по усіх ступенях рухомості, мав багатозахватне або багаторуке виконання та ін. Підвищення продуктивності завантаження ТО досягається за рахунок “невтомлюваності” робота, тобто можливості його багаторазово, з високою швидкістю та точністю повторювати заданий цикл рухів, а також відсутності в його роботі “перерв” та ін. відхилень від необхідної ритмічності роботи.

Виходячи з того, що використання двозахватних пристроїв дозволяє скоротити час простою верстатів під завантаженням і розвантаженням, то відповідно їх впровадження забезпечує збільшення продуктивності (φ) роботи токарних РТК. Для більш повного дослідження виконаємо розрахунки при слідує умов. Час експлуатації ПР в токарному РТК $N = 2 - 4$ роки. Вартість порівнюваних робіт, згідно існуючих цін: однозахватний – 40 тис. грн., двозахватних – 45 тис. грн. Річна заробітна плата вивільненого робітника – 10 тис. грн. Змінність роботи комплексу $\psi = 2 - 3$ зміни. Збільшення коефіцієнту

завантаження ТО від використання ПР приймаємо: $\omega = 1.0$. Коефіцієнт експлуатаційних витрат $m = 0.1 - 0.2$.

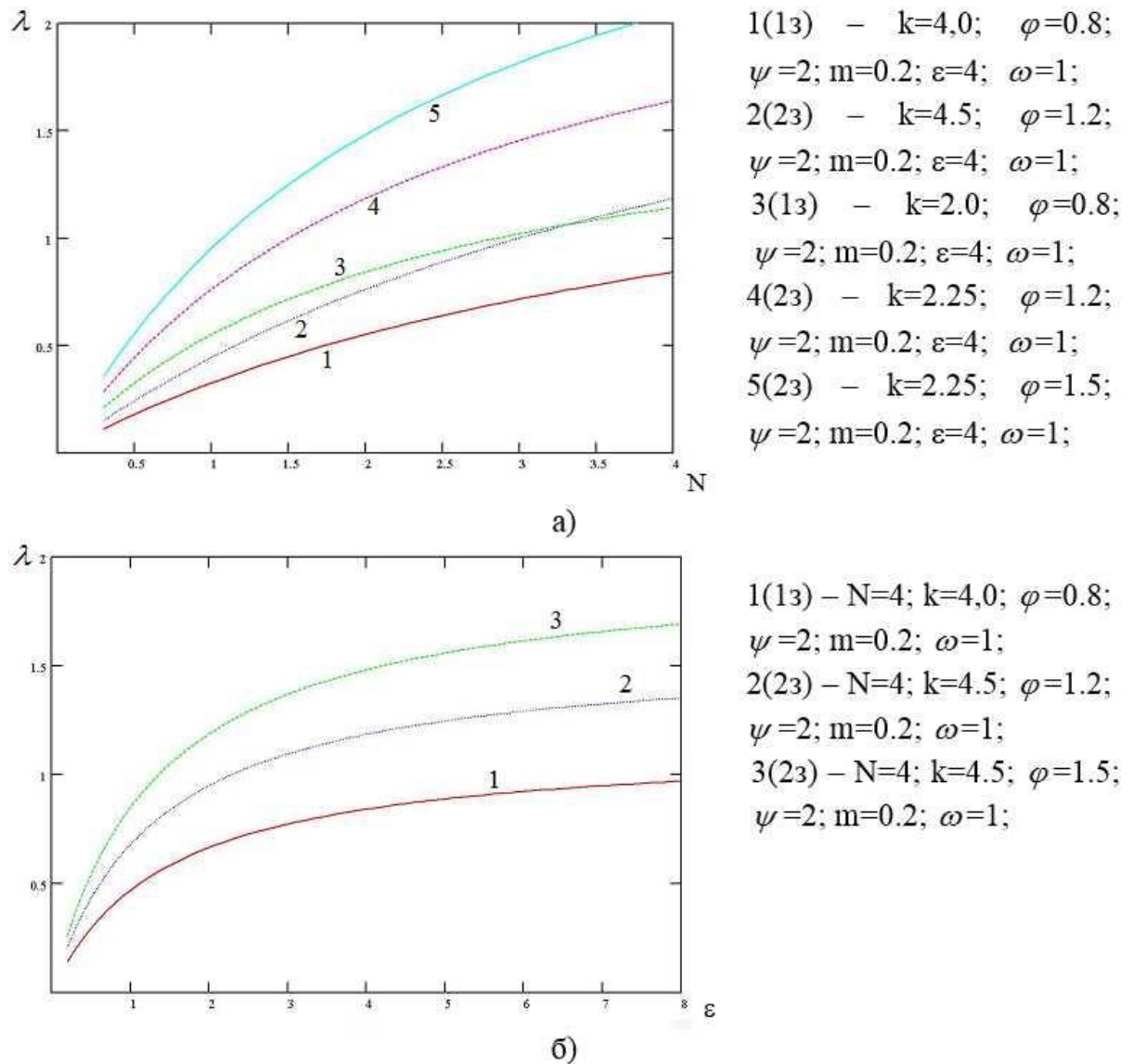


Рис. 4.6. Залежності росту продуктивності праці від часу експлуатації роботів та експлуатаційних витрат.

Залежність росту продуктивності праці (λ) від часу експлуатації (N), при різних значеннях характеристик ПР наведена на рис. 4.6, а. При малих термінах експлуатації роботів, більш вигідно використання спрощених конструкцій меншої вартості (крива 3). Якщо термін експлуатації більший, то доцільніше використовувати більш сучасні ПР вищої вартості, але з меншими

експлуатаційними витратами (крива 2). Точка перетину цих кривих визначає границі їх використання. Якщо використання ПР збільшує продуктивність (φ), то ефективність такої експлуатації прямопропорційно збільшується (крива 5). Подібна залежність має місце і від збільшення коефіцієнту завантаження ТО (ω), що потребує менших витрат, ніж для підвищення продуктивності ТО (φ).

Графіки впливу експлуатаційних витрат (ε) на ріст продуктивності праці (λ) представлені на рис. 4.6, б. З графіків видно, що зі збільшенням скорочення витрат живої праці продуктивність роботи ТО підвищується, особливо при використанні ДПР (криві 2 та 3).

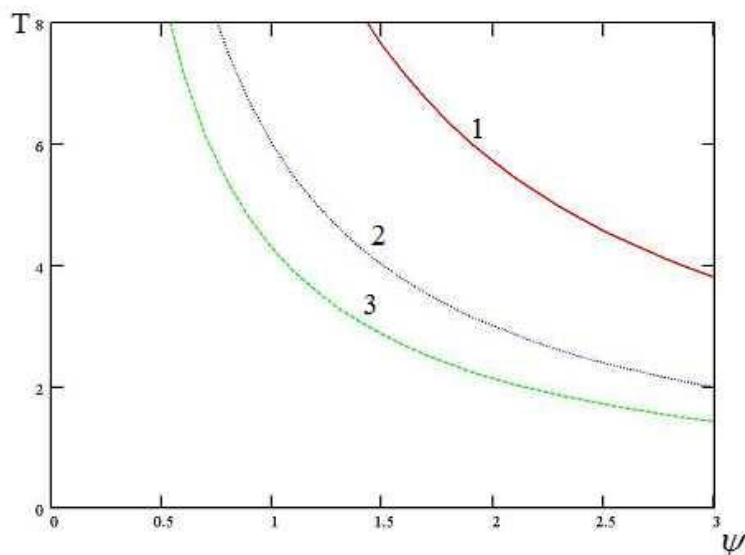
На практиці оцінку ефективності нової техніки, як правило, визначають по терміну окупності додаткових капітальних витрат. З точки зору продуктивності людської праці, термін окупності – це той термін часу, коли продуктивність праці обох варіантів зрівнюється по величині, тобто $\lambda = 1$. Підставляючи ці значення в формулу отримаємо формулу терміну окупності додаткових капітальних витрат на створення та впровадження ПР:

$$T = \frac{k}{\psi(\varphi \cdot \omega - (m + 1/\varepsilon))};$$

Термін окупності ПР прямопропорційно залежить від їх відносної вартості (k) і зворотнопропорційно від змінності їх використання (ψ).

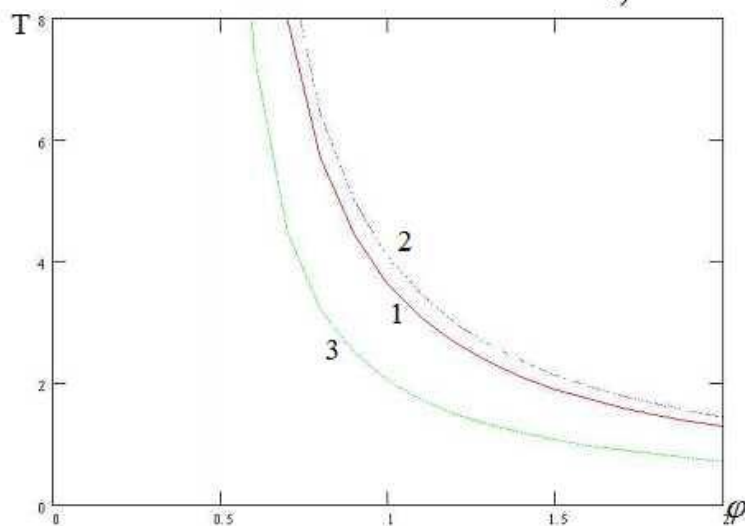
Залежність терміну окупності від змінності роботи ТО наведена на рис. 4.7, а. Ці графіки вказують, що збільшення (ψ) забезпечує скорочення термінів окупності. Особливо при використанні ДПР (крива 2 і 3), які забезпечують збільшення продуктивності роботи ТО.

Терміни окупності робіт, в значній мірі, залежать від продуктивності (φ) обладнання (рис. 4.7. б). Навіть незначне зменшення продуктивності ТО ($\varphi < 1$) призводить до різкого збільшення термінів окупності, що знову свідчить про перевагу ДПР (крива 3) по відношенню до однозахватних (крива 1). Така ж закономірність має місце і для залежності (T) від (ω).



1(13) – $k=4$; $\varphi=0.8$; $m=0.2$;
 $\varepsilon=4$; $\omega=1$;
 2(23) – $k=4.5$; $\varphi=1.2$;
 $m=0.2$; $\varepsilon=4$; $\omega=1$;
 3(23) – $k=4.5$; $\varphi=1.5$; $\varepsilon=4$;
 $m=0.2$; $\omega=1$;

а)



1(13) – $k=4$; $\varepsilon=4$; $\psi=2$;
 $m=0.2$; $\omega=1$;
 2(23) – $k=4.5$; $\varepsilon=4$; $\psi=2$;
 $m=0.2$; $\omega=1$;
 3(23) – $k=2.25$; $\varepsilon=4$; $\psi=2$;
 $m=0.2$; $\omega=1$;

б)

Рис. 4.7. Залежності терміну окупності робіт від змінності роботи ТО та продуктивності устаткування.

В цілому, для підвищення економічної ефективності від використання ПР необхідно забезпечувати: визначення оптимальної складності та вартості їх конструкції у відповідності з цільовим призначенням, збільшення змінності та ступеня завантаження робіт і ТО за часом, забезпечення підвищення продуктивності ТО від використання ПР.

4.5. Висновки.

1. Розроблені практичні рекомендації по проектуванню двозахватних пристроїв (на основі яких розроблено та запатентовано ряд конструкцій) та визначені основні напрямки ефективного їх використання в складі токарних РТК.

2. Закладені основи модульного принципу побудови двозахватних пристроїв з розробкою градації з'єднувальних елементів та розробкою модулів.

3. Проведено оцінку ефективності використання ДПР в умовах обслуговування токарних РТК, та проведено порівняння з одно захватними виконаннями. ПР

4. Побудовані графіки залежності росту продуктивності від часу експлуатації роботів і експлуатаційних витрат та терміну окупності ПР від змінності роботи ТО і продуктивності устаткування при різних характеристиках ПР, які ще раз довели переваги ДПР.

5. Економічна частина.

Вхідні данні:

Деталь:	шестерня ведуча НШ 100А-3-00-03
Маса виробу:	2,15 кг
Маса заготовки	3,67 кг
Річна програма випуску:	17000 шт. /рік
Кількість деталей у вузлі:	1 шт.
Матеріал:	Сталь 18ХГТ

5.1. Розрахунок потрібної кількості обладнання та коефіцієнту його завантаження

Середній коефіцієнт завантаження робочих місць, зайнятих у виготовленні даної деталі, розраховують у такій послідовності.

Визначається потрібна кількість робочих місць на всіх операціях технологічного процесу за формулою:

$$q_{p(i)} = \frac{N_z \cdot t_{um(i)}}{F_{\partial pm} \cdot 60 \cdot k_g},$$

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

$F_{\partial pm}$ - дійсний річний фонд часу роботи обладнання, годин;

$$F_{\partial pm} = F_n S (1 - 0,01 f),$$

де $F_{\partial pm}$ - номінальний (режимний) фонд часу роботи обладнання в одну зміну, годин (визначається щорічно за календарем);

S - режим (кількість змін) роботи цеху;

f - регламентований процент втрат робочого часу, пов'язаний з плановими простоюваннями обладнання під час планових ремонтів та міжремонтного обслуговування. Для механообробного обладнання величина f може складати 8-

10% ; k_g - нормативний коефіцієнт виконання норм часу (приймається у розмірі 1,01-1,1).

$$q_p = \frac{25000 \cdot 2,411}{3890 \cdot 60 \cdot 1} = 0,26$$

Далі визначається коефіцієнт завантаження обладнання по кожній детале-операції:

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

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

$$\bar{\eta}_z = \frac{\sum_{i=1}^m q_{p(i)}}{\sum_{i=1}^m q_{np(i)}}$$

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

m - кількість операцій технологічного процесу.

Таблиця 5.1

Розрахунок завантаження обладнання

№ опер	Найменування операції	Т _{шт}	Кількість обладнання		η_z	$\bar{\eta}_z$
			q_p	q_{np}		
1	2	3	4	5	6	7
005	Токарна з ЧПК	2,411	0,26	1	0,26	0,35
010	Токарна з ЧПК	3,047	0,33	1	0,33	
020	Зубофрезерна	5,253	0,56	1	0,56	
025	Зубодовбальна	13,291	1,42	1	1,42	
030	Зубошевингувальна	5,004	0,54	1	0,54	
035	Шліцефрезерна	2,593	0,28	1	0,28	
060	Круглошліфувальна	1,014	0,11	1	0,11	

продовження таблиці 5.1

1	2	3	4	5	6	7
065	Круглошліфувальна	1,831	0,20	1	0,20	
070	Торцекруглошліфувальна	1,613	0,17	1	0,17	
075	Торцекруглошліфувальна	1,613	0,17	1	0,17	
085	Суперфішішна	0,785	0,084	1	0,084	
090	Доводочна	1,121	0,12	1	0,12	
	Σ	39,58				

5.2. Розрахунок календарно-планових нормативів.

Розрахунок партії деталей

$$n_p^u = \frac{0,5 \cdot F_{зм}}{t_{um}^{\min}}$$

$F_{зм}$ – дійсний фонд часу зміни (440 хв.)

$t_{um}^{\min}$ – штучний час найбільш продуктивної операції:

$$n_p^u = \frac{0,5 \cdot 440}{0,785} \approx 280 \text{ шт.};$$

Кількість запуску деталей протягом року:

$$A = \frac{N_3}{n_p}$$

$$A^u = \frac{25000}{280} = 89;$$

Приймаємо A з стандартного ряду

$$A_{np}^u = 52;$$

Перераховуємо партію

$$n = \frac{N_3}{A_{np}}$$

$$n_{np}^u = \frac{25000}{52} \approx 481 \text{ шт.};$$

Тривалість операційного циклу

$$T_o = \frac{n \cdot t_{\kappa\partial}}{S \cdot F_{3\text{м}\partial}}$$

$t_{\kappa\partial}$ - калькуляційно-дійсний час

$$t_{\kappa\partial} = \frac{t_{um}}{q \cdot p \cdot k_{\epsilon}} + \frac{t_{n3}}{n}$$

$$t_{\kappa-\partial 005}^u = 2,411 + \frac{20}{481} = 2,45 \text{ хв.}$$

Таблиця 5.2

Розрахунок тривалості операційного циклу

№ оп.	Шестерні ведучої	
	$T_{\kappa\partial}$, хв.	T_o , дн.
005	2,45	1,34
010	3,08	1,68
020	5,30	2,89
025	13,34	7,29
030	5,05	2,76
035	2,64	1,44
060	1,05	0,57
065	1,87	1,02
070	1,65	0,9
075	1,65	0,9
085	0,82	0,45
090	1,154	0,63
Σ		21,87

Приймаємо послідовний рух партії деталей

$$T_n = \sum_1^m T_o + m \cdot t_{mo}$$

t_{mo} - межопераційний час. Приймаємо $t_{mo} = 0,1$ дн.

$$T_n^u = 21,87 + 12 \cdot 0,1 = 23,07 \text{ дн};$$

Розрахунок чисельності виробничих робітників:

$$R^{vir} = \frac{T_p}{F_{op} \cdot k_m}$$

$$T_p = \frac{N_z \cdot \sum_1^m t_{um} \cdot (1 + 0,01 \cdot \alpha)}{60}$$

T_p - трудомісткість річної програми випуску деталей;

k_m - коефіцієнт багатостанкового обслуговування;

F_{op} - фонд часу річний одного робітника;

α - процент додаткових робіт.

Коефіцієнт довантаження

$$K_{дов} = \frac{\eta_{норм}}{\bar{\eta}}$$

η - нормативний коефіцієнт навантаження обладнання в часі.

$$K_{дов}^k = \frac{0,85}{0,35} = 2,43;$$

$$T_p^k = \frac{25000 \cdot 39,58 \cdot (1 + 0,01 \cdot 20)}{60} = 19790 \text{ год.}$$

Чисельність робітників:

$$R_{vir}^k = \frac{19790 \cdot 2,43}{1840 \cdot 1,1} \approx 24 \text{ чол.};$$

Загальна чисельність:

$$R^{vir} = 24 \text{ чол.}$$

Розрахунок заробітної плати.

Приймаємо відрядно-преміальну систему оплати праці.

Розцінка на деталь:

$$P_{\kappa} = 1,1 \sum_1^m P_i$$

P_i - розцінка на i -й операції

$$P_i = l_{\text{год}i} \cdot t_{\text{ум}i}$$

$l_{\text{год}i}$ - годинна тарифна ставка відповідного розряду.

$$P_{\kappa}^{\text{нр}} = 1,1 \cdot \left[\left(\frac{25,062}{60} (2,411 + 3,047 + 5,253 + 13,291 + 5,004 + 2,593) + \frac{22,057}{60} (1,014 + 1,831 + 1,613 + 1,613 + 0,785 + 1,121) \right) \right] = 17,74 \text{ грн}$$

Відрядна заробітна плата за рік

$$З_{\text{відр}} = N_{\text{з}} \cdot P_{\kappa}$$

$$З_{\text{відр}}^{\kappa} = 25000 \cdot 17,74 = 443500 \text{ грн.}$$

З урахуванням додаткової заробітної плати (10 %) та коефіцієнту довантаження середньомісячна заробітна плата на ділянці складає

$$З_{\text{срм}}^{\text{вир}} = \frac{(17,74 \cdot 25000 \cdot 2,43) \cdot (1 + 0,1)}{24 \cdot 12} = 4116 \text{ грн.}$$

5.3 Розрахунок планової цехової собівартості

$$C_{\text{цех}} = M_o + З_{\text{ор}} + B_{\text{соц}} + З_{\text{зо}} + P_o + P_{\text{цех}}$$

M_o – витрати на основні матеріали

$$M_o = a_o \cdot Ц_{\text{м}} \cdot K_{\text{тр}} - a_{\text{в}} \cdot Ц_{\text{в}}$$

$a_o, a_{\text{в}}$ – відповідно маса деталі, відходів;

$Ц_{\text{м}}, Ц_{\text{в}}$ – відповідно ціна матеріалу, відходів;

$K_{\text{тр}}$ – коефіцієнт, враховуючий транспортні витрати.

$$M_o^{\text{м}} = 3,67 \cdot 13,33 \cdot 1,05 - 1,52 \cdot 1,95 = 48,41 \text{ грн.}$$

Z_{od} – заробітна плата основна та додаткова

$$Z_{od} = \sum_1^m l_{zod} \cdot t_{um} \cdot \left(1 + \frac{\alpha}{100}\right)$$

α - процент додаткової заробітної плати (10%)

$$Z_{od}^u = 16,13 \cdot \left(1 + \frac{10}{100}\right) = 17,74 \text{ грн.}$$

$B_{соц}$ – відрахування на соціальне страхування

$$B_{соц}^u = 17,74 \cdot 0,22 = 3,9 \text{ грн.}$$

Z_{co} – витрати на спецоснащення;

$$Z_{co}^u = \frac{0,5}{60} \cdot 39,58 = 0,33 \text{ грн.}$$

P_o – витрати на утримання і експлуатацію обладнання

$$P_o = \frac{Z_o \cdot \alpha_o}{100}$$

α_o – процент витрат на утримання і експлуатацію обладнання (200 %)

$$P_o^u = \frac{16,13 \cdot 200}{100} = 32,26 \text{ грн.};$$

$P_{цех}$ – цехові витрати

$$P_{цех} = \frac{Z_o \cdot \alpha_{цех}}{100}$$

$\alpha_{цех}$ – цехові витрати (90 %)

$$P_{цех}^u = \frac{16,13 \cdot 90}{100} = 14,52 \text{ грн.};$$

Таблиця 5.3

Калькуляція собівартості виробів і собівартості річного випуску деталі

N з/п	Стаття витрат	шестерні ведучої	
		на одиницю, грн.	на річний випуск, грн.
1	Основні матеріали	48,41	1210250
2	Основна заробітна плата	16,13	403250
3	Додаткова заробітна плата	1,61	40250
4	Відрахування до соціальних фондів	3,9	97500
5	Витрати на спец. оснащення	0,33	8250
6	Витрати на утримання та експлуатацію оснащення	32,26	806500
7	Цехові витрати	14,52	363000
Всього		117,16	2929000

5.4 Аналіз варіантів техпроцесів.

Зміни в технологічному процесі обробки деталі шестерня ведуча представлено в табл.5.4.

Порівняння ведеться на базі технологічної собівартості за принципом відхилень:

$$C_{tex} = a \cdot N_z + b$$

a - змінні витрати;

b - постійні витрати.

$$a = M_o + Z_{одз} + C_{ел} + C_{рем} + C_{дм} + C_{ур} + C_{ом} + C_{еп}$$

M_o - витрати на основні матеріали – не змінюються, тому не розраховуються;

$З_{одз}$ - основна та додаткова заробітна плата з відрахуваннями.

Таблиця 5.4

Характеристика змін при обробці деталі шестерня ведуча

Номер опер.	базовий варіант		номер опер.	проектний варіант	
	Модель обладнання	$t_{ум},$ хв.		Модель обладнання	$t_{ум},$ хв.
005	Фрезерно- центрувальна МР-76	0,682	005	Токарний з ЧПК SL- 20 HAAS	2,411
010	Токарно- копіювальна СА 022Л	1,882	010	Токарний з ЧПК SL- 20 HAAS	3,047
015	Токарно- копіювальна СА 023	1,263	015		
020	Токарно- копіювальна СА 023	1,258	020		
025	Токарно- копіювальна СА 023	0,838	025		
	Σ	5,923		Σ	5,458

$$З_{одз} = \frac{l_{ум}}{60} \cdot l_{зод} \cdot k_{zn}$$

k_{zn} - коефіцієнт додаткової заробітної плати (1,67)

$$З_{одз}^{баз} = \left[\frac{25,062}{60} \cdot (0,682 + 1,882 + 1,263 + 1,258 + 0,838) \right] \cdot 1,1 = 2,72 \text{ грн.}$$

$$З_{одз}^{np} = 1,1 \cdot \left[\left(\frac{25,062}{60} \right) (2,411 + 3,047) \right] = 2,51 \text{ грн}$$

Таблиця 5.5

Характеристика обладнання

N з\п	Модель обладнання	габаритні розміри, м×м	потужність двигунів, кВт	Ремонтна складність, УРО	Балансова вартість, грн.
1	Фрезерно- центрувальна МР-76	3,3х1,58	6,6	15	49000
2	Токарно-копіювальна СА 022Л	3,02х1,46	12	19	69000
3	Токарно-копіювальна СА 023	3,02х1,46	12	19	69000
4	Токарний з ЧПК SL- 20 HAAS	3,505х1,575	15	30	920000

Витрати на силову енергію

$$C_{ел} = \frac{N_{\epsilon} \cdot K_{oi} \cdot K_n \cdot K_r}{\eta_o \cdot \eta_m} \cdot \frac{t_{ум}}{60} \cdot C_{ел}$$

 N_{ϵ} - потужність встановлених двигунів; $C_{ел}$ - ціна силовій електроенергії (1,9 грн. /кВт)

$$C_{ел005}^{баз} = \frac{6,6 \cdot 0,7 \cdot 0,7 \cdot 0,3}{0,9 \cdot 0,95} \cdot \frac{0,682}{60} \cdot 1,9 = 0,02 \text{ грн.}$$

Таблиця 5.6

Розрахунок витрат на електроенергію силову

номер опер.	базовий варіант			номер опер.	проектний варіант		
	N_{ϵ} , кВт	$t_{ум}$, хв.	$C_{ел}$, грн.		N_{ϵ} , кВт	$t_{ум}$, хв.	$C_{ел}$, грн.
005	6,6	0,682	0,02	005	15	2,411	0,19
010	12	1,882	0,12	010	15	3,047	0,25
015	12	1,263	0,083				
020	12	1,258	0,082				
025	12	0,838	0,03				
Σ		5,923	0,335	Σ		5,458	0,44

Витрати на ремонт

$$C_{рем} = \frac{W \cdot R \cdot K_e \cdot K_{ел} \cdot t_{ум}}{T_{рц} \cdot 60}$$

W - витрати на 1 одиницю ремонтної складності; R - ремонтна складність;

$T_{рц}$ - тривалість ремонтного циклу.

$$C_{рем005}^{баз} = \frac{570 \cdot 15 \cdot 1,3 \cdot 1,2 \cdot 0,682}{20400 \cdot 60} = 0,0074 \text{ грн.}$$

Таблиця 5.7

Розрахунок витрат на ремонт

номер	базовий варіант				номер	проектний варіант			
опер.	R	W	$t_{ум}, \text{хв.}$	$C_{рем}$	опер.	R	W	$t_{ум}, \text{хв.}$	$C_{рем}$
005	15	570	0,682	0,0074	005	30	570	2,411	0,053
010	19	570	1,882	0,026	010	30	570	3,047	0,066
015	19	570	1,263	0,017					
020	19	570	1,258	0,017					
025	19	570	0,838	0,012					
Σ			5,923	0,0794	Σ			5,458	0,119

Витрати на допоміжні матеріали

$$C_{он} = \frac{M_{зв} \cdot R \cdot t_{ум}}{60} \cdot K_n$$

K_n - коефіцієнт типу виробництва;

$M_{зв}$ - годинні витрати на допоміжні матеріали

$$C_{он}^{баз} = \frac{1,5}{60} \cdot [15 \cdot 0,682 + 19(1,882 + 1,263 + 1,258 + 0,838)] = 2,74 \text{ грн.}$$

$$C_{он}^{np} = \frac{1,5}{60} \cdot [30 \cdot (2,411 + 3,047)] = 4,1 \text{ грн.}$$

Експлуатація приміщення

$$B_n = \frac{S_{\partial} \cdot B_{нл} \cdot t_{ум}}{F_{дрм} \cdot 60 \cdot \eta_{зн}}$$

S_{∂} - загальна площа, яку займає верстат;

$B_{пл}$ - вартість (річна) експлуатації 1 м² приміщення.

$$B_{n005}^{баз} = \frac{8,36 \cdot 3 \cdot 9,1 \cdot 0,682}{3890 \cdot 60 \cdot 0,8} = 0,003 \text{ грн.}$$

Таблиця 5.8

Розрахунок витрат на експлуатацію приміщення

номер	базовий варіант			номер	проектний варіант		
опер.	S_y	$t_{ум}$	B_n	опер.	S_y	$t_{ум}$	B_n
005	5,21	0,682	0,0005	005	5,52	2,411	0,002
010	4,41	1,882	0,0011	010	5,52	3,047	0,002
015	4,41	1,263	0,0008				
020	4,41	1,258	0,0008				
025	4,41	0,838	0,0005				
Σ		5,923	0,0037	Σ		5,458	0,004

Амортизація універсального обладнання

$$C_{аму} = \frac{\Phi_{бал} \cdot H_a \cdot t_{ум}}{F_{орм} \cdot 60 \cdot \eta_n \cdot 100}$$

H_a - річна норма амортизації;

$\Phi_{бал}$ - балансова вартість універсального обладнання.

$$C_{ам005}^{баз} = \frac{50500 \cdot 15 \cdot 0,682}{3890 \cdot 60 \cdot 0,85 \cdot 100} = 0,026 \text{ грн.}$$

Постійні витрати

$$З_{нал} = \frac{t_{нз}}{60} \cdot l_{год}^{нал} \cdot A \cdot K_{zn}$$

$l_{год}^{нал}$ - годинна тарифна ставка наладчика;

$$З_{нал}^{баз} = \frac{(16+18+18+18+18) \cdot 25,6}{60} \cdot 52 \cdot 1,2 = 2343 \text{ грн.}$$

$$З_{нал}^{пр} = \frac{(20+20) \cdot 25,6}{60} \cdot 52 \cdot 1,2 = 1065 \text{ грн.}$$

C_{cn} – витрати на спеціальне оснащення.

Таблиця 5.9

Розрахунок амортизації універсального обладнання

номер опер.	базовий варіант			номер опер.	проектний варіант		
	$\Phi_{бал}$, грн.	$t_{ум}$, хв.	$C_{ам}$, грн.		$\Phi_{бал}$, грн.	$t_{ум}$, хв.	$C_{ам}$, грн.
005	50500	0,682	0,026	005	920000	2,411	1,68
010	69000	1,882	0,098	010	920000	3,047	2,12
015	69000	1,263	0,065				
020	69000	1,258	0,066				
025	69000	0,838	0,044				
Σ		5,923	0,299	Σ		5,458	3,8

В проектному варіанті спеціальним оснащенням є керуючі програми для верстатів з ЧПУ.

$$C_{cn} = 0,6 \cdot S_n$$

S_n – первісна вартість спеціального оснащення.

Вартість програми

$$S_n^{прогр} = T_{прогр} \cdot l_{год}^{np} \cdot K_{зн}$$

$T_{прогр}$ – трудомісткість розробки програми;

$l_{год}^{np}$ - годинна ставка програміста;

$K_{зн}$ – коефіцієнт додаткової зарплати.

Таблиця 5.10

Розрахунок трудомісткості керуючої програми

номер опер.	Кількість поверхонь	Кількість розмірів	Трудомісткість розробки, н/год.				
			операц. карти	керуючої програми	налагод- жування інструмен	карти кодування	Σ
базовий							
-	-	-	-	-	-	-	-
проектний							
005	6	20	6,68	30	0,8	-	37,48
010	9	26	7,67	40	0,9	-	48,57
							86,05

$$S_n^{np} = 86,05 \cdot 27,5 \cdot 1,2 = 2839,65 \text{ грн.}$$

$$C_{en}^{np} = 0,6 \cdot 2839,65 = 1703,79 \text{ грн.}$$

$$C_{tex}^{баз} = 6,18 \cdot 25000 + 2343 = 156843 \text{ грн.}$$

$$C_{tex}^{np} = 10,97 \cdot 25000 + 2768,79 = 277019 \text{ грн.}$$

Розрахунок критичної програми

$$N_{кр} = \frac{b^{np} - b^{баз}}{a^{баз} - a^{np}}$$

$$N_{кр} = \frac{2768,79 - 2343}{6,18 - 10,97} = -89 \text{ шт.}$$

$$C_{кр} = a_{np} \cdot N_{кр} + b_{np}$$

$$C_{кр} = 10,97 \cdot (-89) + 2768,79 = 1792 \text{ грн.}$$

Таблиця 5.11

Розрахунок технологічної собівартості

N з/п	Статті витрат	Витрати, грн.	
		базовий варіант	проектний варіант
1	2	3	4
I. Змінні витрати			
1	Заробітна платня	2,72	2,51
2	Силова енергія	0,335	0,44
3	Ремонт обладнання	0,0794	0,119
4	Допоміжні матеріали	2,74	4,1
5	Амортизація універсального обладнання	0,299	3,8
6	Експлуатація приміщення	0,0037	0,004
Σ		6,18	10,97
II. Постійні витрати			
1	Налагоджування обладнання	2343	1065
2	Спеціальне оснащення		1703,79
Σ		2343	2768,79
Технологічна собівартість		156843	277019

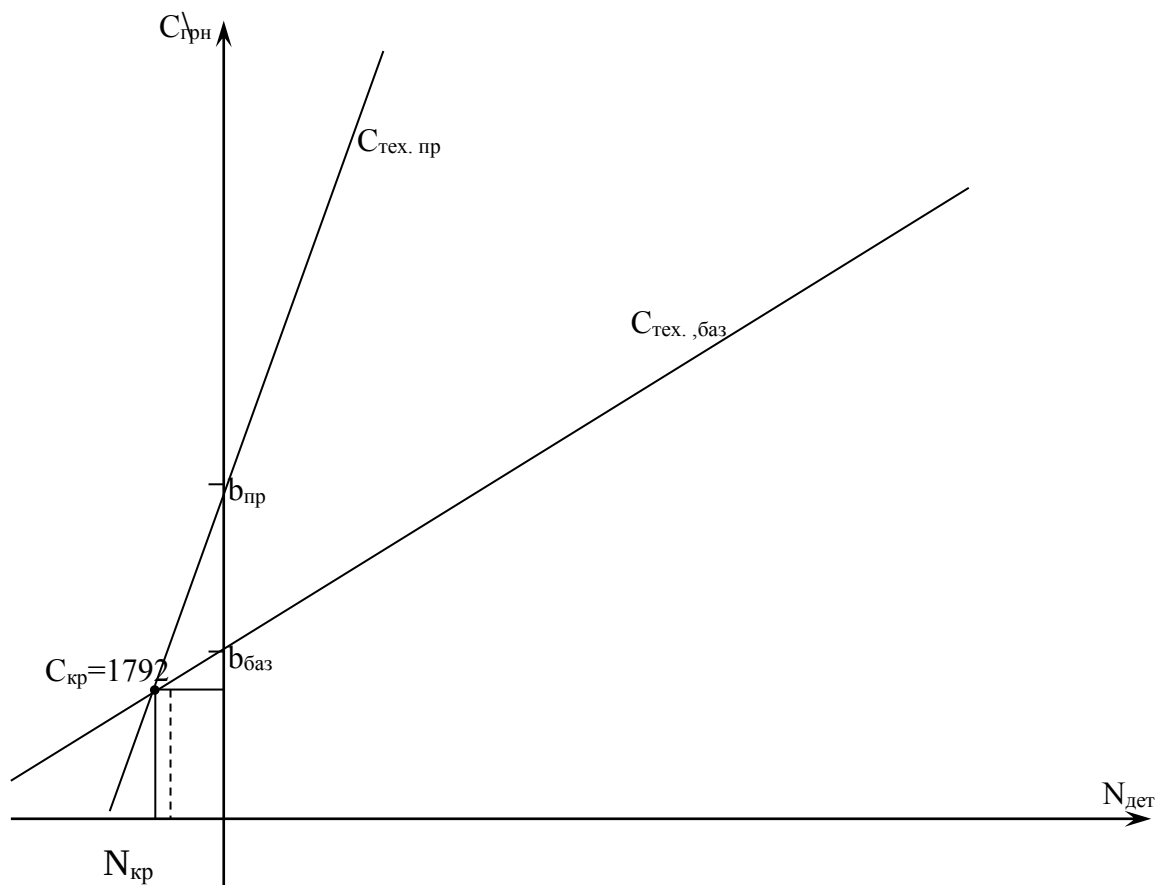


Рис. 5.1 Графік порівняння технологічної собівартості виготовлення деталі шестерні ведучої за варіантами.

Річний економічний ефект:

$$E_{річн} = (C_{тех}^{баз} + E \cdot K^{баз} \cdot \eta^{баз}) - (C_{тех}^{пр} + E \cdot K^{пр} \cdot \eta^{пр})$$

$K^{баз}$, $K^{пр}$ – капіталовкладення за варіантами;

E – нормативний коефіцієнт окупності капіталовкладень;

$\eta^{баз}$, $\eta^{пр}$ – коефіцієнт завантаження обладнання;

$$K = K_{б\gamma\delta} + K_{обл} + K_{осн}$$

$$K_{б\gamma\delta}^{баз} = 20 \cdot 5 \cdot 8 \cdot 910 = 728000 \text{ грн.}$$

$$K_{б\gamma\delta}^{пр} = 20 \cdot 2 \cdot 8 \cdot 910 = 291200 \text{ грн.}$$

$$K_{обл}^{баз} = 50500 + 69000 \cdot 4 = 326500 \text{ грн.}$$

$$K_{обл}^{np} = 920000 \cdot 2 = 1840000 \text{ грн.}$$

$$K_{осн}^{\bar{б}аз} = 0,07 \cdot 326500 = 22855 \text{ грн.}$$

$$K_{осн}^{np} = 0,07 \cdot 1840000 = 128800 \text{ грн.}$$

$$\eta^{\bar{б}аз} = 0,35$$

$$\eta^{np} = 0,35$$

$$K^{\bar{б}аз} = 728000 + 326500 + 22855 = 1077355 \text{ грн.}$$

$$K^{np} = 291200 + 1840000 + 128800 = 2260000 \text{ грн.}$$

$$E_{річн} = (C_{tex}^{\bar{б}аз} + E \cdot K^{\bar{б}аз} \cdot \eta^{\bar{б}аз}) - (C_{tex}^{np} + E \cdot K^{np} \cdot \eta^{np})$$

$$E_{річн} = (156843 + 0,16 \cdot 1077355 \cdot 0,35) - (277019 + 0,16 \cdot 2260000 \cdot 0,35) =$$

$$= -186404 \text{ грн.}$$

Висновок: базовий варіант технологічного процесу виготовлення деталі шестерня ведуча НШ100А-3-00-03 є економічно вигіднішим ніж проектний. Разом з тим використання сучасних верстатів з ЧПК SL-20 фірми HAAS є доцільним, оскільки при серійному типі виробництва важливим є баланс продуктивності та гнучкості виробництва і дане обладнання може його забезпечити.

Висновки

У кваліфікаційній роботі на тему: “Розробка технології обробки шестерні ведучої НШ100А-3-00-03 з дослідженням модульних конструкцій двозахватних промислових роботів” виконаний аналіз діючого на базовому підприємстві технологічного процесу, на основі чого запропоновані зміни. У відповідності до існуючого типу виробництва було запропоновано заміна гідрокопіювальних напівавтоматів на сучасні токарні обробні центри з ЧПК. Для запропонованого технологічного процесу були розроблені структура та зміст операцій, вибране обладнання, визначені режими різання і технічно обґрунтовані норми часу.

Також у роботі були розроблені конструкції затискного гідравлічного пристрою та контрольного пристрою індикаторного типу.

В дослідній частині було проведено дослідження модульних конструкцій двозахватних промислових роботів та закладені основи модульного принципу побудови двозахватних пристроїв з розробкою градації з’єднувальних елементів та розробкою модулів. Побудовані графіки залежності росту продуктивності від часу експлуатації роботів і експлуатаційних витрат та терміну окупності ПР від змінності роботи ТО і продуктивності устаткування при різних характеристиках ПР, які ще раз довели переваги ДПР.

Усі прийняті в проекті технологічні рішення обґрунтовані техніко-економічними розрахунками.

Література

1. Горбачевич А.Ф., Шкред В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения.-Мн.:Выш. Школа, 1983.
2. Машиностроительные материалы: Краткий справочник/В.М. Чуенков, Н.Ф. Бессонова, Д.А. Вейс.-3-е изд. Переработанное и дополненное.-М.: Машиностроение, 1980.
3. Проектирование и производство заготовок в машиностроении: Учебное пособие/П.А. Руденко-К.: Выща школа, 1991.
4. Методические указания к выполнению курсового проекта по технологии машиностроения для студентов специальности 0501-Кировоград. КИСХМ-1986.
5. Справочник технолога-машиностроителя. Т1.,2.-М.: Машиностроение, 1982.
6. Балабанов А.Н. Краткий справочник технолога-машиностроителя.-М.: Издательство стандартов, 1992.
7. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технологического нормирования работ на металлорежущих станках.-М.: Машиностроение, 1974.
8. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с числовым программным управлением. Часть II-Москва.: Экономика, 1990.
9. Станочные приспособления: Справочник. В 2-х т./Под редакцией Б.Н. Вардашкина, -М.: Машиностроение, 1984.
10. Кузнецов Ю.И., Маслов А.Р. Оснастка для станков с ЧПУ: Справочник.-2-е изд., перераб. и доп. -М.: Машиностроение, 1990.
11. Справочник технолога-машиностроителя. /Под редакцией А.Г. Косиловой.- М.: ГНТИ машиностроительной литературы, 1956.
12. Справочник металлиста. Т.3. Под редакцией А.Н.Малова/Е.Д. Баклунов, А.К. Белопухов и др. -М.: Машиностроение, 1977.

13. Справочник технолога-машиностроителя. Т.1. Под ред. А.Н. Малова/ В.Н. Гриднев, В.В. Достачов и др. –М.: Машиностроение, 1972.
14. Маталин А.А., Френкель Б.И. Проектирование технологических процессов обработки деталей на станках с числовым программным управлением. – Л., Изд-во Ленингр.универс., 1977.
15. Нефедов Н.А., Осипов К.А. Сборник задач и примеров по резанию металлов и режущему инструменту. – М.: Машиностроение, 1984.
16. Г.Г. Иноземцев, А.К. Сидоренко Влияние геометрических параметров червячных фрез и технологических факторов на волнистость. Исследование зубообрабатывающих станков и инструментов. Саратов, 1981 – С. 21-33.
17. Ординарцев А.А. Справочник инструменталиста. – М.: Машиностроение
18. Технологическое оборудование ГПС/ Под общ.ред. А.И.Федотова и О.Н.Миляева. – Л.: Политехника, 1991 – 320с.
19. Павленко І.І., Мажара В.А. Роботизовані технологічні комплекси: Навчальний посібник. Кіровоград: КНТУ, 2010. – 392с.
20. Павленко І.І. Структура промислових роботів. Кіровоград: КІСМ, 1998. – 98с.
21. Організаційно-планові та економічні розрахунки при проектуванні ділянки (цеху) механічної обробки.: Методичні вказівки до курсової роботи та дипломного проекту для студентів спеціальності 8.090202. Укл. Л.В. Лебедєва, І.В. Скляренко-Кіровоград: КДТУ, 2000.
22. Охрана труда в электроустановках: Учеб.для вузов/ Под ред. Б.А.Князевского. – М.:Энергоатомиздат, 1986.
23. Производство зубчатых колес: Справочник / С.Н. Калашников, А.С. Калашников, Г.И. Коган и др. – М.: Машиностроение, 1990.-464 с.:ил.