

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

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

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

на тему:

**«Дослідження сил затиску в захватному пристрої робота при
 виготовленні деталі шестерня НШ32»**

**«Investigation of the clamping forces in the gripping device of the robot in
 the manufacture of the part gear NSh32»**

Виконавець: _____ ст.гр.МВ-20М1,9 Бойченко В.В.
 Керівник: _____ к.т.н., доц. Годунко М.О.
 Рецензент: _____ / _____ /
 Зав. каф.: _____ к.т.н., доц. Гречка А.І.

КРОПИВНИЦЬКИЙ – 2022

					КР.ПМ.22.11.01.00.00.ПЗ							
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата								
Розроб.	Бойченко				Пояснювальна записка				Літ.	Аркуш	Аркушів	
Перевір.	Годунко										1	
									ЦНТУ гр.МВ-20М1,9			
Н.контр.												
Затвер.												

Анотація

БОЙЧЕНКО Віталій. Дослідження сил затиску в захватному пристрої робота при виготовленні деталі шестерня НШ32. Випускна кваліфікаційна робота для освітнього ступеня «магістр»: ЦНТУ, 2022. – 85 с.

Проаналізовано базовий технологічний процес виготовлення деталі шестерня НШ32. Виконано заміну звичайних верстатів на верстати з ЧПУ та обробні центри з кращими функціональними характеристиками. Що дало можливість швидше оброблювати деталь, при цьому точність обробки збільшилася. Також досліджено силові характеристики в захватному пристрої робота, який обслуговує верстат з ЧПУ на токарній операції. На відповідну операцію виконано компоновку РТК з описом його роботи.

Очікуваний економічний ефект від впровадження результатів раціоналізації технологічного процесу та досліджень силових характеристик захватного пристрою у розробленій технології виготовлення деталі складає у споживача 16330 грн.

Актуальність: продуктивність робототехнологічних комплексів значною мірою залежить від якісної компоновки усіх їх структурних елементів, ступеня автоматизації та швидкодії. Створення ефективних робототехнологічних комплексів із врахуванням особливостей сучасного виробництва та дослідженням їх продуктивності є актуальною проблемою. Вирішенню цих задач і присвячена дана магістерська робота.

Практичне значення: розраховані залежності для визначення сил затиску в захватному пристрої при утриманні та маніпулюванні деталлю, що затиснута не симетрично. Дані рівняння можливо використовувати при проектуванні захватних пристроїв та корегуванні режимів роботи промислового робота при виконанні заданих рухів.

Ключові слова: технологічний процес, сили затиску, промисловий робот.

					КР.ПМ.22.11.01.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

Summary

BOYCHENKO Vitaliy. Investigation of clamping forces in the gripping device work in the manufacture of parts gear NSh32. Graduation thesis for a master's degree: CUNTU, 2021.– 85 p.

The basic technological process of manufacturing the NSh32 gear part is analyzed. The replacement of conventional machines with CNC machines and machining centers with the best functional characteristics has been performed. Which made it possible to process the part faster, while the accuracy of processing has increased. The power characteristics in the gripping device of the robot, which serves the CNC machine on the turning operation, are also investigated. For the corresponding operation the layout of RTK with the description of its work is executed.

The expected economic effect from the implementation of the results of rationalization of the technological process and research of the power characteristics of the gripping device in the developed technology of manufacturing parts is 16330 UAH for the consumer.

Relevance: the performance of robotic systems largely depends on the quality of all their structural elements, the degree of automation and speed. The creation of effective robotic systems taking into account the peculiarities of modern production and the study of their productivity is an urgent problem. This master's thesis is devoted to solving these problems.

Practical significance: calculated dependences for determining the clamping forces in the gripping device when holding and manipulating a part that is clamped asymmetrically. These equations can be used in the design of gripping devices and adjusting the modes of operation of industrial robots when performing given movements.

Key words: technological process, clamping forces, industrial robot.

					КР.ПМ.22.11.01.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

ЗМІСТ

Вступ

1.	Загальна частина	
1.1.	Характеристика вузла та деталей, обраних для проектування технологічних процесів.....	
1.2.	Вибір роботи цеху та організація виробництва.....	
1.3.	Характеристика виробничої програми.....	
1.4.	Визначення типу виробництва.....	
2.	Технологічна частина	
2.1.	Аналіз діючого технологічного процесу.....	
2.2.	Аналіз точності та технологічності деталей.....	
2.3.	Вибір заготовок та способу їх виготовлення.....	
2.4.	Вибір методів обробки поверхонь.....	
2.5.	Розробка маршрутів виготовлення деталей.....	
2.6.	Вибір технологічних баз.....	
2.7.	Розробка структури та змісту технологічних операцій, вибір металорізальних верстатів для їх здійснення.....	
2.8.	Вибір затискних пристроїв.....	
2.9.	Вибір ріжучих інструментів.....	
2.10.	Вибір вимірювальних пристроїв та інструментів.....	
2.11.	Визначення припусків та операційних розмірів деталей.....	
2.12.	Визначення режимів різання.....	
2.13.	Технічне нормування.....	
3.	Конструкторська частина	

3.1.	Розрахунок та розробка конструкції затискного пристрою....
3.2.	Розрахунок та розробка конструкції контрольно-вимірювального пристрою.....
3.3.	Розрахунок та розробка конструкції спеціального ріжучого Інструменту.....
4.	Дослідна частина.....
4.1.	Методика дослідження сил затиску деталі захватним пристроєм
4.2.	Розробка розрахункової схеми затиску
4.3.	Теоретичне визначення сил затиску
4.4.	Побудова відповідних залежностей
4.5.	Висновки.....
5.	Економічна частина.....
	Література

Вступ

Темпи економічного розвитку держави в великій мірі залежать 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 баганоменклатурність та серійність. Більша частина всієї машинобудівної продукції виготовляється в умовах серійного виробництва, що обумовлює часте переналагодження 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 ЧПУ.

Необхідно також вирішити проблему раціонального поєднання продуктивності праці та гнучкого виробництва. Впровадження нових прогресивних технологій на базі використання верстатів з ЧПУ сприяє розробці більш якісних машин, зменшення їх собівартості та витрат праці, а також матеріальних ресурсів на їх виготовлення.

Слід відмітити, що в умовах серійного виробництва, в сучасних умовах, першорядне значення повинно бути за технологією виробництва, а другорядне за побудовою технологічного обладнання для реалізації запропонованого технологічного процесу.

Кваліфікаційна робота присвячена розробці технологічних процесів механічної обробки деталі шестерня ведуча з дослідженням сил затиску в захватному пристрої робота.

					КР.ПМ.22.11.01.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

1. Загальна частина

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

Деталь, обрана для кваліфікаційної роботи, входить до складу насосу шестеренного НШ32М-3, який призначений для нагнітання робочої рідини в гідросистеми різних типів машин і верстатів які використовуються в сільськогосподарській та промисловій мобільній техніці. Насос є невід'ємною частиною гідросистеми, він перетворює механічну енергію двигуна в енергію потоку робочої рідини.

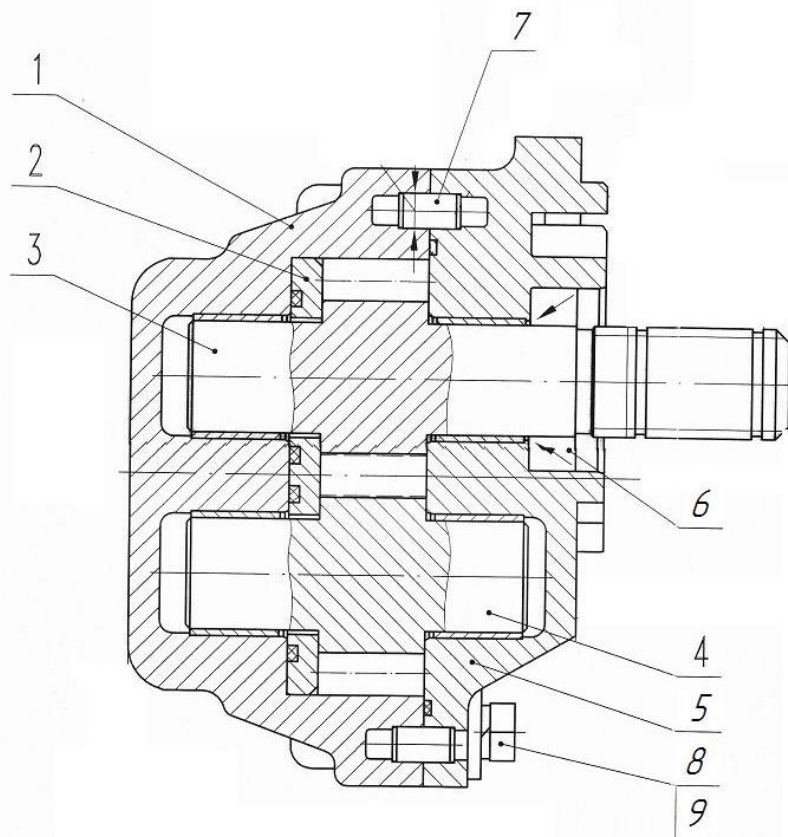


Рис. 1.1. Устрій шестеренного насосу НШ32М-3

Робоча рідина в шестеренному насосі (рис. 1.1) нагнітається за допомогою ведучої 3 та веденої 4 шестерень, розташованих в розточках корпуса 1. Шестерні розташовуються у метало-фторопластових втулках які виконують роль підшипників і одночасно являють собою компенсатори зазорів. Компенсатор 2 розташовується в розточках корпуса 1. В кришці 5 розташований манжет 6, який запобігає протіканню робочої рідини. Кришка орієнтується відносно корпусу за допомогою двох штифтів 7 та приєднується до корпуса болтами 8, під якими

					КР.ПМ.22.11.01.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

встановлені пружинні шайби 9. На інших поверхнях корпусу розміщені платики, з чотирма різьбовими отворами для кріплення арматури всмоктуючого і нагнітаючого трубопроводів.

Конструкція насоса передбачає торцеву та радіальну компенсацію зазорів, які в поєднанні з обмеженою зоною високого тиску забезпечують надійну роботу на малов'язких робочих рідинах при збереженні високого ККД.

Основні технічні та експлуатаційні параметри насосу представлені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1

Технічна характеристика насоса шестеренного НШЗМ-3

Найменування параметру	Норма для типорозміру
Номинальнийробочийоб'єм, см ³	32
Тиск на виході, МПа - номінальний - максимальний	16 21
Тиск на вході, МПа - номінальний - максимальний	0,08 0,15
Частота обертання, с ⁻¹ - номінальна - мінімальна - максимальна	40 8,3 50
Номинальнаоб'ємна подача, л/хв,	107,2
Коефіцієнтподачі, не менше	0,94
Загальний ККД, не менше	0,83
Номинальнапотужність, кВт, не більше	41,5
Маса, кг, не більше	3,7
Габаритнірозміри, мм	148×134×104

Насос працює таким чином: при обертанні шестерень робоча рідина, розміщена у впадинах зубців переноситься в камеру нагнітання, створену корпусом насоса і зубцями ведучої та веденої шестерень. Робоча рідина також виконує функції змащування та охолодження деталей насоса.

Зубці при обертанні шестерень витісняють більше рідини, ніж може розміститись в просторі, що звільнюється зубцями які знаходяться в зачепленні. Внаслідок чого рідина в кількості, рівному різниці об'ємі витісняється в нагнітальну камеру. Ресурс насоса залежить від якості (в'язкості, чистоти)

використовуваного мастила, так як шестеренні насоси мають підшипники ковзання, працездатність яких визначається умовами змащення.

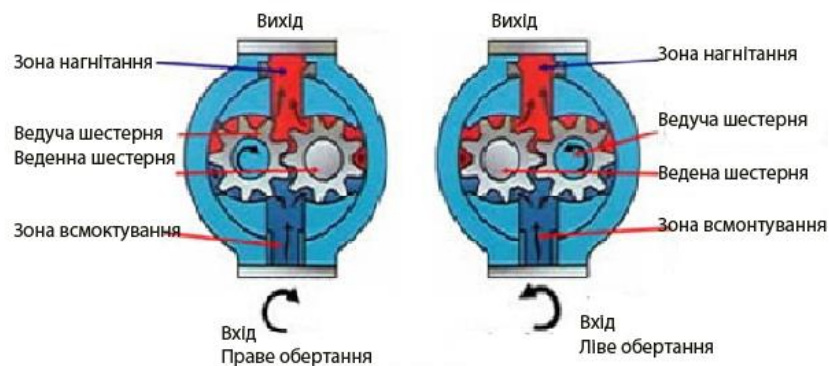


Рис. 1.2. Принцип роботи насосу НШ32М-3

Шестерня ведуча НШ32С-3-00-02 призначена для передачі крутного моменту шестерні веденій та нагнітання робочої рідини. Шестерня ведуча розташовується в колодязі корпусу насоса і опирається цапфами на втулки які виконують роль підшипників.

Основними робочими поверхнями шестерні ведучої являються дві цапфи $\varnothing 25q6$ які є конструкторськими базами, по цих поверхнях деталь базується в збірній одиниці та два торці зубчатого вінця, точність виготовлення яких впливає на продуктивність насосу. Крутний момент шестерня отримує через шліцьову поверхню від двигуна машини. По поверхні $\varnothing 25$ працює гумова манжета, яка забезпечує герметичність та запобігає проникненню вологи та бруду в робочу зону насоса.

1.2. Вибір режиму роботи цеху та організації виробництва

Вибір режиму роботи цеху полягає в визначенні змінності роботи його основних підрозділів, розрахунку різних фондів часу роботи робітників та технологічного обладнання. Кількість робочих змін залежить від розміру виробничої програми, завантаження і рівня універсальності діючого обладнання цеху. В основному, машинобудівні підприємства працюють за двозмінним режимом роботи. Приймаємо двозмінну роботу для обладнання і однозмінну - для робітників.

					КР.ПМ.22.11.01.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

Дійсний річний фонд часу F_g виражає час, який може бути повністю використаний виробництвом. При розрахунку цього фонду часу вираховується витрати пов'язані з: черговими відпустками; відпустками студентів; хворобою, у зв'язку з вагітністю та народженням дитини; скороченням робочих днів для підлітків; святковими днями, тощо.

Приймаємо: п'ятиденний робочий тиждень; кількість вихідних днів - 103; кількість святкових днів - 10; кількість днів скорочених на один час в передсвяткові дні - 9; тривалість зміни - 8 год.; тривалість зміни в передсвятковий день - 7 год.

Кількість робочих днів за рік: $366 - (103 + 10) = 253$.

Кількість робочих днів з повною довжиною робочої зміни: $253 - 9 = 244$.

Номінальний річний фонд часу в годинах:

$8 \cdot 244 = 1952$; $7 \cdot 9 = 63$.

Тоді: $1952 + 63 = 2015$ год.

Приймаємо для розрахунку 2015 год. - в одну зміну.

При роботі в дві зміни:

$2015 \cdot 2 = 4030$ год.

Розрахунок дійсного річного фонду часу для обладнання та робочих місць наведено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1

Дійсний робочий фонд часу

Найменування	Змінність роботи	Номінальний річний фонд часу	Втрати від номінального фонду, %	Тривалість відпусток, дні	Дійсний річний фонд часу (год)
Обладнання 1 – 30 категорії ремонтної складності	2	4030	3	-	3900
Верстати з ЧПУ	2	4030	3	-	3900
Робочі місця без обладнання	2	4030	-	-	4020
Робітники	1	2015	1,5	24	1840

					КР.ПМ.22.11.01.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

При організації виробництва використовуємо поточну форму. Деталі різних вузлів і механізмів групують за технологічними ознаками і по технологічно подібним процесам механічної обробки та необхідності. В цеху оброблюються подібні деталі не залежно від того до якого вузла вони належать.

1.3. Характеристика виробничої програми

Характер, структура та зміст технологічних процесів механічної обробки заданих деталей залежить від організаційної форми виробництва та величини річної виробничої програми. Виробнича програма – кількість деталей які виготовляються в нормативних умовах на конкретному підприємстві за встановлений час в штуках. Випуск вузлів на базовому підприємстві, відповідно до плану за 2022 рік склав 10000 шт/рік. Враховуючи цей показник, визначаємо програму випуску деталей.

$$N = N_1 \cdot m(1 + \frac{\beta}{100}), \text{шт};$$

де: N_1 – річна програма випуску насосів;

m – кількість деталей, що входять до вузла;

β - необхідна кількість деталей для запчастин (%);

Для деталі: шестерня ведуча НШ32С-3-00-02 :

$$N = 10000 \cdot 1(1 + \frac{5}{100}) = 10500 \text{шт};$$

Основні параметри, що характеризують виробничу програму представлені в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2

Характеристика виробничої програми

Назва виробу	Маса одного виробу, кг	Річна програма випуску	
		штук	кг
Шестерня ведуча НШ32С-3-00-02	0,67	10500	7035

1.4. Визначення типу виробництва

Тип виробництва по ГОСТ 3.1108-74 характеризується коефіцієнтом закріплення операцій $K_{з.о.}$, який показує відношення всіх різних технологічних операцій, що виконуються за один місяць, до кількості робочих місць.

Так як $K_{з.о.}$ показує періодичність обслуговування робочого всією необхідною інформацією, а також постачанням робочого місця всіма необхідними знаряддями виробництва, то $K_{з.о.}$ оцінюється до явочного числа робітників підрозділу з розрахунку на одну зміну:

$$K_{з.о.} = \frac{\sum P_o}{P_y};$$

де $\sum P_o$ -сумарне число різних операцій;

P_y -явочне число робочих підрозділів;

Згідно ГОСТ 10.004-74 приймають такі коефіцієнти закріплення операцій:

-для масового виробництва $K_{з.о.} = 1$;

-для серійного виробництва $K_{з.о.} = 10 \div 20$;

Розрахунок типу виробництва виконуємо за допомогою ПК, використовуючи дані базових технологічних процесів ($T_{шт}$).

Згідно виконаних розрахунків приймаємо: для деталей – компенсатор та шестерня ведуча – середньосерійний тип виробництва.

Розрахунок типу виробництва

Шестерня ведуча НШ32С-3-00-02

Вихідні дані

Програма випуску 10500

Номер операції	Дійсний річний фонд часу роботи обладнання	Штучний час
5	3890	9.5700
10	3890	3.1400
15	4060	4.3700
20	3890	1.1400

					КР.ПМ.22.11.01.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

25		3890	1.6900
30		3890	1.6900
35		4060	0.7300
40		4060	0.8400

Результати розрахунку

Номер операції	Розрахункова кількість верстатів	Прийнята кількість верстатів	Кількість операцій на даному верстаті
5	0.5112	1	1.57
10	0.1682	1	4.76
15	0.2242	1	3.57
20	0.0600	1	13.34
25	0.0305	1	26.21
30	0.0305	1	26.21
35	0.0375	1	21.36
40	0.0416	1	19.25

Коефіцієнт закріплення операцій 14.48365

Тип виробництва - середньосерійний

Середньосерійне виробництво характеризується великою номенклатурою виробів, що виготовляються або ремонтуються періодично повторюючимися партіями з порівняно великим об'ємом випуску. В такому виробництві використовують як верстати напівавтомати так і верстати з ЧПУ. Для закріплення деталей, при механічній обробці, використовують стандартні затискні пристрої та спеціальні.

При механічній обробці та для виконання контролю оброблених поверхонь використовують універсальні та спеціальні інструменти. За одним робочим місцем закріплено дві і більше операцій механічної обробки.

2. Технологічна частина

2.1. Аналіз точності та технологічності деталей

Аналіз точності параметрів заданих деталей виконується з метою їх оцінки вимогам механічної обробки та відповідності діючим стандартам і службовому призначенню. З метою виконання аналізу точності деталей виконуються ескізи деталей з нумерацією всіх поверхонь, які підлягають механічній обробці, а висновки по точності параметрів заносяться в таблиці.

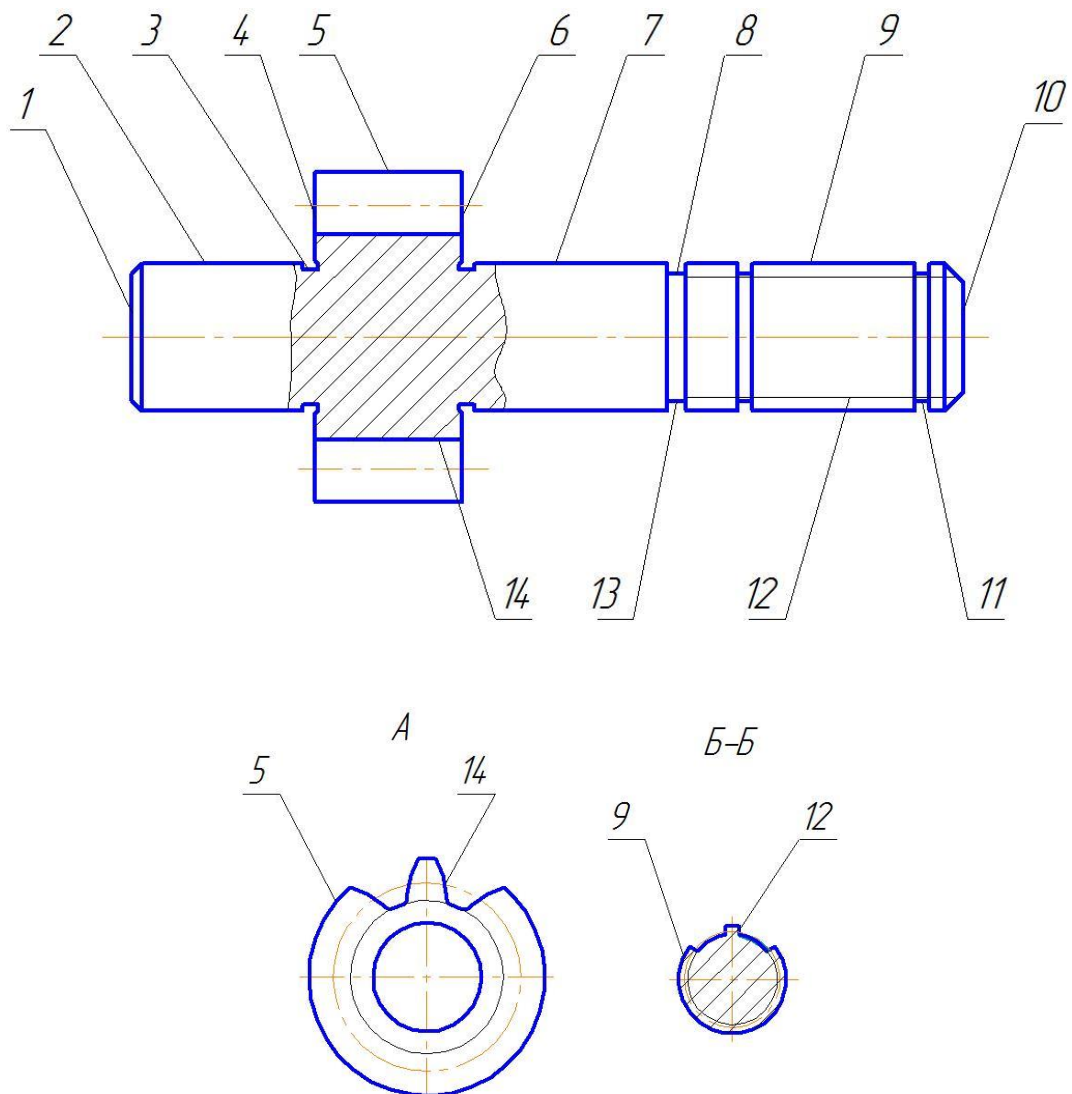


Рис.2.1. Ескіз деталі шестерня ведуча НШС-3-00-02 з нумерацією оброблюваних поверхонь

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата

КР.ПМ.22.11.01.00.00.ПЗ

Арк.

Характеристика параметрів точності поверхонь шестерні

Таблиця 2.1

Характеристика параметрів поверхонь

Номер поверхні	Найменування поверхні	Розмір з відхиленням, мм	Квалітет точності	Точність		Шорсткість, Ra
				відносних поворотів	форми	
1	2	3	4	5	6	7
1,10	Торець	136 ^{-0,63}	h14	-	-	12,5
2,7	Цапфа	Ø25 ^{-0,080 -0,095}	g6			0,16
3	Канавка	Ø24,85 ^{-0,52} Ø28; R0,5;	h14	-	-	2,5
4,6	Торець вінця	24,02 ^{-0,02}	h7			0,16
5	Зубчатий вінець	Ø54,1 ^{-0,01 -0,04}	g7		-	1,25
8	Канавка	Ø23,5 ^{-0,21}	h12	-	-	3,2
9	Зовнішня шліцьова поверхня	Ø25 ^{-0,040 -0,092}	e9		-	1,25
11, 13	Канавка	Ø23,5 ^{-0,21} ; 2,4±0,3;	h12	-	-	6,3
12	Шліц 25x21x6 $\frac{H}{f}$ ГОСТ1139-81	Ø21; 5 ^{-0,035 -0,020} ;	d9	F β ≤ 50	 F _r ≤ 50	2,5
14	Зуб шестерні α=20°; m=4; z=11; ГОСТ13755-81	Ø35 ^{+0,10 -0,39} ; W=18,698 ^{-0,254 -0,324} ; d=44; d _b =41,346;	j12 d8 DIN39627 ГОСТ1643	F _p ≤ 10; F _r ≤ 36; F _β ≤ 20; f _{fβ} ≤ 16; f _{hβ} ≤ ± 10	F _α ≤ 20; f _{fα} ≤ 16; f _{hα} ≤ ± 10	2,5

Аналіз параметрів точності, табл.2.1, показує, що всі розміри задані коректно та в достатній кількості. Підвищені вимоги по точності висуваються до п'яти поверхонь, точність розмірів яких задано по 6,7 і 9 квалітетах, що обумовлюється службовим призначенням цих поверхонь.

Так цапфи шестерні Ø25q6 являються базовими поверхнями по яких деталь базується в складальній одиниці, тому допуск величини радіального биття цих поверхонь відносно вісі деталі не повинен перевищувати 0,005мм, допуск круглості 0,006мм і шорсткість становить Ra0,16. Від точності виготовлення зубчатого вінця та торців зубчатого вінця залежить працездатність насоса тому до цих поверхонь висуваються такі вимоги: допуск величини торцевого биття торців зубчатого вінця відносно вісі не повинен перевищувати 0,008мм, допуск прямолінійності 0,008мм, радіальне биття зовнішнього діаметра зубчатого вінця не повинно перевищувати 0,01мм відносно вісі деталі. До зовнішнього діаметру шліцьової поверхні Ø25e9 висуваються такі вимоги: допуск радіального биття становить 0,04мм відносно вісі деталі, а допуск симетричності шліца відносно вісі шестерні становить 0,16мм.

Інші розміри деталі задано по 12 та 14 квалітетах точності з шорсткістю R_a 12,5 та 6,3 – ці поверхні є невідповідальні.

Таким чином всі розміри, їх відхилення та висунуті вимоги до поверхонь відповідають функціональному та службовому призначенню поверхонь деталі, а також діючим стандартам і умовам експлуатації.

На характер технологічних процесів обробки деталей впливає технологічність їх конструкцій. Технологічність конструкції деталей повинна забезпечити широке застосування стандартних інструментів та пристроїв, вимагати мінімального об'єму механічної обробки, зменшення кількості технологічних операцій, переходів.

Деталь шестерня ведуча НШ32С-3-00-01 відноситься до деталей типу тіла обертання $3l > d$. При орієнтації в технологічному процесі вона реалізує базові поверхні, в тому числі:

- циліндричні поверхні цапф, як подвійна напрямна;

					КР.ПМ.22.11.01.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

- торцева поверхня цапф, або торцева поверхня зубчатого вінця як опорна.

Після утворення штучних технологічних баз – центрових отворів, вони приймають на себе функцію подвійної напрямної бази.

Деталь має досить просту конструктивну форму, зручні технологічні бази, а також вільний доступ різального та вимірювального інструментів до всіх оброблювальних поверхонь.

Шестерня ведуча виготовляється з легованої сталі 18ХГТ ГОСТ4543-71. Конструкція деталі не вимагає значних ускладнень під час вибору заготовки. З точки зору механічної обробки деталь достатньо технологічна, має просту конструктивну форму. Конструкція деталі дозволяє вести токарну обробку поверхонь на верстаті з ЧПУ, який має контршпіндель. Кінцеву обробку цапф та торців зубчатого вінця доцільно виконувати на торцекруглошліфувальному верстаті, це дасть змогу забезпечити виконання всіх вимог по точності розмірів та взаємного розташування поверхонь.

2.2. Аналіз діючих технологічних процесів

Аналіз діючих технологічних процесів механічної обробки деталі шестерня виконується з метою виявлення їх відповідності вимогам сучасної технології машинобудування, визначення відхилень та недоліків, а також розробці рекомендацій по їх реалізації.

Аналізуючи базові технологічні процеси заданих деталей можна відмітити, що вони забезпечують виготовлення деталей в повній відповідності з заданими вимогами, що до точності, продуктивності та собівартості.

Базовий технологічний процес механічної обробки деталі шестерня ведуча НШ32С-3-00-02 складається з одинадцяти операцій. На перших двох – токарних з ЧПУ виконується токарна чорнова та чистова обробка поверхонь і свердління центрових отворів. На наступних трьох операціях виконується обробка зубів та шліців шестерні. Після проведення термічної обробки виконується абразивна обробка поверхонь деталі. І на останніх двох операціях – кінцева обробка цапф

					КР.ПМ.22.11.01.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

та торців зубчатого вінця. Таким чином, поряд з сучасними верстатами з ЧПУ в базовому технологічному процесі використовуються і застарілі універсальні.

Пропонується в базовий технологічний процес внести ряд змін. Токарну обробку поверхонь деталі виконати на одній операції, використавши сучасний токарний верстат з ЧПУ DMGTWIN-42. Цей верстат має два шпинделя. Спочатку шестерня оброблюється з однієї сторони, потім виконується сканування положення поверхні, по якій буде виконуватись затиск контр шпинделем, відносно вісі деталі та корекція положення контр шпинделя. Далі шестерня оброблюється з іншої сторони. Технологічні можливості даного верстата дозволяють виконувати також і обробку шліцьової поверхні. Таким чином три операції базового технологічного процесу зводяться в одну.

На двох шліфувальних операціях 050 і 055 виконується шліфування відповідно – зубчатого вінця та шліцьової поверхні. Пропонується об'єднати ці дві операції в одну, використавши шліфувальний верстат з ЧПУ 3М151Ф3.

Таким чином запропоновані зміни дозволять зменшити кількість операцій механічної обробки до восьми, час на виготовлення деталі і підвищити якість обробки за рахунок використання більш сучасних верстатів з ЧПУ.

2.3. Вибір заготовок та способу їх отримання

Аналіз службового призначення заданих деталей, а також умов їх експлуатації і конструктивних форм визначають матеріал для їх виготовлення.

Згідно з вихідними даними базового підприємства та практичного досвіду проектування і експлуатації насосів для виготовлення шестерні використовується легована сталь 18ХГТ ГОСТ 4543-71.

Таблиця 2.3

Хімічний склад матеріалу деталі шестерня НШ32С-3-00-02

Марка матеріалу	Вміст елементів,%					
	С	Mn	Ti	Cr	Si	інші
18ХГТ	0,18-0,23	0,8-1,1	0,06-0,12	1,0	0,06-0,12	0,03-0,12

Механічні властивості матеріалу деталі шестерня НШ32С-3-00-02

Марка матеріалу	σ_B	σ_T	Твердість
	МПа		
18ХГТ	≥ 100	≥ 80	HRC57...63

Після визначення матеріалів заданих деталей обираємо методи отримання заготовок, що здійснюється з врахуванням їх конструктивних форм, службового призначення та фізико - механічних властивостей їх матеріалів, а також типу виробництва.

На підставі вивчення та аналізу методів виготовлення заготовок на базовому підприємстві, а також літературних джерел про методи виготовлення заготовок для деталей аналогічних конструктивних форм та службового призначення пропонується розглянути два метода отримання заготовок для деталі шестерня: круглий прокат та прокат який за формою наближений до деталі.

Вартість заготовки з круглого прокату – перший метод:

$$M_{заг2} = Q \cdot S - (Q - q) \cdot \frac{S_{відх}}{1000}, грн$$

де: Q – маса заготовки;

S – ціна 1кг. матеріалу заготовки;

q – маса готової деталі;

$S_{відх.}$ – ціна 1т. відходів;

$$M_{заг2} = 2,19 \cdot 20 - (2,19 - 0,67) \cdot \frac{1500}{1000} = 41,52 грн$$

Вартість заготовки з прокату – другий метод:

$$M_{заг2} = 1,18 \cdot 35 - (1,18 - 0,67) \cdot \frac{1500}{1000} = 40,54 грн$$

Порівняння двох методів отримання заготовки показує, що в даному випадку найбільш доцільною заготовкою для деталі шестерня є другий метод, це заготовка отримана методом гарячої прокатки на прокатному стані.

Визначаємо вихідні дані по ГОСТ7505-89

Клас точності – Т5;

					КР.ПМ.22.11.01.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

Група сталі М2; 0,35...0,65% вуглецю і 2...5% легуючі елементи;

Ступінь складності – С2;

Вихідний індекс – 13;

Нагрів заготовки – індукційний;

2.4. Вибір методів обробки поверхонь

Методи та маршрути обробки поверхонь визначаємо виходячи з вимог, що до точності та якості готової деталі.

На підставі розрахунку уточнень визначаємо оптимальний варіант маршрутів обробки поверхонь деталей.

Загальне уточнення: $\epsilon_{заг.} = \frac{\delta_{заг.}}{\delta_{дет.}}$;

де $\delta_{заг.}$ - допуск заготовки на дану поверхню;

$\delta_{дет.}$ – допуск деталі.

Фактичне уточнення: $\epsilon_{фi} = \frac{\delta_{i-1}}{\delta_i}$;

де δ_{i-1} ; δ_i – допуск на попередньому та виконуваному переході.

$\epsilon_{ф} = \epsilon_{ф1} \cdot \epsilon_{ф2} \cdot \dots \cdot \epsilon_{фn}$;

Після виконання розрахунків повинна виконуватись умова: $\epsilon_{ф} \geq \epsilon_{з}$;

Розраховуємо зовнішню циліндричну поверхню $\varnothing 25^{-0,080}_{-0,095}$ (Ra 0,16).

Маршрут обробки поверхні:

Заготовка – допуск заготовки $\delta_3 = 1,4\text{мм}$; [4] стр.169.

1. Точіння чорнове, допуск точіння чорнового - $\delta_1 = 0,33\text{мм}$; [4] стр.8.
2. Точіння чистове, допуск точіння чистового - $\delta_2 = 0,084\text{мм}$; [4] стр.8.
3. Шліфування попереднє, допуск шліф. попереднього- $\delta_3 = 0,05\text{мм}$; [4]стр.9
4. Шліфування чистове, допуск шліф. чистового - $\delta_4 = 0,015\text{мм}$; [4] стр.9.
5. Суперфініш, допуск суперфінішування - $\delta_5 = 0,015\text{мм}$; [4] стр.9.

$$E_{заг.} = \frac{\delta_{заг.}}{\delta_{дет.}} = \frac{1,4}{0,015} = 93,3;$$

					КР.ПМ.22.11.01.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

$$E_{\phi 1} = \frac{1,4}{0,33} = 4,24; \quad E_{\phi 2} = \frac{0,33}{0,084} = 3,92; \quad E_{\phi 3} = \frac{0,084}{0,05} = 1,68; \quad E_{\phi 4} = \frac{0,05}{0,015} = 3,34;$$

$$E\phi = 4,24 \cdot 3,92 \cdot 1,68 \cdot 3,34 = 93,4;$$

$$E\phi > E\epsilon; \quad 93,4 > 93,3;$$

Умова виконується.

На інші поверхні деталі розрахунки виконуємо аналогічно і результати заносимо в таблицю 2.7.

Таблиця 2.7

Вірогідні маршрути обробки поверхонь заданих деталей

Позначення поверхні	Допуск на поверхню по кресленню δ , мм	Шорсткість R_a	Допуск на заготовку поверхні, мм	Загальне уточнення	Можливі технологічні маршрути обробки		Технологічні допуски	Розрахункові уточнення	Фактичне уточнення
					Номер маршруту	Зміст маршруту			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Шестерня ведуча НШ32С-3-00-02									
1,10	0,63	12,5	2,4	3,8	1	Точіння чорнове	0,54	4,4	4,4
2,7	0,015	0,16	1,4	93,3	1	Точіння чорнове Точіння чистове Шліфування п. Шліфування чист. Суперфініш	0,33 0,084 0,05 0,015 0,015	4,24 3,92 1,68 3,34 1	93,4
					2	Точіння чорнове Точіння н/ч чист. Точіння чистове Точіння тонке Суперфініш	0,33 0,084 0,05 0,013 0,013	4,24 3,92 1,68 3,85 1	107,5
2,4	0,02	0,16	1,4	70	1	Точіння чорнове Точіння чистове Шліфування Доведення	0,33 0,052 0,02 0,02	4,24 6,35 2,6 1	70
5	0,03	1,25	1,6	53,2	1	Точіння чорнове Точіння чистове Шліфування	0,4 0,04 0,03	4,0 10,0 1,33	53,2
9	0,052	1,25	1,4	26,9	1	Точіння чорнове Точіння чистове Шліфування	0,33 0,084 0,052	4,24 3,92 1,62	26,9

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дати

КР.ПМ.22.11.01.00.00.ПЗ

Арк.

2.5. Розробка маршрутів виготовлення деталей

На підставі вибраних оптимальних маршрутів обробки окремих поверхонь розроблюємо маршрут обробки деталі Шестерня ведуча НШ32С-3-00-02

005 Токарна з ЧПУ

Токарний з ЧПУ DMGTWIN-42

Точити торець цапфи та торець зубчатого вінця з короткої сторони; точити начорно цапфу, вінець; точити начисто цапфу, торець вінця, вінець та фаску; врізати технологічну канавку, свердлити центровий отвір. Сканувати положення поверхні вінця відносно вісі деталі. Переустановити деталь в контр шпиндель. Цекувати торець цапфи з довшої сторони; свердлити центровий отвір; підвести задній центр; точити торець цапфи та торець зубчатого вінця; точити начорно шліцьову поверхню, цапфу; точити начисто шліцьову поверхню, цапфу, фаску, торець вінця; врізати технологічну канавку; точити розподільчу канавку, канавки під стопорні кільця; фрезерувати шліци.

010 Зубофрезерна з ЧПУ

Зубофрезерний з ЧПУ ВСН-3400NC2

Фрезерувати зуби шестерні.

015 Зубошевінгувальна

Зубошевінгувальний н/а 5702В

Шевінгувати зуби шестерні.

020 Мийна

Машина мийна ГМ 2879

Мити деталі.

025 Контрольна

Стіл ГМ 1765

Контролювати деталі.

030 Термічна

035 Слюсарна

Вертикально-свердильний верстат 2Н135

Хонінгувати центрові отвори.

					КР.ПМ.22.11.01.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

040 Шліфувальна з ЧПУ

Шліфувальний з ЧПУ 3М151Ф3

Шліфувати зубчатий вінець, шліцьову та сальникову шийку.

045 Шліфувальна

Торцекруглошліфувальний SASE 200/02

Шліфувати торець зубчатого вінця і цапфу з короткої сторони попередньо;
шліфувати торець зубчатого вінця і цапфу начисто.

050 Шліфувальна

Торцекруглошліфувальний SASE 200/02

Шліфувати торець зубчатого вінця і цапфу з довшої сторони попередньо;
шліфувати торець зубчатого вінця і цапфу начисто .

055 Очистка електрохімічна

Установка ГМ 2685

060 Мийна

Машина мийна ГМ 2879

Мити деталі.

065 Суперфінішна

Безцентрово-суперфінішний 3879Б

Суперфінішувати дві цапфи і сальникову поверхню одночасно.

070 Доводочна

Доводочний 020-011М

Довести два торці одночасно.

075 Мийна

Машина мийна ГМ 2879

Мити деталі.

080 Контрольна

Стіл ГМ 1765

Контролювати параметри деталі.

					КР.ПМ.22.11.01.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

2.6. Вибір технологічних баз

Визначення технологічних баз є одним з найскладніших та принципових етапів проектування технологічних процесів. Від правильного вибору баз значною мірою залежить: забезпечення взаємного роз положення поверхонь; рівень складності затискних пристроїв; загальна продуктивність обробки. Вибір технологічних баз необхідно починати з першої операції, мета якої підготувати базові поверхні для наступних операцій. Розробка маршрутів обробки деталей та вибір баз виконується паралельно. При виборі баз необхідно забезпечити принцип єдності та постійності баз.

На першій операції механічної обробки деталі шестерня технологічними базами являються необроблена поверхня заготовки цапфи Ø32мм і торець вінця; після переустановлення деталі в контр шпиндель – технологічні бази це оброблена поверхня вінця та його торець. На наступних операціях: зубообробних та шліфувальних, технологічні бази – центрові отвори та торець. На безцентрово суперфінішній операції технологічні бази це поверхні двох цапф.

2.7. Розробка структури та змісту операцій технологічних процесів обробки заданих деталей

Розробка структури та змісту операцій технологічних процесів механічної обробки деталі шестерня здійснюється на підставі прийнятих методів і маршрутів обробки, запропонованих технологічних маршрутів виготовлення заданих деталей та загальних рекомендацій, що до проектування операційних технологічних процесів.

					КР.ПМ.22.11.01.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

Для реалізації запропонованого технологічного процесу механічної обробки заданої деталі визначаємо металорізальні верстати. Вибір металорізальних верстатів здійснюється з врахуванням структури та змісту операцій, методів обробки, конструктивних форм деталі та її розмірів, а також з врахуванням типу виробництва.

Стисла технічна характеристика вибраного обладнання наведена в таблиці.

Таблиця 2.10

Металорізальні верстати для обробки заданої деталі

№ операції	Найменування та модель верстату	Ряд частот обертання шпинделя, хв. ⁻¹	Ряд подач, мм/об	Габаритні розміри верстату, мм	Потужність електродвигуна, кВт	Максимальні розміри робочого столу чи max діаметр обробки
1	2	3	4	5	6	7
005	Токарний з ЧПУ DMGTWIN-42	32÷4000	0,04÷3,2	3500х1400х2100	21	Ø420
010	Зубофрезерний з ЧПУ BSH3400N	Обертання інструменту n= 100...300 хв. ⁻¹	Осьова подача інструменту S ₀ =0,5...3,0 мм/об. дет.	2560х1470х1915	5,5	Ø320
015	Зубо-шевінгувальний н/а 5702B	Обертання інструменту n= 50...120 хв. ⁻¹	Радіальна подача стола S _p = 0,02...0,06 мм/хід ст. Поздовжня подача стола S _{поз} =35...118 мм/хв	1820х1500х2120	3	m=6
035	Вертикально-свердлильний 2Н135	31÷1400	0,1÷1,6	1030×825х2535	4	Ø35

					КР.ПМ.22.11.01.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

1	2	3	4	5	6	7
040	Шліфувальний з ЧПУ 3М151Ф3	$n_{\text{шл.кр.}}=3000$ $n_{\text{дет.}}=$ 50...300	$S_{\text{шліф. бабки}}=$ 0,005...0,01 мм/об. дет $S_{\text{позд.}}=100\ldots$ 200 мм/хв	5400х 2400х 2170	15,2	Ø200
045 050	Торцекругло- шліфувальний SASE 200/02	$n_{\text{шл.кр.}}=3000$ $n_{\text{дет.}}=$ 50...300	$S_{\text{шліф. бабки}}=$ 0,005...0,01 мм/об. дет $S_{\text{позд.}}=100\ldots$ 200 мм/хв.	4000х 3200х 1900	7,5	Ø300
065	Безцентрово- суперфініш ний 3879Б	3325	-	1550х 1500х 1530	3,5	Ø80
070	Доводочний 020-011М	3000	0,005	2100х 1900	5,5	Ø200

2.8. Вибір затискних пристроїв

Для забезпечення заданої точності обробки деталей їх необхідно надійно встановити і закріпити. З цією метою визначаються затискні пристрої в залежності від теоретичної схеми базування, конструктивної форми деталі, методу обробки та типу виробництва. Пристрої для верстатів з ЧПУ не мають елементів для орієнтації та направлення різального інструменту, крім того вони повинні мати можливість швидкого переналагодження на обробку інших деталей, що за своєю конструктивною формою наближені до неї. Стисла характеристика вибраних затискних пристроїв для закріплення деталі наведена в таблиці.

Таблиця 2.11

Верстатні пристрої для встановлення та закріплення деталі

№ операції	Найменування пристрою	Стандарт (код)	Вид приводу
1	2	3	4
005	1 поз. Патрон клиновий Strong UBN	208Н6	Гідравлічний
	2 поз. Патрон цанговий Центр обертовий	25827-85 7032-4115	Гідравлічний
010	Центр верхній	7533-6007-08	Гідравлічний

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата	КР.ПМ.22.11.01.00.00.ПЗ		Арк.

	Планшайба з плаваючим центром	7533-6007-07	
015	Центр верхній Центр нижній	7562-4050-01 7562-4050-04	Гідравлічний
035	Пристрій затискний	спец.	Механічний
040,045 050	Повідок Центр задній Морзе 4	7067-4120 131214-79	Механічний
065	Державка права Державка ліва	6380-6033 6380-6034	Механічний
070	Центр задній Центр передній Повідок	7032-4122 7162-4042 7067-4004	Механічний

2.9. Вибір різальних інструментів

Вибір різальних інструментів для обробки деталі виконується в залежності від методу обробки, матеріалу деталі, різальних властивостей інструментального матеріалу, а також рівня автоматизації технологічного обладнання і типу верстата. Вибір різальних інструментів здійснюється за довідковими таблицями. А враховуючи використання сучасних верстатів з ЧПУ DMGTWIN-42, HAAS MiniMill та інших, то для вибору різальних інструментів, на окремі операції, використовуємо каталог фірми Taegu Tec. Також використовуємо інструмент оснащений пластинами твердого сплаву з покриттям (TiN / Al₂O₃ / TiCN, багатошарове покриття) який дозволяє вести механічну обробку на високих швидкостях. Характеристика інструментів наведена в таблиці.

Таблиця 2.12

Різальний інструмент для обробки заданої деталі

Номер		Найменування інструменту	Стандарт (код ISO) ГОСТ	Різальна частина	
опе- рації	пере ходу			мате - ріал	стандарт (код ISO)
1	2	3	4	5	6
005	2,11	Різець підрізний	PWRBR 2520	TT8125	P15-P35
	3	Різець прохідний	MKLCR2520	TT8125	P15-P35
	4	Різець прохідний	MKLCR2520	TT8125	P15-P35
	5	Різець канавочний	MVQNL16	TT8125	P15-P35
	6,9	Свердло центрувальне Ø5	ER32	KC7210	K10
	8	Цеківка Ø18	26258-87	P6M5	19265-73
	12	Різець прохідний	TWLNLM10	TT8125	P15-P35

					КР.ПМ.22.11.01.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

	13	Різець канавочний	MVQNLM18	TT8125	P15-P35
	14	Різець прохідний	TWLNLM10	TT8125	P15-P35
	15	Різець канавочний	MVQNLM16	TT8125	P15-P35
	16	Фреза шліцьова	8072-81	P6M5	19265-73
010	2	Фреза спец. черв'ячна М4	РН-72438	КС7210	К10
015	2	Шевер дисковий m=4	8570-81	P6M5	19265-73
035	2	Розкатка	спец.	P6M5	19265-73
040	2	Круг шліфувальний ПП600х40х305 1кл.А	2424-83	14А 25П СТ3 Т1	21445-84
045 050	2	Круг шліфувальний ПП600х50х305 1кл.А	2424-83	14А 16П СМ2С1	21445-84
065	2	Блок-Брусок алмазний АББС 125х80х5х16	ТУ2-037-83	АСМ 20/14	ТУ 397-83
070	2	Круг алмазний АЧК 200х32х50х5х3	ТУ2-037-88	АСН 60/40	ТУ 233-88

2.10. Вибір вимірювальних пристроїв та інструментів

Для контролю параметрів точності деталей, що обробляються необхідно визначити необхідний вимірювальний інструмент і пристосування, які обираються в залежності від конструктивних форми поверхні, вимог щодо точності поверхні та типу виробництва. Стисла характеристика вибраного вимірювального інструменту наведена в таблиці.

Таблиця 2.13

Вимірювальний інструмент для контролю деталей

Номер		Розмір з відхиленням, що контролюється	Найменування вимірювального інструменту	Стандарт ГОСТ						
Операції	Переходу									
1	2	3	4	5						
005	2	29,3±0,2; 56,5-0,25.	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1	166-89						
	3	Ø25,6-0,33; Ø54,7-0,4;	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1	166-89						
	4	Ø25,11-0,084; Ø54,25-0,04; 29±0,2; 1,2x45° <table><tr><td>—</td><td>0,002</td></tr><tr><td>0,1</td><td>A</td></tr><tr><td>0,05</td><td>A</td></tr></table>	—	0,002	0,1	A	0,05	A	Мікрометр МК 25-50-0,01	6507-88
			—	0,002						
0,1			A							
0,05	A									
Калібр контролю фаски 1,2x45°	спец.									
			Пристрій контрольний	спец.						
			Пристрій контрольний							
			КР.ПМ.22.11.01.00.00.ПЗ		Арк.					
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата						

	5	Ø24,85; Ø28,6; 45°; 2 ^{+0,6} ;	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,05	166-89												
	6	Ø5; 60°; 11,2;	Пристрій контрольний	спец.												
	8	Ø18 ^{+0,2} ; 2±0,2;	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1	166-89												
	9	Ø5; 60°; 11,2;	Пристрій контрольний	спец.												
	11	81±0,2; 106,3±0,2;	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,05	166-89												
	12	Ø25,6 ^{-0,33} ; 81±0,3	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1	166-89												
	13	Ø23,5 ^{-0,21} ; 2,4±0,3; 3,6±0,3; 60°; 58 ^{-0,2} ; 69 ^{-0,2} ;	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 Пристрій контрольний	166-89 спец.												
	14	3,2x45°; 24,6 ^{-0,08} ; Ø25,11 ^{-0,084} ; Ø25,15 ^{-0,084} ; <table><tr><td>—</td><td colspan="3">0,002</td></tr><tr><td></td><td>0,1</td><td colspan="2">A</td></tr><tr><td></td><td>0,05</td><td colspan="2">A</td></tr></table>	—	0,002				0,1	A			0,05	A		Калібр контролю фаски 1,2x45° Мікрометр МК 25-50-0,01 Пристрій контрольний Пристрій контрольний	спец. 6507-88 спец. спец.
	—	0,002														
		0,1	A													
	0,05	A														
15	Ø24,85 ^{-0,52} ; 2 ^{+0,6} ; Ø28,6; 45°; 0,6 ^{-0,05} ;	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,05 Калібр 45°; Шаблон	166-89 спец. спец.													
	16	5 ^{-0,17} ^{-0,25} ; Z=6; Ø20,1;	Калібр-скоба 5 ^{-0,17} ^{-0,25} ; Кільце шліцьове Штангенциркуль ШЦ-I-150-0,01	8152-6003 8312-4013 Calibro												
010	2	m=4; Z=11; Ø35 ^{+0,10} ^{-0,39} ;	Міжцентромір МЦ400Б Колесо вимірювальне М=4 ст.5; Пристрій контрольний Калібр Ø35 ^{+0,10} ^{-0,39} ; ПР – НЕ;	9696-82 6512-84 8532-4050 8124-4060												
015	2	m=4; Z=11; Ø35 ^{+0,10} ^{-0,39} ;	Міжцентромір МЦ400Б Індикатор 1МИГ Нормалемер БВ-5045-В	5368-81 9696-82 034230-88												
040	2	Ø54,1 ^{-0,01} ^{-0,04} ; Ø25 ^{-0,040} ^{-0,092} ;	Скоба індикаторна Скоба важільна СР25	8515-4094 11098-85												
			КР.ПМ.22.11.01.00.00.ПЗ													
			Арк.													
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата												

Арк.

		0,1	A		Центра контрольні ПБМ – 500	034-450-75
		0,05	A			
	2	Ø25,06 ^{-0,05} ; 30,06±0,2			Мікрометр МК 25-50-0,01	6507-88
045	3	Ø25,01 ^{-0,015} ; 30±0,165; = 0,006 – 0,008 O 0,006 0,005 A			Скоба важільна СР25 Скоба активного контролю Центра контрольні ПБМ – 500 Пристрій контрольний Індикатор 1МИГ	11098-85 11098-85 034-450-75 8533-4028 9696-82
	2	Ø25,06 ^{-0,05} ; 30,06±0,2			Мікрометр МК 25-50-0,01	6507-88
050	3	Ø25,01 ^{-0,015} ; 24,025 ^{-0,02} ; = 0,006 – 0,008 O 0,006 0,005 A			Скоба важільна СР25 Скоба активного контролю Центра контрольні ПБМ – 500 Пристрій контрольний Індикатор 1МИГ	11098-85 11098-85 034-450-75 8533-4028 9696-82
065	2	Ø25 ^{-0,080} _{-0,095} ; = 0,006 O 0,005 A			Скоба важільна СР50 Пристрій контрольний Профілометр "М"	11098-85 спец. 19300-86
070	2	24,02 ^{-0,02} ; = 0,006 O 0,005 A			Скоба важільна СР50 Пристрій контрольний Профілометр "М" Пристрій контрольний	11098-85 спец. 19300-86 8533-4029

2.11. Визначення припусків та операційних розмірів деталей

Величина операційного припуску на механічну обробку впливає на точність, якість та продуктивність обробки.

Розрахунок припусків та операційних розмірів виконується для однієї з найточніших поверхонь – зовнішню циліндричну Ø25^{-0,080}_{-0,095}.

Маршрут обробки поверхні:

Заготовка – допуск заготовки $\delta_3 = 1,4\text{мм}$;

1. Точіння чорнове, допуск точіння чорнового - $\delta_1 = 0,33\text{мм}$;
2. Точіння чистове, допуск точіння чистового - $\delta_2 = 0,084\text{мм}$;
3. Шліфування попереднє, допуск шліфування попереднього - $\delta_3 = 0,05\text{мм}$;
4. Шліфування чистове, допуск шліфування чистового - $\delta_4 = 0,015\text{мм}$;

					КР.ПМ.22.11.01.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

Технологічні переходи	Елементи припуску, мкм			Розрахунковий припуск, 2Z min, мкм	Розрахунковий розмір, d _p , мм	Допуск δ, мкм	Граничні розміри, мм		Граничні припуски, мкм		
	Rz	T	ρ				d _{min}	d _{max}	2Z _{гр min}	2Z _{гр max}	
Заготовка	160	200	1270	-	28,907	1400	28,9	30,3	-	-	
Точіння чорнове	50	50	80	2 · 1630	25,647	330	25,65	25,977	3250	4330	
Точіння чистове	30	30	50	2 · 180	25,287	84	25,29	25,371	360	606	
Шліфування попереднє	10	20	25	2 · 110	25,067	50	25,07	25,117	220	254	
Шліфування чистове	5	15	6	2 · 55	24,957	15	24,957	24,972	113	145	
Супер - фінішування	5	3	0	2 · 26	24,905	15	24,905	24,92	52	52	
				КР.ПМ.22.11.01.00.00.ПЗ						Арк.	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата							

Величина залишкового просторового відхилення, [2], стр.73.

- після точіння чорнового: $\rho_1 = 0,06 \cdot 1270 \approx 80$ мкм;

- після точіння чистового: $\rho_2 = 0,04 \cdot 1270 = 50$ мкм;

- після шліфування попереднього: $\rho_3 = 0,02 \cdot 1270 = 25$ мкм;

- після шліфування чистового: $\rho_4 = 0,005 \cdot 1270 = 6$ мкм;

- після суперфінішу: $\rho_4 = 0$ мкм;

Розрахунок мінімальних значень припусків виконуємо за формулою:

$$2Z \min_i = 2 (R_{z-1} + T_{i-1} + \rho_{i-1}) ; \quad [2], \text{ стр.89.}$$

Мінімальний припуск:

при чорновому точінні: $2Z \min_1 = 2(160+200+1270) = 2 \cdot 1630$ мкм;

при чистовому точінні: $2Z \min_2 = 2 (50+50+80) = 2 \cdot 180$ мкм;

при попередньому шліфуванні: $2Z \min_3 = 2 (30+30+50) = 2 \cdot 110$ мкм;

при чистовому шліфуванні: $2Z \min_4 = 2 (10+20+25) = 2 \cdot 55$ мкм;

при суперфінішуванні: $2Z \min_5 = 2 (5+15+6) = 2 \cdot 26$ мкм;

Графу таблиці «Розрахунковий розмір» заповнюємо з кінцевого розміру:

$$d_{p5} = d_d = 24,905 \text{мм};$$

$$d_{p4} = 24,905 + 0,052 = 24,957 \text{мм};$$

$$d_{p3} = 24,961 + 0,110 = 25,067 \text{мм};$$

$$d_{p2} = 25,067 + 0,220 = 25,287 \text{мм};$$

$$d_{p1} = 25,287 + 0,360 = 25,647 \text{мм};$$

$$d_{p3} = 25,647 + 3,260 = 28,907 \text{мм};$$

Визначаємо найбільші граничні розміри:

$$d_{\max 5} = 24,905 + 0,015 = 24,92 \text{мм};$$

$$d_{\max 4} = 24,957 + 0,015 = 24,972 \text{ мм};$$

$$d_{\max 3} = 25,067 + 0,05 = 25,117 \text{мм};$$

$$d_{\max 2} = 25,287 + 0,084 = 25,371 \text{мм};$$

$$d_{\max 1} = 25,647 + 0,330 = 25,977 \text{мм};$$

$$d_{\max 3} = 28,907 + 1,4 = 30,307 \text{мм};$$

Граничні значення припусків $Z^{\text{гр}} \max$ визначаємо як різницю найбільших граничних розмірів і $Z^{\text{гр}} \min$ – як різницю найменших граничних розмірів в

					КР.ПМ.22.11.01.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

попередніх та виконуємих переходів.

$$2Z^{IPmax}_5 = 24,972 - 24,92 = 0,052\text{мм};$$

$$2Z^{IPmax}_4 = 25,117 - 24,972 = 0,145 \text{ мм};$$

$$2Z^{IPmax}_3 = 25,371 - 25,117 = 0,254\text{мм};$$

$$2Z^{IPmax}_2 = 25,977 - 25,371 = 0,606\text{мм};$$

$$2Z^{IPmax}_1 = 30,307 - 25,977 = 4,33\text{мм};$$

$$2Z^{IPmin}_5 = 24,957 - 24,905 = 0,052\text{мм};$$

$$2Z^{IPmin}_4 = 25,07 - 24,957 = 0,113\text{мм};$$

$$2Z^{IPmin}_3 = 25,29 - 25,07 = 0,22\text{мм};$$

$$2Z^{IPmin}_2 = 25,65 - 25,29 = 0,36\text{мм};$$

$$2Z^{IPmin}_1 = 28,9 - 25,65 = 3,25\text{мм};$$

Перевірка правильності виконаних розрахунків:

$$Z^{IPmax}_5 - Z^{IPmin}_5 = 52 - 52 = 0\text{мкм}; \delta_4 - \delta_5 = 15 - 15 = 0\text{мкм};$$

$$Z^{IPmax}_4 - Z^{IPmin}_4 = 145 - 113 \approx 35 \text{ мкм}; \delta_3 - \delta_4 = 50 - 15 = 35\text{мкм};$$

$$Z^{IPmax}_3 - Z^{IPmin}_3 = 254 - 220 = 34\text{мкм}; \delta_2 - \delta_3 = 84 - 50 = 34\text{мкм};$$

$$Z^{IPmax}_2 - Z^{IPmin}_2 = 606 - 360 = 246\text{мкм}; \delta_1 - \delta_2 = 330 - 84 = 246\text{мкм};$$

$$Z^{IPmax}_1 - Z^{IPmin}_1 = 4330 - 3250 \approx 1070\text{мкм}; \delta_3 - \delta_1 = 1400 - 330 = 1070\text{мкм};$$

Розрахунки виконано вірно. На підставі даних розрахунків виконуємо схему графічного розташування припусків і допусків поверхні $\varnothing 25g^{(-0,080}_{-0,095)}$. На інші оброблювані поверхні величини припусків визначаємо за довідниковими даними, [7] стр.191 – 196, і результати заносимо в таблицю 2.15.

Таблиця 2.15

Припуски на обробку деталі

№ по- верх- ні	Найменування поверхні	Найменування переходу	Припуск Zmin (мм)	Техно- логіч- ний допуск (мм)	Між- опера- ційний розмір (мм)
1	2	3	4	5	6
1,10	Торець	1. Точіння чорнове	1,2х2	0,63	136 _{-0,63}
2,7	Цапфа	1. Точіння чорнове	3,5	0,33	$\varnothing 25,9_{-0,33}$
		2. Точіння чистове	0,5	0,084	$\varnothing 25,37_{-0,084}$
		3. Шліфування попереднє	0,24	0,05	$\varnothing 25,11_{-0,05}$
		4. Шліфування чистове	0,12	0,015	$\varnothing 25,01_{-0,015}$

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дат.	КР.ПМ.22.11.01.00.00.ПЗ	Арк.

		5. Суперфінішування	0,052	0,015	$\varnothing 25 \begin{smallmatrix} -0,080 \\ -0,095 \end{smallmatrix}$
4,6	Торець вінця	1. Точіння чорнове 2. Точіння чистове 3. Шліфування попереднє 4. Шліфування чистове 5. Доведення	1,5 0,4 0,17 0,07 0,005	0,33 0,084 0,05 0,02 0,02	$24,7 \begin{smallmatrix} -0,33 \\ \end{smallmatrix}$ $24,26 \begin{smallmatrix} -0,084 \\ \end{smallmatrix}$ $24,09 \begin{smallmatrix} -0,05 \\ \end{smallmatrix}$ $24,025 \begin{smallmatrix} -0,02 \\ \end{smallmatrix}$ $24,02 \begin{smallmatrix} -0,02 \\ \end{smallmatrix}$
5	Зубчатий вінець	1. Точіння чорнове 2. Точіння чистове 3. Шліфування	3,5 0,5 0,15	0,4 0,04 0,03	$\varnothing 54,7 \begin{smallmatrix} -0,4 \\ \end{smallmatrix}$ $\varnothing 54,25 \begin{smallmatrix} -0,04 \\ \end{smallmatrix}$ $\varnothing 54,1 \begin{smallmatrix} -0,01 \\ -0,04 \end{smallmatrix}$
9	Шліцьова поверхня	1. Точіння чорнове 2. Точіння чистове 3. Шліфування	3,5 0,5 0,15	0,33 0,084 0,052	$\varnothing 25,9 \begin{smallmatrix} -0,33 \\ \end{smallmatrix}$ $\varnothing 25,2 \begin{smallmatrix} -0,084 \\ \end{smallmatrix}$ $\varnothing 25 \begin{smallmatrix} -0,040 \\ -0,092 \end{smallmatrix}$

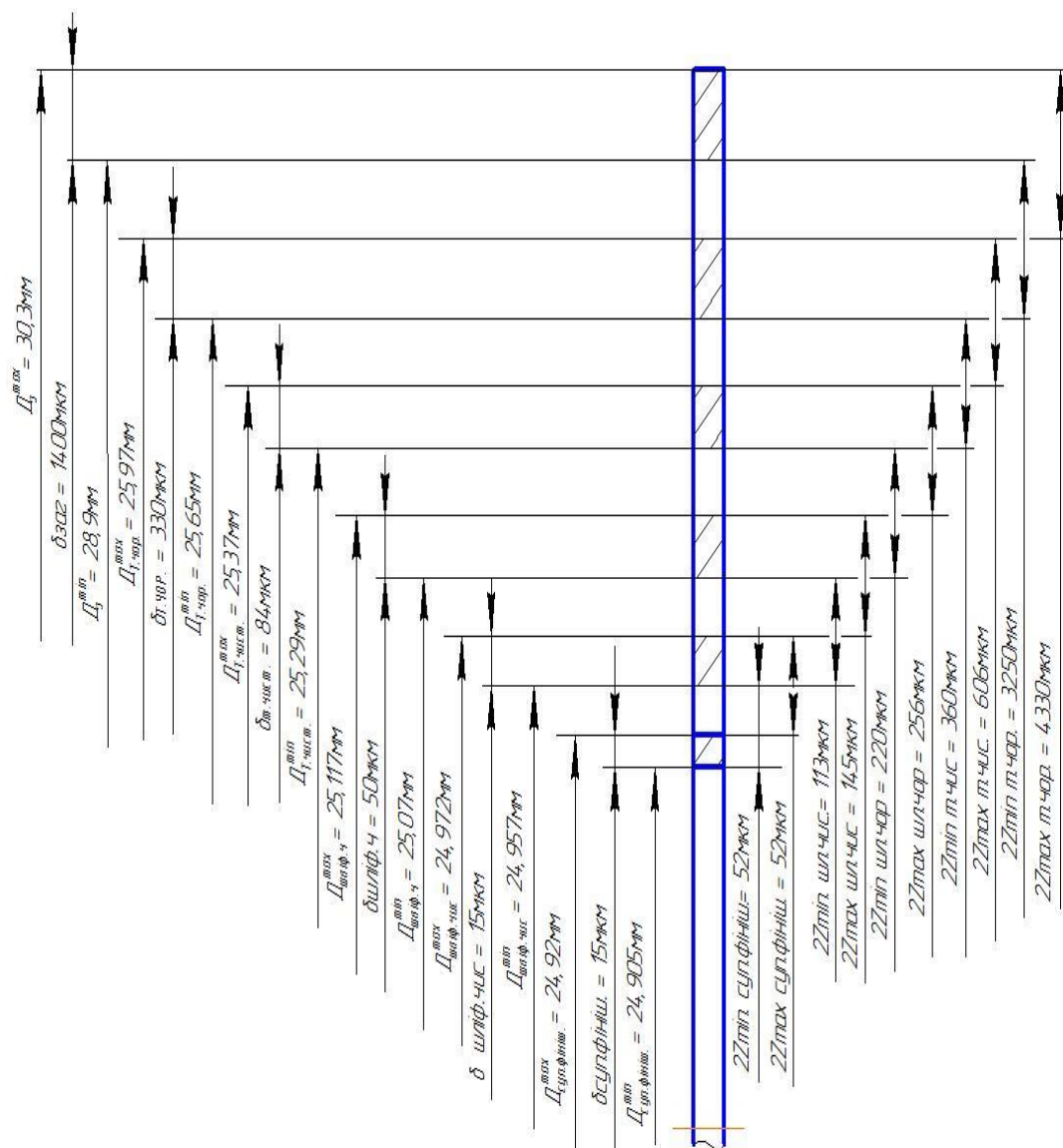


Рис. 2.4. Схема графічного розташування припусків і допусків
поверхні $\varnothing 25g6 \begin{smallmatrix} (-0,080 \\ -0,095) \end{smallmatrix}$

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата
-----	------	----------	--------	------

КР.ПМ.22.11.01.00.00.ПЗ

Арк.

2.12. Розрахунок режимів різання

Розрахуємо режими різання для деталі шестерня ведуча на 005 операцію токарну з ЧПК. Розрахунок виконується згідно методики викладеної в [19].

Вихідні дані:

Заготовка:

- матеріал: сталь 18ХГТ
- метод отримання: поковка;
- стан поверхні: з коркою.

Верстат: токарний з ЧПК DMGTWIN-42.

Потужність електродвигуна: 29 кВт.

Інструмент:

Різці з твердосплавними пластинами GC 4215

Операція:

Базування – в трикулачковому патроні;

2.12.1 Визначення режимів різання на другий перехід – підрізання торцю.

Глибина різання – 1,75мм;
$$t = \frac{L_{\text{заг.}} - L_{\text{дет.}}}{2} = \frac{145,5 - 142}{2} = 1,75 \text{ мм.}$$

Кількість проходів – $i = 1$;

Вибір інструмента.

Для обробки використовуємо різці з твердосплавними пластинами з перерізом державки 20x20 мм. Товщина пластини - 4,8 мм.

Виходячи з умов обробки приймаємо трьохгранну форму пластини з кутом при вершині 60° із твердого сплава GC 4215.

Спосіб кріплення пластини - клин-прихватом.

Вибираємо кути в плані:

$$\varphi = 90^\circ; \varphi_1 = 30^\circ;$$

$$\varphi = 90^\circ; \varphi_1 = 1^\circ - \text{для обробки канавок.}$$

Інші геометричні параметри різальної частини:

- задній кут $\alpha = 5^\circ$;
- передній кут $\gamma = -6^\circ$;
- форма передньої поверхні - плоска від'ємна;

					КР.ПМ.22.11.01.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

- радіус заокруглення різальної кромки $\rho=0,03$ мм;
 - радіус вершини різця $r_B=1,0$ мм.
- для обробки канавки
- задній кут $\alpha=6^\circ$;
 - передній кут $\gamma=15^\circ$;
 - форма передньої поверхні - плоска з фаскою $f=0,4$ мм;
 - радіус заокруглення різальної кромки $\rho=0,03$ мм;
 - радіус вершини різця $r_B=0,6$ мм.

Нормативний період стійкості:

$T=60$ хв - обробка поверхонь; [19. прилож. 13]

Визначення подачі.

Подачу для обробки поверхонь визначаємо за формулою:

$$s_o = s_T K_{Si} K_{Sp} K_{SM} K_{Sy} K_{Sn} K_{S\phi} K_{S\gamma}, \quad [19. \text{ с.18}]$$

де: s_T - табличне значення подачі;

$K_{Si}, \dots, K_{S\gamma}$ - коефіцієнти, що враховують: [19. карта 5]

K_{Si} - інструментальний матеріал;

K_{Sp} - спосіб кріплення пластини;

K_{SM} - механічні властивості оброблюваного матеріалу;

K_{Sy} - схему установки заготовки;

K_{Sn} - стан поверхні заготовки;

$K_{S\phi}$ - геометрію в плані;

$K_{S\gamma}$ - жорсткість верстату.

Таким чином подача для обробки поверхонь:

$$s_o = 1,11,151,11,210,950,7=1,25 \text{ мм/об.}$$

Визначення швидкості різання.

Швидкість різання для обробки поверхонь визначаємо за формулою:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^{X_v} \cdot s^{Y_v}} \cdot K_v,$$

де: C_v - постійна у формулі швидкості різання;

X_v, Y_v , m - показники ступеню;

K_v - поправочний коефіцієнт на швидкість різання:

					КР.ПМ.22.11.01.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

$$K_V = K_{VT} \cdot K_{Vj} \cdot K_{VM} \cdot K_{V\phi},$$

де: K_{VT} - коефіцієнт, що враховує період стійкості різального інструменту та інструментального матеріалу,

$$K_{VT} = C_{VT} T^{m_{VT}} = 3,64560^{-0,398} = 0,6;$$

K_{Vj} - коефіцієнт, що враховує жорсткість верстату,

$$K_{Vj} = C_{Vj} D_c^{m_{Vj}} = 0,201400^{0,242} = 0,99;$$

K_{VM} - коефіцієнт, що враховує властивості оброблюємого матеріалу,

$$K_{VM} = C_{VM} (HB)^{m_{VM}} = 18107400^{-1,288} = 1,4;$$

$K_{V\phi}$ - коефіцієнт, що враховує геометрію в плані,

$$K_{V\phi} = C_{V\phi} \epsilon^{X_v} \epsilon^{Y_v} = 3,6290^{0,004} 60^{-0,29} = 1,12;$$

де: C_{VT} , C_{Vj} , C_{VM} , $C_{V\phi}$ - постійні;

m_{VT} , m_{Vj} , m_{VM} , X_v , Y_v - показники ступеню;

D_c - найбільший діаметр обробки на верстаті MAS SP 180.

$$K_V = 0,6 \cdot 1,4 \cdot 0,99 \cdot 1,12 = 0,95$$

Таким чином швидкість різання складає:

$$V = \frac{182}{60^{0,28} \cdot 1,75^{0,12} \cdot 0,25^{0,5}} \cdot 0,95 = 240 \text{ м/хв};$$

Визначення частоти обертання шпинделя.

Частоту обертання шпинделя визначаємо за формулою:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D},$$

де: D - діаметр обробки.

$$n_p = \frac{1000 \cdot 240}{3,14 \cdot 130} = 636 \text{ об/хв},$$

корегуємо за паспортом верстата і приймаємо $n_{пр} = 620 \text{ об/хв.}$

Визначення фактичної швидкості різання.

Фактичну швидкість різання визначаємо за формулою:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}.$$

$$V = \frac{3,14 \cdot 130 \cdot 620}{1000} = 253 \text{ м/хв.}$$

					КР.ПМ.22.11.01.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

Перевірка вибраних режимів різання по потужності привода головного руху.

Перевірку здійснюємо за формулою:

$$N = (C_N \cdot t^{X_N} \cdot s^{Y_N}) \cdot K_N,$$

де: C_N - постійна у формулі потужності різання;

X_N, Y_N - показники ступеню;

K_N - поплашковий коефіцієнт:

$$K_N = C_N \cdot (HB)^{X_N} = 0,0019 \cdot 400^{0,813} = 0,22,$$

де: C_N та X_N - постійна та показник ступеню відповідно у формулі поплашкового коефіцієнта потужності різання.

$$N_p = 3,943 \cdot 1,75^{0,688} \cdot 0,25^{0,436} \cdot 0,22 = 2,35 \text{ кВт.}$$

Виконуємо перевірку

$$N_p \leq 1,2 N_{\text{ов.}} \eta$$

$$2,35 \leq 1,2 \times 29 \times 0,8$$

$$2,35 \leq 27,8$$

Отже, потужність різання не перевищує потужності головного привода верстата.

Визначення основного часу.

Основний час визначаємо за формулою:

$$T_o = \frac{L}{s \cdot n} \cdot i,$$

де: i - кількість проходів;

L - довжина робочого ходу:

$$L = l + l_1 + l_2,$$

де: l - довжина оброблюємої поверхні;

l_1 - довжина врізання;

l_2 - довжина перебігу (при обробці в упор $l_3=0$).

Основний час на обробку:

$$T_{oi} = \frac{2,5 + 13 + 2,5}{0,25 \cdot 620} \cdot 1 = 0,08 \text{ хв.}$$

					КР.ПМ.22.11.01.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

На послідуючі переходи 005 операції розрахунки режимів різання проводимо аналогічно та заносимо до табл. 2.23.

Основний час на усю операцію:

$$T_{0\Sigma} = 0,08 + 0,03 + 0,348 + 0,25 + 0,103 = 0,793 \text{ хв.}$$

На решту операцій елементи режимів різання визначаємо за нормативними документами. Визначені величини елементів режимів різання заносимо до табл. 2.23.

Таблиця 2.23

Режими різання на операціях механічної обробки шестерні ведучої

№		t, мм	S,мм/об. S,мм/хв.	V, м/хв.	N, хв ⁻¹	t _o , хв.
Операції	Переходу					
1	2	3	4	5	6	7
005	2	1,75	0,25	253	620	0,08
	3	6	0,07	200	560	0,03
	4	3,0	0,25	253	560	0,348
	5	0,5	0,25	253	900	0,25
	6	2,4	0,25	253	800	0,103
010	2	1,75	0,25	253	620	0,08
	3	6	0,07	200	560	0,03
015	2	9,7	2,17	28,2	118	2,1
020	2	1,3	0,39	23	305	2,4
025	2	0,12	23	20	50	2,39
030	2	2,9	1,2	56	224	0,98
055	2	0,1	0,8	35	920	0,25
060	2	0,4	1,2	34	200	0,34
065	2	0,2	0,6	20	270	0,63
070	2	0,25	0,006	50	180	2,11
075	2	0,25	0,006	50	180	2,11
085	2	0,005	600	17	300	0,25

2.13. Технічне нормування операцій

Норми часу на виконання операцій визначаємо розрахунковим методом. Виконаємо розрахунок штучно-калькуляційного часу для 005 операції токарно-гвинторізної з ЧПК, обробки шестерні ведучої.

Основний технологічний час операції:

$$t_o = 0,793 \text{ хв;}$$

					КР.ПМ.22.11.01.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

Визначаємо допоміжний час, який складається з:

- час на встановлення та закріплення деталі:

$$t_{д1} = 0,1 \text{ хв};$$

- додатковий час пов'язаний з операцією, включає в себе час на включення верстату, перевірку повернення інструменту в задану точку після обробки, встановлення та зняття щитка що запобігає заляпування емульсією:

$$t_{д2} = 0,08 \text{ хв};$$

- час на контрольні вимірювання:

$$t_{д3} = 0,09 \text{ хв};$$

Визначаємо допоміжний час на операцію:

$$T_{д} = t_{д1} + t_{д2} + t_{д3} = 0,1 + 0,08 + 0,09 = 0,26 \text{ хв};$$

Визначаємо час автоматичної роботи верстату:

$$T_{ц.а.} = T_o + T_{мв};$$

де: $T_{мв}$ – машинно-додатковий час;

$$T_{мв} = 0,523 \text{ хв};$$

$$T_{ц.а.} = 0,793 + 0,523 = 1,316 \text{ хв};$$

Час на організаційні та технічне обслуговування робочого місця, відпочинок та особисті потреби, визначаємо в відсотках від оперативного часу:

$$\alpha_{тех} + \alpha_{орг} + \alpha_{осп} = 8\% ;$$

Визначаємо норму штучного часу:

$$T_{шт} = (T_{ца} + T_{д}) \cdot (1 + \frac{\alpha_{тех} + \alpha_{орг} + \alpha_{осп}}{100}); \quad [4 \text{ с. } 101]$$

$$T_{шт} = (1,316 + 0,26) \cdot (1 + \frac{8}{100}) = 1,513 \text{ хв};$$

Визначаємо норму штучно-калькуляційного часу:

$$T_{шт-к} = T_{шт} + T_{пз}/n; \quad [4 \text{ с. } 101]$$

де: $T_{пз}$ – підготовчо-заклучний час;

n – програма запуску деталей;

$$n = \frac{N_{с}}{S_n} = \frac{187200}{255} = 734 \text{ шт.} \quad [4 \text{ с. } 102]$$

S_n – кількість запусків за рік

					КР.ПМ.22.11.01.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

Визначаємо підготовчо-заключний час:

$$T_{пз} = 24 \text{ хв};$$

Визначаємо норму штучно-калькуляційного часу:

$$T_{шт-к} = 1,513 + 24/734 = 1,621 \text{ хв};$$

Результати розрахунку норм часу на інші операції заносимо до табл. 2.25., а для кришки – табл. 2.26.

Таблиця 2.25.

Результати технічного нормування операцій механічної обробки деталі
шестерня ведуча

№ 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
1	2	3	4	5	6	7	8	9
005	0,793	0,26	0,23			1,513	24	1,621
010	2,1	0,22	0,12	0,06	0,07	2,099	16	2.156
015	2,4	0,37	0,1	0,04	0,06	1,98	28	2,06
025	2,39	0,16	0,1	0,04	0,07	2,338	19	2.419
030	0,98	0,31	0,06	0,02	0,04	1,581	23	1.677
045	0,25	0,7	0,09	0,03	0,08	0,70	10	0.79
050	0,34	0,32	0,12	0,05	0,09	0,938	10	1,02
055	0,63	0,32	0,12	0,05	0,09	0,9444	10	1,04
060	0,94	0,08	0,1	0,05	0,07	1,145	10	1,251
065	0,94	0,08	0,1	0,05	0,07	1,145	10	1,251
075	0,25	0,05	0,1	0,04	0,06	0,404	12	0.500
085	0,32	0,01	0,02	0,005	0,01	0,4766	12	0.578

3. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1. Розробка конструкції затискного пристрою

3.1.1. Опис будови та роботи пристрою

В якості затискного пристрою на 005 операції техпроцесу обробки валу-шестерні вибираємо пневматичний токарний патрон 7102-0072 за ГОСТ 24351-80. Даний трьохкулачковий клиновий патрон можна використовувати в регульованому діапазоні діаметрів від $d=20$ мм до $d=260$ мм. Крім того, похибка закріплення в трьохкулачковому самоцентруючому патроні рівна нулю.

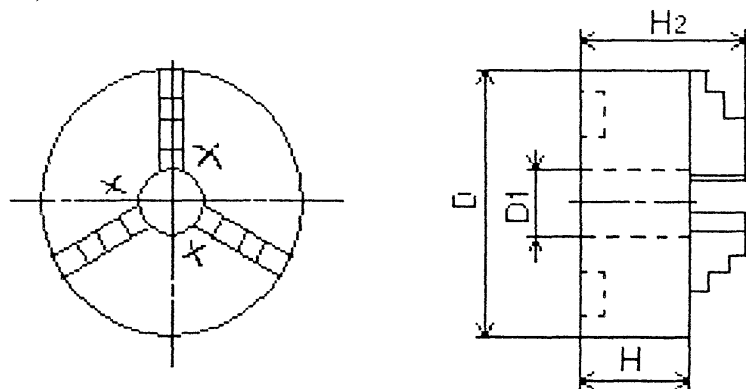


Рис. 3.1.Токарний патрон 7102-0072 за ГОСТ 24351-80, загальний вигляд

Даний трьохкулачковий патрон може встановлюватись як на універсальні токарні верстати, так і на токарні верстати з ЧПК та використовуватись з будь-яким типом приводу. Конструктивно патрон складається з: корпусу 1, штоку 2, кулачка основ-ного 3, сухаря 4, кулачка мягкого 5, гвинта штоку 6, кришки 7, гайки упорной 8. Налаштування на заданий діаметр здійснюється за допомогою мягких кулачків 5 за рахунок відтискування гвинтів 10. Кулачки перемещуються по спеціальній трапецевидній різьбі до отримання потрібного розміру. Коли регулювання завершено, гвинти зажимаються. Патрон працює наступним чином: деталь встановлюється у кулачки 3 и включається пневмопривід патрону. При подачі стисненого повітря в штокову порожнину пневмоциліндру, шток 2 разом с гвинтом штока 6, перемещуються вліво. В результаті основний кулачок 3 з встановленими в ньому сухарями 4 та мягкими кулачками 5 переміщаються до

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата

КР.ПМ.22.11.01.00.00.ПЗ

Арк.

центру патрона, відбувається затиск деталі. розтискання відбувається при подачі стисненого повітря в безштокову по-рожнину пневмоциліндру.

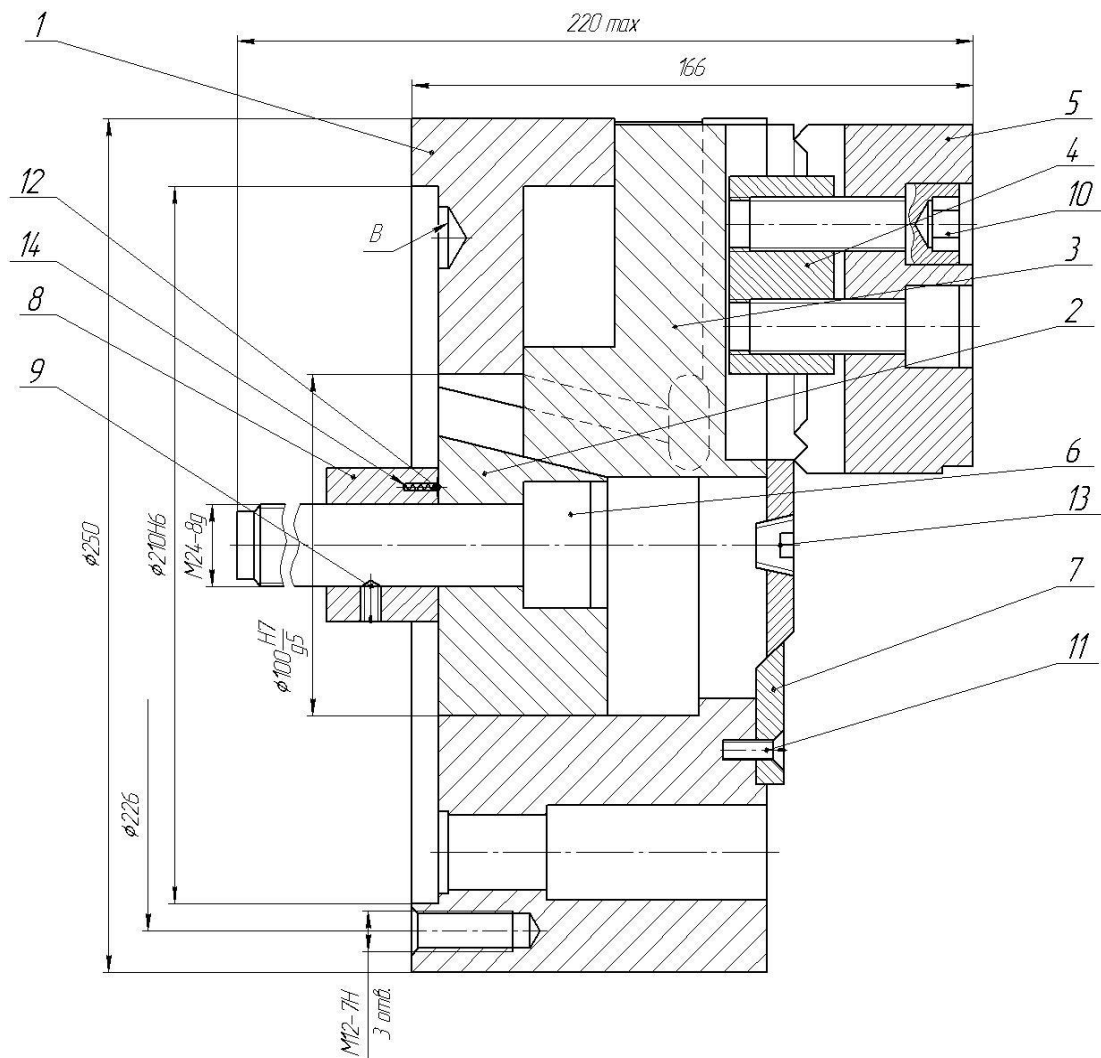


Рис. 3.2. Будова патрону 7102-0072

Регулювання ходу кулачків, необхідного для затиску (розтиску) здійснюється за допомогою упорної гайки 8.

3.2. Розрахунок сили затиску деталі

3.2.1 Режими різання для розрахунку

Деталь вал-шестерня має найбільші сили різання при чорновому точінні зовнішньої поверхні $\varnothing 20,5$; матеріал деталі легована сталь 18ХГТ. Режими різання виписуємо з таблиці 2.12 (Режими різання на операціях механічної обробки):

					КР.ПМ.22.11.01.00.00.ПЗ		Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата			

Глибина різання $t = 1$

Подача на оберт $S = 0,35$ мм/об.

Швидкість різання $V = 263$ м/хв.

3.2.2 Сила різання для розрахунку

Найбільша складова сил різання при точінні - сила P_z , яку й розраховуємо:

$$P_z = 10 C_{pz} t^x S^y V^n K_p;$$

де $C_{pz} = 300$, $x = 1$, $y = 0,75$, $n = -0,15$ – коефіцієнти сили різання.

Корегуючий коефіцієнт K_p представляє з себе похідну ряду коефіцієнтів, що враховують фактичні умови різання:

$$K_p = K_{Mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p},$$

$$K_{Mp} = \left(\frac{\delta_B}{750} \right)^n = \left(\frac{800}{750} \right)^{0,75} = 1,05$$

де n - показник степені, що дорівнює 0,75

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

$$K_p = 1,05 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1,05;$$

$$P_z = 300 \cdot 1^1 \cdot 0,35^{0,75} \cdot 263^{-0,15} \cdot 1,05 = 621,4 \text{ Н};$$

3.2.3 Розрахунок сили затиску

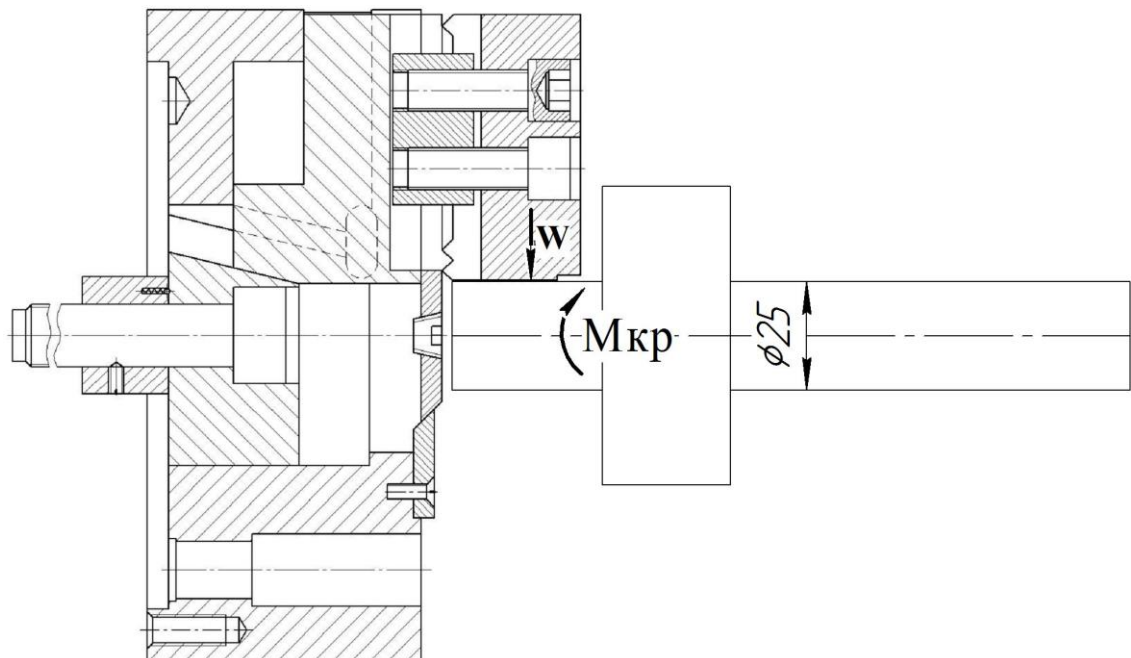


Рис. 3.3 – Розрахункова схема

					КР.ПМ.22.11.01.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

Сумарна сила затиску в трьохкулачковому патроні:

$$W_{\text{сум}} = \frac{K \cdot P_z \cdot D_1}{f \cdot D}$$

де K - коефіцієнт запасу, P_z - тангенціальна сила різання, f - коефіцієнт тертя на робочих поверхнях кулачків, D_1 - діаметр оброблюваної поверхні; $D_1=20,5$ мм.

D - діаметр затискаємої поверхні $D=22$ мм.

Коефіцієнт запасу визначаємо по формулі:

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

де: $K_0=1,5$ - габаритний коефіцієнт запасу, $K_1=1,2$ - коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовки, $K_2=1$ - коефіцієнт, що враховує збільшення сили різання від затуплення ріжучого інструменту, $K_3=1$ - коефіцієнт, що враховує умови обробки при перервному різанні, $K_4=2$ коефіцієнт, що враховує постійність сили затиску, розвиваємої силовим приводом пристосування, $K_5=1,5$ - коефіцієнт, що враховує наявність моментів, які прагнуть повернути оброблювальну деталь.

$$K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,5 = 2,7$$

$$W_{\text{сум}} = \frac{2,7 \cdot 621,4 \cdot 20,5}{0,25 \cdot 22} = 6253,54 \text{ Н}$$

Визначаємо зусилля затиску в клиновому механізмі.

$$Q = w [\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) + \operatorname{tg} \varphi_2]$$

де W – необхідне зусилля затиску, $\alpha=5^\circ 30'$ – кут нахилу клину, $\varphi_1=7^\circ$ - кут тертя на похилій площині клину, $\varphi_2=8^\circ$ - кут тертя на горизонтальній площині клину

$$Q = 6253,54 \cdot [\operatorname{tg}(5^\circ 30' + 7^\circ) + \operatorname{tg} 8^\circ] = 2265,25 \text{ Н},$$

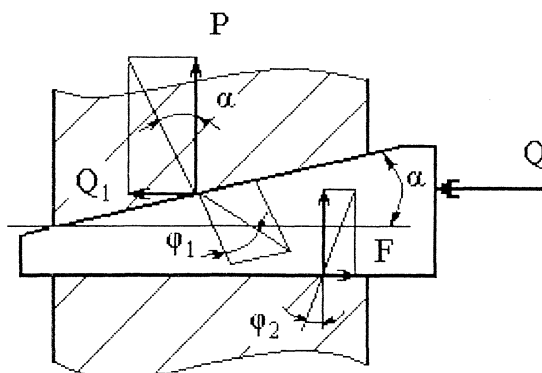


Рис. 3.4 – Схема затиску з клиновим механізмом

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата

КР.ПМ.22.11.01.00.00.ПЗ

Арк.

Визначаємо діаметр пневмоциліндра:

$$D = 1,13 \sqrt{\frac{Q}{p \cdot \eta}}$$

де p – тиск повітря в системі цеху, $p = 0,5$ МПа, η – механічний ККД пневмоциліндру $\eta = 0,85$;

$$D = 1,13 \sqrt{\frac{2265,25}{0,5 \cdot 0,85}} = 82,5 \text{ мм}$$

Приймаємо діаметр пневмоциліндру $D_{\text{пр}} = 80$ мм.

3.2. Розробка конструкції контрольно-вимірювального пристрою

3.2.1. Опис конструкції та роботи пристосування.

Контрольне пристосування призначено для контролю допуску прямолінійності торців шестерні рівного $0,008$ мм.

Технічна характеристика.

Параметри пристосування	Значення параметра
Границі заміру, мм.	0...1
Похибка на всій границі заміру, мм.	0,0018
Варіація, мм.	0,0005
Вимірювальне зусилля, кг.	0,2...0,25
Габаритні розміри, мм	Ø 160 x 213

Склад та принцип роботи пристрою. Пристосування складається з основи 9 з закріпленим в ній корпусом 3. Корпус 3 має виступаючу базову поверхню Г, на яку встановлюються контролюючі деталі. В корпусі 3 є отвір, який розташований під кутом 15° , в який вставляється індикатор 21 з попередньо встановленою втулкою 24 та затягується гвинтом 23. З метою захисту індикатора 21 від поломок існує механізм захисту, який складається з кільця верхнього 10, штовхачів 8, скоби 5, ричала 4, пружини 22.

					КР.ПМ.22.11.01.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

Визначення допуску прямолінійності шестерень виконується при переміщенні торця навколо своєї вісі. При цьому ніжка індикатора 21 торкається торця шестерні і стрілка індикатора вказує величину допуску прямолінійності.

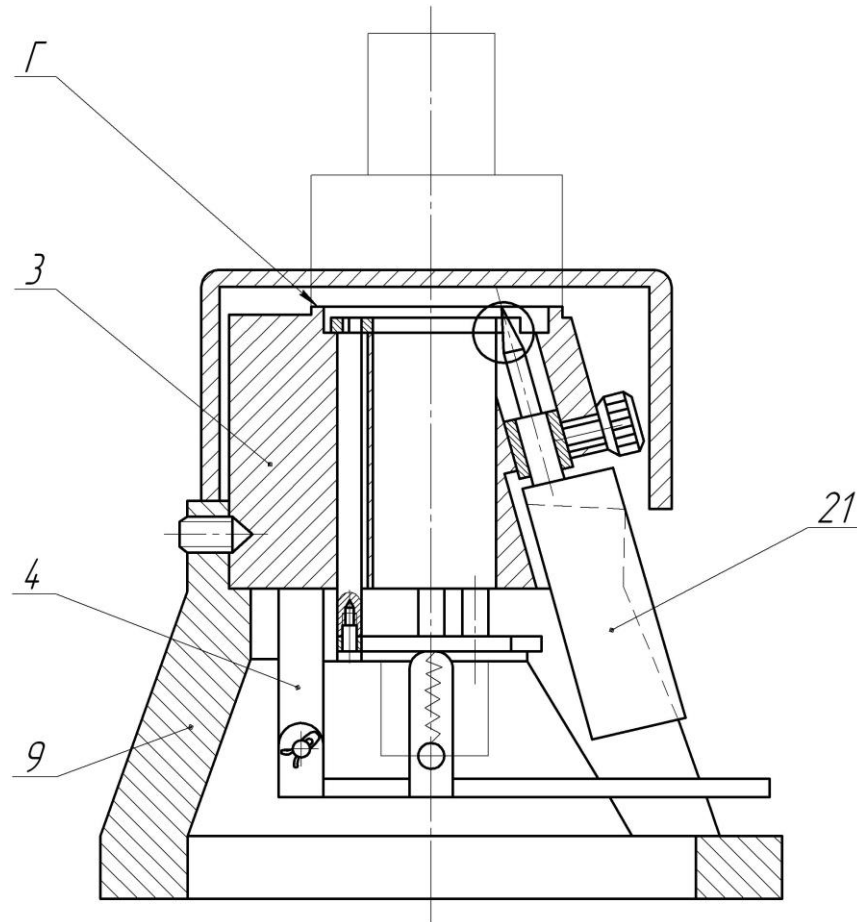


Рис. 3.3. Ескіз контрольного пристрою шестерні ведучої

3.2.2. Порядок роботи пристрою

Перед початком роботи з пристроєм необхідно протерти робочі поверхні пристрою, провести огляд та перевірити його працездатність. Індикатор 46 повинен бути жорстко і надійно закріплений у втулці 55 гвинтом 56. Перед початком вимірювання виставити поверхню А копіра паралельно поверхні Б втулки за допомогою гвинта поз.29 і контро гайки поз. 30. При цьому необхідно використовувати контрольний зразок. Індикатор налагоджується на "0".

Очищена від стружки та масла деталь встановлюється у втулку, потім обертається гвинт і наконечник індикатора переміщується по торцю деталі, а щуп по копіру. Індикатор показує величину відхилення від прямолінійності.

Деталь вважається придатною, якщо показання індикатора в межах 12мкм.

					КР.ПМ.22.11.01.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

3.3. Розрахунок та розробка конструкції спеціального різального інструменту

3.3.1. Опис конструкції спеціального різального інструменту

При механічній обробці деталі шестерня ведуча на операції 010 Зубофрезерна, обробляється зубчастий вінець черв'ячною фрезою, яку представлено в графічні. Черв'ячну фрезу спеціально спроектовано для обробки вказаного зубчастого вінця, геометрія різальної частини та різальний матеріал оптимально підібрано для вибраних режимів обробки та марки оброблюваного матеріалу.

Даний різальний інструмент виконаний із суцільного матеріалу - сталь Р6М5 ГОСТ 19265-74. Розрахунок виконуємо по методиці наведених в [8] стр.206.

3.3.2. Розрахунок інструмента

Виконуємо розрахунок черв'ячної фрези для обробки циліндричних зубчастих коліс. Основні конструктивні і розрахункові розміри фрези по ГОСТ 9324-80. Зовнішній діаметр фрези $D_e = 125\text{мм}$; середній розрахунковий діаметр фрези $D_t = 107,3\text{ мм}$; загальна довжина фрези $L = 112\text{ мм}$; довжина робочої частини фрези $L_1 = 102\text{ мм}$; діаметр отвору фрези $d = 40\text{ мм}$; діаметр бортиків $D_1 = 60\text{ мм}$; число зубів фрези $z = 9$; шаг витків по вісі $t_{oc} = 18,849\text{ мм}$.

Дано кут зачеплення $\alpha = 20^\circ$, модуль $m = 4\text{мм}$, матеріал заготовки сталь 18 ХГТ, $\sigma_B = 600\text{МПа}$, $K' = 2$.

Розраховуємо профіль зуба фрези :

а) розрахувати крок по нормалі:

$$t_n = \pi \cdot m \cdot K' = 3,14 \cdot 4 \cdot 2 = 25,12\text{мм}.$$

б) товщина зуба в нормальному розрізі на діаметр ділильного циліндра черв'яка :

$$S_n = \frac{\pi \cdot m}{2} = \frac{3,14 \cdot 4}{2} = 6,28\text{ мм}.$$

в) висота головки зуба :

$$h' = 1,25 \cdot m = 1,25 \cdot 4 = 5\text{мм}.$$

г) висота ножки зуба :

					КР.ПМ.22.11.01.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

$$h'' = 1,25 \cdot m = 1,25 \cdot 4 = 5 \text{ мм.}$$

д) повна висота зуба:

$$h = h' + h'' = 5 + 5 = 10 \text{ мм.}$$

е) радіус заокруглення головки зуба :

$$r_1 = 0,25 \cdot m = 0,25 \cdot 4 = 1,0 \text{ мм}$$

Приймаємо $r_1 = 1,8$ по ГОСТ 9324-80.

ж) радіус заокруглення ножки зуба :

$$r_2 = 0,3 \cdot m = 0,3 \cdot 4 = 1,2 \text{ мм}$$

Приймаємо $r_2 = 4$ по ГОСТ 9324-80.

з) товщина зуба на вершині :

$$S_a = S_n - 2h' \cdot \operatorname{tg} \alpha = 6,28 - 2 \cdot 5 \cdot \operatorname{tg} 20 = 4,17 \text{ мм.}$$

і) розміри канавок полегшуючі шліфування профілю :

$$b_1 = 0,3 \cdot S_n = 0,3 \cdot 6,28 = 2,89 \text{ мм} - \text{ширина канавки};$$

$$h_3 = 0,5 \div 2, \text{ приймаємо } 3,3 \text{ мм} - \text{глибина канавки};$$

$$r_3 = 0,6 \div 1,3, \text{ приймаємо } 1,8 \text{ мм} - \text{радіус канавки.}$$

Розраховуємо геометричні параметри різальної частини фрези :

а) знайти задній кут в нормальному розрізі :

$$\operatorname{tg} \alpha_B = \frac{\operatorname{tg} \alpha_\phi}{\sin \alpha} = \frac{\operatorname{tg} 3}{\sin 20} = 0,1532, \alpha_B \approx 9^\circ,$$

де $\alpha_\phi = 3^\circ$ – задній кут на бокових сторонах профілю зуба черв'ячної фрези,

$\alpha = 20^\circ$ – кут зачеплення.

б) визначити затилювання:

$$K = \frac{\pi \cdot D}{Z} \operatorname{tg} \alpha_B = \frac{3,14 \cdot 125}{9} \operatorname{tg} 9 \approx 8,5 \text{ мм,}$$

де $Z = 9$,

в) визначити додатково затилювання:

$$K_1 = (1,2 \div 1,5)K = 1,5 \cdot 8,5 = 12,75 \text{ мм.}$$

г) визначити кут $\gamma = 0^\circ$.

д) визначити кут нахилу гвинтової канавки:

$$\sin \omega = \frac{m}{D_t} = \frac{4}{107,3} = 0,05565;$$

					КР.ПМ.22.11.01.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

$$\omega = 3^{\circ}12'$$

$$D_t = D - 2,5m - 0,25K = 125 - 2,5 \cdot 4 - 0,25 \cdot 8,5 = 107,3 \text{ мм}$$

е) крок стружкової канавки:

$$S_k = \frac{\pi \cdot D_t}{tg\tau} = \frac{3,14 \cdot 107,8}{tg5,782} = 6057 \text{ мм.}$$

ж) хід витку на вісі:

$$t_{oc} = \frac{t_n}{\cos\tau} = \frac{37,68}{\cos3,2} = 37,7 \text{ мм}$$

Визначити елементи стружкової канавки фрези :

а) глибина канавки:

$$H = (h + r) + \frac{K_1 + K}{2} = (10 + 1,2) + \frac{8,5 + 12,75}{2} = 21,8 \text{ мм,}$$

де $r = 1,2 \text{ мм.}$

б) кут профілю канавки $\theta = 20 \div 30^{\circ}$, приймаємо 30° .

Отвір фрези під оправку і шпонковий паз виконуємо згідно ГОСТ 9472-70.

Для полегшення шліфування отвору в ньому робиться виточка $d_1 = 42 \text{ мм; } l = 60 \text{ мм.}$

Інші технічні вимоги на фрезу класу В приймаємо по ГОСТ 9324-80.

					КР.ПМ.22.11.01.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

4. Дослідна частина

Дослідження сил затиску в захватному пристрої робота

4.1. Вступ

Актуальність теми. Основним напрямком розвитку машинобудування є збільшення випуску продукції і зростання її якості при одночасному зниженні трудових витрат. Це забезпечується шляхом вдосконалення тих, що існують і впровадження нових, більш продуктивних видів обладнання і технологічних процесів, засобів їх механізації і автоматизації, а також поліпшення організації і управління виробництвом.

Сучасне виробництво вимагає комплексного підходу до вирішення задач його автоматизації, створенням нового сучасного обладнання, технологічних процесів, систем автоматизації управління виробництвом, покращення умов праці та скорочення потреби в робочій силі. Велику роль в автоматизації виробництва відіграють гнучкі автоматизовані системи обладнані промисловими роботами. Промислові роботи (ПР) здатні замінити людину в багатьох видах виробничих процесів маючи при цьому ряд переваг над людиною. Це висока швидкодія виконання роботи, відсутність втомлюваності, можливість збільшення змінності праці. В якості обладнання для виконання основних та допоміжних операцій на всіх видах серійності виробництва ПР є незамінними засобами здатними збільшити продуктивність праці, здешевити продукцію, швидко переналагодитись на новий вид продукції.

Продуктивність робототехнологічних комплексів (РТК) значною мірою залежить від якісної компоновки усіх їх структурних елементів, ступеня автоматизації та швидкодії. Створення ефективних РТК із врахуванням особливостей сучасного виробництва та дослідженням їх продуктивності є актуальною проблемою. Вирішенню цих задач і присвячена дана магістерська робота.

Мета і завдання досліджень. Метою кваліфікаційної роботи є створення захватних пристроїв роботів з покращеними експлуатаційними

					КР.ПМ.22.11.01.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

характеристиками, за рахунок дослідження їх сил затиску, при виконанні токарної обробки деталі шестерня ведуча.

Для цього необхідно:

1. Розробити компоновку РТК для токарної операції з ЧПУ.
2. На основі компоувальної схеми обґрунтувати умови роботи промислового робота та його захватного пристрою..
3. Розробити методику визначення сил затиску для відповідної деталі.
4. Дослідити вплив конструктивних параметрів на силові характеристики захватного пристрою.
5. Надати висновки та рекомендації

Об'єкт дослідження – захватні пристрої роботів.

Предмет досліджень – силові характеристики захватних пристроїв роботів.

4.2. Компоновка РТК на токарну операцію з ЧПУ

Для автоматизації обрано операцію 005 технологічного процесу механічної обробки деталі шестерня ведуча.

З огляду на особливості деталі, завдані умови та проведені вище розрахунки та аналіз, для розроблюваного РТК обираємо токарний верстат з ЧПК DMG TWIN-42, як такий що відповідає умовам обробки, технологічності та гнучкості і якнайкраще вбудовується в технологічні комплекси. Його загальний вигляд представлено на рис.4.1., а технічні характеристики приведено в таблиці 4.1. Верстат призначений для токарної обробки зовнішніх та внутрішніх поверхонь типу тіл обертання з ступінчатим та криволінійним профілями за один або декілька робочих ходів в замкнутому напівавтоматичному циклі. Клас точності верстата П. В якості завантажувально-розвантажувального пристрою обираємо одnorукого однозахватного робота підлогового виконання моделі KUKA KR 16 S. Цей робот має високу швидкодію рухів виконавчих механізмів. Його загальний вигляд представлено на рис. 4.2., а технічні характеристики приведено в таблиці 4.2.

					КР.ПМ.22.11.01.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

В розробленому робото-технологічному комплексі промисловий робот виконує наступні допоміжні операції: встановлення заготовок в робочій зоні верстата, знімання обробленої деталі та доставку її на конвеєр.



Рис. 4.1. Загальний вигляд верстату з ЧПК DMG TWIN-42

Таблиця 4.1.

Технічна характеристика верстату з ЧПК DMG TWIN-42

Максимальний діаметр оброблюваного виробу, мм.	250
Частота обертів шпінделя, хв. ⁻¹	20 - 7000
Найбільший діаметр оброблюваного виробу над станиною, мм	250
Найбільший діаметр оброблюваного виробу над супортом, мм	200
Найбільша довжина виробу встановленого в центрах, мм	900
Найбільший хід супорта, мм	
поперечний	210
повздовжній	905
Число позицій інструментальної головки	8
Центр в шпінделі з конусом Морзе	6
Максимальна частота обертів електродвигуна, хв. ⁻¹	4500
Потужність двигуна ПГР, кВт	11
Габаритні розміри (шафа з ЧПК окремо), мм	3700x3000x2145
Маса, кг	4150

					КР.ПМ.22.11.01.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		



Рис.4.2. Загальний вигляд промислового робота KUKA KR 16 S.

Таблиця 4.2.

Технічна характеристика промислового робота KUKA KR 16 S

Технічна характеристика	Модель робота
Вантажопідйомність загальна / максимальна, кг	16/26
Число рук	1
Число ступенів рухомості (без захвату)	6
Тип привода	електричний
Система керування	позиційна
Число координат, які програмуються	6
Контроллер	KR C2
Похибка позиціювання, мм	±0,05
Найбільший виліт руки, мм	1611
Кутові переміщення (горизонтальні), °	±185
Швидкість переміщень (горизонтальних), °/с	192
Кутові переміщення (вертикальні), °	+35;-135
Швидкість переміщень (вертикальних), °/с	173
Поворот кисті маніпулятора,°	±350
Швидкість повороту кисті маніпулятора,°/с	329
Маса, кг	235

Робототехнологічний комплекс включає токарний верстат з ЧПК DMG TWIN-42, промисловий робот мод. KUKA KR 16 S, допоміжне обладнання та систему забезпечення безпеки роботи (фотоелектричним огороженням робочої зони). Лінійне компонування робототехнологічного комплексу забезпечує зручний доступ до вузлів та механізмів при їх наладці та обслуговуванні.

Розташування робота – на підлозі, перед верстатом. Для зберігання заготовок призначений магазин лоткового типу з подачею заготовок на позицію подачі під дією сили тяжіння. Для правильного базування та відділення заготовок одна від одної лоток оснащено пневматичним відсікачем з базуючими елементами – призмами. Для приймання оброблених деталей – також гравітаційний лоток, але без автоматичних пристроїв. Захват промислового робота оснащений датчиками для визначення положення деталей, які знаходяться на позиціях магазину і тари.

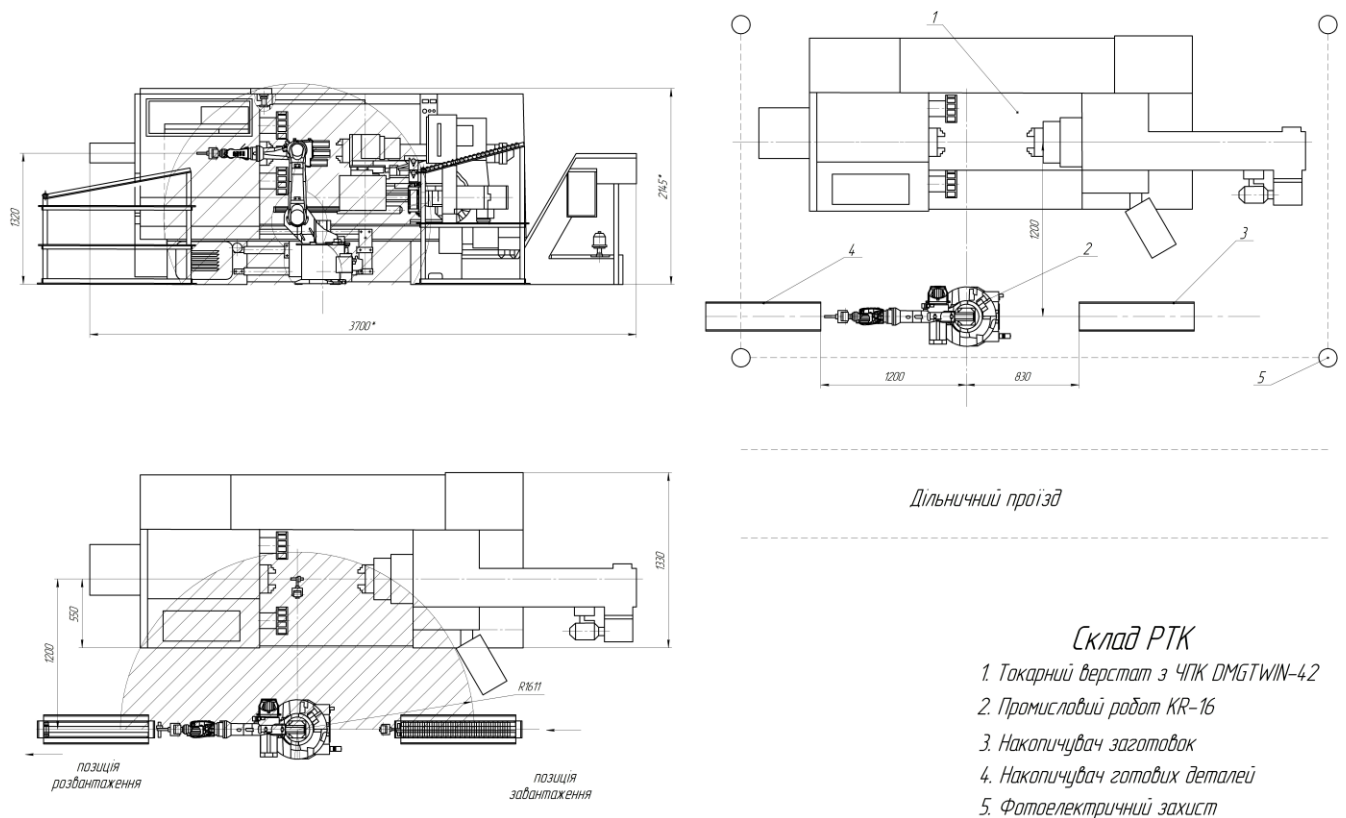


Рис.4.3. Загальний вигляд робото-технологічного комплексу на базі токарного верстату з ЧПК DMG TWIN-42 та промислового роботу KUKA KR 16 S, де де: 1- верстат, 2- промисловий робот, 3- накопичувач заготовок, 4- накопичувач деталей, 5- фотоелектричний захист

Верстат, що входить в склад робототехнологічного комплексу забезпечує автоматичний затиск деталі, підвід-відвід пінолі задньої бабки, підвід-відвід огорожі робочої зони, обмін командами між верстатом та промисловим роботом.

Керування всією автоматикою робототехнологічного комплексу здійснюється системою ЧПК промислового робота як центральною системою, що координує керування при багатOVERSTATному обслуговуванні.

Загальний вигляд та компоновка робото-технологічного комплексу представлені на рис. 4.3.

Розраховуємо час переміщень промислового робота та роботи механізмів верстату. Для цього будемо схему рухів промислового робота (рис.4.4.) та циклограму його роботи (рис.4.5.)

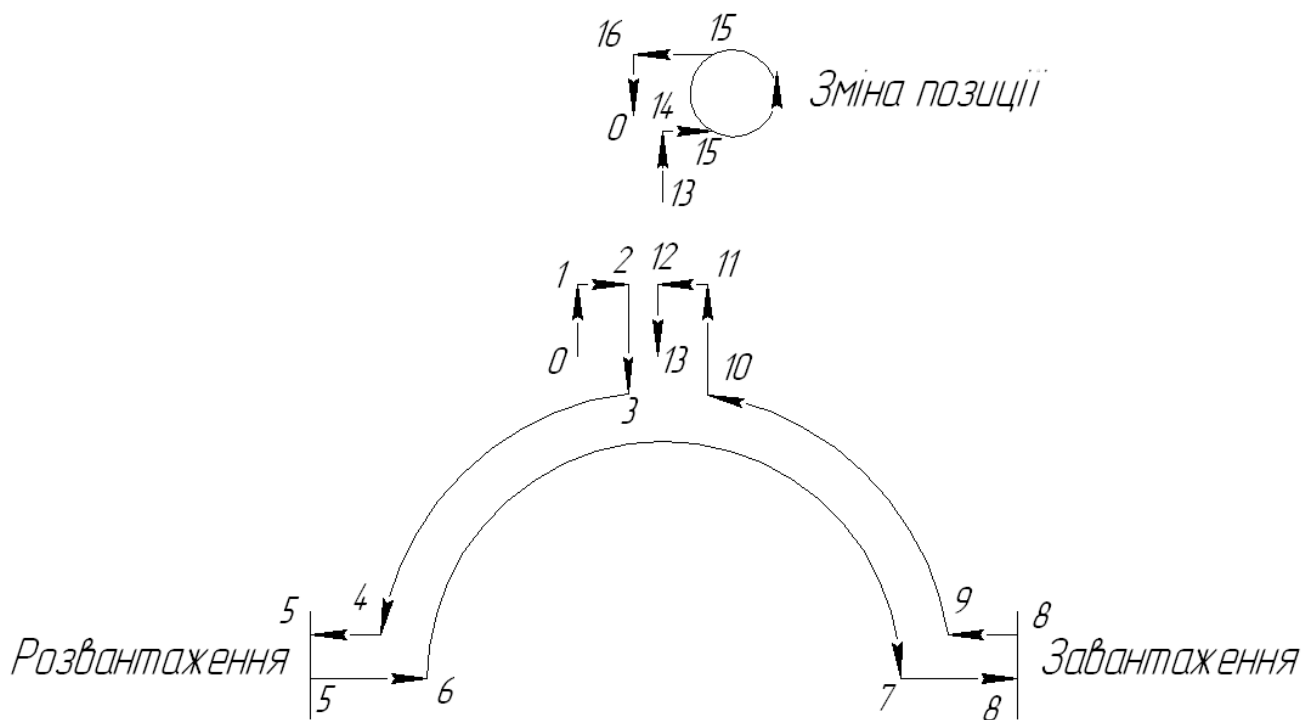


Рис.4.4. Схема рухів промислового робота в горизонтальній площині.

Лінійні переміщення досягаються за рахунок повороту шарнірних механізмів робота на певні кути. Переміщення руки робота в вертикальній площині відбувається за допомогою трьох сервоприводів, але оскільки всі три працюють одночасно, то розглядатимуться як один.

Величина лінійного переміщення в робочу зону верстату складає 0,55 м, що відповідає повороту шарніру на кут близько 25° . Лінійне переміщення на позицію розвантаження складає 180 мм і відповідає кутовому повороту близько 10° . Визначимо час необхідний на всі переміщення:

					КР.ПМ.22.11.01.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

- поворот руки промислового робота в горизонтальній площині на кут 90° – 0,47 сек.
- переміщення руки промислового робота на позицію завантаження або розвантаження – 0,06 сек.
- переміщення руки промислового робота в робочу зону верстату або на вихідну позицію – 0,15 сек.
- поворот кисті на кут 180° – 0,55 сек.
- затиск та розтиск захватного пристрою – 0,5 сек.
- підвід та відвід пінолі задньої бабки – 1 сек.
- підвід та відвід огорожі робочої зони верстату – 1 сек.

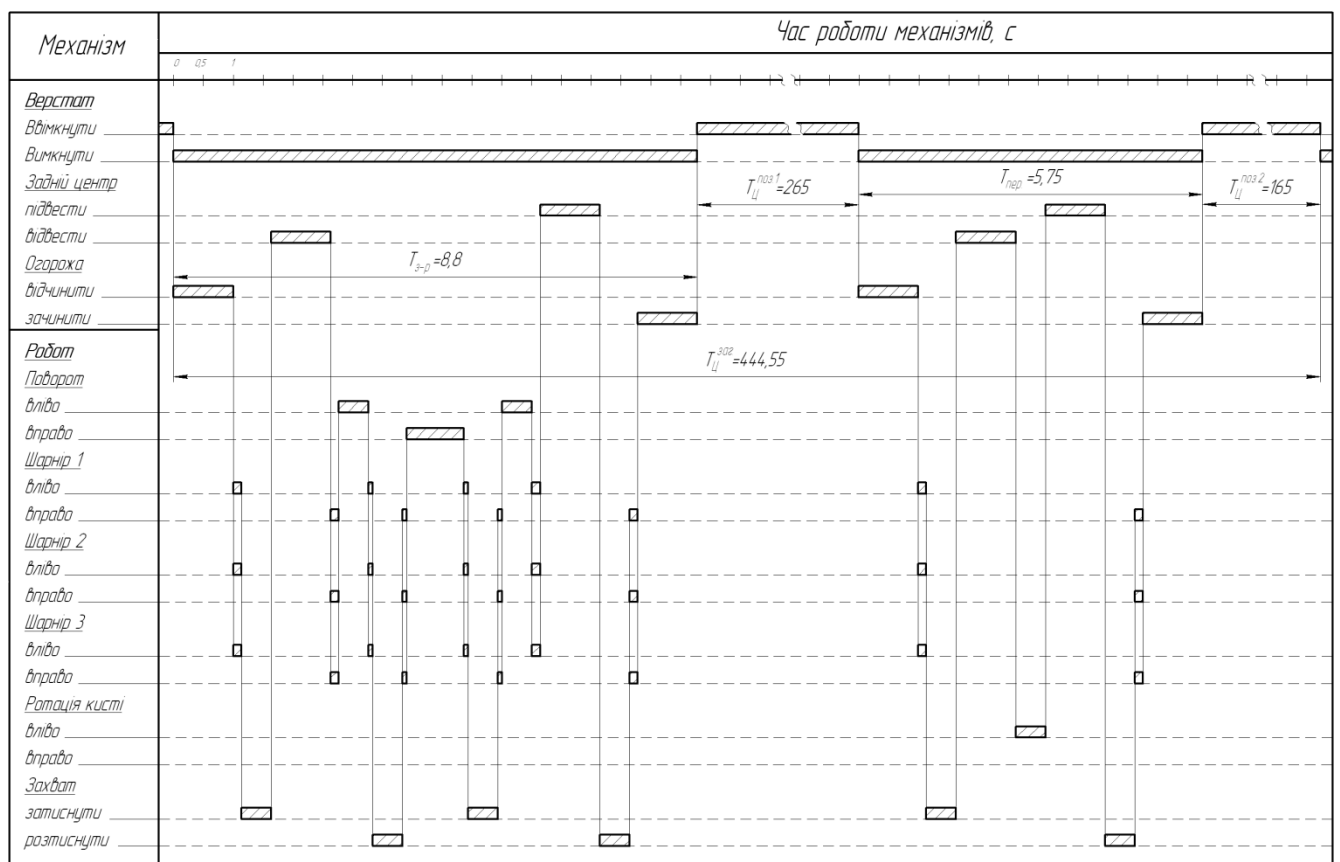


Рис.4.5. Циклограма роботи робото-технологічного комплексу.

Згідно побудованої циклограми визначаємо час простою верстату:

- при розвантаженні та завантаженні – 8,8 сек.
- при перевстановленні деталі – 5,75 сек.

4.3. Виведення рівнянь для визначення сил затиску в захватному пристрої

Кінцевим органом промислового робота є його захватний пристрій. Основною особливістю виконавчих пристроїв типу захватний пристрій є те, що вони являються кінцевою частиною просторово незамкненої руки робота, яка повинна здійснювати високошвидкісні зворотно-поступальні (-обертові) рухи з необхідною точністю. При цих умовах захват повинен надійно утримувати деталі що транспортуються маючи мінімальні масо-габаритні характеристики. Все це можливе при виконанні точних силових розрахунків.

Основна маса виконуваних роботом операцій захвату доводиться утримувати не зрівноважено затиснуті ним деталі. Відповідно це може бути, як при початковому їх захопленні, так і в процесі циклу функціонування робота з деталлю, коли робот установлює її на верстат, де деталь оброблюється і отримує іншу форму та розміри. Наведені особливості призводять до зміни сил затиску в захватному пристрої, а, відповідно, до зміни працездатної його якості.

Початком розв'язання даної задачі є визначення необхідних сил затиску утримуваних деталей. Для цього необхідно врахувати усі вихідні умови, а тому необхідно скласти розрахункову схему (рис.4.6). На схемі вал-шестерня затиснута захватним пристроєм при несиметричному (не зрівноваженому) її розміщенні. У попередніх дослідженнях [,] було встановлено, що при визначенні сил затиску деталей, по представленим розрахунковим схемам, може мати місце умова коли кількість складених рівнянь рівноваги деталі, що утримується буде менше кількості невідомих сил затиску. Тому для вирішення поставленої задачі приймалась додаткова умова, що коли визначаються мінімально необхідні сили затиску, які потім будуть збільшуватися на потрібний коефіцієнт запасу. Таку ж умову приймаємо і в даних розрахунках.

Згідно з наведеною схемою, на затиснуту деталь з при вертикальній орієнтації захватного пристрою, діють ексцентрично прикладені сила ваги деталі G і сила інерції I з плечем h . Тому, на захватний пристрій окрім зовнішніх сил G та I діє момент від цих сил, і вони повинні бути зрівноважені силами затиску.

Спочатку визначаємо загальний розподіл сил затиску які діють в даних умовах між окремими частинами затискних призм, так як умовою рівноваги

					КР.ПМ.22.11.01.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

затиснутої деталі є сили затиску захватного пристрою, які розміщуються по протилежним (крайнім) площинам затискних призм.

Відповідно до наведеної схеми (рис.4.6, а) рівняння рівноваги будуть:

$$\sum M_A = (G + I)h - R_2 b = 0$$

звідки

$$R_2 = (G + I) \frac{h}{b}$$

при $h=0$; $R_2 = 0$

$$\sum M_B = (G + I)(h + b) - R_1 b = 0$$

звідки

$$R_1 = (G + I) \frac{h + b}{b}$$

при $h=0$; $R_1 = G + I$

Для визначення в нашому випадку розподілу сил по окремих точках затиску деталі (сили – P_1 ; P_2 ; P_3 ; P_4) розглянемо схему представлену на рис.4.6, б.

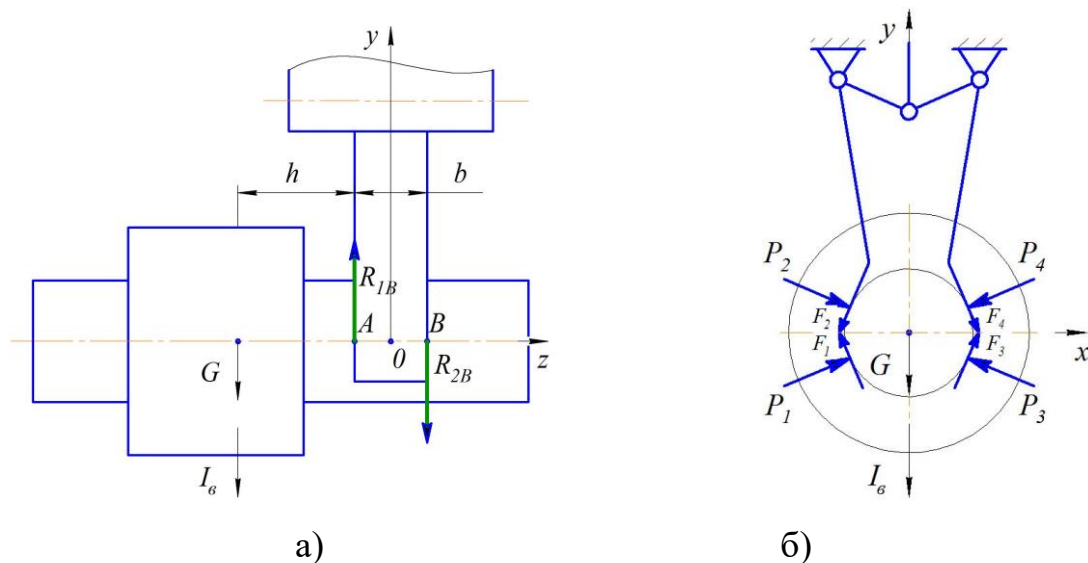


Рис.4.6. Розрахункова схема для захватного пристрою, з вертикальною орієнтацією

В даній схемі сили R_1 формують своїми вертикальними проекціями нижні складові сил затиску (ліва частина затискних призм) P_1 та P_3 :

$$R_1 = P_1 \cos \frac{\alpha}{2} + F_1 \sin \frac{\alpha}{2} + P_3 \cos \frac{\alpha}{2} + F_3 \sin \frac{\alpha}{2},$$

де F_1 і F_3 - сили тертя в точках контакту затискних призм з деталлю.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата

КР.ПМ.22.11.01.00.00.ПЗ

Арк.

$$F_1 = fP_1; F_3 = fP_3$$

де f - коефіцієнт тертя.

Так як схема симетрична відносно вертикальної вісі то $P_1 = P_3 = P$, а відповідно:

$$F = F_1 = F_3 = fP$$

Підставляючи у вихідне рівняння отримаємо:

$$R_1 = P_1 \left(\cos \frac{\alpha}{2} + f \sin \frac{\alpha}{2} \right) + P_3 \left(\cos \frac{\alpha}{2} + f \sin \frac{\alpha}{2} \right)$$

Враховуючи те, що наведена розрахункова схема симетрична відносно вертикальної вісі, то

$$P_1 = P_3 = \frac{R_1}{2 \left(\cos \frac{\alpha}{2} + f \sin \frac{\alpha}{2} \right)},$$

або підставляючи раніше визначену величину сили R_1 отримаємо:

$$P_1 = P_3 = (G + I) \frac{h + b}{2b \left(\cos \frac{\alpha}{2} + f \sin \frac{\alpha}{2} \right)}$$

Аналогічним способом верхні складові сил затиску (права частина затискних призм) P_2 та P_4 формують також вертикальними складовими силу R_2 :

$$R_2 = P_2 \cos \frac{\alpha}{2} + F_2 \sin \frac{\alpha}{2} + P_4 \cos \frac{\alpha}{2} + F_4 \sin \frac{\alpha}{2}$$

Повторюємо перетворення рівняння як у попередньому варіанті кінцево отримаємо:

$$P_2 = P_4 = (G + I) \frac{h}{2b \left(\cos \frac{\alpha}{2} + f \sin \frac{\alpha}{2} \right)}$$

Із отриманих формул видно, що сили P_1 та P_3 більші за сили P_2 та P_4 і чим більше плече, тим більша різниця між силами R_1 та R_2 .

У якості висновків можна сказати, що при збільшенні плеча (h) прикладання зовнішніх сил G і I відбувається зростання необхідних сил затиску особливо.

					КР.ПМ.22.11.01.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

Зважаючи на вище сказане важливо враховувати, що «дальні» сили затиску P_1 і P_3 мають більше плече їх прикладання до важелів захватного пристрою, що потрібно враховувати на загальне навантаження захватного пристрою. Загалом величина плеча (h) забезпечує найбільш інтенсивне зростання сил затиску і вже при $\frac{h}{b} =$, і може дорівнювати приблизно подвійному значенню потрібних сил затиску при зрівноваженому затисненні деталі.

Не зрівноваженість системи затиску утворюється також тоді коли зовнішні сили G і I прикладені в межах ширини (b) затискних губок захватного пристрою але коли вони не по його середині. У даному випадку зовнішні сили розміщуються між точками A і O . Отже максимальні сили R_1 і R_2 будуть при $h=0$, величина даних сил при цій умові наведена вище, а при зменшенні плеча до точки « O » сили реакцій відповідно також будуть зменшувати переходячи в зрівноважений затиск деталі вал-шестерня.

Приведений вище розрахунок виконувався для умови затиску захватним пристроєм деталі з номінальним діаметром, це означає коли вершини затискних призм співпадають з віссю симетрії – X (рис.4.6, б). Такий випадок є поодиноким прикладом затиску та утримування захватом деталей тому, що захватні пристрої являють собою універсальні пристосування, які передбачають роботу з різними розмірами деталей. Один із таких прикладів наведено на рис.4.7, де показана проекція що є подібною до рис.4.6, б. Головний вид розрахункової схеми є однаковим до попереднього варіанту і відповідає рис.4.6, а.

Також існує особливість при розрахунку наведених пристроїв що потрібно врахувати той факт, що робот здійснює ряд просторових переміщень деталі відповідно алгоритму роботи промислового робота із значними прискореннями, а тому в розрахунковій схемі показано різний напрямок дії сили ваги деталі і сили інерції.

					КР.ПМ.22.11.01.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

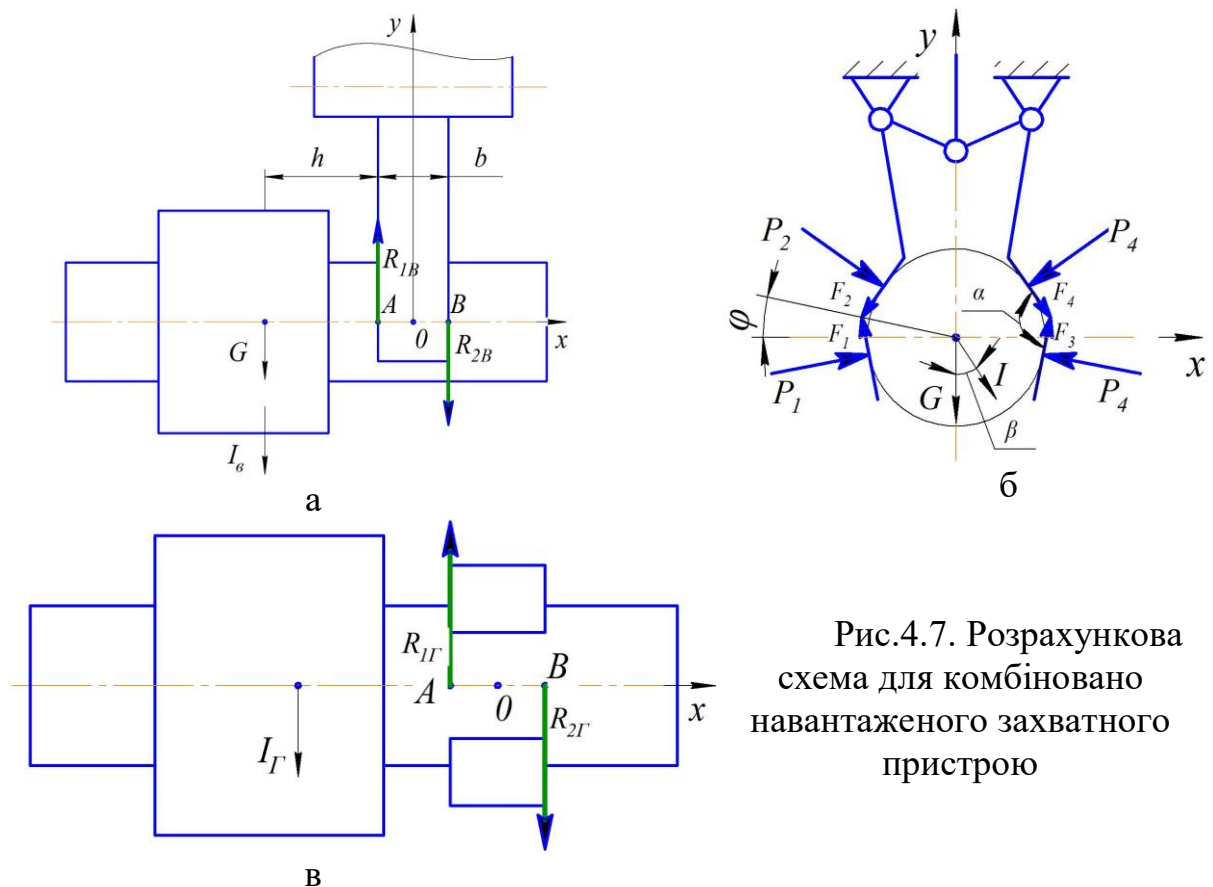


Рис.4.7. Розрахункова
схема для комбіновано
навантаженого захватного
пристрою

Враховуючи наведені аргументи, в розрахункову схему включаємо слідуєчі параметри: G – сила ваги деталі; I – сила інерції; α - кут затискних призм; β - кут напрямку сили інерції; φ - кут зміщення вершин призм (уверх або вниз, від захватного пристрою або до нього) залежно від діаметра утримуваної деталі; h – плече прикладання сил G та I ; b - ширина затискних губок.

Визначення сумарних сил R_1 та R_2 виконується аналогічно як і вищенаведений приклад. Перша відмінність є така, що зовнішні сили G та I діють в різних площинах. Тому пропонується спочатку визначити сумарні сили R_1 та R_2 в цих площинах.

Якщо розглянути вертикальну площину (рис.4.7, а) рівняння рівноваги будуть:

$$\sum M_A = (G + I \cos \beta)h - R_{2B}b = 0$$

звідки

$$R_{2B} = (G + I \cos \beta) \frac{h}{b}$$

$$\sum M_B = (G + I \cos \beta)(h + b) - R_{1B}b = 0$$

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата

КР.ПМ.22.11.01.00.00.ПЗ

Арк.

Тоді

$$R_{1B} = (G + I \cos \beta) \frac{h+b}{b}$$

Подібно до вище наведеної методики визначаємо загальні сили в горизонтальній площині:

$$\sum M_A = I \sin \beta \cdot h - R_{2\Gamma} b = 0$$

звідки

$$R_{2\Gamma} = I \sin \beta \frac{h}{b}$$

$$\sum M_B = I \sin \beta (h+b) - R_{1\Gamma} b = 0$$

Тоді

$$R_{1\Gamma} = I \sin \beta \frac{h+b}{b}$$

Для подальшого розрахунку переходимо до розподілу визначених сил між окремими силами затиску – P_i (рис.4.7, б). Як перший крок складаємо рівняння рівноваги утримуваної деталі в різних площинах. Отже рівняння для вертикальної площини має вид (рис.4.3, а, в):

$$R'_{1B} = P'_1 \cos\left(\frac{\alpha}{2} + \varphi\right) + F'_1 \sin\left(\frac{\alpha}{2} + \varphi\right) + P'_3 \cos\left(\frac{\alpha}{2} + \varphi\right) + F'_3 \sin\left(\frac{\alpha}{2} + \varphi\right)$$

Враховуючи симетричність схеми отримаємо:

$$P_{1B} = P_{3B} = \frac{R_{1B}}{2 \left(\cos\left(\frac{\alpha}{2} + \varphi\right) + f \sin\left(\frac{\alpha}{2} + \varphi\right) \right)};$$

або

$$P_{1B} = P_{3B} = (G + I \cos \beta) \frac{h+b}{2b \left(\cos\left(\frac{\alpha}{2} + \varphi\right) + f \sin\left(\frac{\alpha}{2} + \varphi\right) \right)}$$

Відповідно визначаємо сили R_{2B} , де в підсумку отримаємо:

$$R_{2B} = P_{2B} \cos\left(\frac{\alpha}{2} - \varphi\right) + F_{2B} \sin\left(\frac{\alpha}{2} - \varphi\right) + P_{4B} \cos\left(\frac{\alpha}{2} - \varphi\right) + F_{4B} \sin\left(\frac{\alpha}{2} - \varphi\right)$$

Після подібних перетворень

$$P_{2B} = P_{4B} = (G + I \cos \beta) \frac{h}{2b \left(\cos\left(\frac{\alpha}{2} - \varphi\right) + f \sin\left(\frac{\alpha}{2} - \varphi\right) \right)}$$

					КР.ПМ.22.11.01.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

Розглянемо розподіл сил в горизонтальній площині, виконаємо це у тій же послідовності. Такі рівняння мають вид (рис.4.7, б, в):

$$R_{1\Gamma} = P_{3\Gamma} \sin\left(\frac{\alpha}{2} + \varphi\right) + P_{4\Gamma} \sin\left(\frac{\alpha}{2} - \varphi\right)$$

Так як сили тертя в даному напрямку відсутні, то:

$$R_{3\Gamma} = \frac{I \sin \beta \frac{h+b}{b} - P_{4\Gamma} \sin\left(\frac{\alpha}{2} - \varphi\right)}{b}$$

Для вирішення цього рівняння приймаємо додаткову умову [], що вертикальні складові сил $P_{3\Gamma}$ та $P_{4\Gamma}$ між собою зрівноважені через затиснуту деталь, а тому в підсумку отримуємо:

$$R_{3\Gamma} = I \sin \beta \frac{(h+b) \cos\left(\frac{\alpha}{2} - \varphi\right)}{b \sin \alpha};$$

$$R_{4\Gamma} = I \sin \beta \frac{(h+b) \cos\left(\frac{\alpha}{2} + \varphi\right)}{b \sin \alpha}$$

Подібно визначаємо розподіл сили $P_{2\Gamma}$:

$$R_{2\Gamma} = P_{1\Gamma} \sin\left(\frac{\alpha}{2} + \varphi\right) + P_{2\Gamma} \sin\left(\frac{\alpha}{2} - \varphi\right)$$

де
$$P_{1\Gamma} = I \sin \beta \frac{h}{b}$$

Зрівноваженість сил у вертикальному напрямку $P_{1\bar{A}B} = \lambda_{2\bar{A}B}$ отримаємо

$$P_1 \cos\left(\frac{\alpha}{2} + \varphi\right) = P_{2B} \cos\left(\frac{\alpha}{2} - \varphi\right)$$

тоді

$$P_{1B} = P_{2B} \frac{\cos\left(\frac{\alpha}{2} - \varphi\right)}{\cos\left(\frac{\alpha}{2} + \varphi\right)};$$

$$P_{2B} = P_{1B} \frac{\cos\left(\frac{\alpha}{2} + \varphi\right)}{\cos\left(\frac{\alpha}{2} - \varphi\right)}.$$

Підставляючи у попереднє рівняння отримаємо в кінцевому виді:

					КР.ПМ.22.11.01.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

$$P_{1r} = I \sin \beta \frac{h \cos \left(\frac{\alpha}{2} - \varphi \right)}{b \sin \alpha}.$$

Подібно

$$P_{2r} = I \sin \beta \frac{h \cos \left(\frac{\alpha}{2} + \varphi \right)}{b \sin \alpha}.$$

Розрахувавши складові сил затиску в різних площинах переходимо до визначення їх сумарних величин:

$$P_1 = P_{1B} + P_{1r} = (G + I \cos \beta) \frac{h + b}{2 \cdot b \left(\cos \left(\frac{\alpha}{2} + \varphi \right) + f \sin \left(\frac{\alpha}{2} + \varphi \right) \right)} + I \sin \beta \frac{h \cos \left(\frac{\alpha}{2} - \varphi \right)}{b \sin \alpha};$$

$$P_2 = P_{2B} + P_{2r} = (G + I \cos \beta) \frac{h}{2 \cdot b \left(\cos \left(\frac{\alpha}{2} - \varphi \right) + f \sin \left(\frac{\alpha}{2} - \varphi \right) \right)} + I \sin \beta \frac{h \cos \left(\frac{\alpha}{2} - \varphi \right)}{b \sin \alpha};$$

$$P_3 = P_{3B} + P_{3r} = (G + I \cos \beta) \frac{h + b}{2 \cdot b \left(\cos \left(\frac{\alpha}{2} + \varphi \right) + f \sin \left(\frac{\alpha}{2} + \varphi \right) \right)} + I \sin \beta \frac{(h + b) \cos \left(\frac{\alpha}{2} - \varphi \right)}{b \sin \alpha};$$

$$P_4 = P_{4B} + P_{4r} = (G + I \cos \beta) \frac{h}{2 \cdot b \left(\cos \left(\frac{\alpha}{2} - \varphi \right) + f \sin \left(\frac{\alpha}{2} - \varphi \right) \right)} + I \sin \beta \frac{(h + b) \cos \left(\frac{\alpha}{2} + \varphi \right)}{b \sin \alpha}.$$

При умові коли кути $\gamma = 0$, $\beta = 0$ сили затиску будуть:

$$P_1 = (G + I) \frac{h + b}{2 \cdot b \left(\cos \frac{\alpha}{2} + f \sin \frac{\alpha}{2} \right)}$$

$$P_2 = (G + I) \frac{h}{2 \cdot b \left(\cos \frac{\alpha}{2} + f \sin \frac{\alpha}{2} \right)}$$

$$P_3 = (G + I) \frac{h + b}{2 \cdot b \left(\cos \frac{\alpha}{2} + f \sin \frac{\alpha}{2} \right)}$$

$$P_4 = (G + I) \frac{h}{2 \cdot b \left(\cos \frac{\alpha}{2} + f \sin \frac{\alpha}{2} \right)}$$

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата

КР.ПМ.22.11.01.00.00.ПЗ

Арк.

З формул видно, що їх значення дорівнюють силам для попереднього варіанту (рис. 4.6), що підтверджує правильність їх визначення.

4.4. Побудова залежностей сил затиску від конструктивних параметрів захватних пристроїв

Для того, щоб оцінити вплив конструктивних параметрів захватного пристрою на сили затиску, необхідно побудувати відповідні залежності. Після їх побудови можна робити певні висновки впливу відповідних чинників на сили затиску. В подальшому отримані результати необхідно враховувати при проектуванні захватних пристроїв або при динамічній роботі самого промислового робота. Детально вплив параметрів затискної схеми на величину сил затиску (P_i) представлено на графіках (рис.4.8).

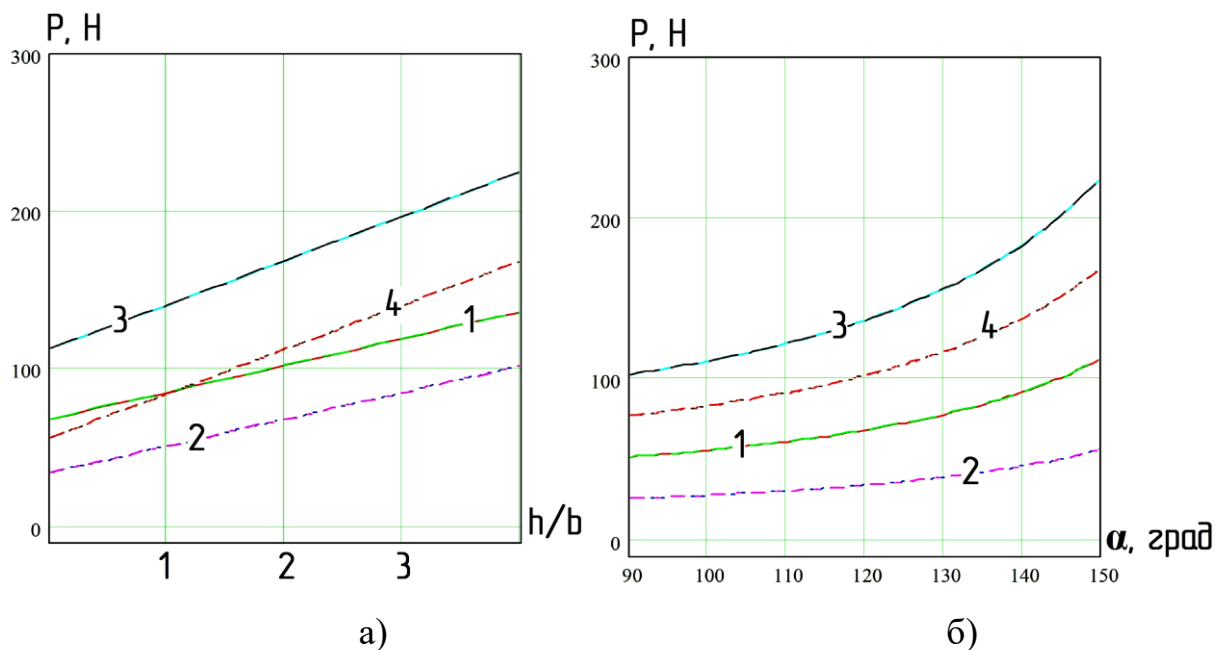


Рис.4.8. Залежності сил затиску від плеча прикладання (h/b) зовнішніх сил та кута (α) затискних призм

- а) 1 – P1 та P3: $h = 10..30$, $b=10$, $G=20$, $I=20$, $\varphi=0$, $f=0.1$, $\alpha=120$; 2 - P2 та P4: $h = 10..30$, $b=10$, $G=20$, $I=20$, $\varphi=0$, $f=0.1$, $\alpha=120$; 3 – P1 та P3: $h = 10..30$, $b=10$, $G=20$, $I=20$, $\varphi=0$, $f=0.1$, $\alpha=150$; 4 - P2 та P4: $h = 10..30$, $b=10$, $G=20$, $I=20$, $\varphi=0$, $f=0.1$, $\alpha=150$;
- б) 1- P1 та P3: $\alpha = 90..150$, $G=20$, $I=20$, $\varphi=0$, $f=0.1$, $b=10$, $h=10$; 2 - P2 та P4: $\alpha = 90..150$, $G=20$, $I=20$, $\varphi=0$, $f=0.1$, $b=10$, $h=10$; 3 – P1 та P3: $\alpha = 90..150$, $G=20$, $I=20$, $\varphi=0$, $f=0.1$, $b=10$, $h=30$; 4 - P2 та P4: $\alpha = 90..150$, $G=20$, $I=20$, $\varphi=0$, $f=0.1$, $b=10$, $h=30$.

В узагальненому виді вплив параметрів розрахункової схеми (рис.4.7) подібний до варіанту – рис.4.6, а вплив кута φ на сили затиску наведено на рис.4.9.

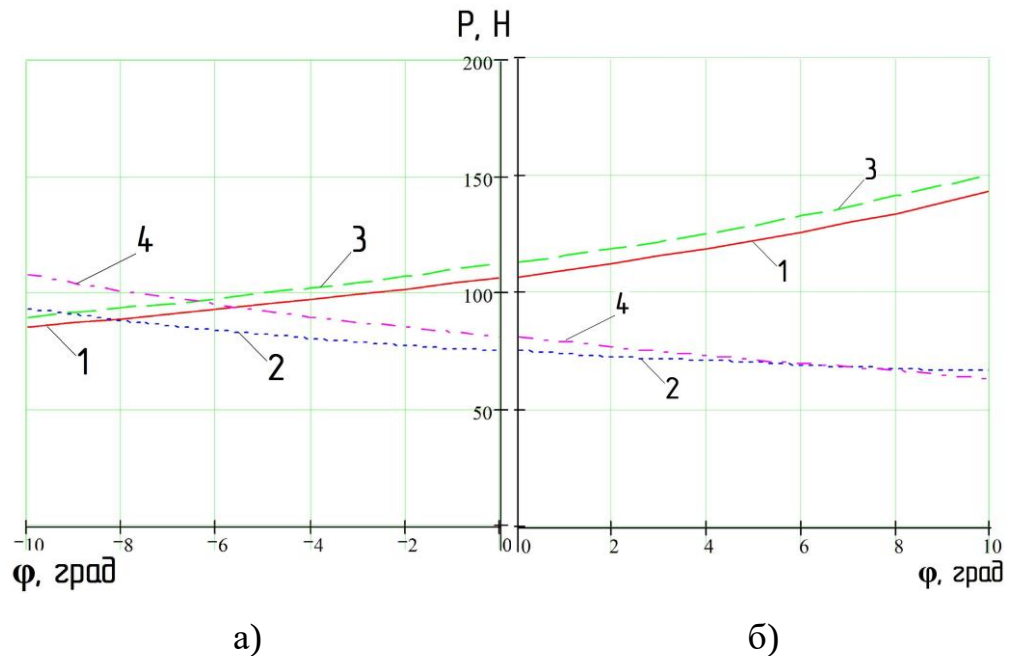


Рис.4.9. Залежності сил затиску від кута зміщення затискних призм (φ)
 а) 1 – P1; 2 – P2; 3 – P3; 4 – P4 (при: $\varphi = 0 \dots 10$, $\beta=30$, $b=10$, $G=20$, $I=20$, $h=20$, $f=0.1$, $\alpha=120$)
 б) 1 – P1; 2 – P2; 3 – P3; 4 – P4 (при $\varphi = -10 \dots 0$, $\beta=30$, $b=10$, $G=20$, $I=20$, $h=20$, $f=0.1$, $\alpha=120$)

4.4. Висновки

Компоновка РТК:

1. Проведено аналіз існуючих варіантів РТК, визначено що найкращим варіантом компоновки токарного РТК буде його виконання з підлоговим промисловим роботом.

2. На основі аналізу існуючих варіантів створено новий варіант РТК для токарних операцій з покращеними технологічними характеристиками який включає в себе токарний верстат з ЧПК DMG TWIN-42, промисловий робот KUKA KR 16 S та допоміжні пристрої - гравітаційні лотки.

3. Розроблено алгоритм роботи РТК, побудовано схему рухів виконавчого механізму робота, визначено час даних переміщень та побудовано циклограму роботи РТК.

					КР.ПМ.22.11.01.00.00.ПЗ		Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата			

Дослідження сил затиску: в результаті дослідження сил затиску в захватному пристрої при утриманні деталі зі зміщеним центром мас отримано такі результати:

1. За допомогою виконаних досліджень можливо точно визначати діючі силові навантаження на захватний пристрій та обґрунтовано визначати його конструктивні параметри.

2. Рекомендується використовувати такий варіант не зрівноваженого затиску деталей при не значному зміщенні центру прикладання зовнішніх сил відносно вісі симетрії захватного пристрою робота та достатній жорсткості його конструкції і максимально можливій ширині затискних важелів.

3. При наявності значних не зрівноважених навантажень на захватний пристрій промислового робота, може бути доцільним заміна захвата з одною парою затискних важелів на захват з двома парами затискних важелів. Тоді силове їх навантаження буде визначатися за такими ж формулами, але конструкція при цьому може бути більш жорсткою.

					КР.ПМ.22.11.01.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

5. Організаційна частина

Вхідні данні:

Деталь: компенсатор НШ32С-3-00-01

Маса виробу: 0,05 кг

Маса заготовки 0,068

Річна програма випуску: 10000 шт. /рік

Кількість деталей у вузлі: 1 шт.

Матеріал: алюмінієвий сплав АК5М2Ц4

Деталь: шестерня ведуча НШ32С-3-00-02

Маса виробу: 0,67 кг

Маса заготовки 1,18 кг

Річна програма випуску: 10000 шт. /рік

Кількість деталей у вузлі: 1 шт.

Матеріал: сталь 18ХГТ

5.1. Розрахунок календарно-планових нормативів

Розрахунок партії деталей:

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

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

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

$$n_p^{\kappa} = \frac{0,5 \cdot 440}{0,573} \approx 384 \text{ шт.}; \quad n_p^{\text{ш}} = \frac{0,5 \cdot 440}{0,73} \approx 301 \text{ шт.};$$

Кількість запуску деталей протягом року:

$$A = \frac{N_z}{n_p};$$

$$A^{\kappa} = \frac{10000}{384} = 26; \quad A^{\text{ш}} = \frac{10000}{301} = 33;$$

					КР.ПМ.22.11.01.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

Приймаємо A з стандартного ряду: $A_{np}^{\kappa} = 24$; $A_{np}^u = 36$;

Перераховуємо партію: $n = \frac{N_3}{A_{np}}$;

$$n_{np}^{\kappa} = \frac{10000}{24} \approx 417 \text{ шт.}; \quad n_{np}^u = \frac{10000}{36} = 278 \text{ шт.}$$

Тривалість операційного циклу:

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

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

$$t_{\kappa\partial} = \frac{t_{um}}{q \cdot p \cdot k_g} + \frac{t_{n3}}{n}; \quad t_{\kappa\partial 005}^{\kappa} = \frac{1,269}{1 \cdot 1 \cdot 1} + \frac{16}{417} = 1,307 \text{ хв.}$$

Таблиця 5.2

Розрахунок тривалості операційного циклу

№ оп.	компресор		№ оп.	шестерня ведуча	
	$T_{\kappa\partial}$, хв.	T_o , дн.		$T_{\kappa\partial}$, хв.	T_o , дн.
005	1,307	0,62	005	5,85	2,77
010	2,083	0,99	010	3,18	1,51
015	0,602	0,29	015	4,41	2,1
			020	1,16	0,55
			025	0,60	0,28
			030	0,60	0,28
			035	0,76	0,36
			040	0,84	0,4
	Σ	1,9		Σ	8,81

Приймаємо послідовний рух партії деталей для компенсатора і шестерні ведучої - послідовний

					КР.ПМ.22.11.01.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

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

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

$$T_n^{\kappa} = 1,9 + 3 \cdot 0,1 = 2,2 \text{ дн.}$$

$$T_n^u = 8,81 + 8 \cdot 0,1 = 9,61 \text{ дн.}$$

Розрахунок чисельності виробничих робітників:

$$R_{\text{вир}} = \frac{T_p}{F_{\text{др}} \cdot k_m}$$

$$T_p = \frac{N_3 \cdot \sum_1^m t_{um} \cdot (1 + 0,01 \cdot \alpha)}{60}$$

T_p - трудомісткість річної програми випуску деталей;

k_m - коефіцієнт багатоверстатного обслуговування;

$F_{\text{др}}$ - фонд часу річний одного робітника;

α - процент додаткових робіт.

Коефіцієнт довантаження

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

η - нормативний коефіцієнт навантаження обладнання в часі.

$$K_{\text{дов}}^{\kappa} = \frac{0,95}{0,05} = 19;$$

$$K_{\text{дов}}^u = \frac{0,95}{0,08} = 11,9;$$

$$T_p^{\kappa} = \frac{10000 \cdot 3,882 \cdot (1 + 0,01 \cdot 20)}{60} = 776 \text{ год.}$$

$$T_p^u = \frac{10000 \cdot 18,26 \cdot (1 + 0,01 \cdot 20)}{60} = 3652 \text{ год.}$$

Чисельність робітників:

$$R_{\text{вир}}^{\kappa} = \frac{776 \cdot 19}{1840 \cdot 1,2} \approx 6 \text{ чол.};$$

					КР.ПМ.22.11.01.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

$$R_{\text{вир}}^{\text{ш}} = \frac{3652 \cdot 11,9}{1840 \cdot 1,3} \approx 18 \text{ чол.};$$

Загальна чисельність:

$$R^{\text{вир}} = 6 + 18 = 24 \text{ чол.}$$

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.

$$P_{\kappa}^{\kappa} = 1,1 \cdot \left[\frac{20,052}{60} \cdot 2,04 + \frac{17,044}{60} \cdot (1,269 + 0,578) \right] = 1,32 \text{ грн.}$$

$$P_{\kappa}^{\text{ш}} = 1,1 \cdot \left[\frac{20,052}{60} (5,81 + 3,14 + 1,14 + 1,12) + \frac{17,044}{60} \cdot (4,37 + 0,57 + 0,57 + 0,73 + 0,81) \right] = 6,33 \text{ грн.}$$

Відрядна заробітна плата за рік

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

$$З_{\text{вир}}^{\kappa} = 10000 \cdot 1,32 = 13200 \text{ грн.}$$

$$З_{\text{вир}}^{\text{ш}} = 10000 \cdot 6,33 = 63300 \text{ грн.}$$

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

$$З_{\text{срм}}^{\text{вир}} = \frac{(1,32 \cdot 10000 \cdot 19 + 6,33 \cdot 10000 \cdot 11,9) \cdot (1 + 0,1)}{24 \cdot 12} = 3835 \text{ грн.}$$

					КР.ПМ.22.11.01.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

6. Економічна частина

6.1. Розрахунок планової цехової собівартості

$$C_{\text{цех}} = M_o + Z_{op} + B_{\text{соц}} + Z_{zo} + P_o + P_{\text{цех}}$$

M_o – витрати на основні матеріали

$$M_o = a_o \cdot C_m \cdot K_{mp} - a_e \cdot C_e$$

a_o, a_e – відповідно маса деталі, відходів;

C_m, C_e – відповідно ціна матеріалу, відходів;

K_{mp} – коефіцієнт, враховуючий транспортні витрати.

$$M_o^{\kappa} = 0,05 \cdot 14,5 \cdot 1,05 - 0,018 \cdot 1,95 = 0,72 \text{ грн.}$$

$$M_o^u = 0,67 \cdot 34,58 \cdot 1,05 - 0,51 \cdot 1,95 = 23,34 \text{ грн.}$$

Z_{od} – заробітна плата основна та додаткова

$$Z_{od}^{\kappa} = 1,1 \cdot \left[\frac{20,052}{60} \cdot 2,04 + \frac{17,044}{60} \cdot (1,269 + 0,578) \right] = 1,32 \text{ грн.}$$

$$Z_{od}^u = 1,1 \cdot \left[\frac{20,052}{60} (5,81 + 3,14 + 1,14 + 1,12) + \frac{17,044}{60} \cdot (4,37 + 0,57 + 0,57 + 0,73 + 0,81) \right] = 6,33 \text{ грн.}$$

α - процент додаткової заробітної плати (10%)

$B_{\text{соц}}$ – відрахування на соціальне страхування

$$B_{\text{соц}}^{\kappa} = 1,32 \cdot 0,22 = 0,29 \text{ грн.} \quad B_{\text{соц}}^u = 6,33 \cdot 0,22 = 1,39 \text{ грн.}$$

Z_{co} – витрати на спецодяг;

$$Z_{co}^{\kappa} = \frac{1,5}{60} (1,269 + 2,04 + 0,573) = 0,1 \text{ грн.}$$

$$Z_{co}^u = \frac{1,5}{60} \cdot (5,81 + 3,14 + 4,37 + 1,14 + 1,12 + 0,57 + 0,57 + 0,73 + 0,81) = 0,46 \text{ грн.}$$

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 %)

$$P_o^{\kappa} = \frac{1,2 \cdot 200}{100} = 2,4 \text{ грн.}; \quad P_o^u = \frac{5,75 \cdot 200}{100} = 11,5 \text{ грн.}$$

$P_{\text{цех}}$ – цехові витрати

					КР.ПМ.22.11.01.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

$$P_{цех} = \frac{3_o \cdot \alpha_{цех}}{100}$$

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

$$P_{цех}^{\kappa} = \frac{1,2 \cdot 90}{100} = 1,08 \text{ грн.};$$

$$P_{цех}^{ш} = \frac{5,75 \cdot 90}{100} = 5,21 \text{ грн.}$$

Таблиця 6.1

Калькуляція собівартості виробів і собівартості річного випуску деталей

N з/п	Стаття витрат	компенсатор		шестерня ведуча	
		на одиницю, грн.	на річний випуск, грн.	на одиницю, грн.	на річний випуск, грн.
1	Основні матеріали	0,72	7200	23,34	233400
2	Основна заробітна плата	1,2	12000	5,75	57500
3	Додаткова заробітна плата	0,12	1200	0,58	5800
4	Відрахування до соціальних фондів	0,29	2900	1,39	13900
5	Витрати на спец. оснащення	0,1	1000	0,46	4600
6	Витрати на утримання та експлуатацію оснащення	2,4	24000	11,5	115000
7	Цехові витрати	1,08	10800	5,21	52100
Всього		5,91	59100	48,23	482300

6.3. Аналіз варіантів техпроцесів

Аналіз здійснюється по деталі шестерня ведуча. Пять операцій базового технологічного процесу, замінено на дві операції проектного.

Таблиця 6.2

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	Токарний з ЧПУ GA 2000- 300 SP 180	2,21	005	Токарний з ЧПУ DMGTWIN - 42	9,57
010	Токарний з ЧПУ GA 2000-300 SP 180	2,86	040	Шліфувальний з ЧПУ 3M151Ф3	1,14

					КР.ПМ.22.11.01.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

015	Шліцефрезерний н/а 5350А	6,72			
020	Круглошліфувальний 3А151	1,12			
025	Круглошліфувальний 3А151	0,97			
	Σ	15,58		Σ	10,71

Порівняння здійснюється на базі технологічної собівартості за принципом відхилень:

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

a - змінні витрати;

b - постійні витрати.

$$a = M_o + 3_{одз} + C_{ел} + C_{рем} + C_{дм} + C_{ур} + C_{ом} + C_{ен}$$

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

$3_{одз}$ - основна та додаткова заробітна плата з відрахуваннями.

$$3_{одз} = \frac{l_{шт}}{60} \cdot l_{год} \cdot k_{зн}$$

$k_{зн}$ - коефіцієнт додаткової заробітної плати (1,1)

$$3_{одз}^{баз} = \frac{20,052}{60} \cdot [(2,21 + 2,869) + \frac{17,044}{60} (6,72 + 1,12 + 0,97)] \cdot 1,1 = 5,15 \text{ грн.}$$

$$3_{одз}^{пр} = 1,1 \cdot [\frac{20,052}{60} (9,57 + 3,14 + 1,14)] = 4,12 \text{ грн}$$

Таблиця 6.3

Характеристика обладнання

N з\п	Модель обладнання	габаритні розміри, м×м	потужність двигунів, кВт	Ремонтна складність, УРО	Балансова вартість грн.
1	Токарний з ЧПУ GA 2000-300 SP 180	3,5x1,4	21	30	2000000
2	Шліцефрезерний н/а 5350А	1,52x1,4	1,7	12	73000
3	Круглошліфувальний 3А151	2,43x1,93	10	8	90000
4	Токарний з ЧПУ DMGTWIN - 42	3,5x1,4	21	18	1200000
5	Шліфувальний з ЧПУ 3М151Ф3	5,4x2,4	15,2	18	550000

Витрати на силову енергію

					КР.ПМ.22.11.01.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

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

N_{ϵ} - потужність встановлених двигунів;

$Ц_{ел}$ - ціна силової електроенергії (1,9 грн. /кВт)

$$C_{ел005}^{баз} = \frac{21 \cdot 0,7 \cdot 0,7 \cdot 0,3}{0,9 \cdot 0,95} \cdot \frac{2,21}{60} \cdot 1,9 = 0,25 \text{ грн.}$$

Таблица 6.4

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	21	2,21	0,25	005	21	9,57	0,66
010	21	2,86	0,33	040	15,2	1,14	0,09
025	1,7	6,72	0,06				
050	10	1,12	0,06				
055	10	0,97	0,05				
Σ		13,88	0,85	Σ		10,71	0,84

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.

$$C_{рем005}^{баз} = \frac{570 \cdot 30 \cdot 1,3 \cdot 1,2 \cdot 2,21}{20400 \cdot 60} = 0,048 \text{ грн.}$$

Таблица 6.5

Розрахунок витрат на ремонт

номер опер.	базовий варіант				номер опер.	проектний варіант			
	R	W	$t_{ум}$, хв.	$C_{рем}$		R	W	$t_{ум}$, хв.	$C_{рем}$
005	30	570	2,21	0,048	005	18	570	9,57	0,08
010	30	570	2,86	0,06	040	18	570	1,14	0,01
025	12	570	6,72	0,06					
050	8	456	1,12	0,005					
055	8	456	0,97	0,005					
Σ			13,88	0,186	Σ			10,71	0,1

Витрати на допоміжні матеріали

$$C_{\partial n} = \frac{M_{\text{зв}} \cdot R \cdot t_{\text{ум}}}{60} \cdot K_n$$

K_n - коефіцієнт типу виробництва;

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

$$C_{\partial n}^{\text{баз}} = \frac{0,15 \cdot 1}{60} [30 \cdot (2,21 + 2,86) + 12 \cdot 6,72 + 8(1,12 + 0,97)] = 0,66 \text{ грн.}$$

$$C_{\partial n}^{\text{нр}} = \frac{0,15 \cdot 1}{60} [(18 \cdot (9,57 + 1,14))] = 0,36 \text{ грн.}$$

Експлуатація приміщення

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

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

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

$$B_{n005}^{\text{баз}} = \frac{4,9 \cdot 8,1 \cdot 3 \cdot 2,21}{3890 \cdot 60 \cdot 0,85} = 0,0013 \text{ грн.}$$

Таблиця 6.6

Розрахунок витрат на експлуатацію приміщення

номер опер.	базовий варіант			номер опер.	проектний варіант		
	S_y	$t_{\text{ум}}$	B_n		S_y	$t_{\text{ум}}$	B_n
005	4,9	2,21	0,0013	005	4,9	9,57	0,0035
010	4,9	2,86	0,0017	040	12,96	1,14	0,0012
025	2,13	6,72	0,0017				
050	4,69	1,12	0,0019				
055	4,69	0,97	0,0006				
Σ		13,88	0,0082	Σ		10,71	0,0047

Амортизація універсального обладнання

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

H_a - річна норма амортизації;

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

$$C_{\text{ам005}}^{\text{баз}} = \frac{2000000 \cdot 15 \cdot 2,21}{3890 \cdot 60 \cdot 0,85 \cdot 100} = 3,34 \text{ грн.}$$

					КР.ПМ.22.11.01.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

Розрахунок амортизації універсального обладнання

номер опер.	базовий варіант			номер опер.	проектний варіант		
	$\Phi_{бал}, \text{ грн.}$	$t_{ум}, \text{ хв.}$	$C_{ам}, \text{ грн.}$		$\Phi_{бал}, \text{ грн.}$	$t_{ум}, \text{ хв.}$	$C_{ам}, \text{ грн.}$
005	2000000	2,21	3,34	005	1200000	9,57	5,27
010	2000000	2,86	4,32	040	550000	1,14	0,47
025	73000	6,72	0,37				
050	90000	1,12	0,076				
055	90000	0,97	0,066				
Σ		13,88	8,292			10,71	5,74

Постійні витрати: $b = Z_{нал} + C_{ен} + C_{амсп}$

$Z_{нал}$ – витрати на налагодження обладнання.

$$Z_{нал} = \frac{t_{пз}}{60} \cdot l_{год}^{нал} \cdot A \cdot K_{зн}$$

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

$$Z_{нал}^{баз} = \frac{(16 + 16 + 14 + 16 + 16) \cdot 17,042}{60} \cdot 24 \cdot 1,48 = 787 \text{ грн.}$$

$$Z_{нал}^{пр} = \frac{(16 + 16) \cdot 17,042}{60} \cdot 24 \cdot 1,48 = 323 \text{ грн.}$$

$C_{сп}$ – витрати на спеціальне оснащення.

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

$$C_{сп} = 0,6 \cdot S_n$$

S_n – первісна вартість спеціального оснащення.

Вартість програми:

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

$T_{прогр}$ – трудомісткість розробки програми;

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

$K_{зн}$ – коефіцієнт додаткової зарплати.

Таблиця 6.8

Розрахунок трудомісткості керуючої програми

ном ер опе р.	Кіль кість пове рхон ь	Кільк ість розмі рів	Трудомісткість розробки, н/год.				
			операц. карти	керуючої програми	карти налагод- жування інструменту	карти кодув ання	Σ
Базовий							
005	5	11	3,54	30	0,8	-	34,34
010	7	17	4,08	30	0,8	-	34,88
Σ							69,22
Проектний							
005	14	32	5,39	44	1,1		50,49
040	2	6	2,67	8,2	0,5		11,37
Σ							61,86

$S_n^{баз} = 69,22 \cdot 24,062 \cdot 1,48 = 2465 \text{ грн.}$

$C_{ен}^{баз} = 0,6 \cdot 2465 = 1479 \text{ грн.}$

$S_n^{np} = 61,86 \cdot 24,062 \cdot 1,48 = 2203 \text{ грн.}$

$C_{ен}^{np} = 0,6 \cdot 2203 = 1322 \text{ грн.}$

Таблиця 6.9

Розрахунок технологічної собівартості

N з/п	Статті витрат	Витрати, грн.	
		базовий варіант	проектний варіант
1	2	3	4
I. Змінні витрати			
1	Заробітна плата	5,15	4,12
2	Силова енергія	0,85	0,84
3	Ремонт обладнання	0,186	0,1
4	Допоміжні матеріали	0,66	0,36
5	Амортизація універсального обладнання	8,292	6,2
6	Експлуатація приміщення	0,0082	0,0059
Σ		15,15	11,63
II. Постійні витрати			
1	Налагоджування обладнання	787	323
2	Спеціальне оснащення	1479	1322
Σ		2266	1645
Технологічна собівартість		153766	117945

$$C_{tex}^{баз} = 15,15 \cdot 10000 + 2266 = 153766 \text{ грн.}$$

$$C_{tex}^{np} = 11,63 \cdot 10000 + 1645 = 117945 \text{ грн.}$$

Розрахунок критичної програми

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

$$N_{кр} = \frac{1645 - 2266}{15,15 - 11,63} = -176 \text{ шт.}$$

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

$$C_{кр} = 11,63 \cdot (-176) + 1645 = -402 \text{ грн.}$$

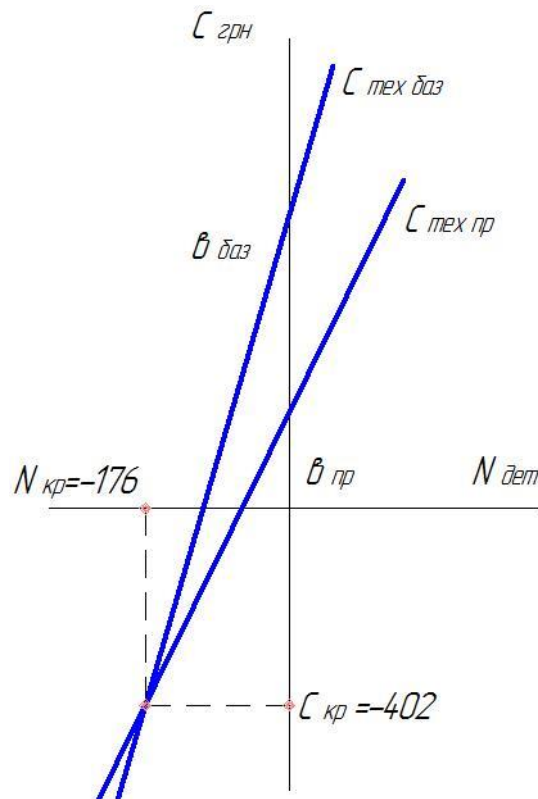


Рис. 6.1 Графік порівняння технологічної собівартості виготовлення деталі шестерні ведучої за варіантами.

Річний економічний ефект:

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

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

E – нормативний коефіцієнт окупності капіталовкладень;

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

					КР.ПМ.22.11.01.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

$$K = K_{\text{буд}} + K_{\text{обл}} + K_{\text{осн}}$$

$$K_{\text{буд}}^{\text{баз}} = 5 \cdot 20 \cdot 8 \cdot 850 = 680000 \text{ грн.}$$

$$K_{\text{буд}}^{\text{нр}} = 2 \cdot 20 \cdot 8 \cdot 850 = 272000 \text{ грн.}$$

$$K_{\text{обл}}^{\text{баз}} = 2000000 \cdot 2 + 73000 + 90000 \cdot 2 = 4253000 \text{ тис. грн.}$$

$$K_{\text{обл}}^{\text{нр}} = 1200000 + 550000 = 1750000 \text{ тис. грн.}$$

$$K_{\text{осн}}^{\text{баз}} = 0,07 \cdot 4253000 = 297710 \text{ грн.}$$

$$K_{\text{осн}}^{\text{нр}} = 0,07 \cdot 1750000 = 122500 \text{ грн.}$$

$$\eta^{\text{баз}} = 0,08$$

$$\eta^{\text{нр}} = 0,08$$

$$K^{\text{баз}} = 680000 + 4253000 + 297710 = 5230710 \text{ грн.}$$

$$K^{\text{нр}} = 272000 + 1750000 + 122500 = 2144500 \text{ грн.}$$

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

$$E_{\text{річн}} = (153766 + 0,16 \cdot 5230710 \cdot 0,08) - (117945 + 0,16 \cdot 2144500 \cdot 0,08) = 75325 \text{ грн.}$$

Додаткових капітальних вкладень немає.

Висновок: проектний варіант технологічного процесу виготовлення шестерні ведучої є економічно вигідним.

6.4. Планування техніко-економічних показників

Чисельність виробничих робітників:

$$R_{\text{цех}}^{\text{вир}} = R_{\text{дільн}}^{\text{вир}} \cdot K_{\text{пер}}$$

$K_{\text{пер}}$ – коефіцієнт переводу на цех:

$$R_{\text{цех}}^{\text{вир}} = 24 \cdot 12 = 288 \text{ чол.}$$

Чисельність допоміжних робітників:

$$R_{\text{цех}}^{\text{дон}} = 288 \cdot 0,3 = 87 \text{ чол.}$$

Чисельність керуючого персоналу та спеціалістів:

$$R_{\text{цех}}^{\text{нр}} = (288 + 87) \cdot 0,1 = 38 \text{ чол.}$$

Загальна чисельність:

					КР.ПМ.22.11.01.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

$$R = R_{\text{цех}}^{\text{вир}} + R_{\text{цех}}^{\text{доп}} + R_{\text{цех}}^{\text{кер}} = 288 + 87 + 38 = 413 \text{ чол.}$$

Наводимо розраховані техніко – економічні показники до таблиці 6.10.

Таблиця 6.10

Показники роботи підрозділів

N з/ п	Показники	Одиниця вимірю- вання	Дільниці		Цех
			компенсатор	шестерня ведуча	
1	Річний об'єм виробництва				
	а) за кількістю виробів	шт.	10000	10000	
	б) за цеховою собівартістю	тис. грн.	59,100	482,300	
	в) за трудомісткістю	н/год.	776	3652	
2	Чисельність робітників				
	всього	чол.			413
	- виробничих робітників	чол.	6	18	288
	- допоміжних робітників	чол.			87
	- керівників та спеціалістів	чол.			38
3	Середньомісячна заробітна плата 1 виробничого робітника	грн.	3835		
4	Економічний ефект	грн.		75325	
5	Зниження трудомісткості	%	20,3	41,13	

Висновок: проектний варіант технологічного процесу виготовлення деталі шестерня ведуча є економічно вигіднішим ніж базовий. Отриманий річний ефект становить 75325грн.

					КР.ПМ.22.11.01.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

Література

1. Методичні вказівки до виконання дипломного проекту для студентів спеціальності 8.09.02.02. Кіровоград, КДТУ 2002.
2. Горбацевич А.Л., Шкред В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. Минск; Высшая школа, 1983.
3. Горбацевич А.Л., Шкред В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. Минск; Высшая школа, 1974.
4. Справочник технолога – машиностроителя т.1. под. ред. Косиловой А. Г. и Мещерякова Р.К. М. Машиностроение 1986.
5. Справочник технолога – машиностроителя т.2. под. ред. Косиловой А. Г. и Мещерякова Р.К. М. Машиностроение 1986.
6. Общемашиностроительные нормативы вспомогательного времени на обслуживание рабочего места и подготовительно – заключительного для технического нормирования. Серийное производство М. Машиностроение 1974.
7. Балабанов А.Н. Краткий справочник технолога машиностроителя. М. Издательство стандартов, 1972.
8. Нефедов Н.А., Осипов К.А. Сборник задач и примеров по резанию металлов и режущему инструменту. М. Машиностроение, 1977.
9. Руководство по курсовому проектированию металлорежущих инструментов. Под ред. Г.Н. Кирсанова. – М. Машиностроение, 1986.
10. Маталин А.А. Технология машиностроения. Машиностроение, Ленинградское отделение, 1985.
11. Справочник конструктора – машиностроителя т.2 под ред. Анурьева В.И. – М. Машиностроения. 1979.
12. Методические указания к выполнению планировки цеха и строительной части дипломного проекта по технологии – машиностроения. Кіровоград КИСМ.1990.

					КР.ПМ.22.11.01.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

13. Корсаков В.С. Основы конструирования приспособлений. М. Машиностроение, 1983.
14. Методические указания к выполнению организационных и технико – экономических расчетов в дипломных проектах для студентов специальности 8.09.02.02. « Технология машиностроения.» . Киев. 1983.
15. Сборный твердосплавный инструмент. Под общ. ред. Г. Л. Хаета. – М. Машиностроение, 1989.
16. Самойлов В.С., Эйхманс Э.Ф., Локтев А.Д. Метало – обрабатывающий твердосплавный инструмент. Справочник Машиностроения .М. 1988.
17. Колев К.С., Горчаков Л.М. Точность обработки и режимы резания. М. Машиностроение. 1996.
18. Михайлюк В.О., Халмурадов Б.Д. Цивільна безпека: навч. пос. – К.: Центр учбової літератури, 2008. – 158 с.
19. Системы вентиляции и кондиционирования воздуха. Теория и практика / Ананьев В.А., Балужева Л.Н., Гельперин А.Д. и др. 2003-416с.
20. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. Державні санітарні норми. ДСН 3.3.6.042-99.К. 1999-29с.

					КР.ПМ.22.11.01.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		