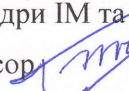


НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ
імені адмірала Макарова
Машинобудівний навчально-науковий інститут
Кафедра інженерної механіки та технології машинобудування

«Допущений до захисту»

Завідувач кафедри ІМ та ТМ
д-р техн. наук, професор  М.Р. Ткач

«16» 12 2024 р.

Пояснювальна записка
до магістерської роботи

на тему _ Удосконалення технології виготовлення коробки передач екскаватора
($m1 = 2,5$ мм, $z1 = 70$; $m2 = 6$ мм, $z2 = 49$)

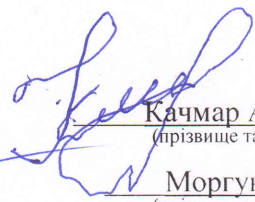
Спеціальність 131 «Прикладна механіка»

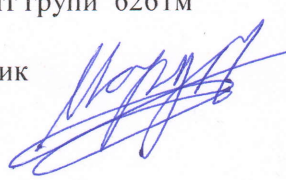
Освітньо-професійна програма «Технології машинобудування»

Галузь знань	13 «Механічна інженерія»
Спеціальність	131 «Прикладна механіка»
Спеціалізація	«Технології машинобудування»

Студент групи 6261м

Керівник


Качмар А.С.
(прізвище та ініціали)


Моргун С.О.
(прізвище та ініціали)

Миколаїв 2024

Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова

Інститут Машинобудівний навчально-науковий
Кафедра Інженерної механіки та технології машинобудування
Освітній рівень Магістр
Спеціальність 131 «Прикладна механіка»
(шифр і назва)
Освітньо-професійна програма «Технології машинобудування»
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ІМ та ТМ
д.т.н., професор М.Р.ТКАЧ

“16” 12 2024 р.

З А В Д А Н Н Я
НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТА

Качмар Андрія Степановича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи „Удосконалення технології виготовлення вала-шестерні коробки передач екскаватора ($m_1 = 2,5$ мм, $z_z = 70$; $m_2 = 6$ мм, $z_2 = 49$)”

керівник роботи к.т.н., доцент Моргун С.О.

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від “ ” 20 р. №

2. Строк подання студентом роботи 2.12.2024 р.

3. Вихідні дані до роботи Робоче креслення деталі; нормативна література; держстандарти; довідники

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1) Загальний розділ: Призначення та аналіз технологічності деталі.

2) Науковий розділ – Аналіз та дослідження з наукової теми роботи.

3) Технологічний розділ: Аналіз заводського техпроцесу. Вибір заготовки. Розробка маршрутної та операційної технології. Розрахунок припусків та режимів різання на одну з поверхонь деталі. Технічне нормування. Вибір обладнання, ріжучого та вимірювального інструменту.

4) Конструкторський розділ: Розрахунок і проектування спеціальних конструкцій пристроїв для верстатів та спеціального металорізального інструменту.

5) Проектування ділянки цеху – згідно методичних вказівок кафедри.

6) Організаційно-економічна частина – згідно методичних вказівок кафедри.

7,8) Охорона праці та навколишнього середовища – Розробка заходів з охорони праці та навколишнього середовища на

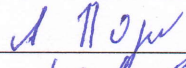
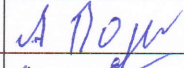
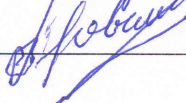
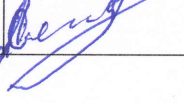
дільниці.

9) Цивільний захист – згідно методичних вказівок кафедри.

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

Креслення деталі, заготовки, спеціального пристрою до металорізального верстату, спеціального металорізального або вимірювального інструменту, налагодження до однієї з технологічних операцій, планування дільниці цеху, плакати до наукової частини

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
7,8	Познанський А.С.		
Нормоконт роль	Новошицький А.В.		

7. Дата видачі завдання

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Срок виконання етапів проекту	Примі
1	Оформлення та затвердження технологічного процесу. Оформлення креслення деталі (роздруковка у форматі А3)	25.10.2024	
2	Оформлення загального та технологічного розділів (1, 3)	6.11.2024	
3	Оформлення конструкторського розділу (4)	11.11.2024	
4	Оформлення наукового розділу (2)	22.11.2024	
5	Оформлення розділу з охорони праці та навколишнього середовища (7,8)	25.11.2024	
6	Оформлення розділу з цивільного захисту (9)	29.11.2024	
7	Оформлення креслень	до 2.12.2024	
8	Нормоконтроль (креслення у форматі А3)	2-9.12.2024	
9	Затвердження МР на кафедральному перегляді (ПЗ, креслення у форматі А1)	6-14.12.2024	
10	Оформлення та передача електронного варіанту роботи(текстові та графічні матеріали у форматі PDF)	11-16.12.2024	
11	Затвердження МР зав.кафедрою (подання, анотація)	11-16.12.2024	
12	Рецензування	16-21.12.2024	

Студент
(підпис)

(прізвище та ініціали)

Качмар А.С.

Керівник роботи
(підпис)

(прізвище та ініціали)

Моргун С.О.

« 01 »

10

2024р.

АНОТАЦІЯ

Качмар А.С. «Удосконалення технології виготовлення коробки передач екскаватора $m1 = 2,5$ мм, $z1=70$, $m2 = 6$ мм, $z2=49$ ». Кваліфікаційна робота зі спеціальності 131 «Прикладна механіка», освітньої програми «Технології машинобудування». Миколаїв: НУК ім. адм. Макарова. 2024 рік. 140 сторінок.

У кваліфікаційній роботі досліджено теоретичні аспекти технологічного процесу виготовлення прогресивних зубчастих передач високонавантажених механізмів та запропоновано напрями удосконалення технологій механічної обробки високонавантажених зубчастих передач.

Запропонований технологічний процес механічної обробки зубчастих передач на основі використання автоматизованого технологічного оснащення та верстатів з ЧПК, що сприятиме зменшенню собівартості виготовленої продукції.

Ключові слова: зубчасті передачі, технологічний процес, механічна обробка, автоматизоване оснащення, верстати з ЧПК.

ANNOTATION

Kachmar A.S. "Improvement of the excavator gearbox manufacturing technology $m1 = 2.5$ mm, $z1=70$, $m2 = 6$ mm, $z2=49$ ". Qualification work in the specialty 131 "Applied Mechanics", educational program "Technologies of Mechanical Engineering". Mykolaiv: Admiral Makarov National University of Shipbuilding. 2024. 140 pages.

The qualification work investigates the theoretical aspects of the technological process of manufacturing progressive gears of highly loaded mechanisms and proposes directions for improving the technologies of mechanical processing of highly loaded gears.

The technological process of mechanical processing of gears is proposed based on the use of automated technological equipment and CNC machines, which will contribute to reducing the cost of manufactured products.

Keywords: gears, technological process, mechanical processing, automated equipment, CNC machines.

Зміст

Вступ

1. Загальна частина.

1.1 Призначення та технічна характеристика деталі.

1.2. Характеристика матеріалу деталі.

1.3. Аналіз технологічності деталі.

1.4. Аналіз базового технологічного процесу.

2. Технологічна частина.

2.1 Розробка маршрутного технологічного процесу.

2.1.1 Проектування принципової схеми маршруту обробки.

2.1.2 Вибір методу отримання заготовки.

2.1.3 Вибір методів і маршрутів обробки поверхонь.

2.2 Вибір технологічних баз та схем установки заготовок

2.3 Вибір технологічного обладнання

2.4 Вибір основних типів пристроїв.

2.5 Проектування операційної технології

2.5.1 Вибір різального інструмента

2.5.2. Вибір вимірювального інструменту.

2.6 Розрахунок припусків на механічну обробку.

2.7 Розрахунок режимів різання.

2.8 Технічне нормування операцій.

2.9 Розрахунок очікуваної точності обробки

2.10 Складання програми на токарний верстат з ЧПК.

3. Конструкторська частина.

3.1 Конструювання 3^x – кулачкового патрона з пневмоприводом

3.2 Проектування червячної модульної фрези.

3.3 Розрахунок люнету на зубофрезерну операцію.

3.4 Проектування кондуктора для свердління 12 отворів Ø10,5

3.5 Проектування кондуктора для свердління 9 отворів Ø10,5

3.6 Опис пристрою та роботи мікрометра зубомірного

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. Наукова частина. Порівняльного аналізу технологічних процесів виготовлення зубчастих шестірень при різних методах зміцнення зубів.

4.1 Вступ

4.2 Метод цементації.

4.2.1 Вплив легуючих елементів на процес цементації й будова цементованого шару.

4.2.2 Термічна обробка цементованих деталей.

4.2. 3 Шліфування зубів

4.3 Метод азотування

4.3.1 Вплив легуючих елементів на процес азотування.

4.3.2 Термічна обробка азотованих деталей.

4.3.3 Шевінгування.

4.4 Порівняльного аналізу технологічних процесів виготовлення зубчастих шестірень при азотуванні й цементації їхніх робочих поверхонь

4.5 Висновок

5. Проектування дільниці.

5.1 Розрахунок трудоемкості та вирстатоемкості дільниці.

5.1.1 Вихідні дані для проектування дільниці.

5.1.2 Розрахунок розміру партії деталі.

5.1.3 Розрахунок штучно-калькуляційного часу по операціях.

5.2 Визначення кількості обладнання дільниці.

5.2.1. Визначення фонду часу роботи обладнання.

5.2.2 Розрахунок потрібної кількості устаткування і його завантаження.

5.3 Складання кошторису витрат на обладнання.

5.4 Визначення чисельності робітників на дільниці.

5.4.1 Розрахунок кількості основних виробничих робітників.

5.4.2 Розрахунок кількості допоміжних робітників.

5.4.3 Розрахунок чисельності фахівців, службовців і МОП.

5.4.4 Зведена відомість працюючих на дільниці.

5.5 Розрахунок основних і допоміжних площ дільниці.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- 5.5.1 Визначення виробничої площі.
- 5.5.2 Визначення допоміжної площі.
- 5.5.3 Визначення площі побутових і службових приміщень.
- 5.6. Розрахунок висоти цеху.
- 5.7 Визначення виду й параметрів вантажопідйомного устаткування дільниці, виду наземного транспорту.
- 5.8. Визначення обсягу капітальних вкладень у дільницю механічного цеху по виготовленню деталі вал – шестерня.
- 6. Організаційно-економічна частина.
- 6.1 Склад і методика розрахунку річного фонду заробітної плати працівників дільниці.
- 6.2 Розрахунок річного фонду заробітної плати працівників дільниці.
- 6.2.1 Визначення фонду заробітної плати основних виробничих робочих.
- 6.2.2 Визначення фонду заробітної плати допоміжних робочих.
- 6.2.3 Визначення фонду заробітної плати спеціалістів, службовців і молодшого обслуговуючого персоналу.
- 6.2.4 Визначення середньорічної і середньомісячної заробітної плати працюючих на дільниці.
- 6.3 Розрахунок витрат на утримання і експлуатацію устаткування.
- 6.4 Складання калькуляції фактичної собівартості виготовлення деталі вал-шестерня.
- 6.5 Розрахунок ціни підприємства річної програми.
- 6.6 Визначення фінансових результатів (прибутку).
- 6.7 Розрахунок обсягів капітальних вкладень і строків окупності проекту.
- 6.7.1 Проектування обсягів виробництва.
- 6.7.2 Розрахунок інвестиційних вкладень у проект.
- 6.7.3 Розрахунок грошового потоку.
- 6.7.4 Розрахунок прибутку від випуска супутньої продукції.
- 6.7.5 Розрахунок сумарного грошового потоку
- 6.7.6 Визначення чистої теперішньої вартості проекту

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6.8 Техніко-економічні показники ділянки

6.9 Висновок

7. Охорона праці при токарній обробці вала-шестерні.

7.1. Вступ.

7.2. Шкідливих та небезпечних чинники, які впливають на працівників ділянки.

7.3 Загальні вимоги охорони праці при токарній обробці вала-шестерні.

7.4 Вимоги охорони праці перед початком роботи.

7.5 Вимоги охорони праці під час роботи.

7.6 Вимоги охорони праці після закінчення роботи.

7.7 Вимоги охорони праці при виникненні аварійних ситуацій.

7.8 Охорона навколишнього середовища.

7.8.1. Вступ.

7.8.2. Природоохоронна діяльність на підприємстві.

7.8.3. Аналіз впливу механічного цеху на навколишнє середовище.

7.8.4. Запобігання негативного впливу проектуємої ділянки на навколишнє середовище.

Література.

Додатки.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вступ

Зараз, як ніколи раніше, в умовах подання наслідків світової економічної кризи перед вітчизняним машинобудуванням стоїть питання конкурентноспроможності продукції на світовому ринку

Для досягнення цієї мети необхідно підвищити точність і якість випускаємої продукції, знизити її собівартість. Для цього необхідно упроваджувати нові альтернативні техпроцеси, які забезпечують високу продуктивність роботи та зменшать час виготовлення продукції.

Одним із шляхів вирішення вище піднятих питань є широке впровадження верстатів с ЧПК, автоматизованих ліній та автоматичних дільниць. Але зважаючи на неможливість швидкого переоснащення виробництва вітчизняних підприємств машинобудівної галузі, необхідно враховувати при проектуванні нових техпроцесів використання старих зношених верстатів про обдирці та черновій обробці заготовок.

Другим шляхом є заміна високовартісних, трудомісних методів обробки матеріалів менш трудомісними і дешевшими, впровадження нових прогресивних методів хіміко-термічної обробки сталі.

У данному проекті розкривається тема проектування дільниці цеху по виготовленню валів-шестерень, наводиться: порівняльний аналіз технологічних процесів виготовлення зубчатих шестерень при різних методах зміцнення зубців, альтернативний технологічний процес виготовлення валу-шестерні, техніко-економічні розрахунки та пояснення даних, комплект технічної та конструкторської документації.

					6261м.10.МР.08.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. Загальна частина

1.1 Призначення та технічна характеристика деталі.

Деталь вал-шестерня належить до деталей-тіл обертання, до класу валів. Вал-шестерня є видучаю шестернеюодноступеневого зубчастого редуктора з горизонтальним розміщенням вісей зубчатих колес Л16. Редуктор призначений для передачі обертання від газо-турбинного двигуна (ГТД) до електрогенератора потужністю 16 МВт. Вал-шестерня працює у зачепленні з зубчатим колесом. Вал-шестерня сприймає крутний момент, що виникає в разі передачі обертання від ГТД до електрогенератора, і передає його через два зовнішні зубчаті вінці на зубчате колесо, у наслідок чого вал-шестерня зазнає напружень кручення.

За конструкцією вал шестерня є прямолінійною, фасонною, тобто має окремі ділянки, різні діаметри, буртики, канавки, фаски різьби. Фасонність необхідна для посадки інших деталей на свої місця без пошкодження сусідніх ділянок, для створення упорів, закріплення деталей, для виходу ріжучого інструменту.

Деталь має прості циліндричні та торцеві поверхні які просто оброблюються з використанням універсального обладнання, та стандартного ріжучого інструменту.

Вал-шестерня на торцевих поверхнях має 25 глухих отворів з різьбою М12х1,5-6Н для кріплення інших деталей.

Дві поверхні $\varnothing 280_{-0,470}^{-0,450}$ призначена для установки підшипників скальжіння і мають високий ступень точності обробки. Вал шестерня має два зубчатих вінця на $\varnothing 354,4_{-0,35}$ з m-6, z-49, $\alpha-30^0$ які сполучаються з зубчатим колесом на яке передається обертання.

Поверхня $\varnothing 278_{-0,470}^{+0,450}$ призначена для установки масло відбивного кільця, яке кріпиться до торця вала-шестерні 12 гвинтами М12х1,5-6Н.

					6261м.08.МР.07.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Шлиці m-2,5, z-70 на $\varnothing 177,5^{+0,15}_{-0,30}$, та поверхні $\varnothing 170 \text{ h}6_{-0,025}$, $\varnothing 180 \text{ h}6_{-0,025}$ призначені для з'єднання вала-шестерні з шлицевою муфтою. Затягнення шлиццевої муфти виконується за допомогою затяжної гайки, яка накручується на різьбу M170x2-6g. Затяжна гайка фіксується за допомогою двох шпонок 16H12 $^{+0,18}$ розташованих діаметрально протилежно.

Внутрішня поверхня $\varnothing 175\text{H}7^{+0,04}$ служить за для устновки кулачкової муфти, яка кріпиться до торцю вала-шестерні за допомогою 9 гвинтами M12x1,5-6H.

Базовими поверхнями відносно яких задається відхилення форм і розташування поверхонь є поверхні: К, Л - $\varnothing 280^{+0,450}_{-0,470}$ мм; М - $\varnothing 170 \text{ h}6_{-0,025}$; П- $\varnothing 175\text{H}7^{+0,04}$.

Таким чином конструкція деталі забезпечує виконання її функції у редукторі.

1.2. Характеристика матеріалу деталі.

Для виготовлення вал-шестерні використовується сталь 38ХНЗМФА, яка належить до групи вуглецевих легованих, високоякісних конструкційних сталей. Ця сталь використовується для виготовлення найбільш відповідальних важконавантажених деталей, працюючих при температурах до 400град.С. З урахуванням цього можна зробити висновок що матеріал обраний конструктором правильно.

Таблиця 1.1. Хімічний склад сталі у %.

Марка сталі	C	Mn	Si	V	Mo	Ni	Cr	P	S	Cu
								не більш		
38ХНЗМФА	0,38	0,25-0,50	0,17-0,37	0,10-0,18	0,35-0,45	3,00-3,50	1,20-1,50	0,025	0,025	0,3

					6261м.08.МР.07.01.ПЗ					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Таблиця 1.2. Механічні властивості після термічної обробки

Марка сталі	Перетин мм	КП	$\sigma_{0,2}$ МПа	σ_B , МПа	σ , %	Ψ , %	кси Дж/с м ²	НВ
								Не більш
38ХНЗМФА	500	—	685	835	11	33	390	363

Таблиця 1.3. Фізичні властивості

Марка сталі	Е ГПа	G ГПа	S кг/см ³	α 10 ⁻⁶ 1/°C
38ХНЗМФА	184	72	7900	13,6

Технологічні властивості:

Температура кування: початок- 1180 С⁰, кінець-780 С⁰. Переріз до 100мм – охолоджувати у ямі, більш ніж 100 мм - піддавати низькотемпературному отжигу.

Зварюваність – не вікористовується для зварних конструкцій.

Флокучутливість-підвищено чутлива.

Схильність до відпускнуї крихкості - не схильна.

1.3. Аналіз технологічності деталі

Аналіз технологічності деталі являє собою проробку робочої документації на технологічність і є фактично технологічним контролем креслення деталі та аналізом технічних вимог до нього, виходячи з умов, вімог та інтересів данного виробництва.

Технологічний контроль креслення деталі вимагає виконати аналіз конструкції деталі відносно точності і якості усіх поверхонь, які підлягають механічній обробці. Встановити відхилення форми і взаємного розташування поверхонь деталі. Технологічний контроль креслення деталі виконується наступним чином:

Якісна оцінка

					6261м.08.МР.07.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Найвищий квалітет точності п'ятий досягається шліфуванням, найвищий клас шорсткості десятий досягається доводкою.

Дана деталь вимагає застосування складних і дорогокоштуючих методів обробки, таких як доводка, але таким методом обробляється тільки дві целендрічні поверхні

Для її обробки застосовують спеціальні пристрої, складні вимірювальні інструменти, але в обмеженій кількості.

Дана деталь жорстка, так як відношення:

$$L / D = 1405 / 354,2 = 3,9 < 5$$

Таким чином за якісною оцінкою конструкція деталі технологічна, але її виготовлення має певні складності.

Кількісна оцінка

Точність розмірів.

Поверхня з розмірам $\varnothing 280 \begin{smallmatrix} -0,450 \\ -0,470 \end{smallmatrix}$ обмеженим полем допуску $\begin{smallmatrix} -0,450 \\ -0,470 \end{smallmatrix}$ забезпечує у з'єднанні посадку з зазором, при цьому зазор необхідний для забезпечення обертання вала-шестерні, розміщення мастила.

Поверхні з розмірами $\varnothing 170h6$, $\varnothing 180h6$ обмежені полем допуску $h6$ що забезпечує у з'єднанні з шлицевою муфтою посадку з не великим зазором для кращого орієнтування муфти.

Внутрішня поверхня $\varnothing 175H7$ обмежена полем допуску $H7$ що такж забезпечує у з'єднанні з кулачковою муфтою посадку з не великим зазором для кращого орієнтування муфти, але зменьшим квалитетом точності

Поверхня $\varnothing 278g5$ обмежена полем допуску $g5$ що такж забезпечує у з'єднанні з масло підвідним кільце посадку з не вликим зазором, але з більшим квалитетом точності.

Шліцьове з'єднання $m-2,5$, $z-70$ виконується з ступіню точності з'єднання 1 регламентованою по И 250.102.070-86

					6261м.08.МР.07.01.ПЗ	Арк.
Змн.		№ докум.	Підпис	Дата		

Зубці m-6, z-49, β -30° виконуються по ступіні точності 4-В ГОСТ 1643-81.

Шпонковий паз розміром 16H12 відповідає з'єднанню для серійного і масового виробництва, граничні відхилення розміру 161,2h12_{-0,4}мм відповідає рекомендаціям. Основні розміри паза наведені на видах А та Б.

Різьба метрична M170-6g з кроком S=2 мм, з полем допуску 6g. 25 отворів з метричною різьбою кріплення M12-H6 з крупним кроком S=1,5 мм, з полем допуску H6.

Розмір між зовнішніми торцями зубців Р та С 580h10_{-0,28} обмежений полем допуску h10_{-0,28}, розміри фасок на торцях зубців Р та С (0,7... 0,9)х45°. Розмір між зовнішнім торцем напівшеврона Р та упором шлицевої муфти 282is12 обмежений полем допуску is12.

Розміри з полями допусків h14, відносяться до розмірів з великими допусками.

Розміри фасок і радіусів відповідають рекомендаціям ГОСТ 10948-64. Не вказані граничні відхилення радіусів закруглень, фасок і кутів у загальному записі не вказуються, а виконуються за СТСЄВ 302-76.

Визначаємо коефіцієнт точності

$$K_T = 1 - 1/A_{cep}$$

$$A_{cep} = \sum A_{ini} / n = (4 \times 2 + 5 + 6 \times 28 + 7 + 9 \times 7 + 10 \times 3 + 12 \times 3 + 14 \times 35) / 80 = 10$$

$$K_T = 1 - 1/10 = 0,9$$

Так як K_T більше 0,8, то конструкція деталі по коефіцієнту точності технологічна.

Шорсткість поверхонь.

Шорсткість поверхонь задана параметром Ra = 0,16; 1,0; 1,25; 2,5; 10мкм. Норми шорсткості обрані в залежності від функціонального призначення

					6261м.08.МР.07.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

поверхонь (з'єднання зубчасте, шпонкове, різьбове, рухливе). Шорсткість поверхонь, на яких вона непомічена, однакова і дорівнює 2,5мкм.

Визначаємо коефіцієнт шорсткості

$$K_{ш} = 1 / B_{сер}$$

$$B_{сер} = \sum B_{ini} / n = (10 \times 2 + 7 \times 10 + 6 \times 64 + 5 + 4 \times 3) / 80 = 6,13$$

$$K_{ш} = 1 / 6,13 = 0,17$$

Так як, $K_{ш}$ більше 0,16, конструкція деталі по коефіцієнту шорсткості технологічна.

Таким чином за кількісною оцінкою конструкція деталі технологічна.

Для зручності зносимо усі данні по шорсткості і точності до таблиці 1.4.

Таблиця 1.4. Точність і шорсткість поверхонь

Номер і найменування поверхонь	Квалітет точності	Граничне відхилення в мкм	Клас і параметр шорсткості в мкм
1	2	3	4
1. Зовнішній діаметр Ø165h14	14	-1	6 Ra=2.5
2. Зовнішній діаметр Ø170h6	6	-0,025	7 Ra=1.25
3. Зовнішній діаметр Ø177,5d10	10	-0,15 -0,30	7 Ra=1.25
4. Зовнішній діаметр Ø180h6	6	-0,025	7 Ra=1.25
5. Зовнішній діаметр Ø200h14	14	-1,15	6 Ra=2.5
6. Зовнішній діаметр Ø278g5	5	-0,017 -0,040	7 Ra=1.25
7,8. Зовнішній діаметр Ø280b9	9	-0,450 -0,470	10 Ra=0.16
9,10. Зовнішній діаметр Ø354,2b9	9	-0,35	7 Ra=1.25
11. Зовнішній діаметр Ø310h14	14	-1,3	6 Ra=2.5

Продовження таблиці 1.4. Точність і шорсткість поверхонь

					6261М.08.МР.07.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1	2	3	4
12. Зовнішній діаметр Ø250h14	14	-1,15	6 Ra=2.5
13. Внутрішній діаметр Ø175H7	7	+0,04	6 Ra=2.5
14,15 Торець L=1405 h14	14	-3,1	6 Ra=2.5
16. Торець L=33 h14	14	-0,62	6 Ra=2.5
17. Торець L=283h14	14	-1,3	6 Ra=2.5
18,19. Торець L=250 h10	10	-0,185	6 Ra=2.5
20,21. Торець L=250 h14	14	-1,15	6 Ra=2.5
22. Торець L=22h14	14	-0,52	7 Ra=1.25
23. Торець L=34h14	14	-0,62	6 Ra=2.5
24. Торець L=282is12	12	±0,26	6 Ra=2.5
25. Торець L=68h14	14	-0,74	6 Ra=2.5
26. Торець L=30H14	14	+0,52	5 Ra=5
27,28. Зубці m-6, z-49, β-30° 4-B	4	-0,35	7 Ra=1.25
29. Шліці m-2,5, z-70 h9	9	-0,15 -0,30	7 Ra=1.25
30. Різьба M170x2-6g	6	-0,450 -0,470	6 Ra=2.5
31-55. Різьба M12x1,5-6H	6	+0,19	6 Ra=2.5
56,57. Шпонковий паз 16H12	12	+0,18	4 Ra=10
58. Фаски 1x45° H14	14	-0,25	6 Ra=2.5
59,60. Фаски 1x45° h14	14	-0,25	6 Ra=2.5
61,62. Фаска 3x30° h14	14	-0,25	6 Ra=2.5
63-67. Фаска 6x30° h14	14	-0,3	6 Ra=2.5
68. Фаска 2x30° h14	14	-0,25	6 Ra=2.5
69. Канавка L=4 h14	14	-0,3	6 Ra=2.5
70. Канавка L=3,4 h14	14	-0,3	4 Ra=10
71-77. Радіус R5 h14	14	-0,5	6 Ra=2.5
78. Радіус R2 h14	14	-0,3	6 Ra=2.5
79,80. Центрові отвори Ø3,15H9	9	-0,052	6 Ra=2.5

Допуск розташування

					6261м.08.МР.07.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Базами для контролю відхилень розташування є вісь деталі, та поверхні К,Л,М,Н,П. Декілько елиментів утворюють одну базу КЛ, їх послідовність не має значення; вказуються в одному полі рамки. Допуск повного радіального биття поверхні Ø170h6 відносно загальної осі поверхонь К та Л становить 0,03 мм. Допуск повного торцевого биття торця L=22h14 відносно тієї ж осі становить 0,02 мм, а торця L=28h12 0,012 мм. Допуск радіального биття різьби M170x2-6g відносно бази М дорівнює 0,05мм. Допуск повного радіального биття поверхні П відносно загальної осі поверхонь К та Л 0,03 мм. Допуск повного радіального биття поверхнь К,Л відносно загальної осі 0,015 мм. Допуск повного торцевого биття торця L=31h14 відносно бази П становить 0,03 мм. Позиційні допуски отворів відносно баз М,Н,П становлять 0,4 мм. Найменший допуск розташування становить 0,012 мм що відповідає 6-му ступеню точності за ГОСТ 24643-81.

Допуск форми поверхонь

Допуск круглості, та профілю повздовжнього перерізу поверхонь К та Л не повинен перевищувати 0,005 мм.

Технічні вимоги

Послідовність викладення технічних вимог відповідає ГОСТ 2.316-68.

Виходячи з аналізу технічних вимог можна зробити висновки:

1. Задана твердість 302...363НВ, та необхідність азотації вимагає термообробки та ретельно вибирати матеріал заготовки, який забезпечить необхідну твердість, і буде добре азотуватися.
2. Група контролю 1-1А ОСТ 100021-78 вимагає підготовку зразку з кожної деталі партії, щоб збільшити розміри заготовки та додати зайву токарну операцію.
3. Після азотації зубці не можна шліфувати, щоб не пошкодити азотований шар товщина якого повинна бути менше 0,45 мм.
4. Необхідність зняти фаски (0,7...0,9) мм х 45° на торця зубців, та притупити гострі крі торців і верхівки зубців радіусом 0,3...0,5 мм, та

					6261М.08.МР.07.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

досягнення шорсткості $Ra=1,25\text{мкм}$, вимагає включення шліфувальних операцій до хіміко термічної обробки.

5. Після усіх етапів обробки необхідно провести балансувальну операцію для визначення величини дисбалансу, та у разі перевищення 40 гсм провести радіально свердлувальну операцію, для його ліквідування.

Наявність на деталі поверхонь виконаних за 5-м квалітетом і шорсткості $Ra = 0,16\text{ мкм}$ та точністю взаємного розташування поверхонь 0,012 мм, а також необхідність термообробки вимагає введення трьох етапів токарної обробки: чорнової, напівчистої та чистої.

Аналіз конструкторсько -технологічних вимог креслення деталі дозволяє зробити висновок, що вони відповідають функціональному призначенню деталі у вузлі. Тож конструкція деталі за усіма параметрами технологічна, але стоїть так мовити на межі технологічності.

1.4. Аналіз базового технологічного процесу.

Базовий технологічний процес розроблено для одиночного типу виробництва.

Базовий технологічний процес:

005 Технічний контроль

010 Горизонтально – розточна

015 Токарно – гвинторізна

020 УЗК

025 Технічний контроль

030 Гартування – термопокращення

035 Технічний контроль

040 Токарно – гвинторізна

045 Токарно – гвинторізна

050 Розміточна

					6262М.08.МР.07.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

055 *Зубофрезерна (чорнова)*
 060 *Полірувальна*
 065 *Промивка*
 070 *Технічний контроль*
 075 *Стабілізація*
 080 *Очистка – пескоструйна*
 085 *Технічний контроль*
 090 *Токарно – гвинторізна*
 095 *Круглошліфувальна*
 100 *Технічний контроль*
 105 *Зубофрезерна (чистова)*
 110 *Полірувальна*
 115 *Зубошевінгувальна*
 120 *Полірувальна*
 125 *Промивка*
 130 *Магнітний контроль*
 135 *Промивка*
 140 *Слюсарна*
 145 *Технічний контроль*
 150 *Азотування*
 155 *Технічний контроль*
 160 *Слюсарна*
 165 *Токарно – гвинторізна*
 170 *Розміточна*
 175 *Радіально – свердлувальна*
 180 *Горизонтально – розточна*
 185 *Слюсарна*
 190 *Круглошліфувальна*

					6261м.08.МР.07.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- 195 *Зубофрезерна*
- 200 *Полірувальна*
- 205 *Балансувальна*
- 210 *Радіально – свердлувальна*
- 215 *Балансувальна (контрольна)*
- 220 *Промивка*
- 225 *Магнітний контроль*
- 230 *Промивка*
- 235 *Технічний контроль*
- 240 *Оксидування*
- 245 *Технічний контроль*
- 250 *Слюсарна*

Обладнання та оснастка при розробці технологічного процесу вибрані універсальні, спосіб отримання заготовки та її форма не є економічними з точки зору використання матеріалу.

Велика кількість токарних операцій на початковому етапі обробки обумовлена використанням неточного методу та форми отримання заготовки і, як наслідок, збільшення кількості операцій обдирки.

При попередній обробці торців, виготовленні центрувальних отворів та шпоночних пазів обрана горизонтально-розточна операція на горизонтально – розточному верстаті WD-160. При мілко серійному, та серійному типі виробництва краще обрати більш спеціалізоване обладнання. Наприклад: при попередній обробці торців та виготовленні центрувальних отворів можливо використовувати фрезерно-центрувальну операцію, а при виготовленні шпоночних пазів – вертикально-фрезерну.

У базовому технологічному процесі використовується багато розміточних операцій які, при використанні необхідних пристроїв, можливо пропустити.

					6261м.08.МР.07.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Під час виконання радіально – свердлувальної операції можливо використовувати кондуктори, а під час фрезерування – універсальну ділительну головку.

Так як вал-шестерня працює в умовах великих частот обертання, то вводиться балансувальна операція, та у разі виявлення дисбалансу, який перевищує допустимий (40гсм) проводиться радіально – свердлувальна операція, для його ліквідування.

Перед азотуванням можливо застосувати гальванічну операцію – лужиння, тоді відпаде необхідність зайвої токарно – гвинторізної операції після азотування, а також необхідність у нарізанні різьби у центрових отворах під захістні пробки, та взагалі необхідність у захистних пробках.

У базовому технологічному процесі багато операцій технічного контролю, декілько з них можна прибрати.

Слід зазначити низьку ступінь автоматизацій базового технологічного процесу – не використовуються зазначені вище пристосування, а також не використовуються верстати з ЧПК.

					6261м.08.МР.07.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Порівняльного аналізу технологічних процесів виготовлення зубчастих шестірень при різних методах зміцнення зубів

2.1 Вступ

Технологічний процес виготовлення зубчастих шестірень, що встановлює послідовність виконання операцій обробки, будується залежно від багатьох конструктивно - технологічних особливостей зубчастої шестірні визначальної з яких є вибір виду хіміко-термічного зміцнення її робочих поверхонь.

Хіміко-термічне зміцнення - це процес поверхневого насичення стали хімічними елементами (вуглецем, азотом, хромом, алюмінієм, кремнієм і ін.) для підвищення зносостійкості, твердості й інших властивостей.

До хіміко-термічного зміцнення відносять цементацію, азотування, ціанування й дифузійну металізацію.

Для зубчастих шестірень справедливе твердження про те, що рівень їхньої довговічності й надійності закладений як поверхневий шар зубів. Воно повинне бути високим, щоб в умовах дії більших контактних напруг, сил тертя й контактних температур протистояти ушкодженню робочих поверхонь зубів і їхній усталостному руйнуванню (поломці).

Якість поверхневого шару зубів оцінюють комплексом характеристик: хімічним і фазовим составом, розподілом твердості, величиною, знаком і розподілом залишкових напруг. Сукупність цих характеристик визначає рівень несучої здатності зубчастої передачі, опір контактної втоми, знакозмінному вигину, зношуванню й заїданню. Кожний із зазначених критеріїв працездатності залежить від впливу на поверхневий шар зубів комплексу технологічних і металургійних факторів.

					6261м.08.МР.07.04.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Найпоширенішими методами хіміко-термічного зміцнення застосовуваними на ГП НВКГ «Зоря»-«Машпроект» є методи: азотування й цементації.

Для проведення порівняльного аналізу технологічних процесів виготовлення зубчастих шестірень при азотуванні й цементації їхніх робочих поверхонь необхідно розкрити суть даних методів. Розглянути які хімічні й фізичні процеси відбуваються при застосуванні азотування й цементації, як впливають легуючі елементи сталей на ці процеси, у якій послідовності проводиться термічна обробка, які методи остаточної механічної обробки застосовують для досягнення необхідної точності й ін.

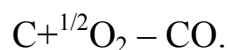
2.2 Метод цементації.

При цементації відбувається насичення вуглецем поверхневого шару деталі з в'язанням маловуглеводістої і легованої сталі з 0,1...0...0,25%С.

Речовини, призначені для насичення вуглецем стали, називаються карбюризаторами. Цементация може проводиться у твердих, рідких і газоподібних карбюризаторах. Цементації піддаються майже готові деталі із припуском на шліфування 0,05...0,1 мм.

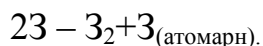
При цементації у твердому карбюризаторі деталі містяться в металевий ящик (контейнер) наповнений твердим карбюризатором. Зверху ящик закривають кришкою, і щілини замазують вогнетривкою глиною, Ящик укладають у піч і нагрівають до температури 930...950^{оc}. Витримку за часом визначають із розрахунку, що за 1 годину виходить цементований шар глибинної 0.1 мм. Як карбюризатор використається состав з деревного вугілля й вуглекислих солей (BaCO₃, Na₂CO₃ і ін.) у кількості 10...40...40%

При даному методі цементації відбувається не повніше згоряння вугілля:



					6261м.08.МР.07.04.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

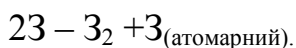
Тому що при даних температурах у присутності заліза вуглекислий газ нестійкий, то відбувається його розкладання по реакції.



Атоми вуглецю, що утворюються, адсорбуються на поверхню деталі й дифундують углиб металу. Вуглекислі солі в корбюризаторі активізують процес, поповнення кількості атомарного вуглецю.

Такий метод цементації займає дуже багато часу і застосовується в дрібносерійному виробництві.

При газовій цементації процес проходить у печах з герметичною камерою, наповненої вуглеводнями, що містять велику кількість метану. Атомарний вуглець утвориться при дисоціації метану $\text{CH}_4 - 2\text{H}_2 + 3\text{Z}_{(\text{атомарн})}$. Або оксиду вуглецю:



Температура газової цементації 900...930^{про} С. Час витримки в 2 рази менше, ніж при твердому карбюризаторі. Цей метод цементації застосовують у масовому виробництві.

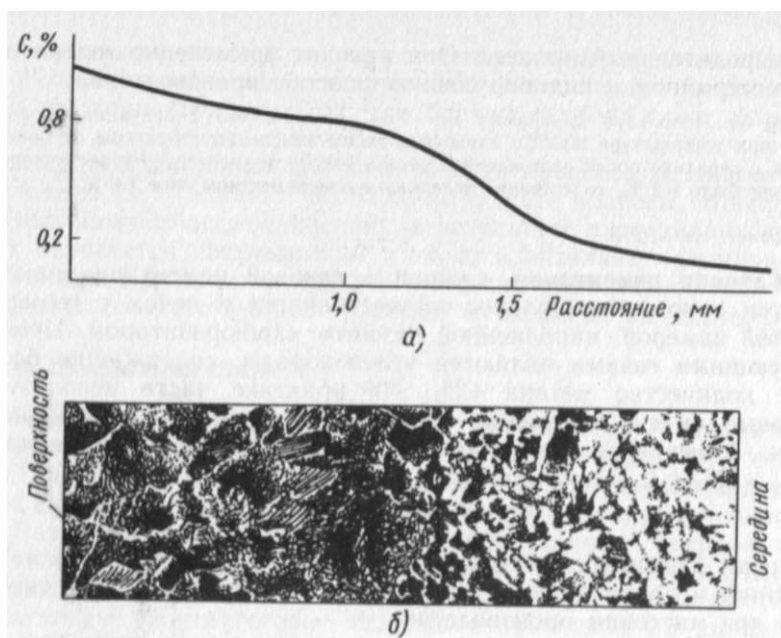


Рис. 1 Зміни концентрації вуглецю в поверхньому шарі цементованої деталі (а); мікроструктура (б).

					6261м.08.МР.07.04.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2.1 Вплив легуючих елементів на процес цементації й будова цементованого шару.

Карбідоутворюючі елементи Cr, W зменшують коефіцієнт дифузії вуглецю, але, збільшуючи концентрацію вуглецю на поверхні до 1,8...2,0 %, підвищують глибину цього шару. Нікель зменшує глибину цього шару.

Глибина внутрішнього окислювання може доходити до 0,003мм. Це веде до зниження твердості, зносостійкості, межі міцності, а головне, до різкого зниження втомленості міцності цементованих деталей.

2.2.2 Термічна обробка цементованих деталей.

Для одержання необхідної зносостійкості зубів шестірні після цементації обов'язково проводячи загартування й низьку відпустку.

Не можна забувати, що процес цементації проходить із жолобленням.

Остаточна обробка зубів шестірні здійснюється після цементації й термічної обробки. Як остаточна обробка застосовується тільки зубошліфування.

2.2.3 Шліфування зубів

Шліфування зубів є одним зі старих і найбільш точним методом обробки зубчастих шестірень, що забезпечують надійні результати.

Шліфування зубчастих шестірень виробляється по методу копіювання або по методу обкатування.

Шліфування по методу копіювання виробляється колами, профіль яких збігається із профілем западини зуба оброблюваної шестірні, аналогічно фрезерування шестірень фасонними фрезами.

При шліфуванні зубчастих шестірень по методу обкатування часто відтворюється зачеплення інструментальної рейки й оброблюваної шестірні подібно обробці зубчастих шестірень гребінками. Інструментальна рейка є уявлюваною. На верстаті роль рейки виконує шліфувальне коло або два кола. Робоча поверхня кола стикається з поверхнею зубів рейки й при відповідних рухах відтворює її. Після одного циклу шліфування виробляється процес розподілу, процес пересполучення уявлюваного зуба інструментальної рейки

					6261м.08.МР.07.04.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

й зубів оброблюваної шестірні. Цей спосіб обробки забезпечує високу чистоту й точність, але є малопродуктивним.

У кілька разів більше продуктивним є спосіб шліфування за допомогою евольвентного абразивного черв'яка подібно нарізуванню зубчастих шестірень черв'ячними фрезами. Істотним недоліком цього способу є низька стійкість абразивного черв'яка. Він знаходить застосування головним чином при шліфуванні загартованих дрібномодульних шестірень.

Шліфувальні операції вимагають ретельного відпрацювання їхніх режимів. Відхилення в режимах можуть приводити до різкого зниження міцності й зносостійкості зубчастих шестірень. При шліфуванні значне число шестірень бракується по шліфувальним прижогам і тріщинах.

Припуски на шліфування коліс по товщині зубів залежать від модуля оброблюваного колеса і його діаметра й коливаються від 0,15 до 0,80 мм.

Зубошліфування є дорогим, тривалим і малопродуктивним методом обробки хоча й самим надійним і точним.

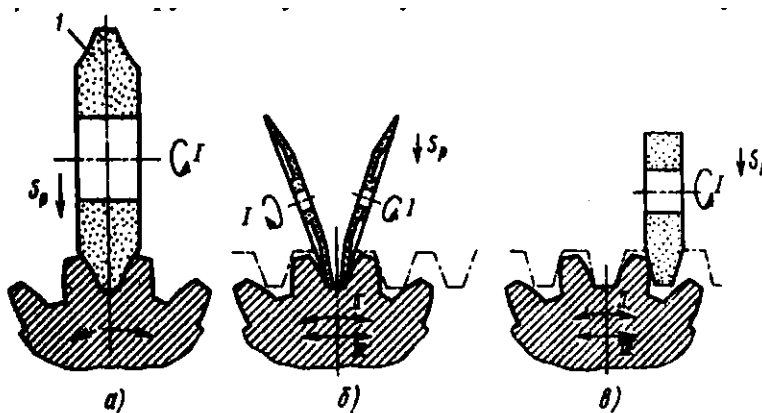


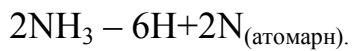
Рис 2 Схема зубошліфування: а – профільним кругом; б – тарельчатими кругами; в – кругом з конічним профілем.

2.3 Метод азотування

При азотуванні здійснюють насичення поверхневого шару сталі азотом з метою підвищення твердості, зносостійкості, границі витривалості й корозійної стійкості.

					6261м.08.МР.07.04.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Азотування проводиться в герметичних камерах, куди з певною швидкістю подається аміак. При температурі процесу азотування 500...600^{про} 3 аміак розкладається по реакції



Атомарний азот, що утвориться, адсорбується на поверхнею сталевих деталей і дифундує в метал.

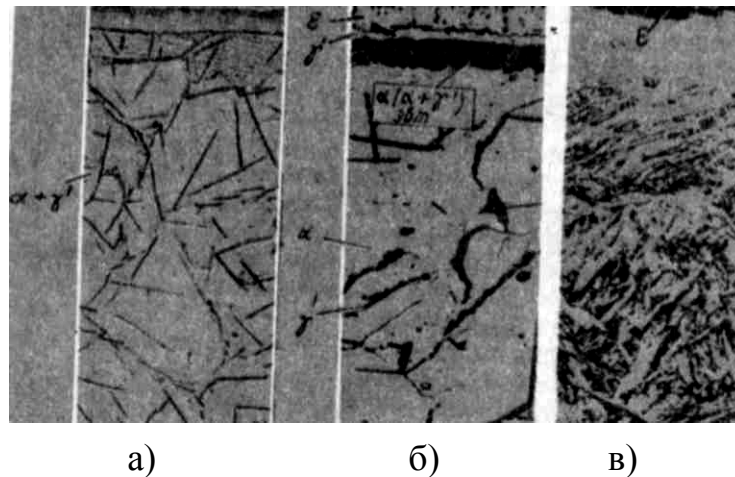


Рис. 3 Мікроструктура азотованого шару на залізі (а і б) х600 і сталь 38ХНЗМФА, х1000 (в): а,в – азотовані при 520 °С; б – азотовані при 650 °С.

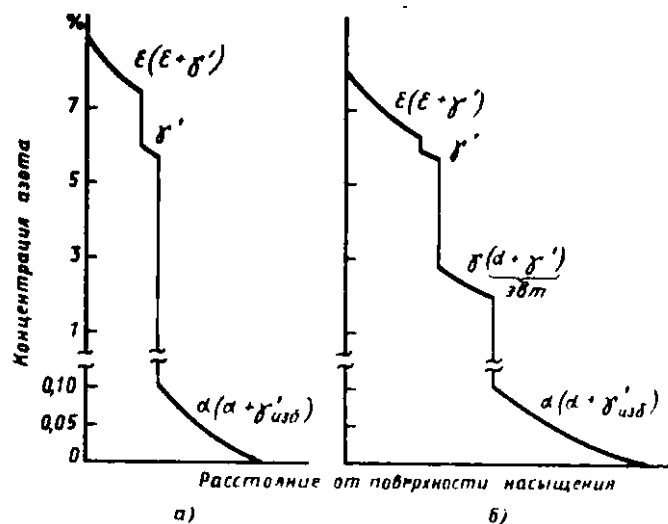


Рис. 4 Зміни концентрації по товщині азотованого шару на залізі:
а – азотовані при температурі нижче евтектоїдної; б – азотовані при температурі вище евтектоїдної.

					6261м.08.МР.07.04.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.3.1 Вплив легуючих елементів на процес азотування.

Азотуванню піддаються леговані сталі, з легуючими елементами яких азот утворить нітроти типу Cr_2N , Al , Mo_2N більше тверді, чим нітриди заліза. Ці став називають нетралолями.

При азотуванні застосовують сталі наступних марок: 38Х2Ю, 38ХНЗМФА, 38Х2МЮА, 38ХМЮА.

2.3.2 Термічна обробка азотованих деталей.

Перед азотуванням (у відмінності від цементації) деталь піддають термічній обробці, що зводиться до загартування й наступної відпустки. Процес азотування проходить без жолоблення (при відносно не більших розмірів деталей) однак він дуже тривалий.

Остаточну обробку зубчастого вінця проводять перед азотуванням, у даному випадки не обов'язково застосовувати зубошліфувальні, можна застосовувати й більше дешевий і продуктивний метод, наприклад шевінгування. Після азотування зуби обробляти не можна (малий шар азотування).

2.3.3 Шевінгування

Шевінгування — процес оздоблювальної обробки зубів шестірень за допомогою спеціального інструмента – шевера. Шевер, призначений для прямозубих циліндричних коліс, шестірень являє собою косозубую рейку, колесо або черв'яка, сполучені з оброблюваною шестірнею. Для утворення стружечних канавок на бічних поверхнях зубів шевера прорізають дрібні канавки, Тому робоча поверхня шевера нагадує поверхню напилка одинарною насічкою.

У процесі шевінгування шевер уводиться в щільне зачеплення з оброблюваним колесом. У результаті взаємного ковзання сполучених поверхонь зубів шевера й шестірні відбувається зрізання тонких волосовидних стружок.

Шевінгування значно поліпшує чистоту поверхні, підвищує точність по окружному кроці й напрямку зубів і знижує рівень шуму зубчастих передач.

					6261мз.08.МР.07.04.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Шевінгування застосовується для чистової обробки зубчастих шестірень із твердістю HRC 35. Починають освоювати шевінгування коліс твердістю HRC 40- 45. Однак при шевінгуванні коліс, виготовлених з матеріалів високої твердості, спостерігається підвищене зношування шевера.

Великий вплив на шевінгування робить припуск, що орієнтовно на товщину зуба по ділильній окружності приймається рівним 0,06- 0,25 мм для зубчастих коліс модулів від 1 до 8 мм. Надмірно малий припуск під шевінгування приводить до того, що шевер не може повністю виправити наявні погрішності коліс, а занадто великий припуск приводить до зменшення стійкості шевера й до погіршення точності обробки коліс.

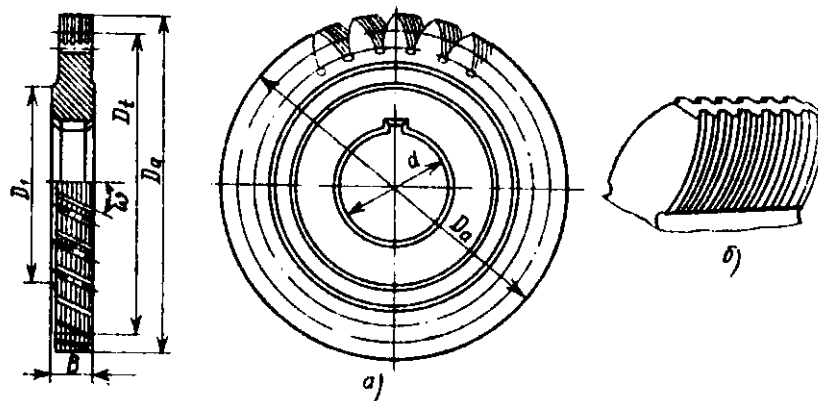


Рис. 5 Дісковий шевер: а – конструктивні елементи б – зуб шевера.

2.4 Порівняльного аналізу технологічних процесів виготовлення зубчастих шестірень при азотуванні й цементації їхніх робочих поверхонь

Виходячи з вищевикладеного, можна зробити вивід що технологічні процеси виготовлення зубчастих шестірень при азотуванні й цементації їхніх робочих поверхонь відрізняються в основному послідовністю термічної й остаточної обробки деталей, а також методом остаточної обробки.

Так при цементації йде з початку нормалізація деталі, цементация, загартування, низька відпустка й зубошліфування.

					6261м.08.МР.07.04.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При азотуванні: загартування – термопокрощення, шевінгування й азотування.

Порівняльний аналіз марок застосовуваних матеріалів, товщини шару й твердості при азотуванні й цементації зведені в таблиці 4.1. і 4.2.

Таблиця 2.1- Залежність твердості від марки матеріалу

Марка матеріалу	Вид хіміко-термічного зміцнення	Твердість
18X2H4MA	Цементация й загартування	HRC ? 59; HB 321 - 415
	Азотування	HV ? 650; HB 311 - 388
14XГCН2МА-Ш (ДИ-3АШ)	Цементация й загартування	HRC ? 59; HB 302 - 415
38ХН3МФА	Азотування	HV ? 600; HB 302 - 363

Таблиця 2.2- Залежність товщини шаруючи від марки матеріалу

Товщина шару зміцнення, мм					
Модуль, <i>m</i>	Цементация		Азотування		
	Поверхні зубів після загартування шліфуються		Марка матеріалу	Модуль, <i>m</i>	Зуби після азотування не шліфуються
	не шліфований. поверхн.	шліфований. поверхн.			
Від 2 до 3	0,8-1,1	≥0,6	18X2H4MA	Від 2 до 4	0,2 - 0,4
Св 3 до 4	1,0-1,3	≥0,7		св 4 до 6	0,3 – 0,5
Св 4 до 6	1,2-1,5	≥0,8		св 6	0,4 – 0,6
Св 6 до 8	1,5-1,8	≥1,0	38ХН3МФА	Від 3 до 4	0,2 – 0,4
Св 8 до 10	1,7-2,1	≥1,2		св 4	≥0,45

					6261МЗ.08.МР.07.04.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.5 Висновок

У сучасному виробництві зубчастих шестірень довгий час застосовувався технологічний процес із цементациєю робочих поверхонь шестірні. Уважалося, що цементация дає високу поверхневу твердість при збереженні грузлої серцевини. Однак останні дослідження руйнування цементованих деталей показали, що наявність тендітного цементованого шару може привести до тендітного руйнування всієї деталі.

У теж час дослідження проведені на ГП НПКГ «Зоря»-«Машпроект» довели, що при застосуванні азотування наприклад: іонно-плазменого азотування - ИПА, при зміцненні поверхні зубів зубчастих шестірень дає не погані результати. Параметри зубчастих зачеплень із застосуванням передач після зміцнення ИПА не уступають передачам, зуби яких піддавалися цементациї.

Заміна цементациї на азотування дозволяє виключити дорогий і тривалий процес шліфування зубів після цементациї, а отже й імовірність прожигів поверхні зубів.

					6261м.08.МР.07.04.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. Технологічна частина

3.1 Розробка маршрутного технологічного процесу.

Маршрутний технологічний процес повинен розроблятися у повній відповідності до РД 5.9708-90 і діючих стандартів ЄСТД. За основу приймається базовий технологічний процес.

При визначенні послідовність обробки керуються такими принципами:

- в першу чергу обробляються поверхні, які в подальшому будуть базовими;
- при поділі маршруту обробки на етапи (чорновий, чистовий, обробний) на кожному етапі обробка починається з найбільш точної поверхні і закінчується поверхнею, для якої даний етап є остаточним;
- якщо обробка не поділяється на етапи, то після підготовки баз обробляються поверхні з найбільшим припуском;
- для своєчасного виявлення браку на відповідальних поверхнях деталей обробка та контроль цих поверхонь здійснюється на початку процесу;
- для забезпечення найвищої точності відносного розташування поверхонь вони обробляються при одному встановлюванні;
- поєднання чорнової та чистової обробок допускається при обробці громіздких жорстких деталей з великими припусками;
- в кінець маршруту виноситься обробка легкоушкоджуваних поверхонь.

Під час розробки технологічного процесу слід дотримуватись принципів суміщення та єдності баз, керуючись ГОСТ 21495-76.

Базовий технологічний процес орієнтований на одиничне виробництво. Тому зміни обумовлені насамперед переходом від одиничного типу до серійного типу виробництва.

					6261м.08.МР.07.02.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.1.1 Проектування принципової схеми маршруту обробки.

Принципова схема маршруту обробки деталі (МОД) – це укрупнений план обробки заготовки, що встановлює послідовність операцій (чи груп операцій) обробки різання, а також зміст і місце в плані обробки термічних, гальмівних, слюсарних та контрольних операцій. Як початковий матеріал при проектуванні принципової схеми маршруту використовуємо базовий (заводський) маршрут технологічного процесу. Побудова МОД повинна бути підпорядкована одному з головних принципів – забезпеченню службового призначення деталі. Укрупнену схему послідовності обробки заготовки вала - шестерні наводимо в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1. Укрупнена схема послідовності обробки заготовки вала – шестерні.

Етап	Назва	Зміст етапів і вихідні параметри
1	2	3
E1	Контрольний I	Вхідний контроль заготовки
E2	Попередній I	Обробка поверхонь які будуть використовуватись як технологічні бази на наступних етапах.
E3	Попередній II	Чорнова обробка виконавчих (головних) поверхонь і поверхонь, які не припускають наявності дефектів. Точність розмірів $IT_{12} \dots IT_{14}$, форма і розташування X...XII ступеня, $R_z=10 \dots 20$ мкм, $R_a=2,5 \dots 5,0$ мкм.
E4	Термічний I	Термопокращення.
E5	Контрольний II	Контроль виконання E4
E6	Зразковий	Відрізання зразку для технологічного контролю.
E7	Напівчистовий	Правка баз і напівчистова обробка головних поверхонь. Точність розмірів $IT_{10} \dots IT_{12}$, форма і розташування VII...IX ступеня, $R_z=6,3 \dots 10,0$ мкм, $R_a=1,25 \dots 2,5$ мкм.
E8	Попередній III	Чорнове нарізання зубців Точність розмірів $IT_{12} \dots IT_{14}$, форма і розташування X...XII ступеня, $R_z=10 \dots 20$ мкм, $R_a=2,5 \dots 5,0$ мкм.
E9	Додатковий I	Зняття фасок і радіусів на зубцях після чорнової обробки.
E10	Контрольний III	Контроль виконання попередніх операцій.
E11	Термічний II	Стабілізація деталі.

Продовж. Табл. 3.1

1	2	3
E12	Очисний	Піскоструйна очистка заготовки
E13	Контрольний IV	Контроль виконання попередніх операцій
E14	Чистовий I	Правка баз і чистова обробка головних поверхонь. Точність розмірів $IT8...IT9$, форма і розташування VI...VII ступеня, $Rz=3,2...6,3$ мкм, $Ra=0,63...1,25$ мкм.
E15	Контрольний V	Контроль виконання попередніх операцій
E16	Чистовий II	Чистова обробка зубців. Точність розмірів $IT8...IT9$, форма і розташування VI...VII ступеня, $Rz=3,2...6,3$ мкм, $Ra=0,63...1,25$ мкм.
E17	Додатковий II	Зняття фасок і радіусів на зубцях після чистової обробки
E18	Викінчувальний I	Кінцева обробка поверхні зубців.
E19	Гальванічний I	Луження
E20	Контрольний VI	Контроль виконання попередніх операцій
E21	Хіміко – термічний	Зміцнення поверхні зубців
E22	Додатковий III	Виконання другорядних операцій (свердління кріпильних отворів, нарізання різьби, прорізування шпоночних пазів, зняття фасок).
E23	Викінчувальний II	Доведення виконавчих і головних поверхонь. Точність розмірів $IT5...IT7$, форма і розташування IV...V ступеня, $Rz=0,8...1,6$ мкм, $Ra=0,16...0,32$ мкм.
E24	Додатковий IV	Прорізання шліців
E25	Балансувальний	Динамічна перевірка дисбалансу і його усунення. Допустимий дисбаланс 40 гсм на кожній опорі.
E26	Контрольний VII	Контроль виконання попередніх операцій
E27	Гальванічний II	Оксидування поверхні деталі.
E28	Контрольний VIII	Остаточний контроль.

Поділяючи технологічний процес на етапи, ми досягаємо ряду позитивних моментів: попередня обробка може виконуватися на спеціально виділеному або неточному обладнанні робітниками більш низької кваліфікації; розрив за часом між попередньо, напівчистою і чистою обробками дає змогу більш повно виявитися деформаціями до їх усунення на останньому етапі обробки; винесенням викінчувальної обробки в кінець маршруту зменшується ризик випадкового пошкодження остаточно оброблених поверхонь.

					6261м.08.МР.07.02.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.1.2 Вибір методу отримання заготовки.

Необхідність економії матеріальних ресурсів ставить високі вимоги до раціонального вибору заготовок, до рівня їх технологічності, який значною мірою визначає затрати і технологічну підготовку виробництва, собівартість, надійність і договірність виробів. Вибір заготовки включає в себе визначення раціонального методу її одержання, розрахунок припусків на механічну обробку кожної з оброблюваних поверхонь, проставлення розмірів заготовки із зазначенням допусків на точність їх виготовлення, призначення нахилів і технічних умов на виконання заготовки.

Характер заготівлі залежить від розмірів деталі та конфігурації, технічних вимог, які пред'являють до матеріалу, масштабів виробництва.

Заготівля повинна повністю забезпечити точність та якість деталі та відповідати максимальній продуктивності та мінімальній собівартості.

Розглянемо два методи отримання заготовки: поковка та штамповка. У донному випадку виготовлення вала-шестерні з прокату не доцільне, так як деталь має великі перепад діаметрів і коефіцієнт використання металу буде дуже низким. Найбільш раціональним буде той спосіб отримання заготовки, при якому вартість буде нижче, а коефіцієнт використання металу вище. Також треба враховувати можливість максимального наближення форми і розмірів заготовки до параметрів готової деталі.

Таблиця 3.2-Економічне обґрунтування вибору заготовки

Поковка	Штамповка
1	2
$K_{вм} = \frac{M_0}{M_3}$ $M_3 = V_3 \times \rho$ $V_3 = V_1 + V_2 + V_3$	$K_{вм} = \frac{M_0}{M_3}$ $M_3 = V_3 \times \rho$ $V_3 = V_1 + V_2 + V_3 + V_4$

					6261м.08.МР.07.02.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовж. Табл. 3.1

1	2
$V_3 = \frac{\Pi \times D^2}{4} \times l \quad \rho = 7,9 \text{ г/см}^3$ $V_3 = \frac{3,14 \times 31,5^2}{4} \times 28,4 + \frac{3,14 \times 37,7^2}{4} \times 60,4 +$ $+ \frac{3,14 \times 31,5^2}{4} \times 54,3 = 131803,31 \text{ см}^3$ $\dot{I}_3 = \frac{131803,31 \times 7,9}{1000} = 1016 \text{ г}$ $\hat{E}_{\dot{A}.i} = \frac{689}{1016} = 0,67$ $\tilde{N}_1 = \frac{\tilde{N}_{\text{н\ddot{u}e}}}{1000} \times \dot{I}_3 \times \tilde{N}_{\text{д}} \quad (10)$ $\tilde{N}_{\text{д}} = \tilde{N}_{\text{д}} \times \dot{O}_{\text{д}} = 8,2 \times 4,88 = 40,05 \text{ г/шт}$ $\tilde{N}_1 = \frac{21950}{1000} \times 1016 + 40,05 = 22349,38 \text{ г/шт}$	$V_3 = \frac{\Pi \times D^2}{4} \times l \quad \rho = 7,9 \text{ г/см}^3$ $V_3 = \frac{3,14 \times 31,2^2}{4} \times 30,3 + \frac{3,14 \times 38,5^2}{4} \times 60 +$ $+ \frac{3,14 \times 31,2^2}{4} \times 28,2 + \frac{3,14 \times 22^2}{4} \times 30,2 =$ $= 126028,9 \text{ см}^3$ $M_{\text{г}} = \frac{126028,9 \times 7,9}{1000} = 996 \text{ г}$ $\hat{E}_{\dot{A}.i} = \frac{689}{996} = 0,68$ $C_1 = \frac{C_{\text{тони}}}{1000} \times M_3 \times K_1 \times K_2 \times K_3 \times K_4,$ де K_1- коефіцієнт залежності від групи точності штамповок. $K_1=1$, так як штамповка другої групи; K_2 – коефіцієнт залежності від марки матеріалу штамповки. $K_2 = 1,98$, так як сталь 38ХНЗМФА; K_3 – коефіцієнт залежності від об'єму виробництва (річна програма). $K_3 = 1$, так як N менше або дорівнює 20000шт. K_4 – коефіцієнт залежності від складності заготовки. $K_4=0,97$. $C_2 = \frac{25650}{1000} \times 996 \times 1 \times 1,98 \times 1 \times 0,97 =$ $= 49066,33 \text{ г/шт}$

					6261м.08.МР.07.02.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.3-Порівняльна характеристика заготовок

Вид заготовки	Квм	Собівартість, грн..
Поковка	0,67	22349,38
Штамповка	0,68	49066,33

Висновок: та, як група контролю деталі 1-1А виникає необхідність відокремлення контрольного зразку від заготовки, що робить неможливим максимальне приближення форм і розмірів заготовки до форм і розмірів деталі при сполученні заготовки методом штамповки. Не дивлячись на те, що Квм штамповки трохи кращий ніж Квм поковки, собівартість штамповки на багато вища за собівартість поковки (велика вартість виготовлення штампів). Виходячи з вище викладеного виберемо заготовку - поковку, але з більш приближеними формами і розмірами заготовки до форм і розмірів деталі, ніж у базовому варіанті.

3.1.3 Вибір методів і маршрутів обробки поверхонь.

Відповідно до службового призначення різні поверхні деталі виконують різні функції. Тому вимоги до них можуть бути найрізноманітніші: за точністю, шорсткістю, твердістю тощо. Забезпечуються ці вимоги використанням різних технологічних методів обробки, їх вибирають з урахуванням габаритних розмірів, характеру та точності вихідної заготовки, властивостей матеріалу, наявності обладнання та інших факторів.

Створюючи маршрут обробки поверхні, виходять з того що кожен наступний метод обробки поверхні повинен бути більш точним ніж попередній. Технологічний допуск на проміжні розміри, та якість поверхні, що отримані на попередньому етапі обробки, повинні мати числові значення, за яких можливе нормальне використання подальшого методу обробки, що намічається.

Вироблення маршруту обробки елементарної поверхні та визначення кількості ступенів обробки доцільно проводити на основі розрахунку коефіцієнта уточнення.

					6261м.08.МР.07.02.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Послідовність вибору методів обробки поверхонь виконуємо згідно підручника [2].

На основі робочих креслень деталі, дамо класифікацію її поверхонь за типами поверхнями, нумерацією поверхонь. Зносимо до таблиці 2.4. номери оброблюємих поверхонь, їх точність за кресленням та заготовки, шорсткість поверхонь.

Визначаємо і зносимо до таблиці загальне уточнення технологічного маршруту обробки поверхні.

$$\varepsilon_{\text{заг}} = \frac{T_z}{T_d}$$

де T_z і T_d допуск на розмір розглядуваної поверхні, відповідно заготовки і деталі.

За таблицями середньої економічної точності для кожної операції технологічного маршруту обробки поверхні знайти технологічний допуск та розрахувати окремі коефіцієнти уточнень.

$$\varepsilon_i = \frac{T_{i-1}}{T_i}$$

де T_{i-1} і T_i допуск на розмір поверхні відповідно на попередніх і наступних ступенях обробки.

Обґрунтованість вибору того чи іншого варіанту маршруту обробки поверхні рекомендується перевіряти за умовою

$$\varepsilon_{\text{заг}} \leq \varepsilon_{\text{факт}} = \prod_{i=1}^n \varepsilon_i = \varepsilon_1 \times \varepsilon_2 \times \varepsilon_3 \times \dots \times \varepsilon_n$$

де ε_i - окремий коефіцієнт уточнення, n - кількість ступенів (операцій, переходів) обробки поверхонь деталі.

Найкращий варіант маршруту, котрий найбільше відповідає рівнянню:

$$\varepsilon_{\text{заг}} \leq \varepsilon_{\text{факт}}$$

Для прикладу розрахуємо коефіцієнт уточнення для поверхонь вал-шестрні Ø180 h6 -0,025 номер поверхні 4, та поверхні Ø278 g5 -0,017 -0,040 номер поверхні 6.

					6261м.08.МР.07.02.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок коефіцієнту уточнення для поверхні вал-шестерні Ø180 h6 -0,025.

$$\varepsilon_{\text{заг}} = \frac{16}{0,025} = 640$$

$$\varepsilon_i \text{ на чорновій токарній обробці} = \frac{16}{0,5} = 32$$

$$\varepsilon_i \text{ на півчистовій токарній обробці} = \frac{0,5}{0,5} = 1$$

$$\varepsilon_i \text{ на чистовій токарній обробці} = \frac{0,5}{0,1} = 5$$

$$\varepsilon_i \text{ на шліфувальній обробці} = \frac{0,1}{0,025} = 4$$

$$\varepsilon_{\text{факт}} = 32 \cdot 1 \cdot 5 \cdot 4 = 640$$

Так як $\varepsilon_{\text{заг}} = \varepsilon_{\text{факт}}$ то маршрут обробки обрано правильно.

Розрахунок коефіцієнту уточнення для поверхні вал-шестерні Ø278g5^{-0,017}_{-0,040}

$$\varepsilon_{\text{заг}} = \frac{16}{0,023} = 695,65$$

$$\varepsilon_i \text{ на чорновій токарній обробці} = \frac{16}{0,5} = 32$$

$$\varepsilon_i \text{ на півчистовій токарній обробці} = \frac{0,5}{0,5} = 1$$

$$\varepsilon_i \text{ на чистовій токарній обробці} = \frac{0,5}{0,1} = 5$$

$$\varepsilon_i \text{ на шліфувальній обробці} = \frac{0,1}{0,023} = 4,35$$

$$\varepsilon_{\text{факт}} = 32 \cdot 1 \cdot 5 \cdot 4 = 696$$

Так як $\varepsilon_{\text{заг}} < \varepsilon_{\text{факт}}$ то маршрут обробки обрано правильно.

					6261м.08.МР.07.02.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Виходячи з даних таблиці 2,4, і порівнявши загальне $\epsilon_{\text{заг.}}$ і фактичне $\epsilon_{\text{факт}}$ уточнення, можна зробити висновок що усі варіанти маршрутів обробки поверхонь прийнятні, оскільки $\epsilon_{\text{заг.}} \leq \epsilon_{\text{факт.}}$ Для обробки поверхні 2,4,6-10 остаточно зупиняємося на першому варіанті маршруту обробки де в якості чистової операції застосовується шліфування.

3.2 Вибір технологічних баз та схем установки заготовок

Для забезпечення високої ефективності і точності механічної обробки істотний вплив оказує правильність вибору технологічних баз. При виборі технологічних баз необхідно дотримуватися слідуючих умов і принципів:

— в якості чорнової бази використовувати поверхні, які не оброблюються, або мають найменші припуски. Ці поверхні по можливості повинні бути чистими або без уступів. Чорнова база використовується лише один раз.

— в якості чистових бази приймають такі поверхні, які дозволять вести обробку великої кількості поверхонь за один установ і крім того забезпечують простоту конструкції установчих елементів, пристроїв. Також слід вибирати такі поверхні від яких задається координуючий розмір, бо тоді похибка базування дорівнює нулю і поверхні, що найменш деформуються під дією сил затиску.

— при виборі технологічних баз треба дотримуватися принципів сталості і сумісності баз, які забезпечать високу точність обробки.

Усі данні по вибору баз зводимо до таблиці 2.5.

					6261м.08.МР.07.02.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.5. Вибір баз для обробки вала-шестерні

Номер та найменування операції	Технологічна база
1	2
010 Фрезерно-центрувальна	Установ 1. Установчою базою служать поверхні 7,8, та торець 17. Затиск відбувається по поверхням 7,8.
015 Токарно-гвинторізна	Установ 1. Установчою базою служать поверхня 8, та центрова фаска 80, Затиск відбувається по поверхні 8. Установ 2. Установчою базою служать поверхня 7, та центрова фаска 79, Затиск відбувається по поверхні 7
035 Токарно-гвинторізна	Установ 1. Установчою базою служать поверхня 8, та центрова фаска 80. Затиск відбувається по поверхні 8.
040 Токарно-гвинторізна	Установ 1. Установчою базою служать поверхня 4, та центрова фаска 79, Затиск відбувається по поверхні 4. Установ 14. Установчою базою служать поверхні 4,8. Затиск відбувається по поверхні 4. Установ 18. Установчою базою служать поверхня 8, та центрова фаска 80, Затиск відбувається по поверхні 8.

Продовження табл. 3.5

1	2
040 Токарно-гвинторізна	Установ 28. Установчою базою служать поверхні 4,8. Затиск відбувається по поверхні 4.
045 Зубофрезерна (чорнова)	Установ 1. Установчою базою служать поверхні 4,7 та центрова фаска 79, Затиск відбувається по поверхні 4.
080 Токарна з ЧПК	Установ 1. Установчою базою служать поверхня 4 , та центрова фаска 79, Затиск відбувається по поверхні 4. Установ 3. Установчою базою служать поверхні 4,8. Затиск відбувається по поверхні 4. Установ 6. Установчою базою служать поверхня 8, та центрова фаска 80, Затиск відбувається по поверхні 8. Установ 8. Установчою базою служать поверхні 4,8. Затиск відбувається по поверхні 4.
085 Круглошліфувальна	Установ 1. Установчою базою служать поверхня 12, та центрові фаски 79,80. Затиск відбувається по поверхні 8.
095 Зубофрезерна (чистова)	Установ 1. Установчою базою служать поверхні 4,7 та центрова фаска 79, Затиск відбувається по поверхні 4.

					6261м.08.МР.07.02.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження табл. 3.5

1	2
105 Зубошевінгувальна	Установ 1. Установчою базою служать поверхні 4,8. Затиск відбувається по поверхням 4,8.
150 Радіально-свердлувальна	Установ 1. Установчою базою служать поверхні 15. Затиск відбувається по поверхні 14. Установ 5. Установчою базою служать поверхні 15. Затиск відбувається по поверхні 22. Установ 1. Установчою базою служать поверхні 14. Затиск відбувається по поверхні 15
155 Вертикально-фрезерна	Установ 1. Установчою базою служать поверхні 8, та центрова фаска 80. Затиск відбувається по поверхні 8.
165 Круглошліфувальна	Установ 1. Установчою базою служать поверхні 12, та центрові фаски 79,80. Затиск відбувається по поверхні 8.
170 Зубофрезерна	Установ 1. Установчою базою служать поверхні 4,7 та центрова фаска 79, Затиск відбувається по поверхні 4.
185 Радіально-свердлувальна	Установ 1. Установчою базою служать поверхні 15. Затиск відбувається по поверхні 14.

					6261м.08.МР.07.02.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

є те що при нарізанні шліців закріплення деталі повинно вестись по вже нарізаній різьбі M170x2-6g. Є два способи вирішення даної проблеми: перший це винести нарізання різьби M170x2-6g в окрему операцію, але це збільши Як бачимо з таблиці 2.5 на всіх операціях в якості технологічних баз обрані ті поверхні які здатні забезпечити найменші похибки при обробці. Це забезпечує надійність кріплення деталі в процесі обробки, простоту пристроїв, та виконання головних принципів вибору технологічних баз. Однією з проблем базування даної деталі та час обробки деталі та буде потребувати використання додаткового обладнання. Другий захистити різьбу захисною пробкою яка буде нагвинчуватися на різьбу, та по якій буде відбуватися закріплення деталі. Хоча захисна пробка повинна мати достатньо високу точність виготовлення, вибираємо другий варіант.

3.3 Вибір технологічного обладнання

Правила вибору технологічного устаткування регламентовані РД50-297-90, згідно з яким вибір має ґрунтуватися на аналізі затрат по реалізації технологічного процесу у встановлений проміжок часу при заданій якості виробів устаткування вибирають за головним параметром, який би найвищою мірою виявляв його функціональне призначення і технічні можливості. Таким параметром є вид обробки, для якого розрахований верстат відповідно до службового призначення. Другим за важливістю параметром є габаритні робочої зони верстата, які мають відповідати габаритам оброблюваної заготовки. Третім параметром є відповідність потрібної точності обробки. Четвертий параметр – відповідність продуктивності верстата заданій програмі випуску виробів. Забезпечивши одержання цих вимог, подальший аналіз ведуть у напрямі дослідження роботи верстат на оптимальних режимах, відповідність верстату щодо потужності можливості його автоматизації і механізації.

Враховуючи вищевикладене верстати обираємо за каталогом.

					6261м.08.МР.07.02.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- 165 (токарно-гвинторізний)

Найбільший діаметр оброблюваної заготовки над станиною 1000мм

Найбільший діаметр оброблюваної заготовки над супортом 650мм

Найбільший маса оброблюваної заготовки 5000 кг

Діаметр прутка, який проходить в отворі в шпинделі 80 мм

Відстань між центрами 2800; 5000 мм

Висота центрів 500 мм

Найбільша довжина обточування 2520; 4500 мм

Кількість подач - 32

Діапазон повздовжньої подачі 0,2-3,05мм/об

Діапазон поперечної подачі 0,07-1,04мм/об

Діапазон частот обертання 5-500об/хв.

Кількість швидкостей шпінделя - 24

Нарізаємі різьби:

метрична, крок 1 – 120 мм

дюймова, число ниток на 1" 28 – 1/4

модульна, крок в модулях 0,5π – 30π

Потужність верстата N = 22кВт

Габаритні розміри:

Довжина – 2575 мм

Ширина – 2170 мм

Маса верстату 12500кг

- 6Р12П (вертикально-фрезерний)

Габаритні розміри столу 160х400мм

Діапазон повздовжньої подачі 25-1120мм/мин

Діапазон поперечної подачі 25-1120мм/мин

Діапазон вертикальної подачі 12,5-560мм/мин

Потужність головного двигуна 6 кВт

Габаритні розміри:

Довжина – 2575 мм

					6261м.08.МР.07.02.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ширина – 2170 мм
 Висота - 2250 мм
 Маса верстату 4250кг
 -RF 31/ В (радіально-свердлильний)
 Найбільший умовний діаметр свердління 75мм
 Габаритні розміри столу 250x250мм
 Найбільший ход шпинделю 380мм
 Частота обертання шпинделю 19-1900об/хв.
 Кількість швидкостей шпинделю 21
 Кількість подач шпинделю 12
 Подача шпинделю – ручна
 Потужність головного електродвигуна 7кВт
 Габаритні розміри:
 Довжина – 2720 мм
 Ширина – 1130 мм
 Висота – 3400 мм
 Маса верстату 6276кг
 3А174 (круглошліфувальний)
 Найбільший діаметр заготовки 800мм
 Найбільша довжина заготовки 6000мм
 Найбільший діаметр шліфуючої поверхні 710мм
 Найбільша довжина шліфуючої поверхні 5600мм
 Найбільша маса заготовки 5000 кг
 Висота центрів над столом 410мм
 Частота обертання круга 415-1150 об/хв.
 Частота обертання оброблюваної заготовки 170-1700об/хв
 Швидкість повздовжнього ходу столу 100-2500 мм/хв.
 Потужність двигуна шліфувальної бабки N=25кВт
 Потужність двигуна бабки стола N=11кВт

					6261м.08.МР.07.02.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

-1Н65РФ3 (токарний з ЧПК)

Найбільший діаметр оброблюваної заготовки над станиною 1020мм

Найбільший діаметр оброблюваної заготовки над супортом 650мм

Найбільша довжина оброблюваної заготовки 1600мм

Найбільша маса заготовки 8000 кг

Діапазон частот обертання 5-800об/хв.

Потужність верстата $N = 30\text{кВт}$

Габаритні розміри:

Довжина – 2300 мм

Ширина – 3000 мм

Висота - 2100 мм

Маса верстату 12800 кг

-МР-76М (фрезерно-центрувальний

Діаметр оброблюваної заготовки 25- 800мм

Довжина оброблюваної заготовки 250-1500мм

Фрезерна головка:

Кількість швидкостей 7

Діапазон частот обертання шпінделя 270-1254об/хв.

Подача 20-400мм/хв.

Свердлувальна головка:

Кількість швидкостей 6

Діапазон частот обертання шпінделя 238-1125об/хв.

Подача 20-300мм/хв.

Діаметр центрувального свердла 3Х10, 6Х15мм

Маса верстату 8700 кг

					6268ТЗ.39.ДП.07.02.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.4 Вибір основних типів пристроїв.

При виборі верстатних пристроїв треба керуватися наступними чинниками, верстатний пристрій повинен забезпечити високу якість і точність обробки деталі, скоротити допоміжний час на установку і зняття деталі – тому слід використовувати пристрої з гідро чи пневмо затиском. Верстатний пристрій повинен по можливості розширити технічні можливості верстату і у той же час повинен бути простим і зручним в керуванні а також мати по можливості просту конструкцію.

Отже для кожної операції оберемо верстатний пристрій і зведемо до таблиці 2.6.

Таблиця 2.6- Вибір верстатних пристроїв для обробки деталі вал-шестерня.

Номер і найменування операцій	Обладнання	Верстатний пристрій
1	2	3
010 Фрезерно-центрувальна	MP-76M	Пристрій спеціальний з призматичними губками
015 Токарно-гвинторізна	165	Патрон 3 ^x - кулачковий з пневмоприводом Центр А-4-1-НП 104 ГОСТ 8742-75
035 Токарно-гвинторізна	165	Патрон 3 ^x - кулачковий з пневмоприводом Центр А-4-1-НП 104 ГОСТ 8742-75
040 Токарно-гвинторізна	165	Патрон 3 ^x - кулачковий з пневмоприводом Центр А-4-1-НП 104 ГОСТ 8742-75. Люнет

					6261м.08.МР.07.02.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження табл. 3.6.

1	2	3
045 Зубофрезерна (чорнова)	KY - 331	Головка ділительна універсальна 7036-0056 ГОСТ 8615-89. Центр 7032-0027 ГОСТ 13214-79
080 Токарна з ЧПК	1H65PФ3	Патрон 3 ^x - кулачковий 7102-029 ГОСТ 24351-80. Центр спеціальний. Люнет.
085 Круглошліфувальна	3A174	Патрон повідковий 6152-0133 ГОСТ 13334-61. Центр А-4-1-НП 104 ГОСТ 8742-75.
095 Зубофрезерна (чистова)	KY - 331	Головка ділительна універсальна 7036-0056 ГОСТ 8615-89. Центр 7032-0027 ГОСТ 13214-79
105 Зубошевінгувальна	RFw-10S	Патрон спеціальний 9650-1276. Фланець спеціальний для кріплення вала-шестерні БЗП – 368 - 96

					6261м.08.МР.07.02.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження табл. 2.6.

1	2	3
150 Радіально-свердлувальна	RF-31/B	Підставка 9640-13874 Кондуктори спеціальні Рим-болт ГОСТ 4751-73
155 Вертикально-фрезерна	6P12П	Головка ділительна універсальна 7036-0056 ГОСТ 8615-89. Центр7032-0027 ГОСТ13214-79
165 Круглошліфувальна	3A174	Патрон повідковий 6152-0133 ГОСТ13334-61. Центр А-4-1-НП 104 ГОСТ 8742-75.
170 Зубофрезерна	КУ - 331	Головка ділительна універсальна 7036-0056 ГОСТ 8615-89. Центр7032-0027 ГОСТ13214-79
185 Радіально-свердлувальна	RF-31/B	Підставка 9640-13874

3.5 Проектування операційної технології

3.5.1 Вибір різального інструмента

Різальним інструментом можуть бути спеціальні фасонні різці, фрези, свердла, зенкери, розвертки, протяжки та ін. При виборі треба враховувати тип

					6261м.08.МР.07.02.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

виробництва, метод обробки, розміри конфігурацію, матеріал оброблюваної деталі, тип верстата, задані шорсткість поверхні і точність обробки.

Особливе значення має вибір матеріалу різальної частини інструменту.

Обираємо ріжучий інструмент для чорнової токарної обробки поверхні Ø295_{-0,5}мм номер операції по технологічному процесу 015. Так як матеріал заготовки, сталь 38ХНЗМФА з твердістю 302...363НВ, $\sigma_B=835$ МПа, по технології оброблюємо зовнішню циліндричну поверхню. Обираємо токарний прохідний упорний різець з пластинкою з твердого сплаву ГОСТ 18879-73.

При чорновому точінні по корці з відносно рівним перерізом зрізу вуглецевих та легованих сталей згідно підручників [8] і [9] рекомендується марки твердих сплавів Т15К6,Т14К6 найбільше задовольняє умовам різання твердий сплав Т15К6, його і приймаємо.

Оберемо переріз державки $h \times b=40 \times 25$ мм, $L=200$ мм, $m=12$ мм, $R=0,8$ мм, кут врізки 10° . [1, стр.247].

3.5.2. Вибір вимірювального інструменту.

Вимірювальні засоби, що використовуються для проміжного контролю та вимірювання заготовки й остаточного приймання деталі можуть бути стандартними та спеціальними. Наприклад: гладкі граничні калібри, різьбові шліцові, для контролю довжини, взаємного розміщення та інші; прилади для вимірювання відхилення від прямолінійності, круглості, й ексцентричності поверхонь.

При виборі вимірювального інструменту слід урахувати такі фактори: точність виміру, тип виробництва, розмір вимірювальної поверхні та їх якість. Обов'язковими показниками процесу контролю є: точність вимірювання, достовірність, трудомісткість і вартість процесу.

Обираємо вимірювальний інструмент для контролю чорнової токарної обробки поверхні Ø295_{-0,5}мм номер операції по технологічному процесу 015. Зважаючи на те, що поверхня Ø295мм виконується по 14 квалітету точності з

					6261м.08.МР.07.02.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

допуском $-0,5\text{мм}$, Можна обирати в якості вимірювального інструменту штангенциркуль ШЦ-III по ГОСТ 166-89, з межею вимірювання від 0 до 400мм, ціна поділки 0,1 мм, основна похибка $\pm 0,1\text{мм}$, та скобу індикаторну СИ-300 по ГОСТ 11098-75, з межею вимірювання від 0 до 300мм, ціна поділки 0,01 мм, основна похибка $\pm 0,015\text{мм}$

Так як у штангенциркуля ШЦ-III виліт губок всього 80мм, оберемо скобу індикаторну СИ-300 по ГОСТ 11098-75 - вона повністю задовольняє умовам контролю даної поверхні.

3.6 Розрахунок припусків на механічну обробку.

Припуск – шар матеріалу, що видаляє з поверхні заготовлі з метою досягнення заданих властивостей оброблюваної поверхні.

Операційний припуск – припуск, що видаляє при виконанні однієї технологічної операції.

Проміжний припуск – припуск, що видаляє при виконанні одного технологічного переходу.

Загальний припуск – сума операційних припусків, що видаляють при виконанні всіх технологічних операцій, чинених над даною поверхнею.

Припуск на обробку поверхонь деталі може бути призначений по відповідних довідкових таблицях, ГОСТах або на основі розрахунково-аналітичного методу визначення припусків. Припуски призначаються по таблицях у загальному випадку є завищеними, містять резерви зниження витрати матеріалу й трудомісткості виготовлення деталі. Область застосування цього методу – одиничне й дрібносерійне виробництво. При розрахунково-аналітичному методі розрахунковою величиною є припуск на обробку, достатній для усунення на виконуваному переході погрешностей обробки й дефектів поверхневого шару, отриманих на попередньому переході й компенсації погрешностей, що виникають на виконуваному переході. Застосування розрахунково-аналітичного методу скорочує в середньому відхід

					6261м.08.МР.07.02.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

металу в стружку, сприяє підвищенню технологічної культури виробництва.

Розрахуємо розрахунково-аналітичним методом елементарну поверхню зовнішній діаметр $\varnothing 180h_{6-0,025}$. Розрахунок ведемо в табличній формі.

Таблиця -3.6. Розрахунок припусків і граничних розмірів по технологічних переходах поверхні $\varnothing 180h_{6-0,025}$

Операція (перехід)	Елементи припуску, мкм				Допуск, мкм	Розмір, мм		Припуск, мкм	
	R_z	h	Δ	ξ_i		$d_{\min}$	$d_{\max}$	$2Z_{\min}$	$2Z_{\max}$
Поковка	160	350	890	—	7100	183,982	191,1	—	—
Точіння чорнове	100	100	53	800	700	180,569	181,269	3413	9831
Точіння напівчистове	20	30	2,7	48	300	180,026	180,326	543	943
Точіння чистове	10	20	—	2,4	25	179,975	180	51	326

1. Сумарне відхилення розташування заготовки при установці в патроні:

$$\Delta \Sigma = \sqrt{\Delta_{cm}^2 + \Delta_{\eta}^2},$$

де Δ_{cm} – місцеве відхилення вісі від прямолінійності, мкм;

$\Delta_{cm} = \Delta K(L - e)$, де L – загальна довжина заготовки, мм, e відстань від перетину, для якого визначають кривизну до місця кріплення, мм;

					6261м.08.МР.07.02.ПЗ				Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

$$\Delta_{\tilde{n}i} = 1,2 \cdot 10^{-3} \cdot (1421 - 891) = 0,636 \text{ мм} = 636 \text{ мкм};$$

Δ_y – зсув осі заготовки, мкм.

$$\Delta \Sigma = \sqrt{636^2 + 622^2} = 890 \text{ мкм.}$$

Величину залишкових відхилень для чорнового точіння визначаємо по формулі:

$$\Delta_{\tilde{n}o} = \hat{E}_o \cdot \Delta \Sigma = 0,06 \cdot 890 = 53 \text{ мкм},$$

де K_y – коефіцієнт уточнення.

Для токарної напівчистої обробки:

$$\Delta_{\tilde{n}o} = 0,05 \cdot 53 = 2,7 \text{ мкм},$$

При чистовій обробці значення Δ_{oct} надзвичайно мале, тому можна ним знехтувати.

2. Похибка установки заготовки:

$$\Delta \varepsilon_y = \sqrt{\Delta \varepsilon_o^2 + \Delta \varepsilon_z^2},$$

де $\Delta \varepsilon_o$ – похибка базування, мкм;

$\Delta \varepsilon_z$ – похибка закріплення, мкм.

Для токарної чорної обробки:

$$\Delta \varepsilon_y = \sqrt{0^2 + 800^2} = 800 \text{ мкм.}$$

Для токарної напівчистої обробки:

$$\Delta \varepsilon_y = 800 \cdot 0,06 = 48 \text{ мкм.}$$

Для токарної чистової обробки: $\Delta \varepsilon_y = 48 \cdot 0,05 = 2,4 \text{ мкм.}$

					6261м.08.МР.07.02.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. Розраховуємо величину мінімального й максимального припусків для кожного переходу:

$$2Z_{\min} = 2 \left[(R_z + h)_{i-1} + \sqrt{\varepsilon_i^2 + \Delta \varepsilon_y^2} \right],$$

де $R_{z_{i-1}}$ – висота мікронерівностей на попередньому переході, мкм;

h_{i-1} – величина дефектного шару з попереднього переходу, мкм;

$\Delta \varepsilon_{\Sigma_{i-1}}$ – сумарні відхилення розташування поверхонь (відхилення від паралельності, перпендикулярності, співвісності, симетричності, перетину осей, позиційне), мкм;

ξ_i – похибка установки заготовки на виконуваному переході, мкм.

$$2Z_{\max} = 2Z_{\min} + Td_{i-1} - Td_i,$$

де Td_{i-1} і Td_i – допуски розмірів відповідно на попередньому та виконуваному переходах.

Значення R_z та h , а також відхилення та похибки вибираємо по таблицях [10, с.186-188].

Чорнове точіння:

$$2Z_{\min} = 2 \left[(160 + 350) + \sqrt{890^2 + 800^2} \right] = 3413 \text{ мкм};$$

$$2Z_{\max} = 3413 + 7100 - 700 = 9831 \text{ мкм}.$$

Напівчистове точіння:

$$2Z_{\min} = 2 \left[(100 + 100) + \sqrt{53^2 + 48^2} \right] = 543 \text{ мкм};$$

$$2Z_{\max} = 543 + 700 - 300 = 943 \text{ мкм}.$$

Чистове точіння:

					6261м.08.МР.07.02.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$2Z_{\min} = 2 \left[(30 + 20) + \sqrt{2,4^2 + 0,25^2} \right] = 51 \text{ мкм};$$

$$2Z_{\max} = 51 + 300 - 25 = 326 \text{ мкм}.$$

4. Перевірка:

$$2Z_{\max} - 2Z_{\min} = Td_{i-1} - Td_i$$

Чорнове точіння:

$$9831 - 3413 = 7100 - 700$$

$$6400 = 6400$$

Напівчистове точіння:

$$943 - 543 = 700 - 300$$

$$400 = 400$$

Чистове точіння:

$$326 - 50 = 300 - 25$$

$$275 = 275$$

5. Визначаємо граничні розміри:

- токарна чистова $d_{\max} = 180 + 0 = 180 \text{ мм}$,
 $d_{\min} = 180 - 0,025 = 179,975 \text{ мм}$;
- токарна напівчистова $d_{\max} = 180 + 0,326 = 180,326 \text{ мм}$,
 $d_{\min} = 179,975 + 0,051 = 180,026 \text{ мм}$;
- токарна чорнова $d_{\max} = 180,326 + 0,943 = 181,269 \text{ мм}$,
 $d_{\min} = 180,026 + 0,543 = 180,569 \text{ мм}$;
- заготівельна $d_{\max} = 181,269 + 9,831 = 191,1 \text{ мм}$,
 $d_{\min} = 180,569 + 3,413 = 183,982 \text{ мм}$.

					6261м.08.МР.07.02.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.7 Розрахунок режимів різання.

При призначенні елементів режимів різання враховують характер обробки, тип і розміри інструмента, матеріал його ріжучої частини, матеріал і стан заготовки, тип і стан обладнання.

Швидкість різання розраховують за допомогою емпіричної формули:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v, \text{ де}$$

C_v – коефіцієнт, враховуючий властивості обробляючого матеріалу;

m, x, y – коефіцієнти, які є показниками ступеню;

T – середнє значення стійкості інструменту, мм;

K_v – виправний коефіцієнт, визначається за формулою:

$$K_v = k_{mv} \cdot k_{nv} \cdot k_{uv}, \text{ де}$$

k_{mv} – коефіцієнт, враховуючий якість обробленої поверхні;

k_{nv} – коефіцієнт, враховуючий стан поверхні заготовки;

k_{uv} – коефіцієнт, враховуючий якість матеріалу;

t – глибина різання, мм;

S – подача, при чорновому точінні, мм/об.

Коефіцієнти визначаємо по таблицях [3, с. 261-281].

1. Чорнове точіння, операція 015

Ø295 мм глибина різання $t = 6$ мм, подача $S = 1,04$ мм/об, обробка ведеться

					6261м.08.МР.07.02.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

на верстаті токарно-гвинторізному 165, різцем з пластинкою T5K10.

$$V = \frac{420}{60^{0,20} \cdot 6^{0,15} \cdot 1,04^{0,35}} \cdot 0,35 = 49,8 \text{ м/хв}$$

Визначення розрахункової частоти обертання n, об/хв:

$$n = \frac{V \cdot 1000}{\pi \cdot d_{\text{зад}}} = \frac{49,8 \cdot 1000}{3,14 \cdot 365} = 43,5 \text{ об/хв}$$

Приймаємо згідно паспорту верстата 165 n = 40 об/хв. За вибраною величиною числа обертів шпинделя знаходимо дійсну швидкість різання:

$$V_a = \frac{\pi \cdot d_{\text{зад}} \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 365 \cdot 40}{1000} = 45,8 \text{ м/хв}$$

2. Свердлування, операція 150.

Ø10,5 мм глибина різання t = 5,25 мм, подача S = 0,21 мм/об, обробка ведеться на радіально-свердлильному верстаті RF 31/В свердлом T5K12В.

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^{Y_v}} K_v$$

Визначення розрахункової частоти обертання n, об/хв:

$$v_d = \frac{3,5 \cdot 10,5^{0,50}}{6^{0,12} \cdot 0,21^{0,45}} \cdot 1,27 = 24 \text{ м/хв}$$

					6261М.08.МР.07.02.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначаємо розрахункову частоту обертів шпинделя за формулою:

$$n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 24}{3,14 \cdot 10,5} = 727,9 \text{ об/хв}.$$

Корегуємо частоту обертання за паспортом верстата $n = 700 \text{ об/хв}$.

Тепер визначаємо дійсну швидкість різання виходячи із прийнятої частоти обертання:

$$v = \frac{n \pi D}{1000} = \frac{700 \cdot 3,14 \cdot 10,5}{1000} = 23,08 \text{ м/хв}.$$

3.8 Технічне нормування операцій.

Нормування в машинобудуванні – це встановлення технологічно обґрунтованих норм часу. Нормування технологічних процесів здійснюють для кожної операції. В залежності від методів розроблених норм витрат праці підрозділяються на: дослідно-статистичний, та технічне нормування.

Технічне нормування розроблюється шляхом інженерно – економічного розрахунку. В серійному виробництві за технічно обґрунтовану норму часу приймаємо штучно – калькуляційний час:

$$T_{шт.-к.} = T_{шт} + \frac{T_{н-з}}{n},$$

де $T_{шт.-к.}$ – штучно-калькуляційний час на операцію, хв;

$T_{шт}$ – штучний час на операцію, хв. Технічно обґрунтована норма штучного часу складається з:

$$T_{шт} = T_{он} + T_{обс} + T_{від};$$

					6261м.08.МР.07.02.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де T_{on} – оперативний час, хв, дорівнює сумі основного $T_{осн}$ (витрачається безпосередньо на виготовлення деталі, тобто зміни форми, розмірів, стану заготовки) і допоміжного $T_{доп}$ часу (витрачається на установку, закріплення, зняття деталі та ін. допоміжні операції, пов'язані з основною роботою);

$T_{обс}$ – час на обслуговування робочого місця, хв, – час, що робочий витрачає на догляд за верстатом та оснащенням;

$T_{від}$ – час на відпочинок та особисті потреби робочого, хв.

Час на обслуговування робочого місця $T_{обс}$, відпочинок і особисті потреби $T_{від}$, визначається на операцію в хвилинах або у відсотках до основного часу.

n – обсяг партії запуску деталей, шт.

$$T_{опер.} = T_{осн.} + T_{доп.}$$

Визначення штучно – калькуляційного часу на токарно-гвинторізну операцію 015 на токарно-гвинторізному верстаті 165.

Визначення основного часу $T_{осн.}$, хв., проводиться за слідуючою формулою:

$$T_{осн} = \frac{L}{nS} i = \frac{\pi D(l_1 + l_2)}{1000vS} i, \text{ де}$$

l_2 – величини врізання та перебігу, мм [3];

l_1 – загальна довжина, оброблювальної поверхні, мм;

i – число проходів інструменту в напрямку подачі;

					6261м.08.МР.07.02.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\dot{O}_{\text{ін.}} = \frac{(1405 + 3) \cdot 3,14 \cdot 365}{1000 \cdot 45,8 \cdot 1,04} \cdot 1 = 33,8 \text{ хв.}$$

Аналогічно розраховуємо основний час на інші переходи.

Основний машинний час на операцію складає: $T_{\text{осн}}=33,8$ хв.

За нормативами [5], обираємо норми часу: $T_{n-3}=25$ хв (з урахуванням часу на наладку); $T_{\text{обс}}=0,025 \cdot T_{\text{осн}}$; $T_{\text{від}}=0,04 \cdot T_{\text{осн}}$.

Допоміжний час дорівнює:

$$T_{\text{дон}}=19,9 \text{ хв};$$

$$\dot{O}_{\text{од. - в.}} = 33,8 + 19,9 + (0,025 + 0,04) \cdot 33,8 + \frac{25}{6} = 60 \text{ хв.}$$

3.9 Розрахунок очікуваної точності обробки

Розрахунок очікуваної точності зводиться до визначення сумарної похибки обробки. Визначимо сумарну похибку чистового точіння двох поверхонь діаметром $\varnothing 280_{-0,473}^{-0,450}$ у 3^х-кулачковому патроні та в центрі верстата з ЧПК 1Н65РФ3. Наш заготовка із сталі 38ХН3МФА має $\sigma_b = 720$ МПа, твердість 302...363НВ, у попередній операції оброблена напівчистовим точінням по IT9. Застосований інструмент – різець прохідний із пластиною з твердого сплаву Т15К6 має $\varphi = 90^\circ$, $\varphi_1 = 10^\circ$, переріз державки – 25х25 мм;

Режим обробки: мінімальна глибина різання $t_{\text{min}}=0,5$ мм; подача $S = 0,15$ мм/об; швидкість різання $v = 250$ м/хв..

Число заготовок у партії $N = 3$ од.

1. Визначимо похибку Δ_n унаслідок налагодження технологічної системи на розмір обробки.

Похибка настроювання для верстатів із ЧПК є домінуючою.

Ріжучі інструменти встановлюють у спеціальні блоки. Настроюють ріжучі кромки на нульову точку на спеціальних вимірювальних мікроскопах поза

					6261м.08.МР.07.02.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

верстатом, а потім настроєні блоки встановлюють у спеціальні гнізда на верстаті.

Похибку налагодження для верстатів із ЧПК будемо визначати за формулою:

$$\Delta_{\text{н}} = \sqrt{\Delta_{\text{н.і}}^2 + \Delta_{\text{н.б}}^2 + \Delta_{\text{н.ф}}^2 + \Delta_{\text{н.вим}}^2},$$

де $\Delta_{\text{н.і}}$ – похибка від настроювання інструмента в блоці, залежить від точності приладів для розмірного настроювання, виду та засобу закріплення інструмента в блоці, вильоту настрою вального інструмента. Для токарних різцевих блоків $\Delta_{\text{н.і}}$ – 8...10 мкм, приймаємо $\Delta_{\text{н.і}} = 10$ мкм; $\Delta_{\text{н.б}}$ – похибка внаслідок установки настроєного блока у відповідне гніздо на верстаті, $\Delta_{\text{н.б}}$ – 10...15 мкм, приймаємо $\Delta_{\text{н.б}} = 12$ мкм; $\Delta_{\text{н.ф}}$ – похибка через фіксацію револьверної головки верстата $\Delta_{\text{н.ф}} = 10$ мкм, (по паспортним даним верстата); $\Delta_{\text{н.вим}}$ – похибка через вимірювання; при настроюванні залежить від точності вимірювальних приладів та умов вимірювання; $\Delta_{\text{н.вим}} = \kappa_{\text{вим}} \Delta_{\text{вим}}$, де коефіцієнт $\kappa_{\text{вим}} = 1,2$; $\Delta_{\text{н.вим}} = 5 \times 1,2 = 6$ мкм. Тоді похибка налагодження:

$$\Delta_{\text{н}} = \sqrt{10^2 + 12^2 + 10^2 + 6^2} = 20 \text{ мкм.}$$

2. Визначаємо похибки $\Delta_{\text{вс}}$ унаслідок геометричних неточностей верстата.

$$\Delta_{\text{вс}} = \frac{Cl_{\text{п}}}{l};$$

де C – допустиме відхилення від паралельності вісі шпинделя напрямним станини в площині стримувального розміру на довжині l ; $l_{\text{п}}$ – довжина оброблювальної поверхні.

Для токарних верстатів нормальної точності при найбільшому діаметрі оброблюваної поверхні до 500 мм на довжині $l = 300$ мм; $C = 20$ мкм (по паспортним даним станка). При довженні обробки $l_{\text{п}} = 250$ мм

$$\Delta_{\text{вс}} = \frac{20 \cdot 250}{300} = 17 \text{ мкм.}$$

					6261м.08.МР.07.02.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. Визначаємо похибку $\Delta_{\text{пр}}$ унаслідок пружних деформацій технологічної системи.

$$\Delta_{\text{пр}} = W_{\text{max}} P_{y \text{ max}} - W_{\text{min}} P_{y \text{ min}}$$

де W_{max} і W_{min} – найбільша і найменша податливість системи;

$P_{y \text{ max}}$ і $P_{y \text{ min}}$ – найбільше і найменше значення складової сили різання, яка збігається з напрямком розміру, який потрібно отримати.

Для верстата з 1Н65РФЗ нормальної точності і найбільшого діаметра заготовки, який можна на цьому верстаті отримати ($D = 500$ мм), знаходимо найбільші і найменші допустимі зміщення Y повздовжнього супорта під дією сили $P_{\text{вип}} = 7,84$ кН [4.с.104 табл.21]; $[Y_{\text{суп}}^{\text{з.б}}] = 350$ мкм; $[Y_{\text{суп}}^{\text{п.б}}] = 270$ мкм.

При установці вала-шестерні 3^х-кулачковому патроні та в центрі верстата мінімальна податливість системи визначається при положенні різача біля передньої бабки верстата.

$$W_{\text{min}} = \frac{[Y_{\text{суп}}^{\text{п.б}}]}{P_{\text{вип}}} = \frac{270}{7,84} = 34 \text{ мкм/кН}$$

Максимальне значення податливості визначається при положенні різача посередині вала. Тоді:

$$W_{\text{max}} = W_{\text{вс max}} + W_{\text{заг max}},$$

де $W_{\text{вс max}} = \frac{[Y_{\text{суп}}^{\text{п.б}}] + [Y_{\text{суп}}^{\text{з.б}}]}{2P_{\text{вип}}}$ – найбільша податливість верстата;

$W_{\text{заг max}}$ – найбільша податливість заготовки.

$$W_{\text{вс max}} = \frac{270 + 350}{2 \cdot 7,84} = 40 \frac{\text{мкм}}{\text{кН}}.$$

Найбільше значення податливості заготовки при установці вала-шестерні 3^х-кулачковому патроні та в центрі верстата :

$$W_{\text{заг max}} = \frac{2}{d_{\text{пр}}} \left(\frac{l_{\text{в}}}{d_{\text{пр}}} \right)^3$$

За кресленням деталі $l_{\text{в}} = 1405$ мм. Наведений діаметр розраховується за формулою:

$$d_{\text{пр}} = \sqrt{\frac{\sum_1^n d_i^2 l_i}{\sum_1^n l_i}};$$

$$d_{\text{пр}} = \sqrt{\frac{165^2 \cdot 4 + 170^2 \cdot 92 + 178^2 \cdot 60 + 180^2 \cdot 104 + 200^2 \cdot 22 + 278^2 \cdot 40 + 280^2 \cdot 220 + 354^2 \cdot 500 + 310^2 \cdot 80 + 250^2 \cdot 33}{1405}} = 294 \text{ мм}$$

					6261М.08.МР.07.02.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$W_{\text{заг max}} = \frac{2}{294} \cdot \left(\frac{1405}{294} \right)^3 = 0,74 \frac{\text{мкм}}{\text{кН}}$$

Тоді найбільше значення податливості технологічної системи

$$W_{\text{max}} = 40 + 0,74 = 40,74 \frac{\text{мкм}}{\text{кН}}.$$

Найбільшу і найменшу нормальні складові сили різання розраховуємо за формулами:

$$P_{y \text{ max}} = 10 C_p t_{\text{max}}^x S^y v^n K_p;$$

$$P_{y \text{ min}} = 10 C_p t_{\text{min}}^x S^y v^n K_p;$$

Коливання глибини різання [4.с.104 табл.22]; відповідно $t_{\text{min}} = z_{\text{min}} = 0,5 \text{ мм}$; $t_{\text{max}} = 0,73 \text{ мм}$.

$$P_{y \text{ max}} = 2,43 \cdot 0,73^{0,9} \cdot 0,15^{0,6} \cdot 250^{-0,3} = 0,11 \text{ кН};$$

$$P_{y \text{ min}} = 2,43 \cdot 0,5^{0,9} \cdot 0,15^{0,6} \cdot 250^{-0,3} = 0,07 \text{ кН};$$

тоді:

$$\Delta_{\text{пр}} = 40,74 \cdot 0,11 - 34 \cdot 0,07 = 2 \text{ мкм};$$

З урахуванням коефіцієнта динамічності:

$$\Delta_{\text{пр,д}} = 1,2 \Delta_{\text{пр}} = 3 \text{ мкм}.$$

4. Визначимо похибку $\Delta_{\text{зн}}$ (на радіус), яка утворюється від розмірного зносу різця.

$$\Delta_{\text{зн}} = \frac{L}{1000} u_{\text{екс}}^2$$

Шлях різання L_N для партії заготовок $N=3$ од. визначимо за

$$L_N = L_3 N = \frac{\pi D l_3 N}{1000 S} = \frac{3,14 \cdot 280 \cdot 250 \cdot 3}{1000 \cdot 0,15} = 4396 \text{ м},$$

					6261м.08.МР.07.02.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Загальний шлях рівняння з урахуванням початкового зносу різця ($L_{\text{поч}} = 1000$ м)

$$L = L_n + L_{\text{поч}} = 4396 + 1000 = 5396 \text{ м,}$$

Для сплаву Т15К6 інтенсивність зношування $u_{\text{вкс}}^{\text{в}} = 6 \text{ мкм/км}$ [4.с.104 табл.26]

Тоді
$$\Delta_{\text{зн}} = \frac{5396}{1000} \cdot 6 = 26 \text{ мкм,}$$

5. Визначимо похибку Δ_T унаслідок температурних деформацій технологічної системи.

Похибка від температурних деформацій системи рівною 0,15% від суми інших похибок:

$$\Delta_T = 0,1 \left(2\sqrt{(1 \cdot 3)^2 + (1,73 \cdot 26)^2 + (1 \cdot 20)^2 + (1,73 \cdot 16)^2} \right) = 13 \text{ мкм}$$

6. Визначаємо похибку $\Delta_{\text{р.п}}$ за формулою:

$$\Delta_{\text{р.п}} = \sqrt{\Delta_{\text{р.п.пр}}^2 + \Delta_{\text{р.п.і}}^2}$$

де $\Delta_{\text{р.п.пр}}$ - похибка програмування;

$\Delta_{\text{р.п.і}}$ - похибка інтерполяції. Приймаємо $\Delta_{\text{р.п.пр}} = 5$ мкм; $\Delta_{\text{р.п.і}} = 10$ мкм [4. с. 129, табл. 38].

$$\Delta_{\text{р.п}} = \sqrt{5^2 + 10^2} = 11 \text{ мкм}$$

7. Визначаємо похибку відтворення програми $\Delta_{\text{р.в.}}$

$$\Delta_{\text{р.в}} = \sqrt{\Delta_{\text{р.в.пр}}^2 + \Delta_{\text{р.в.п.}}^2 + \Delta_{\text{р.в.поз}}^2};$$

де $\Delta_{\text{р.в.пр}}$ - похибка привода верстата, $\Delta_{\text{р.в.пр}} = 5$ мкм;

$\Delta_{\text{р.в.п.}}$ - похибка механізму подачі, $\Delta_{\text{р.в.п.}} = 4$ мкм;

$\Delta_{\text{р.в.поз.}}$ - похибка позиціювання, $\Delta_{\text{р.в.поз.}} = 2$ мкм,

$$\Delta_{\text{р.в}} = \sqrt{5^2 + 4^2 + 2^2} = 7 \text{ мкм.}$$

8. Визначаємо сумарну похибку обробки Δ_{Σ}

Сумарна похибка визначається за формулою:

$$\Delta_{\Sigma} = 2\sqrt{(1 \cdot 3)^2 + (1 \cdot 20)^2 + (1,73 \cdot 26)^2 + (1,73 \cdot 17)^2 + (1,73 \cdot 13)^2 + (1 \cdot 11)^2 + (1 \cdot 7)^2} = 120 \text{ мкм}$$

					6261М.08.МР.07.02.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновок: допуск на IT9 в інтервалі розмірів 190...260 мм. складає 115 мкм, що не набагато менше очікуваної сумарної похибки обробки. Аналіз сумарної похибки обробки показує, що найбільший відсоток складають елементарні похибки: від зносу інструмента $\Delta_{з.н.} = 26$ мкм при обробці партії заготовок $N=30$; від настроювання мікрометра $\Delta_{н.} = 20$ мкм.

Щоб вийти на допуск 115 мкм на потрібно мати під радикалом сумарну величину – $\sqrt{\left(\frac{115}{2}\right)^2} = \sqrt{3306}$.

Якщо не враховувати похибку в наслідок настрою верстата $\Delta_{н.}$, під радикалом буде $\sqrt{2749}$.

Таким чином, можна вважати, що операція, яка проектується для досягнення заданої точності не повинна докорінно змінитися, треба тільки зменшити $\Delta_{н.}$.

Одним із методів, який дозволяє значно зменшити похибку настроювання, є метод двоступінчастого настроювання, коли після первинного настроювання інструментального блоку поза верстатом проводиться додаткове регулювання інструмента, встановленого на верстаті після обробки пробної деталі. Такий метод дозволяє зменшити сумарну похибку від настроювання до 7...15 мкм.

					6261М.08.МР.07.02.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.Конструкторська частина

4.1 Конструювання 3^x – кулачкового патрона з пневмоприводом

У машинобудуванні найбільше поширення мають трьохкулачкові самоцентрувальні клинові та важільні патрони з гвинтовим приводом (як і на вибраному нами токарно-гвинторізному верстаті 165). Перед нами стоїть задача модернізувати трьохкулачковий патрон з гвинтовим приводом підібравши до нього пневмоциліндр.

Основні розміри трьохкулачкових патрон вибирають по ГОСТ 24351-80.

Розрахунок будимо виступати по токарній чорновій операції.

Так як при цій операції одна з найбільших сил різання. Зовнішній діаметр оброблюємої поверхні обираємо $D_{o.п} = 295$ мм, діаметр заготовки $D_{п.к} = 305$ мм, довжина заготовки $L_3 = 1421$ мм. Глибина різання $t = 6$ мм, подача $S = 1,04$ об; Частота обертів шпинделя верстата $n = 80$ об/хвил; швидкість різання $V = 1,23$ м/с;

Розрахунок:

1. Визначаємо силу різання на даній операції:

$$P_z = C_p t^{x_p} S^{y_p} K_p^{n_p} = 300 \cdot 6 \cdot 1,04^{0,75} \cdot 7,61 = 14109 \text{ Н,}$$

де C_p - коефіцієнт сили різання; $C_p = 300$; x_p , y_p , n_p – показники степені для тангенціальної сили різання P_z ,

$$x_p = 1,0; y_p = 0,75; n_p = 1,0.$$

2. Визначаємо поправочний коефіцієнт K_p

$$K_p = K_{мр} K_{\varphi_p} K_{\lambda_p} K_{r_p} = 6,09 \cdot 1,0 \cdot 1,25 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 7,61,$$

де $K_{мр}$ – коефіцієнт, врахуємо вплив механічних властивостей конструкційний сталей на сили різання,

$$K_{мр} = (\sigma_b / 75)^{n_p} = \left(\frac{835}{75} \right)^{0,75} = 6,09,$$

де σ_b – тимчасовий опір розриву, Н/мм. для сталі 45 $\sigma_b = 835$ Н/мм²; n_p – показник степені для розрахунку коефіцієнта $K_{мр}$, $n_p = 0,75$; K_{φ_p} , K_{λ_p} , K_{r_p} -

					6261м.08.МР.07.03.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

поправочні коефіцієнти, враховуючи вплив геометричних параметрів ріжучих частин інструмента на складові сили різання при обробці сталі, $K_{\varphi_p} = 1,0$; $K_{\gamma_p} = 1,25$; $K_{\lambda_p} = 1,0$; $K_{r_p} = 1,0$.

3. Визначимо коефіцієнт запасу для самоцентруючого трьохкулачкового патрона з пневматичним приводом затиску

$$K_{\text{зап}} = K_0 K_1 K_2 K_3 K_4 K_5 K_6 = 1,5 \cdot 1,0 \cdot 1,2 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,5 = 3,24$$

де K_0 – гарантований коефіцієнт запасу при всіх випадках обробки

4. Визначаємо силу затиску деталі одним кулачком патрона

$$W_k = P_z \frac{\sin \alpha / 2 D_{o.п}}{n_k f_{т.п} D_{п.к}} K_{\text{зап}} = \frac{1 \cdot 295}{3 \cdot 0,8 \cdot 305} \cdot 3,24 = 18285,26 \text{ Н,}$$

де $D_{o.п}$ – діаметр оброблюваної поверхні деталі, мм. $D_{o.п} = 295 \text{ мм}$, n_k – число кулачків в патроні, $n_k = 3$ шт.; $f_{т.п}$ – коефіцієнт тертя на робочих поверхнях кулачків, $f_{т.п} = 0,8$; $D_{п.к}$ – діаметр поверхні що затискають, мм, $D_{п.к} = 305 \text{ мм}$.

5. Визначаємо силу $Q_{шт}$ на штоці механізованого приводу трьохкулачкового патрона:

$$Q_{шт} = W_k n_k K_{тр} \left(1 + \frac{3 a_k}{h_k} f_k \right) \frac{l_1}{l_k} = 18285,26 \cdot 3 \cdot 1,05 \cdot \left(1 + \frac{3 \cdot 40}{65} \cdot 0,1 \right) \frac{20}{100} = 13593,26 \text{ Н,}$$

де $K_{тр}$ – коефіцієнт ,враховуючий допоміжні сили тертя в патроні, $K_{тр} = 1,05$; a_k – виліт кулачка від середини його опори в пазу патрона до центра прикладення сили затиску на одному кулачку, $a_k = 40 \text{ мм}$; h_k – довжина направляючої частини кулачка, $h_k = 65 \text{ мм}$; f_k – коефіцієнт тертя кулачка, $f_k = 0,1$; l_1 і l_k – розміри короткого і довгого плечей двоплечевого важеля (конструктивно $l_1 = 20 \text{ мм}$ і $l_k = 100 \text{ мм}$ до осі штока);

6. Визначаємо діаметр поршня циліндра і вибираємо найближчий більший стандартний розмір пневматичного обертаючого циліндра

$$D_{п} = 1,44 \sqrt{Q_{шт} / p} = 1,44 \cdot \sqrt{13593,26 / 0,4} = 265 \text{ мм,}$$

де p – тиск стиснутого повітря, Мн/м, $p = 0,4 \text{ Мн/м}$. приймаємо діаметр пневмоциліндра $D_{ц} = 300 \text{ мм}$.

					6261м.08.МР.07.03.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7. Визначаємо дійсну силу затиску деталі за прийнятим діаметром пневмоциліндра:

$$Q_{ш,д} = \frac{\pi D_{ц}^2}{4} p \eta = \frac{3,14 \cdot 300^2}{4} \cdot 0,4 \cdot 0,85 = 24021 \text{ Н},$$

де η - коефіцієнт корисної дії, $\eta = 0,85$.

8. Визначаємо час зпрацювання пневмоциліндра

$$T_c = \frac{D_{ц} l_x}{d_v^2 v_v} = \frac{32 \cdot 3,5}{1,0^2 \cdot 2000} = 0,056 \text{ с},$$

де l_x – довжина ходу поршня, см (для діаметру $D_{ц} = 320$ мм $l_x = 35$ мм);
 $d_v = 10$ мм; v_v швидкість переміщення зтиснутого повітря, см/с, $v_v = 2000$ см/с.

3.2 Проектування червячної модульної фрези.

При конструюванні червячних фрез необхідно головним чином визначити розмір профіля фрези в нормальному перерізі. Окрім визначення розмірів профіля фрези необхідно розрахувати кути підйому витків фрези і наклону виткових канавок, а також кут установки фрези на станку.

Зовнішній діаметр фрези, тип основного червяка, число заходів, діаметр базового отвору є конструктивним елементом, і слід їх вибирати за стандартами або брати за паспортними даними вибраного станка.

Із збільшенням зовнішнього діаметру червячної фрези зменшуються похибки профілірованої фрези. У фрез для чорнової обробки – діаметр зменшують.

Розрахуємо фрезу:

Вхідні дані: модуль $m = 6$; число зубців $z = 49$; висота головки зубця $h_a = 5,55$ мм; висота ножки зубця $h_f =$ мм; їх кут нахилу $\beta = 30^\circ$; кут профілю зубців рейки $\alpha = 20^\circ$; ступінь точності 4 – В.

1. Знаходимо лінійні розміри профелю зубця фрези у нормальному перетині.

1.1 Знаходимо модуль нормальний $m_i = m$; $m = 6$.

					6261м.08.МР.07.03.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.2 Розрахунковий профельний кут вхідної рейки у нормальному перерізі: $\alpha_t = \alpha_g = 20^\circ$.

1.3 Визначаємо крок зубців у нормальному перерізі $P_{п.о.}$.

$$P_{п.о.} = P_t = \pi m = 3,14 \cdot 6 = 18,849 \text{ мм};$$

1.4 Визначаємо товщину зубця фрези у нормальному перерізі $S_{п.о.}$.

Для чорнових фрез $S_{п.о.} = P_{п.о.} - (S_t + \Delta S'_{п.о.})$,

де S_t – товщина зуба колеса по дузі діаметральної окружності;

$\Delta S'_{п.о.}$ – припуск на подальшу чистову обробку.

$$S_{п.о.} = 18,849 - (9,35 + 0,5) = 9 \text{ мм.}$$

1.5 Розраховуємо висоту головки зубця фрези $h_{a.o.}$:

$$h_{a.o.} = (h_a^* + C^*)m,$$

де h_a^* - коефіцієнт головки зубця; $h_a^* = 1,2$;

C^* - коефіцієнт радіального зазору, $C^* = 0,325$

$$h_{a.o.} = (1,2 + 0,325) \cdot 6 = 9,15 \text{ мм.}$$

1.6 Розраховуємо висоту ножки зубця $h_{fo.}$:

$$h_{fo} = h_a + C,$$

$$C = C^* \cdot m = 0,325 \cdot 6 = 1,95$$

де C – радіальний зазор передачі

$$h_{fo} = 5,55 + 1,95 = 7,5 \text{ мм.}$$

1.7 Визначаємо висоту зубця

$$h_o = h_{ao} + h_{fo} = 9,15 + 7,5 = 16,65 \text{ мм.}$$

1.8 Знаходимо радіус закруглення головки зубця $P_{ao.}$:

$$P_{ao} = 0,27 \cdot 6 = 1,67 \text{ мм}$$

1.9 Приймаємо радіус закруглення ножки зубця $P_{fo} = 0,5$.

1.10 Розраховуємо товщину зуба на верхівці зуба фрези $S_{na.}$:

$$S_{na} = S_{по} - 2 h_{ao} \operatorname{tg} \alpha = 9 - 2 \cdot 9,15 \cdot \operatorname{tg} 20 = 2,41 \text{ мм.}$$

1.11 Знаходимо ширину впадини між зубцями фрези.

$$S_{nb} = P_n - (S_{no} + 2 h_{fo} \operatorname{tg} \alpha) = 18,85 - (9 + 7,5 \cdot \operatorname{tg} 20) = 7,3 \text{ м.}$$

					6261м.08.МР.07.03.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.12 Вибираємо параметри затилованої канавки на дні впадини гвинтового гребню:

- глибина канавки $h_k=0,85$ мм;
- радіус закруглення канавки $r'_k=0,6$ мм;
- ширина канавки $b_k = 2,5$ мм.

4.2. Визначаємо конструктивні розміри фрези.

2.1 Кут підйому гвинтової лінії черв'ячної нарізки ділительному циліндру визначається за формулою:

$$\sin \gamma_{mo} = \frac{m}{d_{mo}} = \frac{6}{147,7} = 0,04$$

2.2 Зовнішній діаметр фрези вибираємо за ГОСТ 9324 – 80Е, приймаємо:
 $d_{ao} = 106$ мм.

2.3 Число зубців фрези в торцевому перерізі.

Орієнтовне число зубців Z_u у торцевому перерізі для черв'ячних фрез визначаємо за формулою:

$$Z_u \approx b \frac{360^\circ}{\arccos \frac{d_{ao} 2h_o}{d_{ao}}},$$

де b – коефіцієнт враховуючий вид обробки; для чорнової фрези приймаємо $b=1,3$

$$Z_u \approx 1,3 \frac{360^\circ}{\arccos \frac{160 - 2 \cdot 16,65}{160}} = 12,38$$

Приймаємо $Z_u=12$.

2.4 Величина затиловання K

$$K = \frac{\pi d_{ao}}{Z_u} \operatorname{tg} \alpha_b,$$

де α_b – задній кут на верхівці зубів; для чорнової фрези $\alpha_b = 10-13^\circ$

$$K = \frac{3,14 \cdot 160}{12} 0,17 = 7,1$$

Приймаємо $K=7$

					6261м.08.МР.07.03.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.5 Величина першого затилювання K_I . Для фрези загального призначення

$$K_I = (1,2 - 1,4)K = 1,4 \cdot 7 = 9,8.$$

Приймаємо $K_I = 10$

2.6 Глибина стружечної канавки H

$$H = h_o + \frac{K + K_I}{2} + r_k,$$

де r_k – радіус затилювання для стружечної канавки, $r_k = 1 \dots 3$ мм

$$H = 16,65 + \frac{7 + 10}{2} + 1 = 26,15;$$

Приймаємо $H = 26$

2.7 Кут профелю впадени стружечної канавки ϵ

ϵ вибирається з ряду його значень: 22° , 25° , 30° та 35° .

Приймаємо $\epsilon = 25^\circ$.

2.8 Діаметр посадкового отвору d .

$$d = (0,2 \dots 0,45)d_{\text{по}} = 0,35 \cdot 160 = 56 \text{ мм},$$

За ГОСТ 9472 – 70 оберемо кінечне значення посадкового отвору $d=60$ мм

2.9 Довжина нарізаної частини фрези L_1

$$L_1 = 2\sqrt{(d_{ao} - h)h} + 2S_{xo} + 2P_{xo}$$

де S_{xo} – товщина зубця в осьовому перетині по діаметральному циліндру;

P_{xo} - осьовий крок фрези

$$L_1 = 2\sqrt{(960 - 16,65)16,65} + 2 \cdot 22 + 2 \cdot 18,8 \approx 145 \text{ мм},$$

2.10 загальна довжина фрези L

$$L = (L_1 + 2l_1)$$

де l_1 – ширина буртіків; $l_1 = 3 \dots 5$ мм.

Приймаємо $l_1 = 5$ мм.

$$L = (145 + 2 \cdot 5) = 155 \text{ мм}.$$

					6261м.08.МР.07.03.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.11 Діаметр буртіків d_1 ,

$$d_1 = d_{ao} - 2H - 3 = 160 - 2 \cdot 26 - 3 = 90 \text{ мм.}$$

2.12 Розрахунковий діаметр ділильної окружності

$$d_{mo} = d_{ao} - 2h_{ao} - 2\delta K$$

де δ – коефіцієнт; $\delta = 0,1 \dots 0,25$, приймаємо $\delta = 0,1$

$$d_{mo} = 160 - 2 \cdot 9,15 - 2 \cdot 0,1 \cdot 7 = 140,3$$

2.13 Розрахунковий кут підйома гвинтової лінії черв'ячної нарізки по діаметральному циліндру γ_{mo}

$$\sin \gamma_{mo} = \frac{mz_{\text{заг}}}{dm_o} = \frac{6 \cdot 1}{160} = 0,0375$$

$$\gamma_{mo} = 2^\circ 27' 29''$$

2.14 Кут нахилу стружущих канавок λ_{mo}

$$\lambda_{mo} = \gamma_{mo} = 2^\circ 27' 29''$$

3.15 Крок гвинтової стружущої канавки P_k

$$P_k \frac{\pi d_{mo}}{tg \lambda_{mo}} = \pi d_{mo} ctg \lambda_{mo} = 3,14 \cdot 160 \cdot ctg 2^\circ 27' 29'' = 10,7 \text{ мм.}$$

3.16 осьовий крок зубців фрези P_{xo}

$$P_{xo} = \frac{P_{mo}}{\cos \gamma_{mo}} = \frac{\pi m}{\cos \gamma_{mo}} = \frac{3,14 \cdot m}{\cos 2^\circ 27' 29''} = 18,661 \text{ мм.}$$

4.3 Розрахунок люнету на зубофрезерну операцію.

В якості додаткової опори при зубофрезерній операції застосуємо рухомий люнет.

Кулачки люнета по своїй суті являють собою гвинтові зажими.

Гвинтові зажими є найбільш простими для верстатних пристроїв. Вони широко застосовуються в одиничному та в серійному типах виробництва.

Головним недоліком гвинтових зажимів є повільність дії, великі втрати на тертя та безпосередньо заживної сили.

					6261мз.08.МР.07.03.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При конструюванні заживних елементів пристроїв необхідно визначити силу зажима оброблюємої заготовки (чи деталі).

Силу зажиму знаходимо за формулою,

$$W_b = \frac{M_{кр}}{[r_{сер} \operatorname{tg}(\alpha_{п} + \varphi_{т})]} + K_{\phi} \cdot f_{т},$$

де $r_{сер}$ – середній радіус різьби, мм (в нашому випадку при гвинті з різьбою М20 $r_{сер} = 9,19$ мм); $\alpha_{п}$ – кут підйому витка різьби $\alpha_{п} = 2^{\circ}30'$; φ – кут тертя різьбовому з'єднанні $\varphi = 6^{\circ}34'$; $K_{сер}$ – коефіцієнт, який залежить від форми і розмірів поверхні дотику затиснутого елемента з затисненою поверхнею

$$K_{\phi} = 0,6 f_{т} r_{т},$$

де $f_{т}$ – коефіцієнт тертя на торці гвинта, $f_{т} = 0,15$;

$r_{т}$ – радіус опорного торця гвинта мм,

$$r_{т} = 0,4 d_{вн} = 0,4 \cdot 20 = 8 \text{ мм.}$$

$$K_{\phi} = 0,6 \cdot 0,15 \cdot 8 = 0,72$$

Знайдемо крутний момент прикладений до головки зажима $M_{кр} = Q_p L_p$

Приймаємо прикладену силу до головки зажиму $Q_p = 100 \text{ Н}$; $L_p = 14 \text{ мм}$;

$$D_{різби} = 14 \cdot 20 = 280 \text{ мм.}$$

$$M_{кр} = 280 \cdot 100 = 28000 \text{ Н.}$$

Тоді сила зажима утворена гвинтом:

$$W = \frac{28000}{[9,19 \cdot \operatorname{tg}(2^{\circ}30' + 6^{\circ}34')] + 0,72 \cdot 0,15} 17948 \text{ Н.}$$

4.4 Проектування кондуктора для свердління 12 отворів Ø10,5

Свердління отворів під подальше нарізання різьби М12х1,5 – 6Н виконується свердлом Ø10,5. Кондуктор забезпечує точне розташування отворів відносно поверхні Н.

Корпус кондуктора 2 встановлюється на поверхню Н з перехідною посадкою. Потім за допомогою гвинта М10 кондуктор стягується.

					6261м.08.МР.07.03.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таким чином кондуктор базується на поверхні К.

Розрахуємо забезпечення кондуктором необхідну точність розташування осей отворів відносно поверхні Н, затиск відбувається теж по поверхні Н.

Допуск на цей розмір буде складатися з допуску на відстань між віссю кондукторної втулки та торцем корпуса кондуктора, та половиною допуску отвору у кондукторній втулці.

Відстань між віссю кондукторної втулки та торцем корпуса згідно з кресленням дорівнює $28,2^{+0,052}$ мм ($L_{\max}=28,252$ мм; $L_{\min}=28,2$ мм). Діаметр отвору втулки $\varnothing 10,5F8$ мм ($D_{\max}=10,543$ мм; $D_{\min}=10,516$ мм). Діаметр отвору у деталі $\varnothing 10,5H11$ мм ($D_{\max}=10,61$ мм; $D_{\min}=10,5$ мм).

Тоді відстань від поверхні Н до осі отвору після свердління дорівнює:

$$L_{\text{розр}} = L + 1/2 D_{\text{в}} - 1/2 D_{\text{д}}$$

Розрахуємо для двох найгірших варіантів:

- $L_{\text{розр}1} = L_{\max} + 1/2 D_{\max} - 1/2 D_{\min}$
 $L_{\text{розр}1} = 28,252 + 1/2 \cdot 10,543 - 1/2 \cdot 10,61 = 28,2523$ мм
- $L_{\text{розр}2} = L_{\min} - 1/2 D_{\max} + 1/2 D_{\min}$
 $L_{\text{розр}2} = 28,2 - 1/2 \cdot 10,516 + 1/2 \cdot 10,5 = 28,1049$ мм

Таким чином $L_{\text{розр}} = 28,2^{+0,042}_{-0,095}$

Згідно з кресленням деталі (6261.39.ДП.12.01.) $L = 28,2^{+0,183}_{-0,240}$, отже пристосування забезпечує необхідну точність обробки.

4.5 Проектування кондуктора для свердління 9 отворів $\varnothing 10,5$

Свердління отворів під подальше нарізання різьби М12х1,5 – 6Н виконується свердлом $\varnothing 10,5$. Кондуктор забезпечує точне розташування отворів відносно поверхні П.

Кільце кондуктора 2 встановлюється на поверхню П з рухомою посадкою, а корпус 1 на поверхню $\varnothing 250$. Закріплення кондуктора відбувається на поверхні $\varnothing 250$ за допомогою гвинтів М10.

					6261м.08.МР 07.03.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахуємо забезпечення кондуктором необхідну точність розташування осей отворів відносно поверхні П, затиск відбувається теж по поверхні П.

Допуск на цей розмір буде складатися з допуску на відстань між віссю кондукторної втулки та торцем корпусу кондуктора, та половиною допуску отвору у кондукторній втулці.

Відстань між віссю кондукторної втулки та торцем корпусу згідно з кресленням дорівнює $35^{+0,04}$ мм ($L_{\max}=35,04$ мм; $L_{\min}=35$ мм). Діаметр отвору втулки $\varnothing 10,5F8$ мм ($D_{\max}=10,543$ мм; $D_{\min}=10,516$ мм). Діаметр отвору у деталі $\varnothing 10,5H11$ мм ($D_{\max}=10,61$ мм; $D_{\min}=10,5$ мм).

Тоді відстань від поверхні Н до осі отвору після свердління дорівнює:

$$L_{\text{розр}} = L + 1/2 D_{\text{в}} - 1/2 D_{\text{д}}$$

Розрахуємо для двох найгірших варіантів:

1. $L_{\text{розр}1} = L_{\max} + 1/2 D_{\max} - 1/2 D_{\min}$

$$L_{\text{розр}1} = 35,04 + 1/2 \cdot 10,543 - 1/2 \cdot 10,543 = 35,0403 \text{ мм}$$

2. $L_{\text{розр}2} = L_{\min} - 1/2 D_{\max} + 1/2 D_{\min}$

$$L_{\text{розр}2} = 35 - 1/2 \cdot 10,516 + 1/2 \cdot 10,5 = 34,9049 \text{ мм}$$

Таким чином $L_{\text{розр}} = 35^{+0,040}_{-0,20}$

Згідно з кресленням деталі (6261.39.ДП.12.01.) $L = 35^{+0,24}_{-0,20}$, отже пристосування забезпечує необхідну точність обробки.

4.6 Опис пристрою та роботи мікрометра зубомірного

Мікрометр зубомірний застосовується для контролю довжини загальної нормалі циліндричних зубчастих колес.

Перевірка проводиться у нормальному перерізі. Рівномірно по колу колеса робиться не менше чотирьох вимірів загальної нормалі на кожному зубчастому вінці.

За окремими вимірами підраховується середня довжина загальної нормалі для кожного зубчастого вінця:

					6261м.08.МР.07.03.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$W_{mr} = \frac{(W_1 + W_2 + W_3 + W_4)}{4}$$

Отримане значення повинно бути у полі допуску, визначає найменше відхилення середньої довжини загальної нормалі ($-E_{wms}$), та допуском на середню довжину загальної нормалі (T_{wm}), таким чином для нарізання зубців чинне: $W_m - E_{wms} \geq W_{mr} \geq W_r - (|E_{wms}| - T_{wm})$. знак « $-$ » вказує на те, що середня довжина загальної нормалі, повинна бути меншою за нормальну (розрахункову).

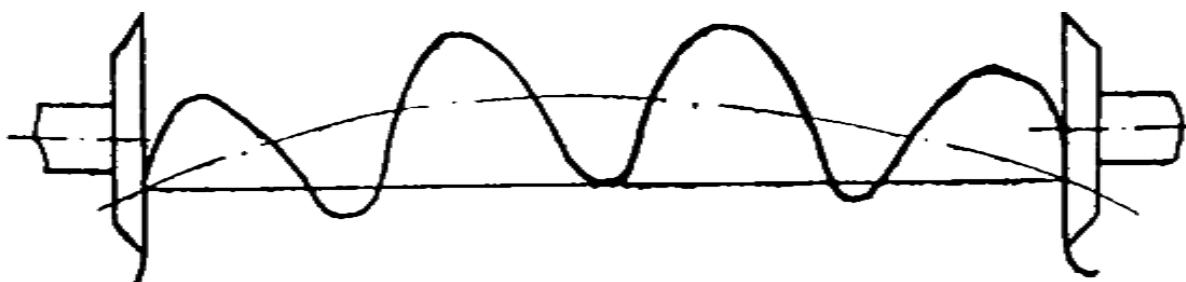


Рис.4.1 Схема вимірювання середньої довжини загальної нормалі.

Хоча промисловість випускає спеціальні зубомірні мікрометри, вони досить коштовні. Можна переробити звичайний гладкий мікрометр в зубомірний. Додатково встановлюються спеціальні вимірюючі тарілочки (п'ятки), та переробляється гвинт мікрометра. Головна вимога паралельність вимірюючих тарілочок (п'яток).

Проведемо переробку мікрометра 1-го класу точності МК-150-175 з допустимою похибкою вимірювання $\delta_{вим} = 0,006$ мм.

Мікрометр після переробки складається із: скоби 4; мікрометричного гвинта 3; задньої п'ятки 2; передньої п'ятки 1; барабана із шкалою.

Допустиме відхилення від площини та паралельності вимірюючих п'яток становить 0,002 мм, що збільшує похибку вимірювання до 0,008 мм.

					6261м.08.МР.07.03.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5. Проектування ділянки

5.1 Розрахунок трудоемкості та верстатоемкості ділянки

5.1.1. Вихідні дані для проектування ділянки

Вихідні дані для зручності зводимо у таблицю

Таблиця 5.1. Вихідні дані для проектування ділянки

Найменування деталі	Вал-шестерня
Марка матеріалу	38ХНЗМФА
Річна програма	500 шт.
Маса деталі	685 кг
Маса заготовки	1016 кг
Режим роботи	1 зміна

Таблиця 5.2. Технологічний процес виготовлення деталі вал-шестерня

Номер і найменування операції	Модель верстата	Розряд	Норма часу, хв	
			Тшт	Тп.з.
1	2	3	4	5
005 Технічний контроль	Плита контрольна	4	-	-
010 Фрезерно-центрувальна	МР-76М	2	19	18
015 Токарно-гвинторізна	165	3	50,3	12
020 УЗК	УЗ дефектоскоп	4	-	-
025 Гартування-термопокращення	Піч СНЗ-11.22.7/12	3	-	-
030 Технічний контроль	Плита контрольна	4	-	-
035 Токарно-гвинторізна	165	3	83,42	12
040 Токарно-гвинторізна	165	3	209,65	12
045 Зубофрезерна (чорнова)	КУ - 331	3	441	12
050 Полірувальна	Верстак слюсарний	3	17,2	8
055 Промивка	Ванна 9920-1459	2	-	-

					6261м.08.МР.07.05.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 5.2. Технологічний процес виготовлення деталі вал-шестерня

1	2	3	4	5
060 Технічний контроль	Плита контрольна	4	-	-
065 Стабілізація	-	3	-	-
070 Очистка - піскоструйна	44712	3	-	-
075 Технічний контроль	Плита контрольна	4	-	-
080 Токарна з ЧПК	1H65PФЗ	3	100,1	9
085 Круглошліфувальна	3A174	3	47,3	6
090 Технічний контроль	Плита контрольна	4	-	-
095 Зубофрезерна (чистова)	КУ - 331	3	97,24	12
100 Полірувальна	Верстак слюсарний	3	25,6	8
105 Зубошевінгувальна	RFw-10S	3	73,7	13
110 Полірувальна	Верстак слюсарний	3	25,2	8
115 Промивка	Ванна 9920-1459	2	-	-
120 Магнітний контроль	-	4	-	-
125 Промивка	Ванна 9920-1459	2	-	-
130 Гальванічна-лужіння	-	3	-	-
135 Технічний контроль	Плита контрольна	4	-	-
140 Азотування	-	3	-	-
145 Технічний контроль	Плита контрольна	4	-	-
150 Радіально-свердлувальна	RF-31/B	3	98,36	8
155 Вертикально-фрезерна	6P12П	3	17,2	12
160 Слюсарна	Верстак слюсарний	3	18,4	8
165 Круглошліфувальна	3A174	3	57,16	6
170 Зубофрезерна	КУ - 331	3	46,11	12
175 Полірувальна	Верстак слюсарний	3	17,1	8
180 Балансувальна	9718	4	-	-
185 Радіально-свердлувальна	RF-31/B	3	21,3	8
190 Балансувальна	9718	4	-	-

					6261М.08.МР.07.05.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 5.2.

1	2	3	4	5
195 Промивка	Ванна 9920-1459	2	-	-
200 Магнітний контроль	-	4	-	-
205 Промивка	Ванна 9920-1459	2	-	-
210 Технічний контроль	Плита контрольна	4	-	-
215 Оксидування	-	4	-	-
220 Технічний контроль	Плита контрольна	4	-	-
Разом:			1465,34	192

5.1.2 Розрахунок розміру партії деталі

Об'єктом календарно-оперативного планування на ділянці є партія деталей, під розміром якої розуміється кількість однакових деталей, оброблюваних на кожній операції з однократною витратою підготовчо-заключного часу. Мінімальний розмір партії визначається по формулі:

$$n = \frac{\sum T_{пз}}{\sum T_{шт}} \times K_c$$

де $T_{пз}$ – підготовчо-заключний час;

$T_{шт}$ – штучний час на операцію;

K_c – коефіцієнт серійності.

Для серійного виробництва $K_c=20\ldots40$.

$$n=192/1465,34 \times 20=0,131 \times 20=2,62$$

Приймаємо розмір партії деталі $n=3$

Кількість запусків визначаємо по формулі: $K = \frac{N}{n}$,

де N – річна програма, шт.;

n – розмір партії деталей, шт.

$$K = 500 / 3 = 167 \text{ разів}$$

					6261м.08.МР.07.05.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.1.3 Розрахунок штучно-калькуляційного часу по операціях

Розрахунок штучно-калькуляційного часу проводиться для визначення річної трудомісткості кожної операції, потрібної кількості обладнання, розрахунку чисельності основних робітників, а також нарахування їхньої заробітної плати.

Штучно-калькуляційний час обчислюється по формулі:

$$T_{шт.к} = T_{шт.} + (T_{пз} / n)$$

де $T_{шт.к}$ – час, штучно-калькуляційний хв;

$T_{пз}$ – підготовчо-заклучний час, хв;

n – розмір партії деталей, шт.

Таблиця 5.4. Розрахунок штучно-калькуляційного часу, для про нормованих операції технологічного процесу на механічну обробку вал-шестерні.

Фрезерно-центрувальна	$T_{шт.к} = 19 + (18 / 3) = 25 \text{ хв.} = 0,42 \text{ год.}$
Токарно-гвинторізна	$T_{шт.к} = 50,3 + (12 / 3) = 54,3 \text{ хв.} = 0,9 \text{ год.}$
Токарно-гвинторізна	$T_{шт.к} = 83,42 + (12 / 3) = 87,42 \text{ хв.} = 1,46 \text{ год.}$
Токарно-гвинторізна	$T_{шт.к} = 209,65 + (12 / 3) = 213,65 \text{ хв.} = 3,56 \text{ год.}$
Зубофрезерна (чорнова)	$T_{шт.к} = 441 + (12 / 3) = 445 \text{ хв.} = 7,42 \text{ год.}$
Полірувальна	$T_{шт.к} = 17,2 + (8 / 3) = 19,87 \text{ хв.} = 0,33 \text{ год.}$
Токарна з ЧПК	$T_{шт.к} = 100,1 + (9 / 3) = 103,1 \text{ хв.} = 1,72 \text{ год.}$
Круглошліфувальна	$T_{шт.к} = 47,3 + (6 / 3) = 49,3 \text{ хв.} = 0,82 \text{ год.}$
Зубофрезерна (чистова)	$T_{шт.к} = 97,24 + (12 / 3) = 101,24 \text{ хв.} = 1,69 \text{ год.}$
Полірувальна	$T_{шт.к} = 25,6 + (8 / 3) = 28,27 \text{ хв.} = 0,47 \text{ год.}$
Зубошевінгувальна	$T_{шт.к} = 73,7 + (13 / 3) = 78,03 \text{ хв.} = 1,3 \text{ год.}$
Полірувальна	$T_{шт.к} = 25,2 + (8 / 3) = 27,87 \text{ хв.} = 0,46 \text{ год.}$
Радіально-свердлувальна	$T_{шт.к} = 98,36 + (8 / 3) = 100,36 \text{ хв.} = 1,67 \text{ год.}$
Вертикально-фрезерна	$T_{шт.к} = 17,2 + (12 / 3) = 21,2 \text{ хв.} = 0,35 \text{ год.}$
Слюсарна	$T_{шт.к} = 18,4 + (8 / 3) = 21,07 \text{ хв.} = 0,36 \text{ год.}$

					6261м.08.МР.07.05.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 5.4.

Круглошліфувальна	$T_{шт.к} = 57,16 + (6 / 3) = 59,16 \text{ хв.} = 0,94 \text{ год.}$
Зубофрезерна	$T_{шт.к} = 46,11 + (12 / 3) = 50,11 \text{ хв.} = 0,83 \text{ год.}$
Полірувальна	$T_{шт.к} = 17,1 + (8 / 3) = 19,77 \text{ хв.} = 0,33 \text{ год}$
Радіально-свердлувальна	$T_{шт.к} = 21,3 + (8 / 3) = 23,97 \text{ хв.} = 0,4 \text{ год}$
Разом:	$\Sigma T_{шт.к} = 1068,1 \text{ хв.} = 17,8 \text{ год}$

5.2 Визначення кількості обладнання ділянки

5.2.1 Визначення фонду часу роботи обладнання

Календарний фонд часу роботи устаткування обчислюється множенням числа календарних днів (D) у розрахунковому періоді на число годин у добу:

$$\Phi_k = D \cdot 24 = 365 \cdot 24 = 8760 \text{ год.}$$

Номінальний фонд часу роботи устаткування – кількість робочих днів у році відповідно до прийнятого режиму роботи без обліку планових втрат часу на ремонт обладнання:

$$\Phi_n = D_p \times T_{см} \times h - 1 \times D_{np} = 251 \times 8 \times 1 - 10 = 1998 \text{ год.}$$

де D_p – кількість робочих днів за рік;

$T_{см}$ – тривалість зміни, год;

h – кількість змін;

D_{np} – кількість передсвяткових днів.

Ефективний фонд часу роботи обладнання дорівнює номінальному, зменшеному на час перебування верстатів у ремонті, що враховується коефіцієнтом β ($\beta = 0,019$ - для універсальних верстатів масою до 10т, $\beta = 0,047$ - для верстатів з ЧПК масою до 10т):

$$\Phi_{ef} = \Phi_n (1 - \beta) = 1998 (1 - 0,019) = 1960 \text{ год.}$$

$$\Phi_{ef} = \Phi_n (1 - \beta) = 1998 (1 - 0,047) = 1904 \text{ год.}$$

					6261м.08.МР.07.05.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.2.2 Розрахунок потрібної кількості устаткування і його завантаження

До основного виробничого обладнання дільниці механічного цеху відноситься обладнання, що виконує технологічні операції. На дільниці механічного цеху це металорізальні верстати. При розробці технічного проекту дільниць цехів серійного виробництва визначення потрібної кількості обладнання ведеться точним методом, тобто на основі підрахунку річної трудомісткості обробки всіх деталей, закріплених за даним типом верстата, і дійсного фонду часу роботи обладнання.

Потрібна кількість обладнання визначається за формулою:

$$C_{pi} = \frac{TH_i}{\Phi_{ef} \cdot K_{вн}},$$

де Φ_{ef} – ефективний річний фонд часу роботи обладнання, верст.-год;

$K_{вн}$ – коефіцієнт виконання норм часу ($K_{вн}=1,1$, $K_{вн}$ на ЧПК = 1,0).

TH_i – річна трудомісткість виготовлення деталі на i -тому обладнанні, н-год.

$$TH_i = T_{шт-кi} \cdot N,$$

де $T_{шт-кi}$ – сумарний штучно-калькуляційний час обробки однієї деталі на i -тому типі обладнання, год;

N – річний програма випуску деталей, шт.

Коефіцієнт завантаження i -того типу устаткування являє собою відношення розрахункового числа одиниць до прийнятого:

$$K_{zi} = \frac{C_p}{C_{пр}}.$$

де C_p – розрахункова кількість верстатів;

$C_{пр}$ – прийнята кількість верстатів;

K_{zi} – коефіцієнт завантаження.

Якщо верстат завантажений менше ніж на 0,84%, його необхідно довантажити роботою по кооперації.

					6261м.08.МР.07.05.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Довантаження визначається по наступній формулі:

$$T_{\text{обиц}} = \frac{T \times K_3(\text{з довантажень})}{K_3(\text{без довантаження})}$$

де $T_{\text{обиц}}$ – загальна трудомісткість,

$$T_{\text{дог}} = T_{\text{обиц}} - TH_i$$

1. Робимо розрахунок на фрезерно-центрувальний верстат моделі МР-76М:

$$TH = 0,42 \times 500 = 210 \text{ н.год.};$$

$$C_p = 210 / (1960 \times 1,1) = 0,1 \text{ шт.};$$

Приймаємо $C_{np} = 1 \text{ шт.};$

$$K_3 = 0,1 / 1 = 0,1 \text{ \%};$$

$$T_{\text{обиц}} = 210 \times 0,84 / 0,1 = 1764 \text{ н.год.};$$

$$T_{\text{дог}} = 1764 - 210 = 1554 \text{ н.год.}$$

2. Робимо розрахунок на токарно-гвинторізний верстат моделі 165:

$$T_{\text{шт-к}} = 0,9 + 1,46 + 3,56 = 5,92 \text{ год.};$$

$$TH = 5,92 \times 500 = 2960 \text{ н.год.};$$

$$C_p = 2960 / (1960 \times 1,1) = 1,37 \text{ шт.};$$

Приймаємо $C_{np} = 2 \text{ шт.};$

$$K_3 = 1,37 / 2 = 0,69 \text{ \%};$$

$$T_{\text{обиц}} = 2960 \times 0,84 / 0,69 = 3603 \text{ н.год.};$$

$$T_{\text{дог}} = 3603 - 2960 = 643 \text{ н.год.}$$

3. Робимо розрахунок на зубофрезерний верстат моделі КУ-331:

$$T_{\text{шт-к}} = 7,42 + 1,69 + 0,83 = 9,94 \text{ год.};$$

$$TH = 9,94 \times 500 = 4970 \text{ н.год.};$$

$$C_p = 4970 / (1960 \times 1,1) = 2,31 \text{ шт.};$$

Приймаємо $C_{np} = 3 \text{ шт.};$

$$K_3 = 2,31 / 3 = 0,77 \text{ \%};$$

$$T_{\text{обиц}} = 4970 \times 0,84 / 0,77 = 5422 \text{ н.год.};$$

$$T_{\text{дог}} = 5422 - 4970 = 452 \text{ н.год.}$$

					6261м.08.МР.07.05.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. Робимо розрахунок на токарний верстат з ЧПК моделі 1Н65РФ3:

$$TH = 1,72 \times 500 = 860 \text{ н.год.};$$

$$C_p = 860 / (1960 \times 1) = 0,45 \text{ шт.};$$

$$\text{Приймаємо } C_{np} = 1 \text{ шт};$$

$$K_3 = 0,45 / 1 = 0,45 \%;$$

$$T_{\text{обц}} = 860 \times 0,84 / 0,45 = 1605 \text{ н.год.};$$

$$T_{\text{дог}} = 1605 - 860 = 745 \text{ н.год.}$$

5. Робимо розрахунок на круглошліфувальний верстат моделі 3А174:

$$T_{\text{шт-к}} = 0,82 + 0,94 = 1.76 \text{ год.};$$

$$TH = 1.76 \times 500 = 880 \text{ н.год.};$$

$$C_p = 880 / (1960 \times 1,1) = 0,4 \text{ шт.};$$

$$\text{Приймаємо } C_{np} = 1 \text{ шт};$$

$$K_3 = 0,4 / 1 = 0,4 \%;$$

$$T_{\text{обц}} = 880 \times 0,84 / 0,4 = 1848 \text{ н.год.};$$

$$T_{\text{дог}} = 1848 - 880 = 968 \text{ н.год.}$$

6. Робимо розрахунок на зубошевінгувальний верстат моделі RFw-10S:

$$TH = 1,3 \times 500 = 650 \text{ н.год.};$$

$$C_p = 650 / (1960 \times 1,1) = 0,3 \text{ шт.};$$

$$\text{Приймаємо } C_{np} = 1 \text{ шт};$$

$$K_3 = 0,3 / 1 = 0,3 \%;$$

$$T_{\text{обц}} = 650 \times 0,84 / 0,3 = 1820 \text{ н.год.};$$

$$T_{\text{дог}} = 1820 - 650 = 1170 \text{ н.год.}$$

7. Робимо розрахунок на радіально-свердлувальний верстат RF-31/B:

$$T_{\text{шт-к}} = 0,33 + 0,4 = 0,73 \text{ год.};$$

$$TH = 0,73 \times 500 = 365 \text{ н.год.};$$

$$C_p = 365 / (1960 \times 1,1) = 0,16 \text{ шт.};$$

$$\text{Приймаємо } C_{np} = 1 \text{ шт};$$

$$K_3 = 0,16 / 1 = 0,16 \%;$$

$$T_{\text{обц}} = 365 \times 0,84 / 0,16 = 1916 \text{ н.год.};$$

$$T_{\text{дог}} = 1916 - 365 = 1551 \text{ н.год.}$$

					6261м.08.МР.07.05.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

8. Робимо розрахунок на вертикально-фрезерний верстат моделі 6Р12П:

$$TH = 0,35 \times 500 = 175 \text{ н.год.};$$

$$C_p = 175 / (1960 \times 1,1) = 0,08 \text{ шт.};$$

$$\text{Приймаємо } C_{np} = 1 \text{ шт};$$

$$K_3 = 0,08 / 1 = 0,08 \%;$$

$$T_{обц} = 175 \times 0,84 / 0,08 = 1837 \text{ н.год.};$$

$$T_{дог} = 1837 - 175 = 1662 \text{ н.год.}$$

9. Робимо розрахунок на слюсарний верстак:

$$T_{шт-к} = 0,33 + 0,47 + 0,46 + 0,36 + 0,33 = 1,95 \text{ год.};$$

$$TH = 1,95 \times 500 = 974 \text{ н.год.};$$

$$C_p = 974 / (1960 \times 1) = 0,5 \text{ шт.};$$

$$\text{Приймаємо } C_{np} = 1 \text{ шт};$$

$$K_3 = 0,5 / 1 = 0,5 \%;$$

$$T_{обц} = 974 \times 0,84 / 0,5 = 1636 \text{ н.год.};$$

$$T_{дог} = 1636 - 974 = 662 \text{ н.год.}$$

Розрахунок потрібної кількості обладнання і коефіцієнтів завантаження обладнання по типах для зручності зводимо в таблицю табл. 5.5.

5.3 Складання кошторису витрат на обладнання.

Дані про кількість, модель, габарити, потужність електродвигуна, вартість (з урахуванням транспортування та монтажу) та ремонтну складність обладнання на ділянці заносимо у зведену відомість обладнання табл. 5.6.

					6261м.08.МР.07.05.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Т а б л и ц я 5.5 Розрахунок потрібної кількості обладнання, і його завантаження

Найменування обладнання	Модель Верстаг а	Річ на пр- ма, шт	Штучно кальку- ляційний час Т _{шт.к.} , год	Річна трудос- місткіс- ть Т - н.-г	Дован- тажен- ня Т _{дов} н.-г	Річний обсяг робіт, Т н.-г	Ефекти- вний фонд Часу Фе, год	К _{вн}	Кількість верстагів		К _з ср
									Ср	Спр	
Токарний з ЧПК	1Н65РФ 3	500	1,72	860	745	1605	1904	1	0,45	1	0,45
Токарно- гвинторізний	165		5,92	2960	643	3603	1960	1,1	1,37	2	0,69
Фрезерно- центрувальний	МР-76М		0,42	210	1554	1764	1960	1,1	0,1	1	0,1
Зубофрезерний	КУ-331		9,94	4970	452	5422	1960	1,1	2,31	3	0,77
Круглошліфува льний	3А174		1,76	880	968	1848	1960	1,1	0,4	1	0,4
Зубошівінгува льний	Фw-10S		1,3	650	1170	1820	1960	1,1	0,3	1	0,3
Вертикально- фрезерний	6Р12П		0,35	175	1662	1837	1960	1,1	0,08	1	0,08
Радіально- свердлувальний	RF-31/В		0,73	365	1551	1916	1960	1,1	0,16	1	0,16
Слюсарний верстаг	Верстаг		1,9	974	662	1636	1960	1,1	0,5	1	0,5
Разом:	-		24,04	12044	9407	21451	-		5,67	12	

0,84

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

6261м.08.МР.07.05.ПЗ

Арк.

5.4 Визначення чисельності робітників на дільниці.

5.4.1 Розрахунок кількості основних виробничих робітників.

Число основних виробничих робітників визначається по формулі:

$$Ч_p = \frac{T_{\text{общ}}}{F_{\text{эф}} \times K_n \times K_{\text{б.обс}}}$$

де, $T_{\text{общ}}$ – загальний річний обсяг робіт, н-ч;

$F_{\text{эф}}$ – ефективний фонд часу робітника в рік, чіл/година;

K_n – коефіцієнт виконання норм;

$K_{\text{б. обс.}}$ – коефіцієнт багатOVERстатного обслуговування.

Ефективний фонд часу робітника визначається по формулі:

$$F_{\text{эф.}} = D \times q \times (1 - \alpha),$$

де, D – кількість робочих днів у році;

q – тривалість робочої зміни;

α – плановий відсоток втрати робочого часу, $\alpha = 8 \dots 15\%$.

Приймаємо $\alpha = 10\%$;

$D = 251$ днів;

$q = 8$ годин.

$$F_{\text{эф}} = 251 \times 8 \times (1 - 0.1) = 1807 \text{ чол/год}$$

Розрахунок кількості фрезерувальників:

$$Ч_p = 3603 / (1807 \times 1,1 \times 1) = 1,81$$

Приймаємо $Ч_{np} = 2$ люд.

Розраховуємо кількість токарів:

$$Ч_p = 3603 / (1807 \times 1,1 \times 1) = 1,81$$

Приймаємо $Ч_{np} = 2$ люд.

Розраховуємо кількість операторів токарних верстатів з ЧПК:

$$Ч_p = 1605 / (1807 \times 1 \times 1) = 0,89$$

Приймаємо $Ч_{np} = 1$ люд.

					6261м.08.МР.07.05.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розраховуємо кількість шліфувальників:

$$Чр = 1848 / (1807 \times 1,1 \times 1) = 0,92$$

Приймаємо $Чпр = 1$ люд.

Розраховуємо кількість зуборізників:

$$Чр = 5422 / (1807 \times 1,1 \times 1) = 2,72$$

Приймаємо $Чпр = 3$ люд.

Розраховуємо кількість шевінгувальників:

$$Чр = 1820 / (1807 \times 1,1 \times 1) = 0,91$$

Приймаємо $Чпр = 1$ люд.

Розраховуємо кількість сведлувальників:

$$Чр = 1916 / (1807 \times 1,2 \times 1) = 0,88$$

Приймаємо $Чпр = 1$ люд.

Розраховуємо кількість слюсарів з механоскладальних робіт:

$$Чр = 1636 / (1807 \times 1 \times 1) = 0,9$$

Приймаємо $Чпр = 1$ люд.

Таблиця 5.7 – Розрахунок чисельності основних робітників

Професія	Розряд	Трудоміст кість Тобщ, н-ч	Кб. о.	Кв.	Фэф, чол/годин	Кількість робітників	
						Чр	Чпр
Фрезерувальник	2	3601	1	1,1	1807	1,81	2
Токар	3	3603	1	1,1	1807	1,81	2
Оператор з ЧПУ	3	1605	1	1	1807	0,89	1
Шліфувальник	3	1848	1	1,1	1807	0,91	1
Зуборізальник	3	5422	1	1,1	1807	2,72	3
Шевінгувальник	3	1820	1	1,1	1807	0,91	1
Сведлувальник	3	1916	1	1,2	1807	0,88	1
слюсарів з механоскладальних робіт	3	1636	1	1	1807	09	1
Разом:		21445					12

Середній розряд основних робочих на дільниці становить:

$$R_{сер} = \Sigma P_p R_o / \Sigma R_o = 2 \times 2 + 3 \times 10 / 12 = 2,83$$

де R_p – тарифний розряд робочих;

P_o – кількість основних робочих даного розряду.

					6261м.08.МР.07.05.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.4.2 Розрахунок кількості допоміжних робітників.

Допоміжні робочі – це працівники, які обслуговують основне виробництво (наладники, комірники та роздавачі інструментів, слюсарі для ремонту верстатів та оснастки, електромонтери, контролери та інші).

Чисельність допоміжних робітників визначається відповідно до нормативів обслуговування.

Таблиця 5.8 - Розрахунок необхідної кількості допоміжних робочих

Професія	Норми обслуговування	Кількість агрегатів та основних робітників, шт (осіб), рем.од.	Кількість допоміжних робітників	Розряд	Режим роботи	Необхідна кількість робочих, осіб	Годинна тарифна ставка, грн.
Наладчики :- верстатів з ЧПК	5 верстатів	1	0,2	5	1	0,2	14,483
Настройщик регулювальник інструменту для верстатів с ЧПК	1 на 20-25 верстатів	1	0,1	2	1	0,1	9,372
Слюсар з поточного ремонту обладнання	500 р.о.	136	0,27	4	1	0,27	12,779
Верстатник з ремонту облад.	1 на 12 осн.робіт.	12	1	3	1	1	11,501
Мастильник	1000 р.о.	136	0,13	2	1	0,13	9,372
Комірник	1 на 55-56 верстатів	11	0,16	3	1	0,16	11,501
Електромонтер	1500 р.о.	104	0,1	3	1	0,1	11,501
Контролер	7-9% від кількості верстатів	11	1	4	1	1	12,779
Транспортний робочий	1 на 35 осн. робіт.	21	0,3	2	1	0,3	9,372
Прибиральник	1 на 2000-2500 кв.м	421 кв.м	0,15	2	1	0,14	9,372
Разом:						3,4	

Середній розряд допоміжних робочих на ділянці становить:

$$R_{сер} = 5 \times 0,2 + 4(0,27+1) + 3(1+0,16+0,1) + 2(0,3+0,14) / 3,4 = 3,14$$

					6261м.08.МР.07.05.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.4.3 Розрахунок чисельності фахівців і МОП

Чисельність керівних робітників, спеціалістів, службовців і молодшого обслуговуючого персоналу розраховується методом структури кадрів, при чому ця категорія працюючих становить 15–20% від прийнятої кількості основних та допоміжних робочих або встановлюється за нормами обслуговування. Результати розрахунку зводяться в табл.ицю. 5.9.

Таблиця 5.9. - Розрахунок кількості спеціалістів, службовців і МОП.

Посада	Норма обслу- говування	Кількість робочих, яких обслуговують	Необхідна кількість працюючих	Посадовий оклад, грн.
1	2	3	4	5
I Спеціалісті:				
Майстер	1 на 12-25 о.р.	12	1	2600
Інженер-технолог	1 на дільницю	1	1,00	2300
Інженер-нормувальник	100-150 о.р.	12	0,12	2000
Інженер-планувальник	200-450 р.	18,62	0,16	2000
Економіст	200-450 р.	18,62	0,16	1800
Бухгалтер	200-450 р.	18,62	0,16	1800
Разом:			2,60	
II Службовці:				
Табельник	200-450 р.	18,62	0,16	1200
Нарядник	200-450 р.	18,62	0,16	1200
Обліковець	200-450 р.	18,62	0,16	1200
Разом:			0,48	
III МОП:				
Прибиральник	1 на 600 кв.м	84,2 кв.м	0,14	920
Разом:			0,14	

5.4.4 Зведена відомість працюючих на дільниці.

Загальна кількість працюючих дільниці та їх структура у % зведені у табл. 5.10.

					6261м.08.МР.07.05.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.10 - Зведена відомість працюючих на дільниці.

Категорія працюючих	Кількість працюючих	Питома вага, %
1.Основні робочі	12	64,45
2.Допоміжні робочі	3,4	18,25
3.Спеціалісти	2,6	14
4.Службовці	0,48	2,55
5.Молодший обслуговуючий персонал	0,14	0,75
Разом:	18,62	100

5.5 Розрахунок основних і допоміжних площ дільниці.

5.5.1 Визначення виробничої площі.

Виробнича площа – площа відділень і ділянок, безпосередньо призначена для здійснення технологічного процесу. У її состав включається територія цеха, що займає основне виробниче обладнання, необхідне оснащення, робочі місця, стенди, наземні засоби транспортування, місця майстра й контролера ВТК, проходи та проїзди між верстатами за виключенням магістралей та пожежних проїздів.

Виробничу площу цеху попередньо визначаємо по питомих площах для кожної групи устаткування. Розрахунок виконуємо по формулі:

$$F_{\text{вир}} = \sum_{i=1}^n F_{\text{нум}i} \cdot C_i$$

де $F_{\text{нум}i}$ – середня питома площа для розміщення одного верстата i -ої групи, м²; (для дрібних верстатів $F_{\text{нум}}=10\ldots15$ м²; для середніх $F_{\text{нум}}=16\ldots25$ м²; для великих $F_{\text{нум}}=26\ldots45$ м², для верстаків $F_{\text{нум}}=10$ м²);

C_i – кількість верстатів i -ої групи встаткування.

$$F_{\text{вир}} = (1 \times 100 + 4 \times 50 + 3 \times 24 + 2 \times 20 + 1 \times 16 + 2 \times 10) = 448 \text{ м}^2.$$

					6261м.08.МР.07.05.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.5.2 Визначення допоміжної площі.

На допоміжних площах розміщуються склади заготовок і деталей, ремонтні відділення, інструментально-роздавальні склади із заточувальними відділеннями, майстерні енергетика й механіка, склади допоміжних матеріалів, магістральні й пожежні проїзди.

1. Площа складу готових деталей розраховується за формулою:

$$F_{сгд} = \frac{N \cdot G \cdot t_{сер}}{\Phi \cdot q \cdot k_{\phi}},$$

де N – річний обсяг випуску деталей, шт.;

G – вага деталі, кг;

$t_{сер}$ – норматив зберігання запасів, залежить від виду виробництва; приймаємо $t_{сер}=5$ днів;

Φ – число календарних днів у році;

q – вантажопідйомність підлоги, $q=0,7 \dots 1,5$ т/м²;

k_{ϕ} – коефіцієнт використання площі складу залежно від виду транспорту, $k_{\phi}=0,3$.

$$F_{сгд} = (500 \times 685 \times 5) / (365 \times 1000 \times 0,3) = 15,6 \text{ м}^2.$$

2. Площа складу заготовок розраховується аналогічно:

$$F_{ск} = \frac{N \cdot G \cdot t_{сер}}{\Phi \cdot q \cdot k_{\phi} \cdot k_{\text{вм}}},$$

де $k_{\text{вм}}$ – коефіцієнт використання матеріалу.

$$F_{ск} = (500 \times 685 \times 5) / (365 \times 1000 \times 0,3 \times 0,67) = 23,3 \text{ м}^2.$$

Загальна площа допоміжних відділень становить:

$$F_{дон} = F_{сгд} + F_{ск} = 15,6 + 23,3 = 38,9 \text{ м}^2.$$

Виробнича площа діляниці уточнюється на основі планування діляниці.

5.5.3 Визначення площі побутових і службових приміщень.

Площі службово-побутових приміщень визначаються згідно БНіП. У побутові приміщення входять гардеробні, умивальники, курильні, душові,

					6261м.08.МР.07.05.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

кімната прийому їжі, кімнати особистої гігієни. При укрупнених розрахунках площа службово-побутових приміщень приймається 15-20% від виробничих площ і вона становить:

$$F_{ноб} = 0,2 \times F_{вир} = 0,2 \times 448 = 89,6 \text{ м}^2.$$

5.6 Розрахунок висоти цеху.

Висота цеху розраховується виходячи з висоти найбільш високого верстата, розмірів і конструкції кранів, а також санітарно-гігієнічних вимог.

Загальна висота будинку від підлоги до нижньої виступаючої частини верхнього перекриття дорівнює:

$$H = k_1 + k_2 + k_3 + k_4 + k_5 + k_6,$$

де k_1 – висота найбільш високого верстата, м;

k_2 – відстань безпеки між верстатом і вантажем (0,5–1 м);

k_3 – висота вантажу або контейнера з деталями, м;

k_4 – довжина стропів, м;

k_5 – мінімальна відстань від гака до рейки, м;

k_6 – відстань від головки рейки до нижньої частини верхнього перекриття, м.

$$H = 3,4 + 1,0 + 0,6 + 1,0 + 0,5 + 1,3 = 7,8 \text{ м.}$$

Приймаємо найближче більше стандартне значення $H = 8,4 \text{ м.}$

5.7. Визначення виду й параметрів вантажопідйомного устаткування дільниці, виду наземного транспорту.

Весь транспорт на заводі поділяється на загальнозаводський і внутрішньоцеховий. Цеховий транспорт буває безперервної й перериваної дії. До транспортних засобів безперервної дії відносяться конвеєри, рольганги, транспортери, перериваного – електро- і автотранспортери, кранове устаткування.

					6261м.08.МР.07.05.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вибір транспортних засобів залежить від ступеня безперервності вантажопотоку, маси, форми й габаритів переміщуваних вантажів. Тип ПТО повинен відповідати переміщуваним вантажам по характеру технологічного процесу, по виду транспортованого вантажу, мати необхідну продуктивність і мінімальну кількість обслуговуючого персоналу.

Партія запуску деталей буде важити $1016 \times 3 = 3048$ кг. В такому разі для переміщення заготівель від верстата до верстата вибираємо кран-балку з наземним керуванням вантажопідйомністю 5 т.

Для транспортування деталей на ділянку можливе застосування електрокарів. Цей засіб цілком підходить для транспортування деталей та заготовок у спеціальній тарі.

5.8. Визначення обсягу капітальних вкладень у діляницю механічного цеху по виготовленню деталі вал - шестерня

Таблиця 5.11.- Визначення величини капітальних вкладень та їх структури.

Група основних фондів	Вартість основних фондів	Питома вага, %	Вказівки до розрахунку
1	2	3	4
Група 1 Будівлі, споруди, та передаточні пристрої, утому челі:			
1.1. Будівлі виробничого призначення	336000	16,47	750грн за 1 кв.м
1.2. Будівлі побутового призначення	58240	2,86	650грн за 1 кв.м
1.3. Силові машини	165357	8,1	1000 грн за 1 кВт
Група 2 Автомобільний транспорт, меблі, інше конторське обладнання			
2.1. Транспорт та ЕОМ	186043	9,12	15% від п. 3.1
2.2. Інвентар	6000	0,29	500грн на 1 о.р.
Група 3 будьякі інші основні фонди, що не включені до груп 1 і 2			
3.1. Робочі машини та обладнання	1261897	61,86	За кошторисом витрат
3.2. Вимірювальні та регулюючі приприлади	7700	0,38	700 грн на 1 верстат
3.3. Інструмент та пристосування	18604	0,92	1,5% от п.3.1.
Разом :	2039841	100	

					6261м.08.МР.07.05.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6. Організаційно-економічна частина.

6.1. Склад і методика розрахунку річного фонду заробітної

плати працівників дільниці

Фонд заробітної плати на дільниці складається з:

- а) фонду основної заробітної плати працюючих;
- б) фонду додаткової заробітної плати працюючих.

До основної заробітної плати відносяться витрати на виплату основної заробітної плати, нарахованої відповідно до прийнятих систем оплати праці у вигляді тарифних ставок, окладів і відрядних розцінок, а також планованого обсягу відповідних видів продукції.

До додаткової заробітної плати відносяться витрати на виплату виробничому персоналу цеху додаткової заробітної плати, нарахованої за роботу понад установлену норму, за трудові успіхи і винахідливість, особливі умови праці. Вона включає також доплати, надбавки, гарантійні і компенсаційні виплати, передбачені законодавством. Сума додаткової заробітної плати визначається множенням суми основної заробітної плати на середні норми додаткової заробітної плати.

Основний фонд заробітної плати спеціалістів, службовців і молодшого обслуговуючого персоналу визначається на основі штатного розкладу цеху і діючих систем посадових окладів.

6.2. Розрахунок річного фонду заробітної платні працівників

дільниці

6.2.1. Визначення фонду заробітної плати основних виробничих

робочих

					6261м.08.МР.07.06.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок основного фонду заробітної плати основних робочих здійснюється за формулою:

$$ЗП_{\text{тар.відр.}} = \sum_{i=1}^m (C_{\text{ч}_i} \cdot T_n);$$

б), на програму:

94

де m - номенклатура деталей;

$C_{\text{ч}_i}$ - годинна тарифна ставка робочих, грн.;

T_n - трудомісткість річної програми i -го виробу, н-год;

P_i - відрядна розцінка за обробку i -ї деталі, грн./шт.;

A_i - річна програма i -го виробу, шт.

Розрахунок основного фонду заробітної плати основних робочих, наприклад, на токарно-гвинторізній операції (III розряд робіт) виглядатиме так:

а) на одиницю продукції: $ЗП_{\text{тар.відр.III}} = 12,512 \cdot 5,92 = 74,07$ (грн.);

б) на програму: $ЗП_{\text{тар.відр.III}} = 12,512 \cdot 3603 = 45080,74$ (грн.).

Розрахунки по іншим операціям проводяться аналогічно, результати зводяться до табл.6.1.

					6261м.08.МР.07.06.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 6.1.-Розрахунок основної заробітної плати виробничих робітників

Найменування операції	Розряд роботи	Тарифна заробітна плата за одиницю продукції			Тарифна заробітна плата на програму з урахуванням супутньої продукції		
		Норма часу, <i>Тимт.-кал.</i> н-год.	Годинна тарифна ставка, грн.	Сума, грн.	Трудомісткість річної програми н.-год.	Годин на тариф на ставку, грн.	Сума, грн.
1	2	3	4	5	6	7	8
Фрезерувальна	2	0,77	10,95	8,43	3601	10,95	39430,95
Токарна	3	5,92	12,512	74,07	3603	12,512	45080,74
Токарна з ЧПУ	3	1,72	12,512	21,52	1605	12,512	20081,76
Шліфувальна	3	1,76	12,512	22,02	1848	12,512	23122,18
Зубофрезерна	3	9,94	12,512	124,37	5422	12,512	67840,06
Зубошевінгувальна	3	1,3	12,512	16,27	1820	12,512	22771,84
Сведлильна	3	0,73	12,512	9,13	1916	12,512	23972,99
Слюсарна	3	1,9	12,512	23,77	1636	12,512	20469,63
Разом:				299,58			262770,15

6.2.2. Визначення фонду заробітної плати допоміжних робочих

Річний фонд заробітної плати допоміжних робітників визначається за наступною формулою:

$$ЗП_{\text{тар. допом.}} = C_{\text{чi}} \cdot K_p \cdot \Phi_{\text{эф}},$$

де $C_{\text{чi}}$ - годинна тарифна ставка робочих, грн.;

K_p - кількість допоміжних робочих;

					6261м. 08.МР.07.06.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$\Phi_{эф.}$ - ефективний річний фонд часу одного робітника, год.

Розрахунок річного фонду заробітної плати допоміжного робітника (контролер) визначається за наступною формулою:

$$ЗП_{тар. допом.} = 2,618 \cdot 0,44 \cdot 1871 = 2155,24 \text{ (грн.)}.$$

Аналогічно робимо розрахунки для допоміжних робочих інших професій. Результати розрахунків зводимо в таблицю 6.2.

Таблиця 6.2.-Розрахунок основного фонду заробітної платні допоміжних робітників

Професія	Розряд	Кількість осіб,	Годинна тарифна ставка, грн	Ефектив-ний річний фонд часу, год	Тарифна заробітна плата, грн..
Наладник верстатів з ЧПК	5	0,2	14,483	1807	52,3416
Настроювач-регулювальник інструменту для верстатів з ЧПК	2	0,1	9,372		1693,52
Слюсар по ремонту обладнання	4	0,27	12,779		6234,75
Верстатник з ремонту обладнання	3	1,0	11,501		20782,31
Мастильник	2	0,13	9,372		2201,58
Комірник	3	0,16	11,501		3325,17
Електромонтер	3	0,1	11501		2078,23
Контролер	4	1,0	12,779		23091,65
Транспортний робітник	2	0,3	9,372		5080,56
Прибиральник виробничих приміщень	2	0,14	9,372		2370,93
РАЗОМ:		3.4			72092,93

					6261м.08.МР.07.06.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6.2.3. Визначення фонду заробітної плати спеціалістів, службовців і молодшого обслуговуючого персоналу

Річний фонд заробітної плати спеціалістів, службовців і молодшого обслуговуючого персоналу:

$$Z_{осн.сп.} = K_{сп.і} \cdot O_{м.і} \cdot M$$

де $K_{сп.і}$ - кількість спеціалістів і-ї групи:

$O_{м.і}$ - місячний оклад, грн.;

M - число місяців роботи за рік.

Наприклад, розрахунок річного фонду заробітної плати майстра визначається так:

$$Z_{осн.сп.} = 2600 \cdot 1 \cdot 11 = 28600 \text{ (грн.)}$$

Аналогічно робимо розрахунки для інших професій. Результати розрахунків зводимо в таблицю 6.3.

Таблиця 6.3-Розрахунок основного фонду заробітної плати спеціалістів, службовців і молодшого обслуговуючого персоналу

Категорія працюючих, найменування посади	Кількість штатних працівників, осіб	Посодовий оклад, грн.	Кількість місяців роботи	Величина основного фонду зарплати, грн..
1	2	3	4	5
I. Спеціалісти:				
Майстер	1	2600	11	28600
Інженер-технолог	1	2300	11	25300
Інженер-нормувальник	0,12	2000	11	22000
Інженер-планувальник	0,16	2000	11	22000
Економіст	0,16	1800	11	19800
Бухгалтер	0,16	1800	11	19800
РАЗОМ:	2,6			137500

					6261м.08.МР.07.06.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження табл. 6.3.

1	2	3	4	5
II, Службовці				
Табільник	0,16	1200	11,2	2150,4
Нарядник	0,16	1200	11,2	2150,4
Обліковець	0,16	1200	11,2	2150,4
РАЗОМ:	2,6			6451,2
III Молдший обслуговуючий персонал:				
Прибиральник побутових приміщень	0,14	1100	11,2	1724,8
РАЗОМ:	0,14			1724,8

6.2.4. Визначення середньорічної і середньомісячної заробітної

плати працюючих на дільниці

При розрахунку додаткової заробітної плати застосовується формула:

$$ЗП_{\text{дод.і}} = \frac{ЗП_{\text{оср.і}} \times H_{\text{д.і}}}{100},$$

де $H_{\text{д.і}}$ - норма нарахування додаткової заробітної плати і-ї групи, %.

Середньорічна заробітна плата одного працюючого і-ї групи:

$$ЗП_{\text{дод.і}} = \frac{ЗП_{\text{оср.і}} + ЗП_{\text{дод.і}}}{K_i},$$

де K_i - кількість працюючих і-ї групи. Середньомісячна заробітна плата одного працюючого:

$$ЗП_{\text{сер.м.і}} = \frac{ЗП_{\text{сер.і}}}{12},$$

Зробимо розрахунок середньомісячної заробітної плати для основних виробничих робітників.

$$ЗП_{\text{дод.1}} = \frac{262770,15 \times 35}{100} = 91969,55 \text{ (грн)}$$

					6261м.08.МР.07.06.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$ЗП_{\text{од.1}} = \frac{262770,15 + 91969,55}{12_i} = 29561,64 \text{ (грн)};$$

$$ЗП_{\text{сер.м.і}} = \frac{29561,64}{12} = 2463,47 \text{ (грн)}.$$

Розрахунок по іншим працюючим проводимо аналогічно, результати зводимо у таблицю 6.4.

Таблиця 6.4.-Зведена відомість річного фонду заробітної плати працюючої ділянки.

Категорія працюючи х	Чисельність	Річний фонд заробітної плати			Усього, зарплата, грн.	Середньорічна зарплата одного працюючого, грн.	Середньомісячна зарплата одного працюючого, грн.
		Основна заробітна плата, з урахуванням довантаження, грн.	Додаткова				
			%	грн.			
1	2	3	4	5	6	7	8
Основні виробничі робітники	12	262770,15	35	91969,55	354739,7	29561,6	2463,47
Допоміжні робітники	3,4	72092,86	20	14418,57	86511,43	25444,5	2120,38
Спеціаліст и	2,6	137500	27	37125	174525	67125,0	5593,75
Службовці	0,48	6451,2	18	1161,22	7612,42	15859,2	1321,60
Молодший обслугову ю чий персонал	0,14	1724,8	15	258,72	1983,52	14168,0	1180,67
РАЗОМ:	18,62	480542		144938	625378	33586,4	2798,86

6.3. Розрахунок витрат на утримання й експлуатацію устаткування

Розрахунок витрат на утримання й експлуатацію устаткування наведено в таблиці 6.5.

Таблиця 6.5 Розрахунок витрат на утримання і експлуатацію устаткування.

Статті витрат	Елементи витрат	Спосіб розрахунку	Величина витрат, грн.
1	2	3	4
I. Витрати на повне відновлення капітального ремонту основних виробничих фондів (устаткування, транспортних засобів, інструментів)	Амортизація	Амортизацію виробничого устаткування, транспортних засобів і інструмента визначаємо за формулою: $A = \frac{F_{\text{пер}} \times H_a}{100},$ де $F_{\text{пер}}$ - балансова вартість устаткування, транспортних засобів і інструментів; H_a - норма амортизації, %: на устаткування - 24 %; транспортних засобів - 40 %; інструментів - 24 %. $A_{\text{уст}} = 1263489 \times 0,15 = 189523,35$ $A_{\text{тр}} = 189523 \times 0,24 = 45486$ $A_{\text{ін}} = 25712 \times 0,15 = 3856,8$	189523 45486 3856,8
Разом по I статті:			238866,8
II. Витрати на експлуатацію устаткування (технічний огляд і обслуговування)	Матеріали	Вартість мастильних, обтиральних матеріалів, емульсій для охолодження: $M = \Sigma (m \cdot C_{\text{пр}}) \cdot R \cdot K_{\text{мом.}} \cdot C_{\text{мом}} \cdot D_p,$ де m - норма витрат мастильних матеріалів на одиницю ремонтної складності по групах устаткування за день:	

Продовження табл. 6.5.

1	2	3	4
		для токарних верстатів ш=0,015 кг; для свердлувальних ш=0,02 кг; для шліфувальних /«=0,025 кг. $C_{пр}$- прийнята кількість верстатів даної групи; $K = 120,5$ -кількість одиниць ремонтної складності; $K_{зм} = 2$ -коефіцієнт змінності; $Ц_{мом} = 1,05$ - вартість одиниці мастильно-обтиральних матеріалів, грн.; $Др. = 251$ - кількість робочих днів у році. $M = (3 \times 0,015 + 5 \times 0,025 + 2 \times 0,02 + 1 \times 0,02) \times 142 \times 2 \times 1,05 \times 251 = 17215,1$	17215,1
	Заробітна плата	Витрати на оплату праці робітників, що обслуговують устаткування (наладчики, мастильники) визначають: а) основна заробітна плата: $ЗП_{тар.погод.} = 5234,16 + 2201,68 + 1693,52 = 9129,26$; б) додаткова заробітна плата: $ЗП_{дон} = 9129,26 \times 0,2 = 3195,24$	9129,26 3195,24

Продовження табл. 6.5.

1	2	3	4
		в) відрахування на соціальне страхування: $ЗП_{\text{соц.}} = \frac{(9129,26 + 3195,24)}{100\%} =$ $= 4621,69$	4621,69
	Послуги	Витрати на електроенергію: $C_{\text{ел.}} = \sum_{i=1}^n N \cdot \Phi_n \cdot K_3 \cdot C_{\text{ел.}}, \quad \text{де}$ N - установлена потужність устаткування по групах, кВт.; Φ_n - нормативний фонд часу роботи устаткування, год.; K_3 - коефіцієнт завантаження устаткування; $C_{\text{ел.}}$ - вартість одного кВт х год. електроенергії, грн. $C_{\text{ел.}} = 279,17 - 1960 - 0,84 - 0,4359 =$ $= 200350,75$	200350,8
		Витрати на стиснене повітря: $C_{\text{ст.пов.}} = B \cdot \Phi_{\text{еф.}} \cdot S \cdot K_3 \cdot \left(1 + \frac{\beta}{100}\right) \cdot C_{\text{ст.пов.}}$ де B - норма витрати стиснутого повітря за 1 год роботи устаткування, м³; $\Phi_{\text{еф.}}$ - ефективний фонд часу роботи устаткування, год.;	

Продовження табл. 6.5.

1	2	3	4
		S - кількість однорідних одиниць устаткування, споживаючих стиснене повітря, шт.; β- втрата повітря в трубопроводі ($\beta=5\%$); $C_{ст.пов}$ – ціна за 1 м^3 стиснутого повітря, грн. $C_{ст.пов}=1,5 \cdot 1960 \cdot 3 \cdot 0,84 \cdot (1 + 0,05) \cdot 0,07 = 554,55$	554,55
		Витрати на воду: $C_{вод} = \frac{Q \cdot \Phi_{ef} \cdot S}{100} \cdot C_{овв},$ де Q - норма витрати води на 1 верстат за 1 год роботи, л; $C_{овв}$ - ціна 1 м^3 води, грн.; S - число верстатів, працюючих із ЗОР, шт. $C_{вод} = \frac{18 \cdot 1960 \cdot 6 \cdot 3,11}{1000} = 658,33$	658,33
Разом поII статті:			218509,84
III.Витрати на проведення поточного ремонту устаткування і транспортних засобів	Матеріали	Для устаткування, крім автоматичних ліній, можна застосовувати в розмірі 4,5% від балансової вартості устаткування, 5% від вартості інструмента і 4,5% для транспортних засобів. $C_{уст} = 1263489 \cdot 0,045 = 56857$;	56857

					6261м.08.МР.07.06.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження табл. 6.5.

1	2	3	4
		$C_{inc} = 25712 \cdot 0.45 = 1157,04;$ $C_{mp} = 189523 \cdot 0,05 = 9476,15$	1157,04 9476,15
	Зарплата	Витрати на оплату праці робітників, зайнятих на ремонтних роботах (слюсарі, електрики та ін.) визначаються аналогічно розрахункам у другій статті. а) основна заробітна плата: $ЗП_{map.} = 6234,75 + 20782,31 + 2078,23 = 29095,29$ б) додаткова заробітна плата: $ЗП_{дод.} = ЗП_{map.} \cdot 0,25;$ $ЗП_{дод.} = 29095,29 \cdot 0,25 = 5819,06$ в) відрахування на соціальне страхування: $ЗП_{соц} = \frac{(ЗП_{map.} + ЗП_{дод.}) \cdot H_{соц.}}{100\%}$ $ЗП_{соц} = \frac{(29095,29 + 5819,06) \cdot 37,5\%}{100\%}$ =13092,88	29095,29 58019,06 13092,88
Разом по III статті:			115497,42
IV. Витрати на внутрішньозаводські переміщення вантажів	Матеріал и	Вартість мастильних і обтиральних матеріалів, пального, запасних частин і інших транспортних засобів, що використовуються для експлуатації, при укрупнених розрахунках, приймається 2% від	

Продовження табл. 6.5.

[illegible]

					6261м.08.МР.07.06.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження табл. 6.5.

1	2	3	4
V. Знос малоцінних інструментів та тих, що швидко зношуються	Матеріали	Вартість малоцінних інструментів і пристроїв та тих, що швидко зношуються, по укрупнених розрахунках, можна прийняти на 1 верстат, грн.: - токарні - 190; - свердлувальні - 240; - шліфувальні - 250. $C_{\text{малооц.}} = 3 \cdot 190 + 4 \cdot 280 + 2 \cdot 250 + 230 \cdot 1 + 190 \cdot 1 = 2610$	2610
	Послуги	Суму зносу малоцінного інструменту і пристроїв та тих, що швидко зношуються, вартість їхнього заточення і ремонту можна прийняти 25-30% від їхньої вартості: $C_{\text{зн}} = 2610 \cdot 0,3 = 783$	783
Разом по V статті:			3393
VI. Інші		Витрати непередбачені іншими статтями можна прийняти в розмірі 2-3% від суми попередніх статей: $C_{\text{ін.}} = 0,02 \cdot (238865,67 + 218509,84 + 115497,42 + 21344,59 + 3393) = 11952,21$	11952,21
Усього:			609562,69

Для включення витрат на утримання й експлуатацію устаткування в собівартість одиниці продукції визначимо % $V_{\text{уеу}}$ за формулою:

					6261м.08.МР.07.06.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\%B_{yey} = \frac{\Sigma B_{yey}}{\Sigma \Pi_{осн.}} \times 100\%,$$

де $\Sigma \Pi_{осн.}$ - фонд основної заробітної плати основних робочих.

$$\%B_{yey} = \frac{609562,69}{262770,15} \times 100\% \approx 232\%.$$

6.4. Складання калькуляції фактичної собівартості виготовлення

деталі „вал-шестерня”

Калькуляція - це визначення собівартості одиниці конкретного виду продукції. Розрахунок калькуляції наведено в таблиці 6.6.

Таблиця 6.6 - Калькуляція виготовлення деталі „вал-шестерня”

Шифр рядка	Найменування статей калькуляції	Величина витрат, грн..	Вказівки до розрахунку
01	Сировина і матеріали	25400	-
02	Зворотні відходи	-1465,9	-
03	Основна заробітна плата основних виробничих робітників	29958	Таблиця 6.1, підсумок графи 5
04	Додаткова заробітна плата основних виробничих робітників	10485	35% від п.03
05	Відрахування на соціальний захист	15166	37,5% від п.п. (03+04)
06	Відрахування на утримання й експлуатацію устаткування	69503	232% від п.03
07	Загальновиробничі витрати	173,75	58% від п.03
08	Виробнича собівартість	25358,97	(01-02+03+04+ +05+06+07)
09	Адміністративні витрати	31456	105% від п.03
10	Витрати на збут	1198	4% від п.03
11	Інші операційні витрати	1498	5% від п.03
12	Повна собівартість	25700	(08+09+10+11)

6.5. Розрахунок ціни підприємства річної програми

Оптова ціна - це сума прибутку та повної собівартості, розрахованої за статтями калькуляції. Прибуток розраховується в залежності від встановленого рівня рентабельності за формулою:

$$\text{Рентабельність} = \frac{\text{Прибуток}}{\text{Повна собівартість}} \times 100\%.$$

Розрахунок вартості річного обсягу продукції в оптових цінах зведено в таблицю 6.7.

Таблиця 6.7. - Визначення оптової ціни річної програми

Шифр рядка	Найменування статей калькуляції	Величина витрат, грн.	Вказівки до розрахунку
01	Сировина і матеріали	12700000	Ахтаб. 6.6 п.01
02	Зворотні відходи	-732950	Ахтаб. 6.6 п.02
03	Основна заробітна плата основних виробничих робітників	149790	Ахтаб. 6.6 п.03
04	Додаткова заробітна плата основних виробничих робітників	52425	Ахтаб. 6.6 п.04
05	Відрахування на соціальні заходи	75830	Ахтаб. 6.6 п.05
06	Витрати на утримання й експлуатацію устаткування	347515	Ахтаб. 6.6 п.06
07	Загальновиробничі витрати	86875	Ахтаб. 6.6 п.07
08	Виробнича собівартість	12679485	Ахтаб. 6.6 п.08
09	Адміністративні витрати	157279,5	Ахтаб. 6.6 п.09
10	Витрати на збут	5990	Ахтаб. 6.6 п.10
11	Інші операційні витрати	7490	Ахтаб. 6.6 п.11
12	Повна собівартість	12850000	Ахтаб. 6.6 п.12
13	Рівень рентабельності	-	15%
14	Прибуток	1927500	п.13 від п.12
15	Оптова ціна продукції підприємства без ПДВ	14777500	п.12+п.14

А - обсяг виробництва (500 шт.).

					6261м.08.МР.07.06.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначення фінансових результатів проводимо згідно з П(С)БУ 3 за допомогою таблиці 6.8.

Таблиця 6.8 - Визначення фінансових результатів

Стаття	Величина витрат, грн.	Вказівки до розрахунку
1. Доход (виручка) від реалізації продукції	14777500	п.15 табл.6.7
2. Собівартість продукції (виробнича)	12679485	п.08табл.6.7
3. Валовий прибуток	2098015	п.І-п.2
4. Адміністративні витрати	157279,5	п.09 табл.6.7
5. Витрати на збут	5990	п.10 табл.6.7
6. Інші операційні витрати	7490	п.11 табл.6.7
7. Фінансові результати від операційної діяльності	1927255,5	п.3-(п.4+п.5+п.6)
8. Податок на прибуток від звичайної діяльності	481813,88	25% від п.7
9. Фінансовий результат (чистий прибуток)	1445441,62	П.7-П.8

6.7. Розрахунок обсягів капітальних вкладень і строків окупності

Проекту

6.7.1. Проектування обсягів виробництва

Припустимо, що освоєння випуску нової продукції починається з 1 січня 2005 року і продовжується протягом 5 років. За цей період досягається річний обсяг випуску продукції 70000 штук.

Припустимо, що ціни на продукцію залишаються незмінними, а програмний обсяг виробництва досягається поступово (таблиця 6.9.).

					6261м.08.МР.07.06.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 6.9. - Проектовані обсяги виробництва.

Роки	9010	2011	2012	2013	2014
Обсяг виробництва, % до проектного	70	90	100	100	100

6.7.2. Розрахунок інвестиційних вкладень у проект

Обсяги інвестицій у проект включають суму вкладень в основні засоби та на створення оборотних коштів. Розрахунок інвестиційних вкладень у проект зведено в таблицю 6.10.

Таблиця 6.10 - Розрахунок обсягів інвестиційних вкладень у проект

Показники	Величина витрат
I. Інвестиційні вкладення в основні засоби:	
1. Будівлі, споруди і передатні пристрої	559597
2. Транспортні засоби	192043
3. Інше	1288201
Разом: вкладення в основні фонди	2039841
II. Інвестиції в оборотні кошти	1258078
УСЬОГО: I+II	3297919

Інвестиції в оборотні кошти ($CF_{об}$) є різницею між повною собівартістю (ПС) і амортизацією (А). Для даної деталі повна собівартість річної програми складає 12850000 грн. (табл.6.7., п.12), амортизація - грн. (табл.6.11., п.2+п.3+п.4), інвестиції в оборотні кошти будуть дорівнювати:

$$CF_{об} = \frac{ПС - А}{12} \cdot 1,2;$$

$$CF_{об} = \frac{12850000 - 269219,75}{12} \cdot 1,2 = 1258078 \text{ (грн.)}.$$

У даній формулі 20% - це резервний (страховий) фонд.

					6261м.08.МР.07.06.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6.7.3. Розрахунок грошового потоку

Для оцінки ефективності проекту потрібно сформувати грошовий потік від реалізації інвестицій (таблиця 6.11).

Таблиця 6.11. - Розрахунок грошового потоку

Показники	Значення, грн.	Вказівки з розрахунку
1. Чистий прибуток, у тому числі:	2574407,85	-
а) у річному обсязі продукції	1445441,62	п.9 табл.6.8
б) прибуток від випуску супутньої продукції	1128966,23	дивись розрахунок нижче
2. Амортизація 1-ї групи основних фондів	27978,85	8% від п.1 таб.6.10
3. Амортизація 2-ї групи основних фондів	48010,75	40% від п.2 таб.6.10
4. Амортизація 3-ї групи основних фондів	193230,15	24% від п.3 таб.6.10
Разом сумарний грошовий потік:	2843627,6	п.(1+2+3+4)

6.7.4. Розрахунок прибутку від випуску супутньої продукції

Прибуток від випуску супутньої продукції:

$$\Pi' = \frac{\Pi}{TН} \cdot (TН' - TН),$$

де Π - отриманий прибуток від заданої програми, грн.;

$TН$ - трудомісткість річної програми, н.-год.;

$TН'$ - трудомісткість річної програми з урахуванням довантаження, н.-год.

$$\Pi' = \frac{1445441,62}{12044} \cdot (21451 - 12044) = 1128966,23 \text{ (грн.)}.$$

					6261м.08.МР.07.06.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6.7.5. Розрахунок сумарного грошового потоку

Розрахунок сумарного грошового потоку з урахуванням обсягів виробництва по роках зводимо в таблицю 6.12.

Таблиця 6.12. - Розрахунок сумарного грошового потоку з урахуванням обсягів виробництва по роках

Роки	Показники	Роки	Значення, грн.
1	2	3	4
0	Сума капітальних вкладень	Початок 2005року	(3297919)
1	70% грошового потоку	2005	1990539,32
2	90% грошового потоку	2006	2559264,84
3	100% грошового потоку	2007-	2843627,6
4	100% грошового потоку .	2008	2843627,6
Разом (без дисконтування):			9782767,96

Визначення періоду окупності проекту.

$$\text{Період окупності} = \frac{\text{Кількість років доповного відшкодування втрат}}{\text{Невідшкодованній залишок у цьому році грошовий потік наступного року}}$$

Рік 1-й: $-3297919 + 1990539,32 = -1307379,68$

Рік 2-й: $-1307379,68 + 2559264,84 = 1251885,16$

Проект окупиться на другий рік.

$$\text{Період окупності} = 1 + \frac{1251885,16}{2559264,84} = 1,49 \text{ року}$$

Період окупності 1,49 року або 1рік та 6 місяців.

					6261м.08.МР.07.06.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6.7.6. Визначення чистої теперішньої вартості проекту

Таблиця 6.13. - Визначення чистої теперішньої вартості проекту

Роки	Коефіцієнт дисконтування	Значення, грн.
1	2	3
0	$K_d = \frac{1}{(1 + r)^t},$ де $r=21\%$ - ставка дисконтування; i - номер року $K_d = \frac{1}{(1 + 0,21)^0} = 1.$	K_d^x значення року табл. 6.12. -3297919
1	Тут і далі K_d розраховується аналогічно графі (0) $K_d = 0,8264$	1645074
2	$K_d = 0,6830$	1748012
3	$K_d = 0,5645$	1605154
4	$K_d = 0,4665$	1326573
5	$K_d = 0,3855$	1096342
Разом чиста теперішня вартість проекту:		4123236

Період окупності проекту за урахуванням дисконту:

Рік 1-й: $-3297919 + 1645074 = -1652845$

Рік 2-й: $-1652845 + 1748012 = -95167$

Рік 3-й: $-95167 + 1605154 = 1509987$

Період окупності (модифікований) $= 2 + \frac{1509987}{1605154} = 2,94$ року,

або приблизно через 3 роки.

					6261м.08.МР.07.06.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6.8 Техніко-економічні показники дільниці

Для одержання повного уявлення про доцільність реалізації проекту дільниці механічного цеху необхідно мати комплекс підсумкових даних, що характеризують економічну сторону роботи спроектованої дільниці. Основні техніко-економічні показники дільниці зведені в таблицю 6.14.

Таблиця 6.14 - Техніко-економічні показники дільниці

Найменування показників	Одиниці виміру	Значення
1	2	3
1. Обсяг виробництва	штук	500
2. Трудомісткість річної програми:	н.-год.	
- заданої річної програми;		12044
- з урахуванням супутньої продукції		21451
3. Чисельність працюючих всього:	осіб	18,62
в тому числі:		
- основних робочих;		12
- допоміжних робочих;		3,4
- спеціалістів;		2,6
- службовців;		0,48
- молодшого обслуговуючого персоналу		0,14
4. Середній розряд робочих:	-	
- основних;		2,83
- допоміжних		3,14
5. Фонд заробітної плати:	грн.	
- основних робочих;		354739,7
- допоміжних робочих;		86511,43
- спеціалістів;		174525
- службовців;		7612,42
- молодшого обслуговуючого персоналу		1983,52

Продовження табл. 6.14

6. Середньомісячна заробітна плата:	грн.	
- основних робочих;		2463,47
- допоміжних робочих;		2120,38
- спеціалістів;		5593,75
- службовців;		1321,60
- молодшого обслуговуючого персоналу		1180,67
7. Вартість основних виробничих фондів всього:	грн.	2039841
у тому числі:		
І. групи (будівлі, споруди, передатні пристрої);		559597
ІІ. групи (транспортні засоби. ЕОМ, прилади);		192043
Тії. групи (інше)		1288201
8. Кількість устаткування на ділянці	штук	12
9. Середній коефіцієнт завантаження устаткування	%	0,84
10. Коефіцієнт використання матеріалу	-	0,67
11. Собівартість одиниці продукції	грн.	25700
12. Собівартість річної програми	грн.	12850000
13. Виробнича програма за оптовими цінами	грн.	14777500
14. Чистий прибуток	грн.	1445441,62
15. Чиста теперішня вартість проекту	грн.	4123236
16. Строк окупності капітальних вкладень:	роки	
без дисконтування;		1,49
з урахуванням дисконтування		2,94

6.9 Висновок

Випуск деталі «вал-шестерня є цілком доцільним, технологічно необхідний та економічно вигідний. Інвестиції окупаються протягом 3 років з урахуванням дисконтування.

У результаті реалізації проекту, за період його життєвого циклу підприємство отримає 1445441,62 гривень прибутку.

					6261м.08.МР.07.06.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У сучасному виробництві зубчастих шестірень довгий час застосовувався технологічний процес із цементацією робочих поверхонь шестірні. Уважалося, що цементация дає високу поверхневу твердість при збереженні грузлої серцевини. Однак останні дослідження руйнування цементованих деталей показали, що наявність тендітного цементованого шару може привести до тендітного руйнування всієї деталі.

У теж час дослідження проведені на ГП НПКГ «Зоря»-«Машпроект» довели, що при застосуванні азотування наприклад: іонно-плазменого азотування - ИПА, при зміцненні поверхні зубів зубчастих шестірень дає не погані результати. Параметри зубчастих зачеплень із застосуванням передач після зміцнення ИПА не уступають передачам, зуби яких піддавалися цементації.

Заміна цементації на азотування дозволяє виключити дорогий і тривалий процес шліфування зубів після цементації, а отже й імовірність прожигів поверхні зубів.

Обладнання та оснастка при розробці технологічного процесу вибрані універсальні, спосіб отримання заготовки та її форма не є економічними з точки зору використання матеріалу.

Велика кількість токарних операцій на початковому етапі обробки обумовлена використанням неточного методу та форми отримання заготовки і, як наслідок, збільшення кількості операцій обдирки. При попередній обробці торців, виготовленні центрувальних отворів та шпоночних пазів обрана горизонтально-розточна операція на горизонтально-розточному верстаті WD-160. При мілко серійному, та серійному типі виробництва краще обрати більш спеціалізоване обладнання.

Наприклад: при попередній обробці торців та виготовленні центрувальних отворів можливо використовувати фрезерно-центрувальну операцію, а при виготовленні шпоночних пазів – вертикально-фрезерну.

У базовому технологічному процесі використовується багато розмітчастих операцій які, при використанні необхідних пристособ, можливо пропустити Під час виконання радіально – свердлувальны операцыь можливо використовувати кондуктори, а пид час фрезурування – універсальну ділительну головку.

Так як вал-шестерня працює в умовах великих частот обертання, то вводиться балансувальна операція, та у разі виявлення дисбалансу, який перевищує допустимий (40г/м) проводиться радіально – свердлувальна операція, для його ліквідування.

Перед азотуванням можливо застосувати гальванічну операцію – лужиння, тоді відпаде необхідність зайвої токарно – гвинторізної операції після азотування, а також необхідність у нарізанні різьби у центрових отворах під захістні пробки, та взагалі необхідність у захистних пробках. У базовому технологічному процесі багато операцій технічного контролю, декілько зних можна прибрати.

Слід зазначити низьку ступінь автоматизацій базового технологічного процесу – не використовуються зазначені вище пристособи, а також не використовуються верстати з ЧПК.

Випуск деталі вал-шестерня є цілком доцільним, технологічно необхідний та економічно вигідний. Інвестиції окупаються протягом 3 років з урахуванням дисконтування. У результаті реалізації проекту, за період його життєвого циклу підприємство отримає 1445441,62 гривень прибутку.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Мартиненко Г.Ю., Розова Л.В. Комп'ютерне моделювання елементів конструкцій та визначення їх міцності при статичних навантаженнях: навч. посіб. Харків: НТУ «ХПІ», ТОВ «Естет Принт», 2021. 242 с. (<http://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/54247>)
2. Zienkiewicz, O.C.: The Finite Element Method for Solid and Structural Mechanics. Elsevier/Butterworth-Heinemann, Amsterdam, Boston. (2014).
3. Mzarbhuiya, H.M.S.M., Pandey, K.M.: Steady state structural analysis of high pressure gas turbine blade using finite element analysis. In IOP Conf. Series: Material Science and Engineering. (2017). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/225/1/012113>
4. Ziaei-Asl, A., Tayefe-Ramezanlou, M.: Thermo-mechanical behavior of gas turbine blade equipped with cooling ducts and protective coating with different thickness. Int. J. of Mech. Sci. 150, 656–664 (2019). <https://doi.org/10.1016/j.jmesci.2018.10.070>
5. Yershov, S.V., Yakovlev, V.A.: The influence of mesh resolution on 3D RANS flow simulations in turbomachinery flow path. J. of Mech. Eng. 24(1), 13–27 (2021) <https://doi.org/10.15407/pmach2021.01.013>.
6. Aniekan, I.E., Oghenefeijro, E.-O.E., Godfrey, A.O.: Thermo-structural analysis of first stage gas turbine rotor blade materials for optimum service performance. Int. J. of Eng. and Appl. Sci. 10(2), 118 – 130 (2018) <https://dx.doi.org/10.24107/ijeas.447650>
7. Kumar, R., Kumar, V.S., Butt, M.M., Sheikh, N.A., Khan, S.A., Afzal, A.: Thermo-mechanical analysis and estimation of turbine blade tip clearance of a small gas turbine engine under transient operating conditions. Appl. Therm. Eng. (2020). <https://doi.org/10.1016/applthermaleng.2020.115700>
8. Narasimbachary, S.B., Smith, K., Schinde, R.S., Amann, C., Kadau, K., Iyer, S.: Life assessment of large turbine blades. In ASME Turbo Expo 2019: Turbomachinery Technical Conference and Exposition Proceeding Paper. (2019) <https://doi.org/10.1115/GT2019-91630>

9. Boychenko, N., Ishtyryakov, I.: Characterization of the stress-strain state in a gas turbine engine compressor disk taking into account damage accumulation. *Frattura ed Integrità Strutturale*. 50, 54 – 67 (2019). <https://doi:10.3221/IGF-ESIS.50.07>

10. Kantor, B.Ya., Smetankina, N.V., Shupikov, A.N.: Analysis of non-stationary temperature fields in laminated strips and plates. *Int. J. of Solids and Structures*. 38(48/49), 8673–8684 (2001). [https://doi.org/10.1016/S0020-7683\(01\)00099-3](https://doi.org/10.1016/S0020-7683(01)00099-3)

11. Misura, S., Smetankina, N., Misiura, I.: Optimal design of the cyclically symmetrical structure under static load. In *integrated Computer Technologies in Mechanical Engineering – 2020. ICTM 2020. Lecture Notes in Networks and Systems*. 188, 256–266 (2021). https://doi.org/10.1007/978-3-030-66717-7_21

12. Liu, W.: Design and kinetic analysis of wind turbine blade-hub-tower coupled system. *Renewable energy* 94, 547–557 (2016). <https://doi.org/10.1016/j.renene.2016.03.068>

13. Eliseev, V., Moskalets, A.: Application of the Lagrange-Ritz-Kantorovich method to the vibration analysis of turbine blades. *NTU “KhPI” Bul.: Power and heat engineering processes and equipment*. 8, 149–152 (2016). <https://doi.org/10.20998/2078-774X.2016.08.21>

14. Duriagina, Z.A., Kulyk, V.V., Filimonov, O.S., Trostianchyn, A.M., Sokulska, N.B.: The role of stress-strain state of gas turbine engine metal parts in predicting their safe life. *Progr. In Phys. of Metals*. 22(4), 643–677 (2021). <https://doi.org/10.15407/ufm.22.04.643>

15. Bitkina, O., Weon-Kang, K., Jang-Ho, L.: Experimental and theoretical analysis of the stress-strain state of anisotropic multilayer composite panels for wind turbine blade. *Renewable Energy*. 79, 219 – 226 (2015). <https://doi.org/10.1016/j.renene.2014.11.004>

16. Skamniottis, Ch., Courtis, M., Cocks, C.F.A.: Multiscale analysis of thermomechanical stresses in double wall transpiration cooling systems for gas

turbine blades. Int. J. of Mech. Sci. (2021).
<https://doi.org/10.1016/j.ijmec.sci.2021.106657>

17. Kauss, O., Tsybenko, H., Naumenko, K., Hutter, S., Kruger, M.: Structural analysis of gas turbine blades made of Mo-Si-B under transient thermo-mechanical loads. Comp. Mats Sci. 165, 129–136 (2019).
<https://doi.org/10.1016/j.commatsci.2019.04.23>

18. Arkhipov, A.N., Volgina, M.V., Matushkin, A.A., Ravikovich, Yu.A., Kholobtsev, D.P.: Effect of a model and boundary conditions on the results of analyzing the stress-strain state of a low pressure compressor rotor. Str. Mech. and Str. of Flight Vehicles. 61, 509–516 (2018).
<https://doi.org/10.3103/51068799818040025>