

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ І УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА МАШИНОБУДУВАННЯ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

на тему «Розроблення процесу механічної обробки поршня
пневмокомпресора з використанням верстата з числовим програмним
керуванням»

Виконав: студент групи Маш-41

Спеціальності 133 Галузеве машинобудування
(шифр і назва)

Рибка Богдан Григорович
(Прізвище, ім'я, по батькові)

Керівник: к.т.н., доцент Швець Олексій Петрович
(посада, прізвище, ім'я, по батькові)

Дубляни 2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ І УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА МАШИНОБУДУВАННЯ

Освітній ступінь «Бакалавр»
Спеціальність 133 - Галузеве машинобудування
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри
Машинобудування
(назва кафедри)

(підпис)
професор Віталій ВЛАСОВЕЦЬ
(прізвище та ініціали)

“ _____ ” _____ 20__ року

З А В Д А Н Н Я

на кваліфікаційну роботу студенту

Рибці Богдану Григоровичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Розроблення процесу механічної обробки поршня пневмокомпресора з використанням верстата з числовим програмним керуванням»

Керівник роботи _____ к.т.н., доцент Швець Олексій Петрович _____
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ЛНУП від 27 листопада 2023 року №461/к-с

2. Строк подання студентом роботи до 20 червня 2024 року

3. Вихідні дані до работ: довідкова література, технічні характеристики та опис конструкції компресорів, каталоги пневмокомпресорів, методики розробки технологічних процесів, типові технологічні обробки металів різанням, методики розрахунку режимів різання, інструкції з охорони праці, технічні характеристики металообробних верстатів та обробних центрів з ЧПК, характеристики ріжучого інструменту.

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

4.1. Аналіз об'єкта виробництва; 4.2. Технологічна частина; 4.3. 4.4. Охорона праці; 4.4. Економічна частина.

5. Перелік графічного матеріалу:

Графічні матеріали до роботи виконати у вигляді презентації в середовищі PowerPoint обсягом 10-12 листів.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата		Відмітка про виконання
		Завдання видав	завдання прийняв	
1, 2, 4	Швець О. П. доц. каф. машинобудування			
3	Городецький І.М. доц. каф. ФІМтаБВ			

7. Дата видачі завдання “ ___ ” _____ 20__ року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів Роботи	Відмітка про виконання
1	Аналіз об'єкта виробництва	16.02.23	
2	Технологічна частина	15.03.23	
3	Охорона праці	12.04.24	
4	Економічна частина	10.05.24	
5	Оформлення пояснювальної записки	30.05.24	
6	Оформлення графічної частини	20.06.24	

Студент _____
(підпис)

Рибка Б.Г.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис)

Швець О.П.
(прізвище та ініціали)

УДК 621.79.92

Рибка Б.Г. «Розроблення процесу механічної обробки поршня пневмокомпресора з використанням верстата з числовим програмним керуванням»: кваліфікаційна робота. Дубляни: Львівський національний університет природокористування, 2024. 64 с.

Проаналізовано вихідну інформацію та розроблено пропозиції щодо механічної обробки деталі «Поршень».

Розроблено технологічний процес механічної обробки деталі «Поршень» з обґрунтуванням вибору вихідної заготовки, розрахунками режимів різання, нормування операцій. Додатково розглянуто конструкцію деталі з огляду її технологічності. Для забезпечення виконання технологічних операцій підібрано верстат з ЧПК та комплект необхідного технологічного інструменту.

Розглянуто питання техніки безпеки та охорони праці під час роботи на металообробних верстатах.

В економічній частині роботи виконано розрахунок економічної ефективності застосування та впровадження верстата з ЧПК та продуктивного ріжучого інструменту.

Табл. 19; рис. 10; бібліогр. джерел 24; додатків 1.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 АНАЛІЗ ОБ'ЄКТА ВИРОБНИЦТВА	7
1.1 Службове призначення та загальна конструкція деталі	7
1.2 Аналіз технологічності конструкції деталі «Поршень»	8
1.3 Характеристика матеріалу виробу	13
1.4 Обґрунтування вибору методу виготовлення заготовки	15
2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	18
2.1 Складання плану обробки деталі	18
2.2 Вибір технологічних баз та методів обробки	20
2.3 Розробка технологічного маршруту обробки деталі	21
2.4 Вибір обладнання для технологічного процесу	22
2.5 Вибір різального інструменту і технологічного оснащення	27
2.6 Розробка технологічних операцій	32
2.7 Розрахунок режимів різання	38
2.8 Визначення технічних норм часу	40
3 ОХОРОНА ПРАЦІ	43
3.1 Вимоги з техніки безпеки та охорони праці під час роботи на металообробних верстатах	43
3.2 Логічне моделювання виникнення небезпечних ситуацій та їх наслідків під час роботи на металообробному верстаті	46
4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	48
4.1 Розрахунок технологічної собівартості деталі	48
4.2 Визначення річної економії від зміни технологічного процесу	54
4.3 Визначення економічної ефективності капітальних вкладень	55
4.4 Аналіз рівня технології виробництва	57
4.5 Визначення економічних показників розроблюваного заходу	57
4.6 Техніко-економічні розрахунки під час проектування ділянки обробки деталей	58
ВИСНОВКИ	61
БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК	62
ДОДАТКИ	65

ВСТУП

Автоматизація процесу обробки, скорочення маршруту виготовлення деталей та складальних одиниць, можливість обробки складних 3D-поверхонь, швидке переналагодження обладнання – це невід'ємні аспекти виробництва, які призводять до зниження трудомісткості виготовлення, підвищення якості продукції, значного збільшення продуктивності праці, скорочення тривалості виробничого циклу, зниження потреби у великих виробничих площах та висококваліфікованих працівників.

Обладнання з ЧПК поєднує гнучкість, універсальність і високу продуктивність верстатів. Сучасні методи обробки і високоміцний інструмент з поліпшеними ріжучими властивостями дають можливість збільшувати швидкість різання при збереженні високих показників якості та точності.

Переваги використання високотехнологічних ЧПК верстатів у машинобудівній промисловості:

- широкий спектр виконуваних завдань та розширення функціональних можливостей;
- мінімальний вплив оператора на процес обробки;
- зменшення часу на виконання допоміжних операцій, зміни інструменту, переналадок обладнання;
- підвищення продуктивності;
- скорочення тривалості обробки партії деталей;
- здешевлення процесу виробництва.

Тому, метою роботи є розроблення технологічного процесу механічної обробки деталі «Поршень» із використанням сучасного високотехнологічного обладнання із програмним керуванням.

Основні завдання:

1. Аналіз вихідної інформації та існуючих технологій;
2. Вибір сучасного технологічного оснащення;
3. Розробка нового технологічного процесу;
4. Техніко-економічні обґрунтування проектованої технології.

1. АНАЛІЗ ОБ'ЄКТА ВИРОБНИЦТВА

1.1 Службове призначення та загальна конструкція деталі

Поршень - деталь циліндричної форми, що здійснює зворотно-поступальний рух усередині циліндра і слугує для перетворення зміни тиску газу, пари або рідини на механічну роботу, або навпаки - зворотно-поступального руху на зміну тиску.

Деталь "Поршень" використовується в пневматичному компресорі.

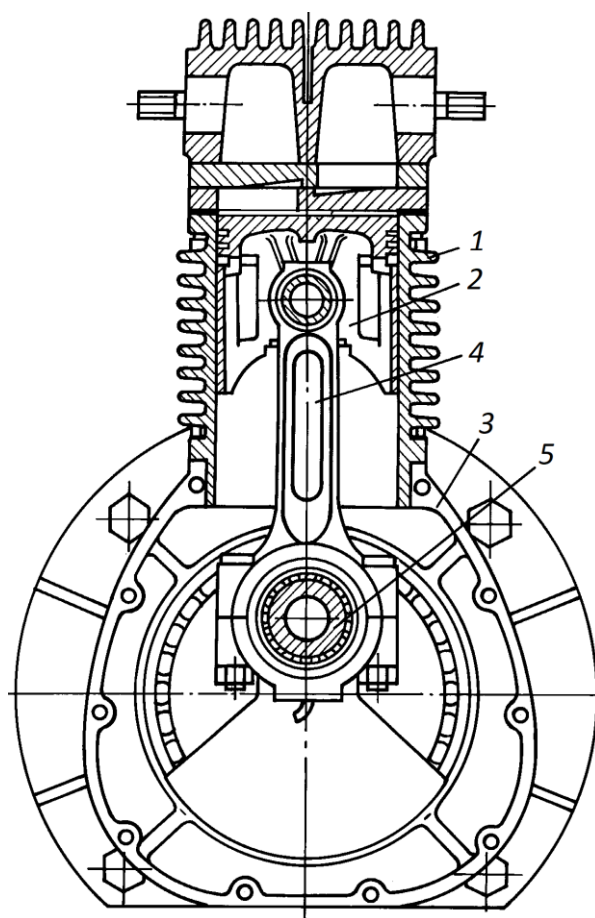


Рисунок 1.1 – Циліндро-поршнева група пневматичного компресора

Отвір на радіальній поверхні поршня призначений для його кріплення до колінчастого вала за допомогою шатуна (через шатунний палець).

Канавки шириною 4 - 6 мм призначені для встановлення маслознімних кілець, а отвори в них - для відведення мастила. Різьбові отвори на торці поршня служить для кріплення ремболта.



Рисунок 1.2 – Поршні пневматичних компресорів

В кваліфікаційній роботі пропонується розробка прогресивного технологічного процесу виготовлення поршня із застосуванням багатоопераційного верстата з ЧПК.

1.2. Аналіз технологічності конструкції деталі «Поршень»

У загальному випадку до конструкцій деталей висуваються такі вимоги:

- конструкція деталі повинна складатися із стандартних та уніфікованих конструктивних елементів і бути стандартною загалом;
- деталь повинні виготовлятися із стандартних чи уніфікованих заготовок;
- розміри та поверхні деталі повинні мати відповідно оптимальні, тобто економічно та конструктивно обґрунтовані точність та шорсткість;
- фізико-хімічні та механічні властивості матеріалу, жорсткість деталі, її форма та розміри повинні відповідати вимогам технології виготовлення, зберігання та транспортування;
- показники базової поверхні деталі (точність, шорсткість) повинні забезпечувати точність установки, обробки та контролю;
- заготовки мають бути отримані раціональним способом з урахуванням заданого обсягу випуску та типу виробництва;
- метод виготовлення повинен забезпечувати можливість одночасного виготовлення кількох деталей;
- спряження поверхні деталей різних класів точності та шорсткості повинні відповідати застосовуваним методам та засобам обробки;

- конструкція деталі повинна забезпечувати можливість застосування типових та стандартних технологічних процесів її виготовлення [15].

Зазначені вимоги є узагальненням досвіду проектування та виготовлення деталей, а рівень відповідності цим вимогам характеризує конструктивно-технологічний рівень деталі.

Кількісно технологічність конструкції поршня може бути оцінена сукупністю показників технологічної раціональності та прийнятності деталі. До цих показників входять:

- коефіцієнт складності конструкції деталі;
- коефіцієнт застосування уніфікованих або стандартних конструктивних елементів деталі;
- коефіцієнт повторюваності конструктивних елементів деталі;
- коефіцієнт точності та шорсткості поверхні деталі;
- коефіцієнт оброблюваності деталі та коефіцієнт використання матеріалу під час механічної обробки.

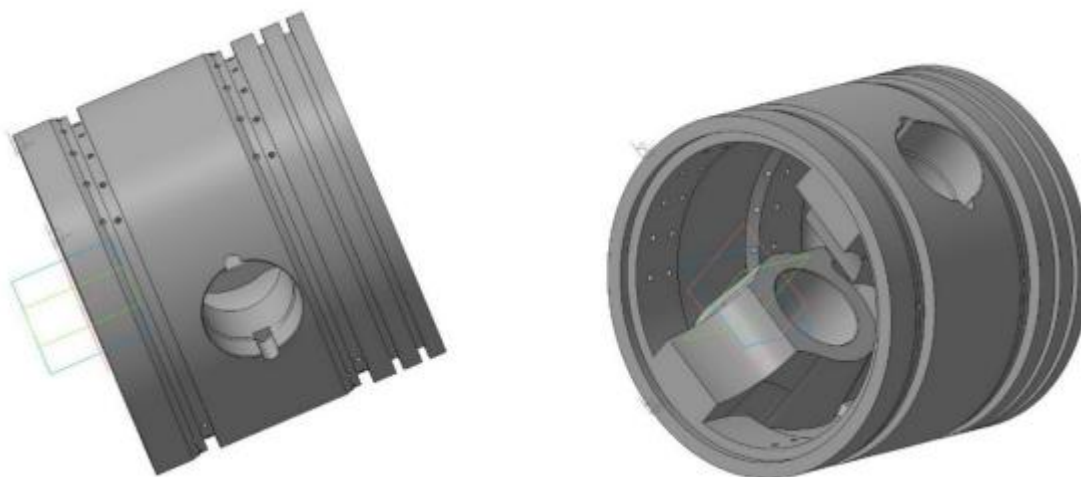


Рисунок 1.3 - Загальний вигляд деталі

Коефіцієнт складності конструкції деталі визначається за формулою:

$$K_{ск} = 0,25 \cdot (C_k \cdot K_p \cdot K_m \cdot K_{исп} \cdot K_m), \quad (1.1)$$

де K_k , K_p , K_v , K_c - коефіцієнти, що визначаються як:

$$K_i = 1 - A_i \quad (1.2)$$

де A_i - уточнення.

Коефіцієнт K_k залежить від кількості поверхонь на вихідній заготовці, з яких видаляється стружка під час виготовлення деталі. При цьому комбіновані поверхні, які утворюються за один робочий хід одним інструментом, враховуються в якості однієї поверхні.

Для існуючої конструкції:

$$A_k = \frac{n_{\text{різ}}}{n_{\text{пов}}}, \quad (1.3)$$

де $n_{\text{різ}}$, $n_{\text{пов}}$ - кількість оброблюваних різанням і загальна кількість формотворних поверхонь деталі [12, 15].

Підставляючи чисельні значення необхідних показників з креслення деталі та технологічного процесу обробки деталі різанням у вирази, знаходимо:

$$A_k = \frac{84}{90} = 0,93$$

Тоді

$$K_k = 1,00 - 0,93 = 0,07$$

Коефіцієнт K_p враховує загальну кількість заданих на кресленні даних з забезпечення необхідних точностей форми та взаємного розташування поверхонь у межах 0,05 мм.

Для існуючої конструкції

$$A_p = \frac{n_{\text{тр}}}{n_{\text{пов}}}, \quad (1.4)$$

де $n_{\text{тр}}$ - кількість поверхонь деталі, до яких ставляться вимоги щодо точності форми та їх взаємного розташування в межах 0,05 мм.

$n_{\text{пов}}$ – загальна кількість поверхонь.

Підставляючи чисельні значення необхідних показників з креслення деталі у вирази, знаходимо:

$$A_p = \frac{15}{90} = 0,17$$

Тоді

$$K_p = 1,00 - 0,17 = 0,83$$

Коефіцієнт K_e враховує кількість різних видів обробки різанням (технологічних операторів).

Для існуючої складальної одиниці «Поршень»

$$A_B = \frac{n_{\text{то}}}{n_{\text{перех}}}, \quad (1.5)$$

де $n_{\text{то}}$ - кількість технологічних операторів;

$n_{\text{перех}}$, - загальна кількість технологічних переходів обробки різанням.

Підставляючи чисельні значення необхідних показників з карт технологічного процесу обробки деталі різанням вирази знаходимо:

$$A_B = \frac{4}{12} = 0,33$$

Тоді

$$K_B = 1,00 - 0,33 = 0,67$$

Коефіцієнт K_c враховує відповідність точності та шорсткості поверхонь деталі деяким оптимальним величинам, під якими маються на увазі рекомендовані як економічність і конструктивно обґрунтовані величини. Величина A_c , що входить у вираз для цього коефіцієнта, визначається за формулою:

$$A_c = 0,1 \cdot \sum_{j=1}^{n_{\text{різ}}} m_j, \quad (1.6)$$

де m_j - кількість зон, на яких параметр Ra для j -ої поверхні віддаленого від оптимального поєднання.

Підставляючи чисельні значення необхідних показників з креслення деталі вирази знаходимо

$$A_c = 0,1 \cdot 6,0 = 0,60$$

Тоді

$$K_c = 1,00 - 0,60 = 0,40$$

Згідно з виразом (1.1), коефіцієнт складності конструкції деталі буде становити

$$K_{\text{ск}} = 0,25 \cdot (0,07 + 0,83 + 0,67 + 0,4) = 0,4925$$

Коефіцієнт застосування уніфікованих або стандартних конструктивних елементів деталі визначають за формулою

$$K_{\text{уе}} = \frac{N_{\text{уе}}}{N_e} - 0,1n, \quad (1.7)$$

де N_e - загальна кількість конструктивних елементів у деталі;

N_{ye} – кількість уніфікованих конструктивних елементів;

n – кількість неуніфікованих елементів.

Оскільки всі формотворні поверхні корпусу можна вважати уніфікованими, то коефіцієнт застосування уніфікованих або стандартних конструктивних елементів деталі можна прийняти рівним $K_{ye}=1,0$ [15].

Коефіцієнт повторюваності конструктивних елементів деталі розраховують за формулою:

$$K_{пе} = \frac{1-N_{пе}}{N_e}, \quad (1.8)$$

де $N_{пе}$ - кількість конструктивних елементів які повторюються в деталі,;

N_e – загальна кількість конструктивних елементів деталі.

Підставляючи чисельні значення необхідних показників з креслення деталі вираз, знаходимо:

$$K_{пе} = 1 - \frac{6}{80} = 0,93$$

Коефіцієнт відносної оброблюваності матеріалу деталі K_v виражає відносну швидкість різання, що відповідає 60-хвилин еталонною сталлю (сталь 45 ГОСТ 1050-84). Для сплаву алюмінію АК5М7 за ГОСТ 1583-89 величина цього коефіцієнта становить, $K_v = 0,73$, що характеризує оброблюваність цього сплаву, як задовільну [15].

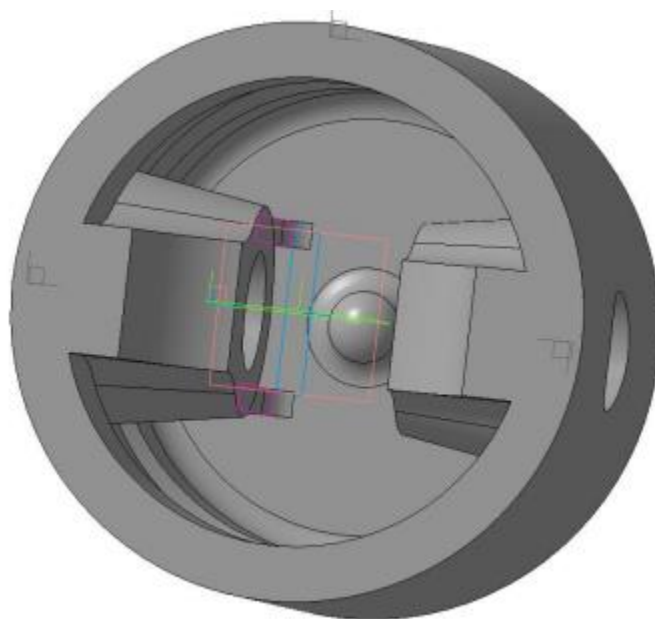


Рисунок 1.4 - Загальний вид заготовки

Коефіцієнт використання матеріалу при механічній обробці визначають за співвідношенням:

$$K_{\text{вм}} = \frac{M_{\text{д}}}{M_{\text{з}}}, \quad (1.9)$$

де $M_{\text{д}}$, $M_{\text{з}}$ - маси готової деталі та заготовки, відповідно.

Підставляючи чисельні значення необхідних показників з карт технологічного процесу обробки деталі різанням у вираз знаходимо:

$$K_{\text{вм}} = \frac{4,3}{6,3} = 0,68$$

Необхідно відзначити, що поршень виготовляють з вилівка. Деякі поверхні корпусу завдяки цьому методу не піддаються обробці різанням. Оброблювані поверхні корпусу з точки зору забезпечення точності та шорсткості не становлять значних технологічних труднощів. Деталь нетехнологічна, оскільки має велику кількість маленьких отворів, глибокі канавки, а також поверхонь, що мають високі вимоги до точності розмірів та взаємного розташування поверхонь [7, 15].

1.3. Характеристика матеріалу виробу

До матеріалів, які застосовуються для виготовлення поршнів висуваються такі вимоги:

- висока механічна міцність;
- мала щільність;
- гарна теплопровідність;
- малий коефіцієнт лінійного розширення;
- висока корозійна стійкість;
- хороші антифрикційні властивості.

Дана деталь виготовляється з алюмінію АК5М7 ГОСТ 1583-89, який має наступний хімічний склад та механічні властивості [18].

Таблиця 1.1 – Хімічний склад матеріалу деталі

Залізо (Fe), %	Кремній (Si), %	Марганець (Mn), %	Нікель (Ni), %	Алюміній (Al), %	Мідь (Cu), %	Магній (Mg), %	Цинк (Zn), %	Домішки, %	Pb+Sn+Sb
до 1,2	4,5- 6,5	до 0,5	до 0,5	82,3- 89,3	6,0-8,0	0,2-0,5	до 0,6	2,7	<0,3

Марка алюмінію АК5М7 – алюмінієвий ливарний сплав для виготовлення фасонних виливків (лиття в піщані форми), який виготовляють із вторинних відходів. Хімічний склад металу варіюється в широких діапазонах, тому його фізико-хімічні властивості нестабільні. Деякі основні механічні властивості матеріалу наведемо в табл. 1.2

Таблиця 1.2 - Механічні властивості матеріалу

Тимчасовий опір розриву, МПа (кгс/мм ²)	127 (13,0)
Відносне подовження, %	–
Твердість по Брінеллю НВ	70
Щільність алюмінію, кг/м ³	2,7·10 ³
Питома вага алюмінію, г/см ³	2,7
Температура плавлення алюмінію, °С	658,7
Питома теплоємність алюмінію при 20°С, кал/град	0,21
Питома теплоємність плавлення алюмінію, кал/град	76,8
Температура кипіння алюмінію, °С	2000
Відносна зміна обсягу при плавленні, ($\Delta V/V$), %	6,6
Коефіцієнт лінійного розширення алюмінію (при температурі близько 20°С), (1/град)	22,9·10 ⁶
Коефіцієнт теплопровідності алюмінію, ккал/м·год·град	180

Вибраний матеріал за фізико-хімічними властивостями підходить для роботи у компресорі.

1.4. Обґрунтування вибору методу виготовлення заготовки

При виборі способу одержання заготовки необхідно прагнути максимального наближення форми та розмірів заготовки до параметрів готової деталі та зниження трудомісткості подальшої механічної обробки. При цьому той чи інший спосіб одержання заготовки визначається призначенням та конструкцією деталі, матеріалом, технічними вимогами, масштабом та серійністю випуску, а також економічністю її виготовлення. Аналіз робочого креслення показує, що значна кількість внутрішніх поверхонь деталі не піддається механічній обробці різанням і може бути сформовано вже на стадії виготовлення заготовки, рисунок 1.5.

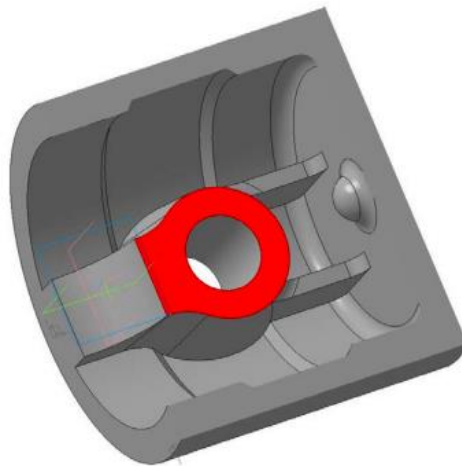


Рисунок 1.5 - Вигляд заготовки в розрізі

Заготівка поршня може виходити не тільки в результаті застосування різних технологічних процесів (лиття, кування, штампування та ін), а й декількома різними варіантами одного й того ж технологічного методу. При виборі конкретного методу отримання заготовки визначальними є забезпечення заданої кресленням деталі точності та чистоти поверхні, що не піддається подальшій механічній обробці, та економічність її виготовлення.

Заготовку вибирають з мінімальної собівартості готової деталі для заданого річного випуску. Чим більше форма і розміри заготовки наближаються до форми і розмірів готової деталі, тим дорожче вона у виготовленні, але тим

простіше і дешевше її подальша механічна обробка і менше витрата матеріалу, що видно на рисунку 1.6. Завдання вирішується на основі мінімізації.

Деталь відповідального призначення, тому застосовуємо заготовку, одержану методом лиття. При цьому заготівля матиме більш дрібнозернисту структуру і матиме великі механічні властивості.

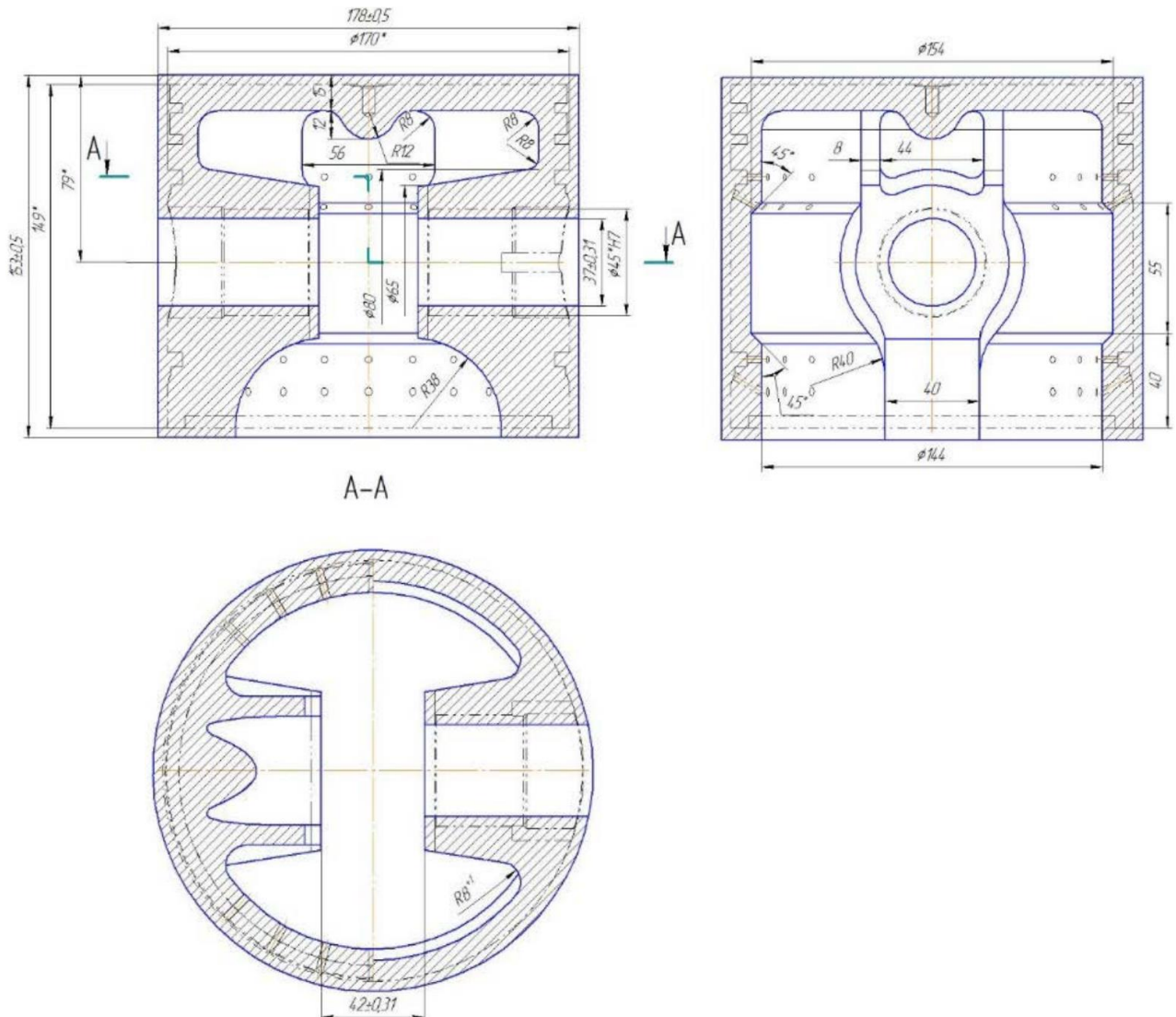


Рисунок 1.6 - Кресленик литої заготовки деталі «Поршень»

Як варіанти вибору вихідної заготовки приймемо лиття в кокіль. Зазначимо, що підвищується продуктивність праці внаслідок виключення трудомістких операцій приготування суміші, формування та очищення виливків. Тому використання лиття в кокілі, за даними різних підприємств (порівняно з литтям у піщані форми), дозволяє у 2-3 рази підвищити продуктивність праці в ливарному цеху та реконструкцій, що існують за рахунок скорочення необхідних

виробничих площ, витрат на обладнання та очисні споруди. Стабільні показники якості, зокрема: механічні властивості, структура, щільність, шорсткість, точність розмірів виливків.

Висновки за розділом

Як бачимо з аналізу, що поршень пневматичного компресора відноситься до деталей середньої складності. Виготовлення такої деталі в серійному виробництві на верстатах з ручним керуванням є недоцільною. Тому в кваліфікаційній роботі ми пропонуємо розробити прогресивний технологічний процес виготовлення поршня із застосуванням багатоопераційного верстата з ЧПК.

2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1. Складання плану обробки деталі

Розробка технологічного процесу складається з комплексу взаємопов'язаних робіт, передбачених стандартами та має виконуватися у повній відповідності до загальних правил розробки технологічних процесів та вибору технологічного оснащення. При розробці маршрутної технології дотримуються таких основних принципів:

а) в першу чергу обробляють поверхні, які є базовими для подальшої обробки;

б) після цього обробляють поверхні з максимальним припуском виявлення дефектів заготовки;

в) необхідно дотримуватися принципу концентрації операцій, при якому якомога більше поверхонь повинно оброблятися в одній операції;

г) необхідно дотримуватися принципів суміщення та сталості баз;

д) необхідно враховувати, на яких стадіях технологічного процесу доцільно виробляти механічну, термічну та інші види обробки, залежно від вимог креслення;

е) поверхні, до яких пред'являються найвищі вимоги щодо якісно-точнісних характеристик, остаточно обробляються в останню чергу [12].

Розробка маршруту обробки будь-якої деталі починається з попереднього вибору виду обробки окремих поверхонь заготовки та визначення методів досягнення точності, що відповідає вимогам креслення, серійності виробництва та технологічних можливостей наявного на підприємстві обладнання. Після аналізу цих даних розпочинають складання планів механічної обробки деталі. З урахуванням особливостей конструкції заготовки, так само прагнуть обробити за один стан найбільшу кількість поверхонь. Розроблена маршрутна технологія обробки поршня представлена в комплекті карт технологічного процесу. План обробки поверхонь представлений у таблицю 2.1.

Таблиця 2.1 - Складання плану обробки поверхнями

Розмір	Квалітет	Параметр шорсткості	Метод обробки
149	14		Підрізання торця чорнове, чистове
∅ 155	7		Розточування
50	14		Фрезерування
145	14		Підрізання торця чорнове, чистове
∅5	14	12,5	Свердління
∅15	14	12,5	Розточування
∅20	14	12,5	Свердління
∅170	7	0,8	Точіння чорнове, чистове
4; 6	7	1,6	Точіння чорнове, чистове
∅ 44	14	6,3	Фрезерування чорнове
∅ 45	7	1,6	Розточування чистове
∅ 47	7	1,6	Розточування чистове
8	7	6,3	Фрезерування
∅3	14	12,5	Свердління
M6	7	3,2	Нарізання різьблення мітчиком

2.2. Вибір технологічних баз та методів обробки

Вибір баз при конструюванні та виготовленні деталей складальних одиниць істотно впливає на точність механізму або машини, для якої вони призначені.

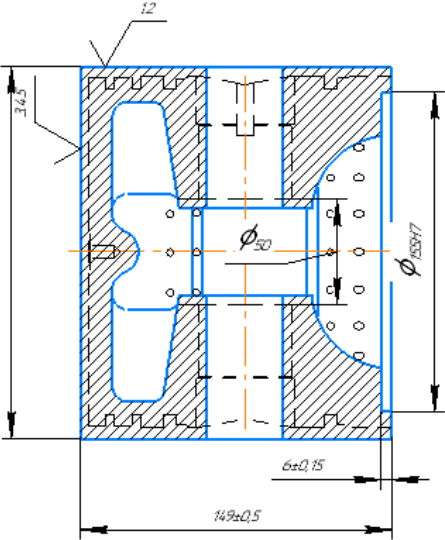
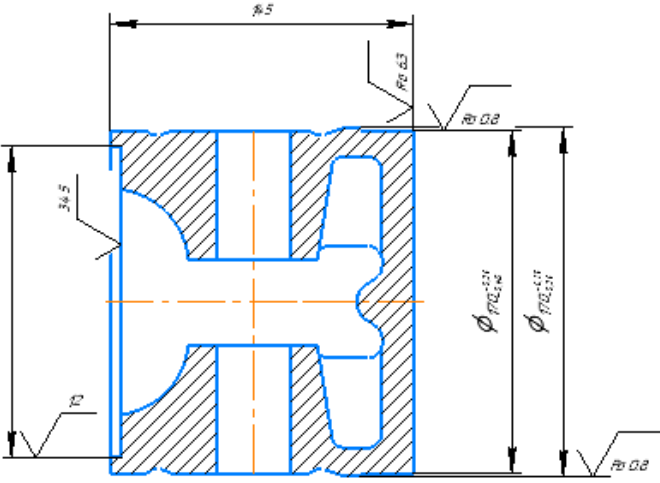
Поверхні заготовки або складальної одиниці, що орієнтують її при встановленні для обробки (збирання) на верстаті, називають базами, що надається заготовки (складальної одиниці) положення, що визначається базами, називають базуванням. Відповідно до ГОСТ 21495-76 під базуванням слід розуміти надання заготовки або складальної одиниці необхідного положення щодо обраної системи координат [1, 7].

Теорія базування є загальною і поширюється попри всі тверді тіла, зокрема на виробі машинобудування, як і зборі, і всіх стадіях виробничого процесу (механічної обробки, транспортування, вимірювання, складання тощо.). Відомо, що всяке тверде тіло має у просторі шість ступенів свободи щодо обраної системи координат: поступальні рухи по координатних осях та обертальні рухи навколо кожної з них. Для забезпечення нерухомості заготовки у вибраній системі координат на неї необхідно накласти шість двосторонніх геометричних зв'язків. Якщо заготівля повинна мати певну кількість ступенів свободи, то відповідне число зв'язків знімається. Наприклад, при обточуванні валу на верстаті необхідно закріпити його, забезпечивши в той же час його обертання. Отже, під час базування вал буде позбавлений лише п'яти ступенів свободи, а шоста ступінь свободи - обертання навколо власної осі (що відповідає обертанню навколо однієї з координатних осей) - залишається.

Згідно з ГОСТ базою називається поверхня або виконує ту ж функцію поєднання поверхонь, вісь, точка, що належить заготовки і використовується для базування. Для надання заготовки відповідного положення у вибраній системі слід використовувати комплект баз, що утворюють систему координат заготовки. Для позбавлення шести ступенів свободи заготовки потрібно шість нерухомих опорних точок, розташованих у трьох перпендикулярних площинах.

Схеми базування заготовки на різних операціях представлені у таблицю 2.2

Таблиця 2.2 - Схеми базування деталі

Схема базування	Операція	Опис
	005 Установ А	Базовими поверхнями є необроблені, чорнові радіальна та торцева поверхні (напрямна) та поверхню торця (установча база). Це дозволить підрізати торець і розточити отвір, фрезерувати внутрішні поверхні.
	005 Установ Б	Базами є оброблені поверхні. Отвір (напрямна), обточений торець (установча база). Це дозволить проточити торець і просвердлити отвір, підібгати центр, проточити радіальну поверхню, проточити канавки, розточити відп., фрезерувати пази, свердлити отв., нарізати різьблення.

2.3. Розробка технологічного маршруту обробки деталі

Побудова маршрутної технології залежить від конструктивно-технологічних особливостей деталі та вимог точності.

При розробці технологічного процесу виготовлення деталі необхідно слідувати рекомендаціям і послідовності дій.

- обробка базових поверхонь;
- чорнова обробка, при якій знімають найбільшу величину припуску;
- обробка тих поверхонь, які не знижують жорсткість заготовки, що обробляється (деталі);
- обробка поверхонь, що не потребують високої точності;
- оздоблювальні операції слід виносити до кінця технологічного процесу обробки, за винятком тих випадків, коли поверхні є базою для наступних операцій;
- обробляти найбільшу кількість поверхонь деталі за одну установку та інше.

Таблиця 2.3 – Маршрутний технологічний процес

Назва операції0	Верстат
005 Комбінована з ЧПК	МАСТURN-350W
010 Контроль	Повірочна плита, спеціальні пристрої

В запропонований маршрутний технологічний процес (ТП) входить одна операція механічної обробки, що містить 2 установка - це дозволяє економити час на міжопераційному транспортуванні та міжопераційному контролі, що знижує відсоток браку при повному проходженні деталлю маршруту механічної та інших видів обробки. Технологічний маршрут виготовлення деталі «Поршень» – прогресивний, враховуючи кількість переходів та видів обробки.

2.4. Вибір обладнання для технологічного процесу

Ефективність технологічних систем визначають три фактори: якість продукції, що випускається, продуктивність, кількість робітників, зайнятих у виробництві. Широкі перспективи підвищення ефективності виробництва відкрилися у зв'язку із впровадженням у машинобудуванні верстатів з ЧПУ.

Основними перевагами верстатів із ЧПК порівняно з універсальними верстатами з ручним керуванням є: підвищення точності обробки; забезпечення взаємозамінності деталей у серійному і дрібносерійному виробництві, скорочення або повна ліквідація розмічальних і слюсарно-притиральних робіт, простота і малий час переналагодження; концентрація переходів обробки на одному верстаті, що призводить до скорочення витрат часу на установку заготовки, скорочення числа операцій, витрат часу і коштів на транспортування і контроль деталей; скорочення циклу підготовки виробництва нових виробів і термінів їх поставки; забезпечення високої точності обробки деталей, оскільки процес обробки не залежить від навичок та інтуїції оператора; зменшення браку з вини робітника; підвищення продуктивності верстата в результаті оптимізації технологічних параметрів; зменшення парку верстатів, оскільки один верстат з ЧПУ замінює кілька верстатів з ручним керуванням.

Вартість верстатів з ЧПУ значно перевищує вартість верстатів з ручним керуванням. Крім того, виникають додаткові витрати на підготовку програм управління, налагодження інструменту поза верстатом, обслуговування механізмів верстата і пристроїв ЧПУ. В умовах застосування складного, дорогого обладнання необхідно більш ретельно виконувати технологічні розробки, вибирати різальний і допоміжний інструмент, більш повно використовувати технологічні можливості інструмент, більш повно використовувати технологічні можливості верстата, правильно вибирати модель верстата і номенклатуру оброблюваних на ньому деталей [14].

На основі узагальнення досвіду експлуатації верстатів з ЧПУ встановлено, що якщо при їх впровадженні штучний час скорочується на 50% порівняно з обробкою на верстатах з ручним керуванням, то, незважаючи на додаткові витрати, забезпечується загальне скорочення витрат. Найбільший економічний ефект дає обробка деталей на верстатах із ЧПК, виготовлення яких на верстатах з ручним керуванням пов'язане з використанням дорогого технологічного оснащення (кондукторів, копіїв, фасонних різальних інструментів тощо) великими витратами часу на налагодження технологічної системи порівняно з технологічної системи порівняно з оперативним часом.

На верстатах із ЧПК доцільно виготовляти деталі складної конфігурації, під час обробки яких необхідне одночасне переміщення робочих органів верстата за кількома осями координат (контурна обробка), деталі з великим числом переходів обробки (ефект забезпечується, зокрема, через зменшення браку). На верстатах з ЧПУ досить легко і з меншими витратами можна відкоригувати програму управління, тому на цьому обладнанні можна виготовляти деталі, конструкція яких часто змінюється, причому на верстатах можуть працювати оператори нижчої кваліфікації, ніж на універсальних верстатах із ручним керуванням [14].

На основі рекомендацій, викладених вище, вибираємо високоефективний токарно-фрезерний обробний центр із максимальною стабільністю та об'ємною точністю.



Рисунок 2.1 – Обробний центр OKUMA моделі MacTurn 350W

Токарно-фрезерний оброблювальний центр OKUMA MACTURN 350W з ЧПК OSP-U100L призначений для комплексного оброблення деталей із різних матеріалів, зокрема з високолегованих із твердістю поверхні HRC 58...60. Верстат оснащений віссю С, протишпинделем, фрезерним шпинделем, який показаний на малюнку 7, і магазином на 44 інструменти. Укомплектований конвеєром для видалення стружки, пульт дистанційного керування, 1 Мб програмної пам'яті, USB-порт, внутрішній автотрансформатор.

Особливості OKUMA MacTurn 350W [17]:

- Повністю лита чавунна станина;
- Повністю закрита герметична захисна огорожа;
- Серводвигуни переміщень по осях із прямим передаванням моменту;
- Сталеві загартовані підшипникові блоки напрямних;
- ШВП з подвійним кріпленням і попередньо натягнутою гайкою;
- Система автоматичного змащення напрямних і ШВП;
- Система компенсації теплових розширень ШВП;
- Відкатна конструкція бака для МОР;
- Висока надійність обладнання завдяки поєднанню спільних розробок спільних розробок;
- Обробка деталей складної форми для медичної, авіаційної та автомобільної промисловості та автомобільної промисловості;
- Контроль за температурними деформаціями головного шпинделя завдяки рахунок симетричної конструкції та системи внутрішнього охолодження шпинделя;
- Варіант автоматизації: оснащення вбудованим роботом



Рисунок 2.2 Фрезерна головка
обробного центру

Фрезерна головка забезпечує синхронне оброблення по 5 осях. Вісь В із прямим приводом (технологія DDMR) для синхронного 5-осьового оброблення складних деталей у галузі медицини, приладобудування, авіакосмічної промисловості або автомобілебудування.

Вісь В має діапазон повороту 120° і прискореним ходом 100 об/хв.

Токарно-фрезерний шпиндель HSK-63 має стандартну швидкість обертання 12000 об/хв., але за потреби може забезпечувати швидкість до 20000 об/хв [19].

Нижня револьверна головка з 12 гніздами для одночасної обробки з інструментальним шпинделем (TZ, SZ) показана на рисунку 8.



Рисунок 2.3 - Револьверна головка обробного центру

Обробку можуть одночасно здійснюють обидва шпинделі. Тому обробний центр OKUMA MACTURN 350W з ЧПУ OSPU100L чудово підходить для механічної обробки деталі "Поршень", за своїми характеристиками і функціональними можливостями, які представлені в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Технічні характеристики обробного центру
OKUMA MACTURN 350W

Параметр	Показник
1	2
Рік випуску	2003
Країна походження	Японія
Система керування	OSP-U100L
Діаметр обробки	350 мм
Довжина обробки	1500 мм
Швидкість обертання основного шпинделя	38 – 3800
Діаметр центрального отвору основного	80 мм
Потужність приводу основного шпинделя	22/15 кВт

1	2
Вісь С	Дискретність
Швидкість обертання протишпинделя	50 – 5000
Діаметр центрального отвору	62 мм
Потужність приводу фрезерного шпинделя	7,5 кВт
Тип хвостовика HSK	HSK 63
Переміщення по осі X	505 + 210 мм
Переміщення по осі Y	+/- 95 мм
Переміщення по осі Z	1670 + 1655 мм
Інструментальний магазин	44 позиції
Конвеєр для видалення стружки	Є
Габаритні розміри верстата	6000 x 3500 x

Характеристики та можливості обробного центру OKUMA MacTurn 350W, повністю задовольняють процес механічної обробки деталі "Поршень", із запасом точності. MacTurn 350W прогресивне обладнання, на ньому може здійснюватися обробка колінчастих валів та ін. складних деталей, має можливість одночасно обробляти складних деталей, має можливість одночасно обробляти двома головками (револьверною і фрезерною).

2.5. Вибір різального інструменту і технологічного оснащення

Оскільки верстати з ЧПК дорогі, то слід, за можливості, використовувати найдосконаліші інструменти і призначати інтенсивні режими обробки. Доцільно застосовувати інструменти зі змінними пластинами з покриттям (зокрема і для свердління та розгортання), інструмент, оснащений композитами. Комбінований інструмент дає змогу зменшити витрати часу на зміну, позиціонування столу тощо, крім того, при цьому зменшується кількість інструментів, необхідних для обробки деталі, і необхідне число гнізд в інструментальному магазині.

На верстатах з ЧПК слід використовувати інструмент точного виконання, невеликої довжини, оскільки при цьому вищий режим обробки, точність, стійкість і надійність інструменту. Весь інструмент необхідно налагоджувати поза верстатом. На верстаті слід мати пристрій для контролю стану ріжучої кромки, фіксації часу роботи із зазначенням моменту зміни інструменту. Стан інструменту, що використовується на фінішних переходах, необхідно контролювати з метою оперативного його підналагодження в процесі обробки; з цією ж метою можна контролювати точність обробки деталі.

Доцільно застосовувати багатошпиндельні пристосування і головки або столи, що дають змогу, наприклад, на верстаті з горизонтальним шпинделем обробляти поверхні, розташовані довільним чином щодо основної бази деталі [13].

Загальна рекомендація під час використання верстатів із ЧПК - не можна економити час на технологічні розробки, вибір оптимальних режимів різання, технологічного оснащення. Широке застосування сучасних високоякісних інструментів, різноманітних пристосувань, пристроїв контролю, діагностики, автоматичного завантаження верстатів дає змогу істотно підвищити ефективність використання верстатів із ЧПК.

Інструмент обирається відповідно до прийнятих під час синтезу маршруту методами отримання поверхонь за матеріалами з урахуванням таких правил:

Розміри інструмента мають бути оптимальними:

- При торцевому фрезеруванні діаметр фрези повинен бути в 1,2-1,5 рази більшим за ширину фрезерування для повного перекриття оброблюваної поверхні.

- Під час свердління і нарізування різьби мітчиком діаметр інструменту дорівнює діаметру оброблюваного отвору, довжина повинна бути достатньою для виходу стружки.

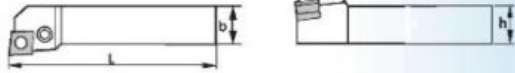
Інструмент для обробного центру вибирається під його параметри.

Інструмент був підібраний спеціально для цього верстата в електронному каталозі "Hoffmann Group", представлений у таблиці 9 з докладним описом [20,

21]. На рисунку 2.4 зображено приклад розшифровки позначення токарної державки.

Система обозначений державок для СМП и расточных державок по коду ISO / заводскому стандарту

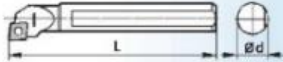
Токарная державка



P C L N R 25 25 M 16

Система крепления	Форма СМП	Тип державки	Задний угол СМП	Направление обработки	Хвостовик (мм)		Длина инстру. L (мм)		Длина раб. части (мм)
					Высота (h) / Ширина (b)	D	E	F	
C		A	5°	R	08	8	D	60	C
D		B	7°	L	10	10	E	70	D
M		D	15°	L	12	12	F	80	G
P		E	20°	N	16	16	M	100	K
S		F	25°	N	20	20	K	125	L
		G	30°		25	25	M	150	M
		H	35°		32	32	N	160	N
		J	40°		40	40	P	170	P
		K	45°		50	50	R	200	R
		L	50°				S	250	S
		M	55°				T	300	T
		N	60°				U	350	U
		P	65°				X	Особая длина	X
		Q	70°						
		S	75°						
		T	80°						
		U	85°						
		V	90°						
		X	Специальные исполнения						

Расточная державка



A 16 M S C L C R 09

Исполнение хвостовика	Ø d (mm)	Длина инстру. L (мм)	Система крепления	Форма СМП	Главный угол в плане	Задний угол СМП	Направление обработки	Длина раб. части (мм)
A	04 4 05 5 06 6 08 8	F 80 G 90 H 100 J 110	D	C	F	B 5° C 7° D 15° E 20° F 25° N 0° P 11°	R	C
AN	10 10 12 12 16 16	K 125 L 140 M 150	M	D	J	L	L	D
E	20 20 25 25 32 32 40 40	Q 180 R 200 S 250 T 300	P	G	K			G
C	30 30	U 350	S	R	L			K
E		X Специальные исполнения		S	Q			L
				T	U			M
				V	X			N
				W	Z			P

46 **Основной каталог** 1653

Рисунок 2.4 - Приклад розшифровки позначення токарної державки

Фрези нового покоління для обробки площин, що знижує вартість обробки на 25 відсотків. Є високоточним інструментом, що забезпечує високу якість чистової обробки з мінімальною кількістю проходів. Використання у фрезах пластин із чотирма ріжучими крайками скорочує витрати на виробництво одиниці продукції.

Фрези відрізняють використання чотирьох-кромкових пластин, малі сили різання і плавне фрезерування. Це досягається завдяки позитивному передньому й осьовим кутам, що забезпечують м'яке входження в матеріал, а також інноваційній геометрії ріжучих пластин також інноваційній геометрії ріжучої пластини та сплавам нового покоління. Зокрема, використана нова геометрія зачисної фаски, що дає можливість отримувати чудову поверхню торців і уступів. Пластини мають гострі лінії крайок і забезпечують рівне різання без задирок.

Імпортні свердла роблять неглибокі отвори вдвічі швидше, ніж будь-якого іншого свердла, скорочуючи при цьому витрати наполовину. В порівняльних випробуваннях імпортні свердла показали зростання продуктивності в 60%. Нове покоління свердел вирізняється високою надійністю в роботі, завдяки винятковому процесу різання та ефективній евакуації стружки із зони обробки. Крім високої продуктивності та надійності обробки, свердла забезпечать відмінну якість отвору. Розширений діапазон застосування імпортних свердел гарантує відмінну роботу в широкому діапазоні оброблюваних матеріалів.

Таблиця 2.5 - Перелік ріжучого інструменту

Найменування	Вид	Обґрунтування
1	2	3
Державка для СМП права GARANT Art. №. 250016		Різець, дає змогу здійснювати швидке установку і настройку на розмір. Завдяки застосуванню змінних непереточуваних пластин виключає заточування.

1	2	3
<p>Свердла високопродуктивні твердосплавні Whistle-Notch HE TiN HOLEX Art. No. 122640</p>		<p>Свердла роблять неглибокі отвори в два рази швидше будь-якого іншого свердла, скорочуючи при цьому витрати наполовину. Показали зростання продуктивності в 60% .</p>
<p>Свердла високопродуктивні твердосплавні Whistle-Notch HE TiN HOLEX Art. No. 122760</p>		
<p>Кінцева фреза HSSCo8 GARANT Art. No. 191520</p>		<p>Високо продуктивні фрези, завдяки правильно підібраній геометрії та форми забезпечує високу продуктивність.</p>
<p>Кінцева фреза HSSCo8 GARANT Art. No.191580</p>		
<p>Токарна державка UniTurn KOMET Art. No. 240100 Розточувальний різець UniTurn, правий KOMET Art. No. 240110</p>		<p>Різець розточувальний зі змінною непереточуваною пластиною. Завдяки застосуванню змінних непереточуваних пластин виключає заточування.</p>

<p>Державка для точіння канавок права GARANT Art. No. 273860</p> <p>Відрізна / прорізна СМП HB7215 GARANT Art. No. 273706</p>		<p>Різець канавочний, дає змогу здійснювати швидку установку і налаштування на розмір.</p> <p>Завдяки застосуванню змінних непереточуваних пластин виключає заточування.</p>
<p>Мітчик машинний TiCN GARANT Art. No. 132450</p>		<p>Високо продуктивний мітчик, завдяки правильно підбраній геометрії та форми передньої грані забезпечує високу продуктивність.</p>
<p>Набір для прециз. Розточування MicroKom hi.flex 6-125 мм КОМЕТ Art. No.238390</p>		<p>Прецизійна розточувальна система нового покоління для обробки різних діаметрів отворів і глибини, є високоточним інструментом, що забезпечує високу якість чистової обробки</p>

2.6. Розробка технологічних операцій

Розробка змісту операцій означає визначення послідовності переходів в операції. Кожна технологічна операція може бути описана на окремому документі - на операційній картці. Повний запис переходів слід застосовувати, якщо немає операційного ескізу.

За наявності операційного ескізу слід застосовувати скорочений запис. Операційний ескіз є графічною ілюстрацією процесу обробки заготовки. На ескізі зображується заготовка на стадії обробки, яка досягається після цієї операції. Переходи містять вказівки – яким інструментом можна отримати кожен елементарну поверхню в залежності: від необхідної точності та шорсткості. Одночасно з цим визначається кількість проходів з розрахунком глибини різання для кожного проходу. У процесі розробки переходів слід врахувати, що одночасна обробка декількох поверхонь забезпечує співвісність даних поверхонь із вищою точністю.

Технологічний процес (ТП) механічної обробки деталі "Поршень" представлений в таблиці 2.6 . Різучий інструмент підібраний в п. 2.5 за електронним каталогом "Hoffmann Group" [20, 21].

Таблиця 2.6 Технологічний процес механічної обробки деталі «Поршень»

Операція 005 Багатоопераційна з ЧПК, установ А		
Ескіз	Опис	Обладнання
1	2	3
	<p>1. Встановити у трьохкулачковому самоцентруючому пневмопатроні та закріпити.</p> <p>2. Точити поверхню 1.</p> <p>Державка для ШМД права GARANT Art. No. 250016</p> <p>Пластини: CNG. 120404 CA510 KYOCERA Art. No. 255609</p>	<p>МАСТURN-350W</p>

	<p>3. Розточити отвір 2. Розточувальна державка права GARANT Art. No. 250036 Пластини: CNMG 09T304 GARANT Art. No. 250050</p>	<p>MACTURN-350W</p>
--	---	---------------------

	<p>4. Фрезерувати поверхню 3. Кінцева фреза HSSCo8 GARANT Art. No. 191520</p>	<p>MACTURN-350W</p>
--	---	---------------------

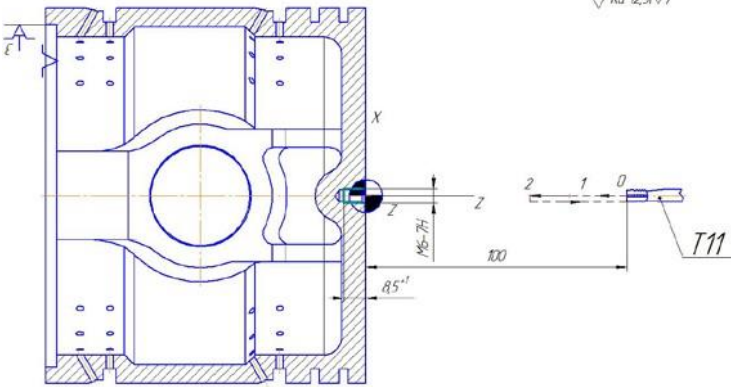
Операція 005 Багатоопераційна з ЧПК, установ Б

1	2	3
	<p>1. Перехопити протишпинделем, трикулачковим самоцентруючим пневмопатроном. 2. Точити поверхню 4. Державка для ШМД, оправа GARANT Art. No. 250016 Пластини: CNG. 120404 KBN25M KYOCERA Art. No. 255609</p>	<p>MACTURN-350W</p>

	<p>3. Свердлити и отвір 5 Свердло високопродуктивне твродсплавне Whistle-Notch HE TiN HOLEX Art. No. 122640</p>	<p>MACTURN-350W</p>
	<p>4. Рсточити поверхні 5.1. Токарна державка UniTurn® KOMET Art. No. 240100 Копірний розточувальний різець UniTurn®, правий $L_2 = 10$ мм KOMET Art. No. 240110</p>	<p>MACTURN-350W</p>
	<p>5. Точити поверхні 6. Державка для точення канавок права GARANT Art. No. 273860 Відрізна / прорізна ШМД CA510 GARANT Art. No. 273706</p>	<p>MACTURN-350W</p>

<p>Technical drawing showing the grinding of surface 7 using a T03 tool. The workpiece has a diameter of $\phi_{4.4}$ and a length of 60 mm. The grinding wheel is labeled 7501G± 0.02. The tool tip is positioned 50 mm from the start of the grinding. The grinding wheel has a diameter of 75 mm. The workpiece has a radius of 3.45 mm. The grinding is performed at 180 degrees.</p>	<p>6. Фрезерувати поверхню 7. Кінцева фреза HSS-Co8 GARANT Art. No. 191520</p>	<p>MACTURN-350W</p>
<p>Technical drawing showing the grinding of surface 7 using a T07 tool. The workpiece has a diameter of $\phi_{4.547 \pm 0.001}$ and a length of 60 mm. The grinding wheel is labeled 7501G± 0.02. The tool tip is positioned 20 mm from the start of the grinding. The grinding wheel has a diameter of 75 mm. The workpiece has a radius of 3.45 mm. The grinding is performed at 180 degrees.</p>	<p>7. Розточити поверхню 7. Набір прециз. розточування MicroKom® i.flex 6-125 мм КОМЕТ Art. No. 238390</p>	<p>MACTURN-350W</p>

	<p>8. Розточити поверхню 8. Набір для прецизійного розточування MicroKom® hi.flex 6-125 мм КОМЕТ Art. No. 238390</p>	<p>MACTURN-350W</p>
	<p>9. Фрезерувати поверхню 9. Кінцева фреза HSS-Co8 GARANT Art. No. 191520</p>	<p>MACTURN-350W</p>
	<p>10. Свердлити 2 ряди по 14 прямих отворів 10; 2 ряди по 14, під кутом 30°, отворів 11. Свердла високопродуктивні тврдосплавні Whistle-Notch HE TiN HOLEX Art. No. 122645</p>	<p>MACTURN-350W</p>

	<p>7. Нарізати різьблення М6-7Н. Мітчик машинний HSS/E парооксидований</p>	<p>MACTURN- 350W</p>
---	--	--------------------------

Запропонований технологічний процес дозволяє виконувати всі необхідні технологічні операції за рахунок використання прогресивного інструмент та обладнання.

2.7. Розрахунок режимів різання

Деякі параметри процесу різання вибираємо за рекомендаціями виробника різального інструменту, які наведено в каталозі "Hoffmann Group" [20, 21]. Так, для операцій зовнішнього точіння, обробки торців та профільної обробки заготовок, виконаних у вигляді алюмінієвих виливків різцем з односторонньою пластиною CCGX 09 T3 08-AL рекомендована глибина різання $t = 0,5 \dots 5,0$ мм, рекомендована подача $S = 0,15 \dots 0,6$ мм/об.

Операція 005, установ А, перехід 1.

Зміст операції - точити торцеву поверхню в розмір 149 мм.

Глибина різання - $t = 1,5$ мм

Подача - $S = 0,1$ мм/об

Швидкість різання - $v = 335$ м/хв

Визначимо частоту обертання шпинделя верстата:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d}, \text{ об/хв} \quad (2.1)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 335}{3.14 \cdot 178} = 600 \text{ об/хв}$$

Визначимо силу різання:

$$P_z = 10 C_p \cdot S^y \cdot t^x \cdot K_p, \text{ Н} \quad (2.2)$$

$$P_z = 10 \cdot 178 \cdot 0.1^{0.75} \cdot 1^1 \cdot 1 = 532,34 \text{ Н}$$

Визначимо необхідну потужність різання:

$$N_e = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60}, \text{ кВт} \quad (2.3)$$

$$N_e = \frac{532,34 \cdot 335}{1020 \cdot 60} = 2,9 \text{ кВт}$$

Умова, за якої перевіряють можливість різання:

$$N_e \leq [N_{CT} \cdot \eta]$$

$$2,9 \leq [10 \cdot 0,8]$$

де η - ККД верстата.

Визначимо машинний час операції:

$$T = \frac{L_x}{S \cdot n}, \text{ хв} \quad (2.4)$$

$$L_x = L + l_1, \quad (2.5)$$

де $l_1 = \frac{t}{tg\varphi}$ - величина врізання, мм;

l_2 – перебіг різця, мм.

$$l_1 = \frac{1,5}{1} = 1,5 \text{ мм}$$

$$L_x = 34 + 1,5 + 1 = 36,5$$

$$T = \frac{36,5}{0,2 \cdot 1000} = 0,169 \text{ хв}$$

Аналогічно розраховуємо режими різання на наступних переходах, а результати зводимо в таблицю 2.7.

Таблиця 2.7 - Режими різання операції 005, установ А

Переходи	Довжина обробки, мм	Врізання, мм	Перебіг, мм.	Діаметр	Глибина різання. t , мм	Подача. S , мм/об	Швидкість. V , м/хв	Кількість проходів	Частота обертання. n , об/хв	Машинний час T_m
Точити поверхню 1.	34	1,5	1	178	1,5	0,1	335	1	600	0,169
Розточити отвір 2.	22	1	0	155	1	0,1	230	11	600	0,162
Фрезерувати поверхню 3.	65	1	1	16	4	0,08	120	1	1000	0,43

Таблиця 2.8 - Режими різання операції 005, установ Б

Переходи	Довжина обробки, мм	Врізання, мм	Перебіг, мм.	Діаметр	Глибина різання. t, мм	Подача. S, мм/об	Швидкість. V, м/хв	Кількість проходів	Частота обертання. n, об/хв	Машинний час T _м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Точити поверхню 4	145	2	1	178	1.5	0.2	335	1	600	0.451
Свердлити отвір 5	12	1	0	5	2.5	0.1	35	1	600	0.12
Розточити отвір 5, 1.	5	1	0	15	0.5	0.1	230	1	600	0.12
Точити канавки 6	6	1		170	3.0	0.05	210	4	1000	0.432
Фрезерувати поверхню 7 попередньо.	138,16	1	0	16	3.5	0.2	160	1	2500	0.636
Розточити отвір 7.	60	1	1	45	0.5	0.04	150	1	1000	0.575
Розточити отвір 8.	23	20	20	47	1.0	0.04	150	1	1000	0.618
Розточити фаски в отвір 7;8.	0.5	0	0	47	0.5	0.1	150	2	1000	0.1
Фрезерувати поверхню 9	4	0	0	8	4	0.1	60	1	1800	0.232
Свердлити прямі отвори 10	10	1	1	3	1.5	0.1	50	1	5300	0.28
Свердлити під кутом 30° отвори 11	15	1	1	3	1.5	0.1	50	1	5300	0.32
Нарізати різьбу М6	0.5	1	1	6	0.5	1.0	10	1	200	0.11

2.8. Визначення технічних норм часу

Під технічною нормою часу розуміється час, необхідний для виконання заданого обсягу роботи за певних організаційно-технічних умов. Норма штучного часу - це норма часу на виконання обсягу роботи, що дорівнює одиниці нормування на виконання технологічної операції [12].

У серійному виробництві визначається норма штучно-калькуляційного часу

$$T_{ш-к} = T_{шк} + \frac{T_{n-3}}{n}, \quad (2.6)$$

де T_{n3} - підготовчо-заклучний час на партію деталей, хв;

n - кількість деталей у партії;

$T_{шт}$ - норма штучного часу.

$$T_{шт} = t_0 + t_{вс} + t_{ов} + t_{от} \quad (2.7)$$

де t_0 - основний час;

$t_{вс}$ - допоміжний час (18% від машинного часу);

$t_{ов}$ - час обслуговування робочого місця;

$t_{от}$ - час на відпочинок та особисті потреби.

$$T_{шт} = 0,169 + 0,042 + 0,02 + 0,02 = 0,25 \text{ хв}$$

$$T_{шт-к} = 0,25 + \frac{24}{284} = 0,33 \text{ хв}$$

Результати розрахунків зводимо в таблиці 2.9, 2.10.

Таблиця 2.9 – Результати визначення норм часу на операцію 005, установ А

Переходи	Машинний час, T_m	Допоміжний час, T_d	Штучний час, $T_{шт}$	Штучно- калькуляційний час, $T_{шт-к}$
Точити поверхню 1.	0.169	0.042	0.25	0.33
Розточити отвір 2.	0.292	0.02	0.309	0.389
Фрезерувати поверхню 3.	0.33	0.02	0.35	0.403

Таблиця 2.10 – Результати визначення норм часу на операцію 005, установ Б

Переходи	Машинний час T_m	Допоміжний час тв $T_{тв}$	Штучний час $T_{шт}$	Штучно- калькуляційний час $T_{шт-к}$
Точити поверхню 4	0.651	0.003	0.462	0.67
Свердлити отвір 5	0.12	0.017	0.141	0.149
Розточити отвір 5,1.	0.12	0.004	0.137	0.145
Точити канавки 6	0.632	0.006	0.445	0.653
Фрезерувати поверхню 7 попередньо.	0.836	0.009	0.647	0.855
Розточити отвір 7.	0.575	0.006	0.597	0.605
Розточити отвір 8.	0.618	0.006	0.637	0.645
Розточити фаски на отвір 7;8.	0.3	0.008	0.114	0.322
Фрезерувати поверхню 9	0.432	0.004	0.244	0.452
Свердлити прямі отвори 10	0.58	0.005	0.295	0.603
Свердлити під кутом 30° отвори 11	0.62	0.005	0.335	0.643
Нарізати різьбу М6	0.11	0.007	0.125	0.133
Разом:				6.8

Отже, штучний калькуляційний час на виконання операції 005, (комбінована з ЧПК), яка виконується за два установи (установ А і установ Б) становить 6,8 хв.

Висновки за розділом

В даному розділі представлено новий технологічний процес виготовлення поршня пневматичного компресора з використанням верстата з числовим програмним керуванням. Його використання дозволяє зменшити кількість технологічних переходів та міжопераційних перевстановлень деталі завдяки використанню багатоінструментальних обробних головок. За один установ виконується обробка кількох різних поверхонь з різною конфігурацією та вимогами до якості обробки. Крім того зменшуються енергетичні, людські та матеріальні затрати.

3. ОХОРОНА ПРАЦІ

3.1 Вимоги з техніки безпеки та охорони праці під час роботи на металообробних верстатах

До роботи на токарних верстатах допускаються особи не молодше 18 років, що пройшли спеціальне навчання й одержали дозвіл на виконання токарних робіт.

Не слід торкатися до електропроводів та інших частин, що проводять струм, а також самому усувати несправності електрообладнання для уникнення ураження електричним струмом.

Бути уважним, не займатись сторонніми справами й розмовами, не відволікати увагу інших.

Не стояти і не проходити під піднятим вантажем або поблизу нього.

Постійно виконувати правила техніки безпеки, утримувати своє робоче місце в чистоті й порядку, не загроможувати проходи.

Палити в спеціально відведених місцях.

Помітивши порушення правил по техніці безпеки іншою особою або небезпеку для оточуючих, попередити цю особу або механіка про необхідність дотримання вимог, що забезпечують безпеку праці.

У випадку травмування або недомагання закінчити роботу, сповістити про це механіка і звернутися в медпункт.

Вимоги безпеки перед початком роботи.

Надіти робочий одяг. Застібнути або обв'язати обшлага рукавів, заправити одяг так, щоб не було кінців, що розвиваються.

Оглянути робочий одяг, забрати всі предмети, що заважають при роботі. Робочий інструмент і пристрої розкласти в зручному й безпечному для користування порядку і перевірити справність.

Переконатися в тому, що робоче місце достатньо освітлене і світло не буде сліпити очі.

Перевірити наявність, справність і міцність кріплення огороження та інших частин, що обертаються.

Перевірити чи не обірваний провід заземлюючого пристрою і його з'єднання.

При закріпленні інструменту в шпинделі за допомогою клинків, гвинтів, планок та інших пристроїв ці елементи не повинні виступати поза межі шпинделя. У випадку неможливого виконання цієї вимоги поверхні вказаних елементів слід закривати захисним пристроєм.

Перевірити на холостому ході справність верстату, про всі несправності сповістити механіка і до їх усунення до роботи на верстаті не приступати.

Вимоги безпеки під час роботи.

Знімаючи (згвинчуючи) патрон або планшайбу, необхідно обертати їх тільки вручну. Забороняється для виконання цієї операції включати шпиндель верстата.

Під час роботи верстата забороняється торкатися обертаючих частин, вводити руку в зону їх руху, класти на верстат деталі та інструменти.

При обробці в'язких матеріалів (сталей) необхідно застосовувати різці зі спеціальною заточкою або пристрої, що забезпечують роздроблення стружки в процесі різання. При обробці крихких матеріалів і при утворенні роздрібненої на малі частини стружки повинні застосовуватись стружковідвідники.

Обробка металів, що утворюють зливну стружку, повинна проводитися із застосуванням стружколомачів для роздроблення стружки.

Обпиловка, поліровка, зачистка абразивним полотном деталей, що обробляються на верстатах, повинна проводитися за допомогою спеціальних пристроїв (інструменту) і методами, що забезпечують безпеку виконання цих операцій.

Прутковий матеріал, що подається для обробки на верстаті, не повинен мати кривизни.

При обробці на високих швидкостях із метою безпеки необхідно користуватися обертовими центрами.

Для створення безпечних умов праці при обробці деталей великої довжини повинні застосовуватись люнети.

Перед кожним включенням верстату переконатися, що його пуск нікому не загрожує небезпекою.

Ріжучий інструмент підводити до деталі, яка обробляється плавно, без ударів і різкого натиску.

Вимкнення верстату необхідно здійснювати в наступних випадках: при тимчасовому закінченні роботи; при перерві в подачі електроенергії; для очищення, мащення і наладки верстату; при підтягуванні болтів, гайок, клинків та інших з'єднань деталей; при замірі деталей, які обробляються.

Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях.

Для уникнення травмування – вставляти або виймати деталі, які обробляються із шпинделя дозволяється лише тільки після повної зупинки.

При встановленні деталі, яка обробляється в шпиндель верстату слідкувати за надійністю його кріплення й правильністю центрування.

У випадку засідання або поломки ріжучого інструменту вимкнути станок. Під час роботи верстату не нахилитись близько до шпинделя і ріжучого інструменту.

Команду «Стій» виконувати швидко, хто б її не подав – це команда запобігання аварії та нещасних випадків.

Після вимикання верстату не допускається сповільнювати обертання шпинделя рукою або будь-яким іншим предметом.

При виявленні несправності негайно викликати пожежну бригаду і прийняти заходи по ліквідуванню пожежі наявними засобами пожежогасіння.

Вимоги безпеки після закінчення роботи.

Виключити електрообладнання.

Привести до ладу робоче місце. Прибрати інструмент, обладнання, пристрої у відведене для них місце.

Зняти спецодяг, помити лице, руки теплою водою з милом, при можливості прийняти душ.

Повідомити майстра про всі недоліки, які мали місце під час роботи.

3.2. Логічне моделювання виникнення небезпечних ситуацій та їх наслідків під час роботи на металообробному верстаті

У моделях процесів формування, виникнення аварій та виробничих травм усі випадкові події (явища), що утворюють конкретну аварійну або травмонебезпечну ситуацію, пов'язані між собою причинно-наслідковими зв'язками. В них є початкові, проміжні та кінцеві події.

Початкові події (небезпечні умови, небезпечні дії) виявляють у процесі обстеження об'єктів виробництва, а проміжні та кінцеві входять до схеми на основі логічного аналізу можливих варіантів перебігу події.

Слід зауважити, що поняття «початкові події» введено умовно, бо насправді цим подіям можуть передувати інші. Але вони першими помічаються при обстеженні робочих місць та інших об'єктів виробництва.

Якщо на схемах, які зображують моделі процеси протікання (перебігу) випадкових подій, починаючи з початкових і закінчуючи кінцевими, показати причинно-наслідкові зв'язки, то ми одержимо логічну модель процесу.

Кожна логічна модель процесу формування та виникнення небезпечної або аварійної ситуації складається з певної кількості випадкових подій, які між собою можуть бути статистично залежними або незалежними. *Статистично залежні події* - це такі, коли поява наступної події неможлива без виникнення попередньої. Якщо жодна з двох подій, що входять до однієї моделі, може з'явитися незалежно одна від одної, то такі події є *статистично незалежними*. Як правило, у таких моделях незалежні випадкові події одна відносно одної розміщуються паралельно, а залежні – послідовно. Причинно-наслідкові зв'язки зображуються стрілками, які, показують напрямок протікання (перебігу) події.

Таблиця 3.1 - Логічна модель виникнення травмонебезпечних і аварійних ситуацій під час роботи на металообробному верстаті

Вид роботи, виробничий підрозділ	Виробнича небезпека			Можливі наслідки	Заходи запобігання
	Небезпечна умова (НУ)	Небезпечна дія (НД)	Небезпечна ситуація (НС)		
1	2	3	4	5	6
Токарна обробка деталі, механічний цех підприємства	НУ ₁ - порушення ізоляцій. НУ ₂ - відсутність заземлення.	НД - Поява струму на корпусі верстата	НС – Контакт токаря з корпусом верстата	Т - Ураження струмом токаря	Заземлення струмоведучих частин і якісна їх ізоляція
НУ ₁ → НУ ₂ → НД→ НС→ Т					
Токарна обробка деталі, механічний цех підприємства	НУ- відсутність або несправність захисних кожухів обертових частин	НД – можливість контакту з обертовими частинами верстата	НС- контакт токаря з обертовими частинами верстата	Т – травмування токаря	Обладнання верстата кожухами обертових частин
НУ→ НД→ НС→ Т					
Токарна обробка деталі, механічний цех підприємства	НУ – не застебнутий робочий одяг	НД – контакт з рухомими частинами верстата	НС – захоплення одягу рухомими частинами верстата	Т – травмування токаря	Робота в робочому одязі та засобах індивідуального захисту відповідно до вимог ТБ
НУ → НД→ НС→ З					
Токарна обробка деталі, механічний цех підприємства	НУ – використання обладнання не за призначенням	НД – виконання робіт, не передбачених для даного обладнання	НС – поломка обладнання, його руйнування, падіння	Т – травмування токаря або інших робітників	Використання верстата та оснастки за призначенням
НУ → НД→ НС→ Т					

Висновки за розділом

Логічна модель може стати основою для розробки графічної чи математичної моделей виникнення травмонебезпечної чи аварійної ситуації. Врахувавши небезпечні умови та дії під час роботи можна попередити виникнення небезпечних ситуацій та зменшити виробничий травматизм.

4. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Розрахунок технологічної собівартості деталі

Поточні витрати на обробку деталі розраховують тільки за тими статтями витрат, які змінюються в порівнюваних варіантах.

В агальному випадок технологічна собівартість складається з таких елементів:

$$C = Z_M + Z_{зп} + Z_e + Z_{об} + Z_{осн} + Z_i \quad (4.1)$$

де Z_M - витрати на матеріали (заготовку), грн.;

$Z_{зп}$ - витрати на заробітну плату, грн;

Z_e - витрати на технологічну електроенергію, грн;

$Z_{об}$ - витрати на утримання та експлуатацію обладнання, грн;

$Z_{осн}$ - витрати, пов'язані з експлуатацією оснащення, грн;

Z_i - витрати на малоцінний інструмент, грн.

Витрати на заробітну плату основних і допоміжних робітників, які беруть участь у технологічному процесі обробки деталі.

Витрати на матеріали розраховуються таким чином:

$$Z_M = Z_з + Z_p, \quad (4.2)$$

де $Z_з$ - витрати на основні матеріали для заготовки, грн;

Z_p - витрати на заробітну плату основних робітників, які виготовляють заготовку, грн.

Вартість заготовки:

$$Z_з = (M_з \cdot Q_з - M_{відх} \cdot Q_{отх}) \cdot k_{тр}, \quad (4.3)$$

де $M_з$ - вага заготовки, кг;

$Q_з$ - ціна за один кілограм матеріалу заготовки, грн;

$M_{відх}$ - вага відходів, кг;

$Q_{відх}$ - ціна за один кілограм відходів, грн.;

$k_{\text{тр}}$ - коефіцієнт транспортно-заготівельних витрат; $k_{\text{тр}} = 1,04 \%$;

$$Z_3 = 1,04 \times (6,3 \times 160 - 0,69 \times 70) = 998,09 \text{ грн.}$$

Для подальших розрахунків приймемо $Z_3 = 1000$ грн.

Оскільки планується закуповувати заготовки на іншому підприємстві, витрати на заробітну плату основних робітників, які виготовляють заготовку, не передбачаються.

Тоді витрати на матеріали становлять:

$$Z_M = 1000 + 0 = 1000 \text{ грн.}$$

Витрати на заробітну плату розраховують за формулою:

$$Z_{\text{зп}} = Z_{\text{пр}} + Z_{\text{н}} + Z_{\text{эл}} + Z_{\text{к}} + Z_{\text{стр}}, \quad (4.4)$$

де $Z_{\text{пр}}$ - основна та додаткова заробітна плата з відрахуваннями на соціальне страхування виробничих робітників, грн.;

$Z_{\text{н}}$ - основна та додаткова заробітна плата з відрахуваннями на соціальне страхування наладчиків, грн.;

$Z_{\text{эл}}$ - основна та додаткова заробітна плата з відрахуваннями на соціальне страхування електронщиків, грн.;

$Z_{\text{к}}$ - основна та додаткова заробітна плата з відрахуваннями на соціальне страхування контролерів, грн.;

$Z_{\text{стр}}$ - основна та додаткова заробітна плата з відрахуваннями на соціальне страхування транспортних робітників, грн.

При відрядній оплаті праці

$$Z_{\text{пр}} = C_T \cdot t \cdot k_{\text{мн}} \cdot k_{\text{доп}} \cdot k_{\text{есн}} \cdot k_p \quad (4.5)$$

де C_T - годинна тарифна ставка виробничого робітника на операції, грн.;

t - штучно-калькуляційний час на операцію, год;

$k_{\text{мн}}$ - коефіцієнт, що враховує багатостаткове обслуговування, ($k_{\text{мн}} = 1$).

$$Z_{\text{пр}} = 98,66 \cdot (6,8/60) \cdot 1 \cdot 1,15 \cdot 1,26 \cdot 1,15 = 18,63 \text{ грн.}$$

Якщо врахувати, що за 1 годину випускатиметься 8 деталей, то $Z_{\text{пр}} = 150$

грн./год.

Чисельність верстатників (операторів) обчислюється за формулою:

$$Ч_{ст} = \frac{t \cdot N_{год} \cdot k_{бв}}{F_p \cdot 60}, \quad (4.6)$$

де F_p - дійсний річний фонд часу роботи одного робітника, год;

$k_{бв}$ - коефіцієнт, що враховує багатOVERстаткове обслуговування;

$N_{год}$ - річна програма випуску деталі, шт.

$$Ч_{ст} = \frac{6.8 \cdot 3000 \cdot 0.49}{1920 \cdot 60} = 0,087$$

Оплата праці допоміжних робітників, як правило, здійснюється за почасовою або почасово-преміальною системою. Основна і додаткова заробітна плата допоміжних робітників (налагоджувальників, електронників) визначається за формулою:

$$З_{всп} = \frac{C_T^{доп} \cdot F_p \cdot Ч_{доп} \cdot k_{доп} \cdot k_{есн} \cdot k_p}{N_{год}}, \quad (4.7)$$

де $C_T^{доп}$ - годинна тарифна ставка робітника відповідної спеціальності та розряду, грн;

F_p - дійсний річний фонд часу роботи одного робітника, год;

$N_{год}$ - річна програма випуску деталей, шт;

$Ч_{доп}$ - чисельність допоміжних робітників відповідної спеціальності та розряду, осіб.

$$З_{доп} = \frac{80 \cdot 1920 \cdot 0,1 \cdot 1,6 \cdot 1,3 \cdot 1,15}{3000} = 12,24 \text{ грн}$$

Чисельність допоміжних робітників відповідної спеціальності визначається таким чином:

$$Ч_{всп} = \frac{q_p \cdot n}{H}, \quad (4.8)$$

де q_p - розрахункова кількість обладнання, шт.;

n - число змін роботи обладнання;

H - кількість верстатів, які обслуговує один налагоджувальник і електронник.

Чисельність транспортних робітників становить 5% від числа верстатників, чисельність контролерів - 7% від числа верстатників.

Розрахунок числа наладчиків.

$$Ч_{\text{допп}} = \frac{1 \cdot 1}{1} = 1 \text{ люд.}$$

Витрати на електроенергію, яка витрачається на виконання однієї деталеоперації, розраховуються за формулою

$$З_e = \frac{N \cdot k_N \cdot k_{\text{вр}} \cdot k_{\text{од}} \cdot k_{\mu} \cdot t}{\eta \cdot k_{\text{вн}} \cdot 60} Ц_e, \text{ грн} \quad (4.9)$$

де N_y - встановлена потужність головного електродвигуна (за паспортними даними), кВт;

K_n - середній коефіцієнт завантаження електродвигуна за потужністю (для металообробних верстатів $K_n = 0,2$ - г $0,4$);

$K_{\text{вр}}$ - середній коефіцієнт завантаження електродвигуна за часом (для дрібносерійного виробництва - $0,4$; крупносерійного і масового $K_{\text{вр}} = 0,7$);

$K_{\text{од}}$ - середній коефіцієнт одночасної роботи всіх електродвигунів верстата (при одному двигуні $K_{\text{од}} = 1$);

$K_{\text{ц}}$ - коефіцієнт, що враховує втрати електроенергії в мережі підприємства ($1,041 \dots 1,08$);

η - коефіцієнт корисної дії обладнання (за паспортом обладнання);

$K_{\text{вн}}$ - коефіцієнт виконання норм;

$Ц_e$ - вартість 1 кВт-год електроенергії, р.

$$З_e = \frac{17 \cdot 0,4 \cdot 0,4 \cdot 1 \cdot 1,08 \cdot 6,8}{0,8 \cdot 1,2 \cdot 60} \cdot 4,6 = 1,6 \text{ грн}$$

Затрати на утримання та експлуатацію технологічного обладнання визначаються за формулою:

$$З_{\text{об}} = З_{\text{ам}} + З_{\text{рем}} \quad (4.10)$$

де $З_{\text{ам}}$ - відрахування на амортизацію обладнання, грн;

$З_{\text{рем}}$ - відрахування на поточний ремонт обладнання, грн;

Амортизаційні відрахування на обладнання визначають за формулою:

$$Z_{\text{ам}} = \frac{C_{\text{об}} \cdot N_{\text{ам}} \cdot t}{F_{\text{об}} \cdot k_3 \cdot k_{\text{вн}} \cdot 60}, \quad (4.11)$$

де $C_{\text{об}}$ – вартість обладнання, грн;

$N_{\text{ам}}$ – норма відрахувань на амортизацію;

$F_{\text{об}}$ – дійсний річний фонд часу роботи обладнання, год;

k_3 – нормативний коефіцієнт завантаження обладнання;

$k_{\text{вн}}$ – коефіцієнт виконання норм.

За даними [19] вартість обробного OKUMA MACTURN 350W на ринку становить 95000 €. Згідно курсу НБУ 45 грн/€ вартість такого центра в національній валюті становитиме 4275000 грн.

Тоді

$$Z_{\text{ам}} = \frac{4275000 \cdot 0,8 \cdot 6,8}{6746 \cdot 0,3 \cdot 1,2 \cdot 60} = 159,6 \text{ грн}$$

Нарахування амортизації щодо об'єкта майна, який амортизується, здійснюється відповідно до норми амортизації, визначеної для цього об'єкта виходячи зі строку його корисного використання. При застосуванні лінійного методу сума амортизації відносно об'єкта майна розраховується як добуток його первісної (відновлювальної) вартості та норми амортизації, визначеної для цього об'єкта виходячи зі строку корисного використання. Строк корисного використання об'єкта обумовлений у технічних умовах з експлуатації об'єкта. Витрати на поточний ремонт обладнання можна визначити шляхом укрупненого розрахунку за приблизними нормами витрат на ремонт від вартості обладнання.

Результати розрахунків витрат на утримання та експлуатацію технологічного обладнання заносять у таблицю 4.1.

Таблиця 4.1- Витрати на утримання та експлуатацію технологічного обладнання

Модель верстага	Вартість, тис. грн.	Кількість, шт.	Норма амортизації	Штучно-калькуляційний час, хв.	Амортизаційні відрахування, грн	Витрати на ремонт, грн.
MacTurn 350W	4275	1	8 %	6,8	159,6	98,6

Підставляємо значення з таблиці 4.1 та отримуємо:

$$Z_{об} = 159,6 + 98,6 = 258,2 \text{ грн.}$$

Витрати на експлуатацію інструменту обчислюються за формулою:

$$Z_i = \frac{C_i + \beta \cdot C_p}{T_{ст} \cdot (\beta_n + 1)} \cdot T_m \cdot \eta_i, \quad (4.12)$$

де C_i - ціна одиниці інструменту, грн;

β_p - число переточок;

C_p - вартість одного переточування, грн;

$T_{ст}$ - період стійкості інструменту, хв;

T_m - машинний час, хв;

η_i - коефіцієнт випадкової втрати інструменту.

Визначимо витрати на експлуатацію інструменту в проектованій технології.

Таблиця 4.2 - Витрати на експлуатацію інструменту

Форма твердосплавної змінної пластини	Прямокутна	Тригранна T, W	Квадратна S	Кругла R
Q - кількість змінних поворотних пластин, які використовуються на 1 державці збірного інструменту протягом часу його експлуатації	500	350	50	200

Визначимо витрати на експлуатацію твердосплавної фрези:

$$Z_{ei} = \frac{C_{пл} + C_{корп}/Q}{T_{ст} \cdot b_{\phi i} \cdot N} \cdot T_{маш} = \frac{2 \cdot 350 + \frac{7500}{250}}{60 \cdot 0,9 \cdot 4} \cdot 4,3 = 3,4 \text{ грн}$$

Аналогічним чином розрахуємо витрати на решту інструменту, який використовується в проектованому технологічному процесі з умовами автоматизованого виробництва. Результати розрахунків наведено в таблицю 4.3

Таблиця 4.3 - Витрати на експлуатацію інструменту в технологічному процесі з умовами автоматизованої обробки

Інструмент	Витрати, грн.
1	2
Тримач для СМП правий GARANT Art. No. 250016	2,2
Набір для прецизійного розточування MicroKom® hi.flex 6-125 мм КОМЕТ Art. No. 238390- 2шт.	6,1
Розточувальна державка права GARANT Art. No. 250036	2,5
Токарна державка UniTurn® КОМЕТ Art. No. 240100	2,1
Свердла високопродуктивні твердосплавні Whistle-Notch HE TiN HOLEX Арт. № 122645	1,3
Свердла високопродуктивні твердосплавні Whistle-Notch HE TiN HOLEX Арт. № 122640	1,3
Кінцева фреза HSS-Co8 GARANT Art. No. 191520	1,5
Кінцева фреза HSS-Co8 GARANT Art. No. 191720	1,5
Разом	18,5

Витрати на експлуатацію оснащення визначаються за формулою

$$Z_o = \frac{q_p + N_{осн} \cdot C_{осн} \cdot T}{T_{річ} \cdot 100} \cdot T_m \cdot \eta_i, \quad (4.13)$$

де q_p - розрахункова кількість обладнання, шт;

$N_{осн}$ - кількість пристосувань на одиницю обладнання, шт.;

$C_{осн}$ - вартість пристосувань, грн.;

η_i - норма амортизаційних відрахувань на пристосування, % (за строком корисного використання);

$T_{річ}$ - річна програма випуску деталей, шт.

$$Z_o = \frac{0,3 + 1 \cdot 40000 \cdot 15}{3000 \cdot 100} \cdot 6,8 \cdot 0,008 = 0,1$$

4.2 Визначення річної економії від зміни технологічного процесу

Одним з основних показників економічного ефекту від спроектованого варіанта технологічного процесу є річна економія, отримана в результаті зниження собівартості:

$$E_{річ} = C_{пр} \cdot N_{річ}, \quad (4.14)$$

де $C_{пр}$ - технологічна собівартість однієї деталі за проєктованим варіантом, грн;

4.3 Визначення економічної ефективності капітальних вкладень

Економічна ефективність капітальних вкладень визначається шляхом порівняння капітальних витрат і отриманого річного ефекту. Якщо величина капітальних вкладень менша за річний економічний ефект, це означає, що окупність інвестицій відбувається протягом одного року. Якщо величина капітальних вкладень більша за річний економічний ефект, необхідно провести подальші розрахунки з урахуванням фактора часу.

Очевидно, що складові витрат і результатів інвестиційних проєктів розподілені на значному відрізку часу, тому за інших рівних умов нерівноцінні. Витрати, реалізовані для одержання одного й того самого результату, витрачені в пізніші строки, кращі за аналогічні витрати, витрачені в більш ранній період. Це пояснюється, по-перше, економічними втратами, зумовленими невикористанням вкладених коштів в альтернативних варіантах застосування, а по-друге, втратами внаслідок інфляції. Тому під час оцінки ефективності інвестиційних проєктів порівняння показників різночасових витрат і результатів здійснюється приведенням їх до початкового або наперед заданого іншого фіксованого моменту часу (точки приведення). Ця операція називається дисконтуванням. В її основі лежить норма дисконту, що дорівнює прийнятній для інвестора нормі доходу на капітал. Сама величина норми дисконту складається з трьох складових: темпу інфляції; мінімальної реальної норми прибутку; коефіцієнта, що враховує ступінь ризику.

Під мінімальною нормою прибутку розуміють найменший гарантований рівень прибутковості, що склався на ринку капіталів.

Основні показники економічної ефективності інвестиційних проєктів у порівняльному вигляді:

- чистий дисконтований дохід (ЧДД) - визначається як різниця між сумою наведених ефектів і наведеною до того ж моменту часу величиною капітальних вкладень:

$$\text{ЧДД} = \sum_{t=1}^T (R_t - Z_t) \cdot \frac{1}{(1+E)^t} - E, \quad (4.15)$$

де R_t - результати, що досягаються на t -му кроці розрахунку;

Z_t - витрати, що здійснюються на тому самому кроці;

T - горизонт розрахунку (дорівнює номеру кроку розрахунку, на якому проводиться ліквідація об'єкта),

E - норма дисконту.

Якщо ЧДД інвестиційного проєкту позитивний, проєкт є ефективним (за цієї норми дисконту), і може розглядатися питання про його прийняття. Що більше ЧДД, то ефективніший проєкт. Якщо інвестиційний проєкт буде здійснено за від'ємного ЧДД, інвестор зазнає збитків, тобто проєкт неефективний;

- індекс прибутковості (ІД) - являє собою відношення суми наведених ефектів до величини капіталовкладень:

$$\text{ІД} = \sum_{t=1}^T (R_t - Z_t) \cdot \frac{1}{(1+E)^t} / K, \quad (4.16)$$

Якщо ЧДД > 0 , то ІД > 1 - проєкт ефективний;

- строк окупності - мінімальний часовий інтервал від початку здійснення проєкту, за межами якого інтегральний ефект стає і надалі невід'ємним. Іншими словами, це період, починаючи з якого початкові вкладення та інші витрати, пов'язані з інвестиційним проєктом, покриваються сумарними результатами його здійснення. Розрахунок терміну окупності капітальних вкладень зведено в таблицю 4.5.

Жоден із перелічених критеріїв сам по собі не є достатнім для прийняття проєкту. Рішення про інвестування коштів у проєкт має ухвалюватися з урахуванням значень усіх перелічених критеріїв та інтересів усіх учасників інвестиційного проєкту. Важливу роль у цьому рішенні мають відігравати

джерела фінансування, структура і розподіл капіталу в часі.

4.4 Аналіз рівня технології виробництва

Аналіз рівня технології виробництва є складовою частиною аналізу організаційно-технічного рівня виробництва. Він може проводитися в дипломних проектах з удосконалення технологічного процесу обробки деталі в повному обсязі або за окремими показниками відповідно до поставлених керівником завдань.

До показників рівня технології виробництва належать: структура технологічного обладнання;

- частка прогресивного обладнання;
- середній вік технологічного обладнання;
- рівень оснащення технологічного процесу тощо. Структура технологічного обладнання.

Питома вага кожної операції може бути визначено таким чином:

$$V_{on} = \frac{T^t}{T} \cdot 100 \quad (4.17)$$

де T^t - штучно-калькуляційний час на кожній операції, хв;

T - сумарний штучно-калькуляційний час обробки деталі. Розрахунок може проводитися і за машинним часом.

$$V_{on} = \frac{0.78}{6.8} \cdot 100 = 11.47$$

4.5 Визначення економічних показників розроблюваного заходу

У разі, коли в проекті не ставиться завдання оцінки сутності розроблюваного заходу існуючого і пропонованого рівня технології оброблення деталей, достатньо розрахувати кілька узагальнюючих коефіцієнтів, що

характеризують техніко-економічний ефект від впровадження пропонованої технології. До таких показників належать:

- рівень механізації праці на програмних операціях:

$$K_{\text{мех}} = \frac{T_0 - T_{\text{доп}}}{m} \cdot 100\%$$

$$K_{\text{мех}} = \frac{4,3 - 0,5}{70} \cdot 100\% = 5,43$$

де $K_{\text{мех}}$ - коефіцієнт механізації на операції, %;

T_0 - основний (машинний) час обробки деталі, хв;

$T_{\text{всп}}$ - допоміжний час механізованих прийомів, хв;

m - штучно-калькуляційний час, хв;

4.6 Техніко-економічні розрахунки під час проектування ділянки обробки деталей

В економічній частині розраховуються: капітальні вкладення, необхідні для введення ділянки в дію; балансова вартість основних фондів і величина річних амортизаційних відрахувань; показники з праці та заробітної плати ділянки; витрати на основні матеріали; технологічна собівартість виготовлюваної (оброблюваної) деталі. За необхідності можуть бути визначені інші цехові витрати, загальнозаводські та невиробничі витрати.

Якщо під час проектування ділянки в основній частині роботи порівнюються проєктований і базовий технологічні процеси, в економічній частині або розраховуються обидва варіанти процесу, або за базовим варіантом наводяться фактичні дані з посиланням на джерело. Також рекомендується провести аналіз рівня технології виробництва на ділянці.

Вихідною інформацією для економічних розрахунків проєктованої ділянки є:

- трудомісткість операцій технологічного процесу;
- кількість технологічного обладнання.

Трудомісткість операцій технологічного процесу, здійснюваного на проєктованій ділянці. Інформацію про трудомісткість проєктованого технологічного процесу заносимо в таблицю 4.4.

Таблиця 4.4 - Характеристика проєктованого технологічного процесу

Найменування операції	Обладнання	Трудомісткість деталеоперації, хв.
005 Комбінована з ЧПУ	MacTurn 350W	6,8

Коефіцієнт фактичного завантаження кожного типу обладнання розраховується таким чином:

$$K_3^\phi = \frac{q_p}{q_{np}}, \quad (4.18)$$

$$K_3^\phi = \frac{0,3}{1} = 0,3$$

де q_p - розрахункова кількість обладнання даного типу, од;

q_{np} , - прийнята кількість обладнання даного типу, од.

Таблиця 4.5 - Технологічна собівартість виробу

Показники витрат	Сума, грн.
Витрати на матеріали	1000
Витрати на електроенергію	1,6
Заробітна платат основних робітників	18,63
Єдиний соціальний податок.	8,89
Витрати на утримання та експлуатацію обладнання	258,2
Витрати на утримання та експлуатацію оснащення	18,5
Витрати на інструмент	12,24
Заробітна плата допоміжних робітників	1318,06
Підсумок	1000

Таблиця 4.6 - Показники проектного варіанта

Найменування показника	Значення
Річний випуск деталей, шт	1
Кількість обладнання, шт	1
Кількість верстатників, осіб	6,8
Трудомісткість виготовлення одного виробу, хв.	4275000
Капітальні вкладення, грн.	1318,06
Технологічна собівартість обробки деталі, грн.	100
Частка прогресивного обладнання, %	200
Зростання продуктивності праці %	1

Висновок: у результаті проведених розрахунків технологічна собівартість деталі "Поршень" склала 1318,06 грн. на одну готову деталь, а річна собівартість, становитиме:

$$1318,06 \cdot 3000 = 3954180 \text{ грн.}$$

Висновки за розділом

Під час переходу на такий технологічний процес механічної обробки деталі підприємству необхідно врахувати всі можливі витрати:

1. Витрати на вибір високопродуктивного інструменту, відповідно до обладнання. Ці витрати можуть бути пов'язані з придбанням сервісного обслуговування.

2. Витрати на перенавчання персоналу для роботи з новим обладнанням.

Побудова технологічного процесу при веденні обробки на верстатах із ЧПК має меншу собівартість обробки деталі. Технологічна собівартість деталі "Поршень" склала 1318,06 грн. на одну готову деталь.

ВИСНОВОК

У кваліфікаційній роботі пропонується вирішення проблеми випуску деталі «Поршень» до пневматичних компресорів за допомогою впровадження прогресивного обладнання з числовим програмним керуванням та високопродуктивного ріжучого інструменту імпортного виробництва.

За допомогою проекту В роботі розроблено маршрут «Заготовка-деталь» для виготовлення деталі «Поршень» із застосуванням всього однієї одиниці технологічного обладнання та відносно невеликим переліком високопродуктивного, довговічного різального інструменту. Схема базування передбачає обробку деталі та виконання всіх технічних вимог за рахунок здійснення принципу сталості баз.

Ряд прийнятих рішень, реалізованих у технологічному процесі, показав високу економічну ефективність за рахунок застосування багатоопераційного верстата з ЧПК.

Викладені теоретичні напрацювання підтверджені розрахунками. Так, запропонований технологічний процес при веденні операцій обробки на верстатах із ЧПК має меншу собівартість обробки деталі та коротший виробничий цикл порівняно з варіантом, умовами якого є застосування універсального обладнання. Отже, спроектований технологічний процес є більш ефективним порівняно з технологічним процесом, побудованим на використанні універсальних верстатів, і є більш конкурентоспроможним порівняно з ним.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Білоус О.В., Пахолук А.П., Василенко І.І. Матеріалознавство і технологія конструкційних матеріалів. Проектування технологічного процесу обробки металів різанням. Методичні рекомендації до виконання практичних та індивідуальних робіт у підготовці за напрямом 6. 050503 «Машинобудування» для студентів денної іта заочної форми навчання. Львів: ЛНАУ, 2008. 60 с.
2. Бочков В.М., Сілін Р.І. Обладнання автоматизованого виробництва. Навчальний посібник. Львів: Виробництво Державного університету “Львівська політехніка”, 2000. 380 с.
3. Городецький І. В, О. Тимочко. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях: методичні рекомендації до виконання розділу у роботах ОКР ”Магістр” студентами факультету механіки та енергетики. Львів: Львівський НАУ, 2011. 16 с.
4. Григорко І.О., Брендуля М.Ф., Доценко С.М. Технологія обробки типових деталей (курсове проектування): Навчальний посібник. Львів: «Новий світ-2000», 2006. 576 с.
5. Дмитрів Ю.О., Мацулевич О.Є., Щербина В.М., Холодняк Ю.В. Проектування керуючих програм для верстатів токарної групи з пристроєм числового програмного керування: навч. ВПЦ «Люкс», Мелітополь, 2018. 132 с.
6. Кальченко В.В., Пасов Г.В., Венжега В.І. Верстати з ЧПК та ВК. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни “Верстати з числовим програмним керуванням та верстатні комплекси” для студентів за спеціальністю 133 “Галузеве машинобудування” усіх форм навчання: Чернігів: ЧНТУ, 2019. 96 с.
7. Когут М.С. Технологія машинобудування. Практикум до виконання курсового проекту для студентів спеціальностей «Підйомно-транспортні, будівельні, дорожні, меліоративні машини і обладнання» та «Обладнання переробних і харчових виробництв». Львів: ЛНАУ, 2010. 114 с.
8. Мацибора В. І. Економіка сільського господарства. Київ: Вища школа. 1994. 258с.

9. Муляр Ю. І., Дерібо О. В. Програмування токарної обробки на верстатах з ЧПК. Навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2004. 91 с.
10. Петраков Ю.В. Лабораторно-комп'ютерний практикум з теорії різання: Навчальний посібник для студентів, які навчаються за напрямом «Інженерна механіка». Київ: Політехніка, 2006. 190 с.
11. Піддубний В.В., Стовбун О.І. Питання професійної гігієни праці в системі охорони праці. Київ: Логос, 2004. 195с.
12. Руденко П.О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні. Київ: Вища школа, 1993. 414 с.
13. Стискін Г.М., Ревнівцев М.П., Берізко М.М., Мелещик В.А. Інструменти для механічної обробки матеріалів. Львів: Оріяна-Нова, 2002. 240 с.
14. Технологія верстатних робіт: навч.пос. для проф.-техн. навч. закладів / М. А. Вайнтрауб, В. Й. Засельський, Д. В. Пополов, за наук. ред. М. А. Вайнтрауба. – Київ, 2015. 199с.
15. Швець О.П. Технологія машинобудування. Методичних рекомендацій до виконання практичних робіт студентами ОС «Магістр» спеціальності 133 «Галузеве машинобудування. Львів, 2019. 74 с.
16. Швець О.П. Технологія машинобудування. Методичних рекомендацій до виконання практичної роботи на тему: «Обґрунтування раціонального режиму токарної обробки деталі» студентами ОС «Магістр» спеціальності 133 «Галузеве машинобудування. Львів, 2019. 34 с.
17. CNC Programming: Basics and Tutorial Textbook. Michael J. Peterson Boca Raton, Florida: CRC Press, 1996.
18. Сплав АК5М7. [Електронний ресурс]: Режим доступу URL: <https://evek.com.ua/materials/splav-ak5m7.html>
19. Токарні та фрезерні центри з ЧПК [Електронний ресурс]: Режим доступу URL: <https://www.machineseeker.com.ua/okuma-macturn+350-2sw-1500/i-12034292>
20. Каталоги HOFFMANN GROUP [Електронний ресурс]: Режим доступу URL: <https://polidecktech.com/all-catalogs/catalog-hoffmann-group/>

21. Hoffmann Group Catalogues with all new products and innovations GROUP [Електронний ресурс]: Режим доступу URL: <https://www.hoffmann-group.com/GB/en/houk/services/flip-catalogue/e/66221/>

22. Професійний інструмент [Електронний ресурс]: Режим доступу URL: <https://ditc-contact.ua/partner/hoffmann-group/>

23. Роль і призначення різальних інструментів в машинобудуванні [Електронний ресурс]: Режим доступу URL: https://elib.lntu.edu.ua/sites/default/files/elib_upload/%D0%97%D1%83%D0%B1%D0%BE%D0%B2%D0%B5%D1%86%D1%8C%D0%BA%D0%B0%20%D0%9D/page4.html

24. Різучі інструменти [Електронний ресурс]: Режим доступу URL: https://www.jfs-steel.com/uk/application/steel-application-cutting_tools.html

ДОДАТКИ