

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»

Механіко-машинобудівний факультет
Кафедра технологій машинобудування та матеріалознавства

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
кваліфікаційної роботи ступеня магістра

Здобувача вищої освіти Первушина Дениса Павловича
(ПІБ)

академічної групи 131М-23Н-1 ММФ
(шифр)

спеціальності 131 Прикладна механіка

за освітньо-науковою програмою «Наскрізний інжиніринг
машинобудівного виробництва»

на тему: Дослідження методами моделювання у CAD-CAM-системах
технологічного процесу механічної обробки деталі складної геометрії.

Наказ ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від 28.04.25 №317-с

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
кваліфікаційної роботи	Дербаба В.А.	80	добре	
розділів:				
Аналітичний	Дербаба В.А.	75	добре	
Технологічний	Дербаба В.А.	78	добре	
Спеціальний	Дербаба В.А.	82	добре	
Науково- дослідницький	Дербаба В.А.	81	добре	
Рецензент	Кравченко Ю.Г	90	відмінно	
Нормоконтролер	Рубан В.М.	80	добре	

Встановлено, що матеріали даної кваліфікаційної роботи містять чутливу інформацію щодо реальних об'єктів критичної інфраструктури України, національної безпеки і оборони України, зокрема відомості про їх місце розташування, службове призначення, конструкторську і технологічну документацію, описи конструкторських матеріалів та їх властивості, іншу додаткову літературу та посилання. У зв'язку з чим такі матеріали не підлягають відкритому оприлюдненню та мають зберігатися відповідно до встановленого режиму закладом освіти.

Конфіденційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 30.06.2025р.

ЗАТВЕРДЖЕНО:
завідувач кафедри

технологій машинобудування та матеріалознавства
(повна назва)

(підпис)

В.А. Дербаба
(ініціали та прізвище)

« 15 » 01 2025 року

ЗАВДАННЯ на кваліфікаційну роботу ступеня магістра

здобувачу вищої освіти Первушину Денису Павловичу
(прізвище та ініціали)

академічної групи 131М-23Н-1 ММФ
(шифр)

спеціальності 131 Прикладна механіка
спеціалізації за освітньо-науковою програмою «Наскрізний інжиніринг
машинобудівного виробництва»

1 ПІДСТАВИ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ РОБОТИ

Наказ ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від 28.04.25 №317-с

2 МЕТА ТА ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ РОБІТ

Об'єкт досліджень - процес механічної обробки деталі на верстаті з ЧПК.

Предмет досліджень - швидкість виконання поставлених завдань в середовищі САМ-програми Autodesk FeatureCAM, функціональні можливості системи, складність роботи програми і повнота інформації.

Мета - ефективність використання інформаційних технологій на прикладі автоматизованої механічної обробки корпусної деталі на верстаті з ЧПК.

Вихідні дані для проведення роботи - 1) аналіз джерел інформації з питань режимних параметрів механічної обробки; 2) аналіз застосування інтерфейсу САМ-системи при виконанні конструкторських та технологічних задач; 3) визначення впливу режимів різання та стратегій токарної обробки на продуктивність і оптимальність керуючої програми для верстата з ЧПК.

3 ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ

Новизна - удосконалено підхід до оцінки стратегій (траєкторій) фрезерної обробки деталі в САМ-системі Autodesk FeatureCAM та створення методики

залежності основного часу обробки від режимних параметрів обробки заданих матеріалів заготованки та інструментальних матеріалів циліндричних фрез.

Практична цінність - оптимізація стратегії обробки в САМ-програмі на прикладі корпусної деталі, скорочення (зменшення) часу на підготовку конструкторсько-технологічної документації, розрахунок оптимізованої керуючої програми для обладнання і скорочення часу механічної обробки на верстаті з ЧПК як наслідок.

4 ВИМОГИ ДО РЕЗУЛЬТАТІВ ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Створити практичні рекомендації щодо застосування альтернативних технологічних методів виготовлення деталі типу Корпус за умов використання CAD-CAM систем.

5 ЕТАПИ ВИКОНАННЯ РОБІТ

Найменування етапів робіт	Строки виконання робіт (початок-кінець)
Аналітичний розділ	29.01.2025-25.02.2025
Технологічний розділ	26.02.2025-24.03.2025
Спеціальний розділ	25.03.2025-21.04.2025
Науково-дослідницький розділ	22.04.2025-05.05.2025

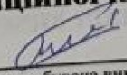
Завдання видано


(підпис керівника)

В.А. Дербоба
(ініціали та прізвище)

Дата видачі 15 січня 2025 р.

Дата подання до екзаменаційної комісії 5 травня 2025 р.

Прийнято до виконання 
(підпис здобувача вищої освіти)

Д.П. Перушин
(ініціали та прізвище)

ЗМІСТ

Вступ.	6
1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ.	7
1.1 Опис конструкції та службового призначення деталі.	7
1.2 Марка матеріалу корпус.	10
1.3 Кількісна та якісна оцінка деталі корпус.. . . .	11
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ.	13
2.1 Визначення типу виробництва та форми його організації.	13
2.2 Вибір та економічне обґрунтування способу отримання заготовок. . .	15
2.3 Вибір технологічних баз деталі корпусу.. . . .	17
2.4 Вибір технологічного устаткування.	19
2.5 Розробка маршруту обробки деталей (МОД).	21
2.6 Визначення припусків на обробку та розмір заготівлі корпусу.	23
2.7 Визначення режимів обробки заготовки корпусу.. . . .	28
2.8 Нормування операцій технологічного процесу.	28
3 СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ.	31
3.1 Пристосування, оснащення та ріжучий інструмент для верстата з ЧПК	31
4. НАУКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ.	32
4.1 Інтеграція програмного комплексу Power Solution у виробництві дета-	32
лей типу - корпус на машинобудівних підприємствах.	
4.2 Складання автоматизованої технології обробки деталі в обраній САМ-	
системі.	36
Загальні висновки.	40
Перелік посилань.	41
Додатки	

ВСТУП

Виробничий процес виготовлення машин є системою зв'язку властивостей матеріалів, розмірних, інформаційних, тимчасових та економічних. Технологія машинобудування досліджує ці зв'язки з метою вирішення завдань забезпечення у процесі виробництва, необхідної якості машини, найменшої собівартості та підвищення продуктивності праці.

На машинобудівних заводах успішне впровадження нової техніки залежить від ступеня його оснащення сучасним технологічним оснащенням. Для всіх видів технологічного оснащення характерна наявність значного числа деталей, різноманітної і складної форми. Більшість деталей в процесі виготовлення піддається різним видам обробки, механічної, термічної, електрохімічної і т.д.

Сучасне виробництво пред'являє підвищені вимоги до технологічного оснащення: точність базування виробів, жорсткість, що забезпечує повне використання потужності обладнання на чорнових операціях і високу точність обробки на чистових операціях, висока гнучкість, що скорочує час на налагодження та заміну оснащення, універсальність, що дозволяє обробляти вироби певного типу розмірів з мінімальним часом на переналагодження, надійність та взаємозамінність.

Дипломний проект є великою самостійною роботою майбутнього технолога, спрямованої на вирішення конкретних завдань у галузі вдосконалення технології, організації виробництва та поліпшення техніко-економічних показників роботи ділянки. Поряд з цим дипломне проектування закріплює вміння студента користуватися довідковою літературою, ДСТУ, таблицями, номограмами, нормами та розцінками вміло, поєднуючи довідкові дані з теоретичними знаннями, отриманими в процесі вивчення курсу. Проект закріплює, поглиблює та узагальнює знання, отримані студентами під час лекційних та практичних знань.

Робота пов'язана з науковим напрямом кафедри технологій машинобудування та матеріалознавства та виконана відповідно договору про співпрацю та договором про нерозголошення конфіденційної інформації та комерційної таємниці з ТОВ «ЕЙ БІ ЕМ ТЕХНОЛОДЖИ».

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Опис конструкції та службового призначення деталі

Обробка конструкції на технологічність являє собою комплекс заходів щодо забезпечення необхідного рівня технологічності конструкцій за встановленими показниками, спрямована на підвищення продуктивності праці, зниження витрат і скорочення часу на виготовлення виробу при забезпеченні необхідної якості.

Конфіденційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 30.06.2025р.

Конфіденційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 30.06.2025р.

Гідросистема приводу ходової частини виконана за закритою схемою. Олія циркулює гідролініями високого тиску. Зміна подачі насоса (змінна швидкості руху машини) здійснюється пристроєм, пов'язаним за допомогою троса з важелем управління, розташованим у кабіні. Відбір потужності на привод основного гідронасоса здійснюється від колінчастого валу двигуна через редуктор відбору потужності. Контролює температуру робочої рідини від датчиків, встановлених у дренажній магістралі гідромотора та у всмоктувальній магістралі насоса.

**Конфіденційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 30.06.2025р.**

- усі отвори перпендикулярні до площини загального торця;
- не технологічним є те, що вся більшість поверхонь обробляється при одноінструментній обробці;
- у цій деталі не вдалося уникнути глухих отворів, але в них передбачений запас довжини на запас різьблення, розміщення мітчиків та стружки;
- у різьбових отворах передбачена західна фаска;
- на деталі використовуються різьблення діаметром більше 6 мм;
- у деталі відсутні довгі отвори.

На основі проведеного аналізу можна зробити висновок про технологічність даної деталі «корпус».

1.2 Марка матеріалу корпус

Для виготовлення даної деталі та особливі вимоги до механічних властивостей зазначені в основних конструкторських документах. Виконуємо аналіз відповідності механічних і технологічних властивостей матеріалів умовам

Конфіденційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 30.06.2025р.

опори валоповороту, рами підшипників, рами фундаментів, вкладиші, втулки, стійки патрубків кожуха); впливків 2 групи, що працюють при температурах до

Конфіденційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 30.06.2025р.

Конфіденційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 30.06.2025р.

$$K_{y.э.} = \frac{Q_{y.э.}}{Q_э}, \quad (1.1)$$

де $Q_{y.э.}$ – число уніфікованих типорозмірів конструктивних елементів (різьблення, фаски, отвори, шпонки та ін.);

$Q_э$ – число конструктивних елементів в деталі.

Коефіцієнт використання матеріалу.

$$K_{и.м.} = \frac{m_д}{m_э}; \quad (1.2)$$

де $m_д$ – маса деталі, кг;

$m_э$ – маса заготівлі, кг.

Коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів

$$K_{y.э.} = \frac{34}{46} = 0.74$$

Коефіцієнт використання матеріалу

$$K_{и.м.} = \frac{1,2}{1,6} = 0.75$$

Числові значення коефіцієнтів повинні лежати в межах $0 < K < 1$. Умова виконується.

Якісна оцінка технологічності конструкції характеризується такими показниками: добре (допустимо), погано (неприпустимо). Кожен показник оцінюється знаком "+" чи "-". Якісний аналіз технологічності конструкції деталі виконують відповідно таблиці 1.3

Таблиця 1.3

Показники технологічності конструкції деталей	Оцінка технологічності корпусу	
	+	-
1. Наявність у деталей стандартних та уніфікованих елементів.	+	-
2. Можливість виготовлення деталей із стандартних або уніфікованих заготовок (прокат, штампування, лиття тощо).	+	-
3. Наявність оптимальної точності і шорсткості поверхонь.	+	-
4. Відповідність фізико-хімічних та механічних властивостей матеріалу, твердості, форми та розмірів деталі вимогам технології механічної та термічної обробки.	+	-
5. Відповідність показників базових поверхонь деталі (розміри, точність, шорсткість) вимогам установки, обробки та контролю.	-	+
6. Відповідність оформлення робочого креслення деталі вимогам ЕСКД і ЕСПД СЭВ.	+	-

Враховуючи результати якісної та кількісної оцінки деталі «Корпус», робимо висновок, що деталь технологічна.

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Визначення типу виробництва та форми його організації

Тип виробництва визначимо, взявши за основу масу деталей та річний обсяг випуску деталей.

Маса деталі Корпусу – 1,2 кг, річна програма випуску – 1000 шт/рік. Визначаємо середньосерійне виробництво.

Форми організації технологічних процесів відповідно до ДСТУ 8833:2019 залежать від встановленого порядку виконання операцій, розташування технологічного обладнання, кількості виробів та напрямки їх руху при виготовленні. Існують дві форми організації технологічних процесів – групова та потокова. Рішення про доцільність організації потокової форми виробництва зазвичай приймається на підставі порівняння заданого добового виробництва випуску виробів N_c та розрахункової добової продуктивності потокової лінії Q_c при двозмінному режимі роботи та її завантаженні на 75 – 85%.

Заданий добовий випуск виробів.

$$N_c = \frac{N}{253} \text{ шт}; \quad (2.1)$$

де N – річна програма випуску виробів, шт;

253 – кількість робочих днів у році.

Для деталі корпусу

$$N_c = \frac{1000}{253} = 3.95 \approx 4 \text{ шт.}$$

Штучний час за операціями визначимо за формулою:

$$T_{\text{шт}} = \frac{T_{\text{о.ср.}}}{K} \text{ хв}; \quad (2.2)$$

де $T_{\text{о.ср.}}$ – середній основний технологічний час;

K – коефіцієнт безперервності роботи верстатів.

Середній основний технологічний час за операціями визначимо для

деталі "Корпус" (таблиця 2.1)

Таблиця 2.1

№ п/п	Зміст операцій
1	Підрізування торців
2	Точення зовнішнє
3	Розточування
4	Підрізування торців
5	Токарна
6	Свердління
7	Нарізання різьблення

Штучний час за операціями визначимо за формулою (2.3)

$$T_{шт} = \frac{T_{o.ср.}}{K} \text{ хв};$$

Середній основний технологічний час за операціями визначимо для "Корпус". Дані занесемо до таблиці 2.4.

$$\text{Точення } T_{o.ср.} = 0.17 \cdot 10^{-3} \cdot dl \quad (2.4)$$

$$\text{Підрізування торців } T_{o.ср.} = 0.037 \cdot 10^{-3} \cdot (D^2 - d^2) \quad (2.5)$$

$$\text{Фрезерування } T_{o.ср.} = 6 \cdot 10^{-3} \cdot l \quad (2.6)$$

$$\text{Розточування } T_{o.ср.} = 0.18 \cdot 10^{-3} \cdot dl \quad (2.7)$$

$$\text{Свердління } T_{o.ср.} = 0.52 \cdot 10^{-3} \cdot d \ln \quad (2.8)$$

$$\text{Розточування } T_{o.ср.} = 0.31 \cdot 10^{-3} \cdot d \ln. \quad (2.9)$$

$$\text{Нарізання різьблення } T_{o.ср.} = 0.4 \cdot 10^{-3} \cdot d \ln \quad (2.10)$$

Таблиця 2.2

№ п/п	Назва операції	Кількість операцій	Сумарне T_o , хв	$T_{шт}$, хв
1	Підрізування торців	2	1,29	2,58
2	Точення зовнішнє	1	7,76	7,76
3	Розточування	2	4,33	8,66
4	Підрізання торців	2	2,26	4,52
5	Розточування	6	3,4	20,4
6	Свердління	4	0,22	0,88
7	Нарізання різьблення	1	5,92	5,92

Для серійного виробництва обов'язково визначають такт випуску деталей

$$t_{\text{в}} = \frac{60 \cdot F_{\text{д}} \cdot m}{N} \quad (2.11)$$

де $F_{\text{д}}$ – річний дійсний фонд роботи верстата, год; при однозмінній роботі.

$$F_{\text{д}} \cdot m = 2030 \text{ ч;}$$

m – число змін роботи верстата на добу;

N – річна програма випуску деталей, прик.

$$t_{\text{в}} = \frac{60 \cdot 2030 \cdot 1}{1000} = 121.8 \text{ хв.}$$

2.2 Вибір та економічне обґрунтування способу отримання заготовок

При виборі способу отримання заготовки головним чином потрібно забезпечити необхідну якість деталі при її мінімальній собівартості. На вибір способу отримання заготівлі великий вплив мають: конфігурація, розміри, маса, марка матеріалу, необхідна точність і якість поверхонь заготівлі, тип виробництва.

Спосіб отримання заготовки Корпус вибираємо на підставі техніко-економічного аналізу двох варіантів.

За двома варіантами визначимо масу заготівлі з урахуванням припусків та напусків на механічну обробку. Приблизно маса заготівлі визначається за такою формулою:

За двома варіантами визначимо масу заготівлі з урахуванням припусків і напусків на механічну обробку за формулою (2.12).

Варіант 1. Вид заготівлі – лиття у піщані форми.

$$B = 3,8 \cdot \left(1 + \frac{25}{100}\right) = 168.75 \text{ кг.}$$

Вартість заготівлі (2.12).

$$S = 168.75 \cdot 17 \cdot 1.05 - 33.75 \cdot 4.6 = 2856.95 \text{ грн.}$$

Варіант 2. Вид заготівлі – лиття в оболонкові форми.

$$B = 3,8 \cdot \left(1 + \frac{15}{100}\right) = 155.25 \text{ кг.}$$

$$S = 155.25 \cdot 20 \cdot 1.05 - 20.25 \cdot 4.6 = 3167.1 \text{ грн.}$$

Різниця між вартістю вибраних заготовок (2.13).

$$A = 3167.1 - 2856.95 = 310.15 \text{ грн.}$$

Визначимо основну зарплату верстатника (2.14).

$$Z_c = 0.14 \cdot 93.2 = 13.1 \text{ грн.}$$

Основна зарплата наладчика з урахуванням обслуговування 4-х верст.(2.15)

$$Z_n = 0.25 \cdot 0.14 \cdot 93.2 = 3.3 \text{ грн}$$

Цехова собівартість (2.16).

$$Ц = (13.1 + 3.3) \cdot \left(1 + \frac{250}{100}\right) = 57.4 \text{ грн.}$$

Різниця між цеховою собівартістю обробки та різницею вартості заготівель (2.17).

$$E = 57.4 - 310.15 = -252.75 \text{ грн.}$$

Так як цехова собівартість механічної обробки менша, ніж різниця вартості заготовок, то приймаємо менш точну заготовку - лиття в піщані форми.

Річна економічна ефективність обраного способу одержання заготівлі (2.18).

$$Z_\phi = 252.75 \cdot 1000 = 252.75 \text{ тис. грн.}$$

2.3 Вибір технологічних баз деталі корпусу.

Відповідно до ДСТУ 8833:2019 базування, тобто положення об'єкта щодо обраної системи координат, здійснюється за допомогою обраних на об'єкті баз у вигляді належних йому поверхонь, осей, точок або їх поєднань.

У процесі механічної обробки при виборі технологічних баз необхідно дотримуватись наступних рекомендацій:

- при обробці заготівлі необроблені поверхні як бази можна використовувати тільки на перших операціях;

- як технологічні бази слід приймати поверхні достатніх розмірів, що забезпечує більшу точність базування і закріплення заготівлі в пристосуванні, ці поверхні повинні мати більш високий клас точності, найменшу шорсткість, не мати поверхневих дефектів;
- як бази на першій операції слід приймати поверхні з найменшими припусками;
- при чистовій обробці рекомендується дотримуватися принципу суміщення баз;
- основи остаточної обробки повинні мати найбільшу точність, найменшу шорсткість поверхонь.

**Конфіденційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 30.06.2025р.**

Користуючись перерахованими рекомендаціями, виберемо технологічні бази при обробці заготівлі корпусу (Малюнок 2.1).

За теоретичною схемою базування, заготівля корпусу позбавляється шести ступенів свободи у вибраній системі координат X, Y, Z .

товки, на які налагоджуються шість геометричних зв'язків, є базовими і діляться на установчу базу, що спрямовує і опорну.

На першій операції в якості чорнової бази вибираємо поверхню, яка на наступних операціях не обробляється, має значну протяжність і забезпечує зручну установку заготівлі в пристосуванні. На наступних операціях в якості

настановної бази вибираємо поєднання поверхонь А і Г, що позбавляє заготівлю трьох ступенів свободи. Опорною базою є поверхня Д.

2.4 Вибір технологічного устаткування

Загальні правила вибору технологічного обладнання встановлені ДСТУ 8833:2019. Вибір моделі верстата, перш за все, визначається його можливістю забезпечити точність розмірів і форми, а також якість поверхні виробу, що виготовляється. Тому модель верстата вибираємо з таких міркувань:

- відповідність верстата за продуктивністю заданому масштабу виробництва;
- можливість роботи на оптимальних режимах різання;
- відповідність механізації та автоматизації виконуваної обробки;
- найменша собівартість обробки;
- реальна можливість придбання верстата;
- необхідність використання наявних верстатів.

Для обробки даної деталі був обраний токарно-фрезерний верстат «Doosan Puma MX2600ST»

Загальні характеристики

Тип верстата: Багатоцільові

Стандартний розмір патрона: 10 "

Системи ЧПУ: FANUC

Додаткова інформація

Потужність двигуна насоса охолоджуючої рідини: 2.2 кВт

Автомат зміни інструменту

Ємність інструментального магазину: 40 шт.

Важіль зміни інструменту: поворотний кронштейн

Вибір інструмента: фіксований адресу

Максимальний діаметр інструмента (постійний): 90 мм

Максимальний діаметр інструмента (без суміжних інструментів): 130 мм

Максимальна довжина інструменту: 400 мм

Максимальна вага інструменту: 10 кг

Час зміни інструменту (Т-Т-Т): 2 сек.

Можливості обробки

Максимальний діаметр обробки: 760 мм

Максимальна довжина обробки: 1540 мм

Рекомендований діаметр повороту: 255 мм

Максимальний діаметр обробки над станиною: 1000 мм

Максимальний діаметр обробки над супортом: 700 мм

Робочий діаметр стержня: 76 мм

Револьверна головка

Розміри інструменту для зовнішньої обробки: 25x25 мм

Число інструментальних позицій: 12 шт.

Макс. розмір розточувального бруса: 40 мм

Час індексування револьверної головки (1 станція поворотна): 0.2 сек.

Макс. швидкість обертового інструменту: 4000 об / хв



Рисунок 3.1 – Верстат «Doosan Puma MX2600ST»

2.5 Розробка маршруту обробки деталей (МОД)

Основним завданням розробки маршруту є складання загального плану обробки деталі, формулювання змісту операцій технологічного процесу. Результати оформлюються як таблиці 2.3.

При встановленні загальної послідовності обробки рекомендується враховувати такі положення.

1. Кожна наступна операція повинна зменшувати похибки та покращувати якість поверхні.

2. Насамперед слід обробляти поверхню, яка буде технологічною базою для подальших операцій.

3. Потім слід обробляти поверхні, з яких знімається найбільший шар металу, що дозволить своєчасно виявити можливі внутрішні дефекти заготовлі.

4. Операції, при яких можлива поява шлюбу через внутрішні дефекти в заготовлі, слід проводити спочатку.

5. Обробка інших поверхонь ведеться в послідовності, зворотного ступеня їх точності: чим точніше має бути поверхня, тим пізніше вона обробляється.

6. Закінчується обробка тією поверхнею, яка є найбільш точною і має найбільше значення для експлуатації деталі.

7. Отвори потрібно свердлити в кінці технологічного процесу, за винятком тих випадків, коли вони служать базами для установки.

8. Якщо деталь піддається термічній обробці по ходу технологічного процесу, механічна обробка розчленовується на дві частини: до термічної обробки і після неї.

9. Технічний контроль намічають після тих етапів обробки, де ймовірно підвищена кількість шлюбу, перед складними і дорогими операціями, після закінченого циклу, а також в кінці обробки деталі.

Розробку маршруту обробки деталі «Корпуса» проведемо з використанням типового технологічного процесу на цю деталь. Технологічний маршрут оформляється в таблицю 2.5

Найменування операцій відповідає вимогам класифікатора технологічних операцій у машинобудуванні

Таблиця 2.3

№ операції	Найменування операції	Зміст операції	Технологічні бази	Обладнання. Технологічне оснащення
------------	-----------------------	----------------	-------------------	------------------------------------

Конфіденційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 30.06.2025р.

Конфіденційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 30.06.2025р.

де Rz_{i-1} – висота мікронерівностей поверхні від попередньої обробки, мкм;

h_{i-1} – глибина дефектного шару на поверхні деталі від попередньої обробки, мкм;

$\Delta_{\Sigma i-1}$ – сумарне значення просторових відхилень від попередньої обробки, мкм;

ε_i – похибка установки заготовки на переході.

Операційні розміри, допуски та операційні розміри в цьому дипломному проекті визначені аналітичним методом і наведені у додатку 4,5.

Розрахунок припусків деталей та призначення їх ведеться за таблицями ДСТУів. На підставі техніко-економічного обґрунтування спосіб отримання заготовки.

Заготівлю корпусу отримаємо литтям у піщані форми. Заготівлі, що отримуються, литтям у піщані форми характеризуються мінімальною вартістю виготовлення, великими припусками і високими параметрами шорсткості. У піщаних формах можна отримати виливки найскладнішої конфігурації та масою від кількох грамів до сотень тонн. Цей спосіб лиття найчастіше застосовується в серійному виробництві.

Допуски розмірів, маси та припуски на механічну обробку визначимо згідно з ДСТУ 8833:2019.

Номінальний розмір виливки слід приймати рівним номінальному розміру деталі для необроблюваних поверхонь і сумі середнього розміру деталі і загального припуску на обробку - для поверхонь, що обробляються. При визначенні номінальних розмірів виливків враховують технологічні напуски.

Визначимо клас розмірної точності виливки. Спосіб лиття – лиття в піщано-глинисті сирі форми з низько вологих високоміцних сумішей. Вибираємо – 10 клас розмірної точності.

За класом розмірної точності визначимо допуски на лінійні розміри.

Значення допусків зведемо до таблиці 2.4

Таблиця 2.4

Номінальний розмір, мм	Допуск розмірів, мм	Номінальний розмір, мм	Допуск розмірів, мм
470	4.4	260	4.0
270	4.0	160	3.2
188	3.6	346	4.0
171	3.6	32	2.2
190	3.6	180	3.6

Визначимо ступінь жолоблення елементів виливки. Відношення найменшого розміру елемента виливки до найбільшого - 0.74, яке відповідає 4 ступеня короблення.

Визначимо допуски форми та розташування елементів виливка. Чисельні значення зведемо в таблицю 2.6. За номінальний розмір ділянки, що нормується, при визначенні допусків, форми і розташування приймаємо найбільший з розмірів ділянки ділянки виливки, що нормується.

Визначимо загальні допуски елементів виливки, що враховують спільний вплив допуску розміру від поверхні до бази і допуску форми та розташування поверхонь. Числові значення зведемо до таблиці 2.5

Таблиця 2.5

Номінальний розмір, мм	Допуск розмірів, мм	Номінальний розмір, мм	Допуск розмірів, мм
24	1.0	69	0.64
19	0.64	107	0.32
14	0.4	65	0.8
10	0.4	90	0.24
12	0.4		

Таблиця 2.6

Номінальний розмір, мм	Допуск розміру від поверхні до бази, мм	Допуск форми та розташування поверхонь, мм	Загальний допуск елемента відливання, мм
24	4.4	1.0	5.0
19	4.0	0.64	4.0
14	3.6	0.4	4.0
10	3.6	0.4	4.0
12	3.6	0.4	4.0
69	4.0	0.64	4.0
107	3.2	0.32	3.2
65	4.0	0.8	4.0
90	2.2	0.24	2.4

Визначимо ступінь точності поверхні виливки. Спосіб отримання - лиття в піщано-глинисті сирі форми із низько-вологих високоміцних сумішей. Найбільший розмірний розмір св.120 до 250 мм. Вибираємо ступінь точності поверхонь – 14.

За певною мірою точності поверхонь визначимо ряд припусків на обробку виливки. Вибираємо 7 ряд припусків.

Мінімальний ливарний припуск на бік – 0.8 мм.

Визначимо припуски елементів виливки. Числові значення зведемо до таблиці 2.7

Таблиця 2.7

Номінальний розмір, мм	Загальний допуск елемента виливки, мм	Загальний припуск на бік, мм
24	5.0	3.6
19	4.0	4.4
14	4.0	3.2
10	4.0	4.4
12	4.0	4.4
69	4.0	4.4
107	3.2	4.1
65	4.0	4.4
90	2.4	3.5

Конфіденційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 30.06.2025р.

спікання стерневої суміші і пригару визначається масою навколишнього металу, тому мінімальний розмір литих отворів залежить від товщини стінки, довжини

стрижня і може бути визначений за формулою:

$$d_{\min} = d_o + 0.1s \quad (2.29)$$

де d_o – вихідний діаметр для сталей $d_o = 10$ мм.

s – товщина стінки, мм.

$$d_{\min} = 10 + 0.1 \cdot 95 = 19.5 \text{ мм.}$$

№ операції	Найменування операції	Найменування, тип та основні розміри ріжучого інструменту, мм
015	Фрезерно-центрова	2214-0153, Торцева насадна фреза Т15К6 по ДСТУ 24359, Лінійка 500 ДСТУ 427. центрувальні комбіновані свердла типу В4 2317-0122 по ДСТУ 14952- з циліндричним хвостовиком, Штангенциркуль ШЦ ДСТУ 166.
020	Токарна (чернова)	2101-0004, різець токарний прохідний упорний відігнутий з кутом у плані 45° з пластинами із твердого сплаву Т5К10 по ДСТУ 18879, Штангенциркуль ШЦ ДСТУ 166. 2100-0025, різець токарний прохідний відігнутий з пластинами із твердого сплаву Т5К6 по ДСТУ 18878, Штангенциркуль ШЦ ДСТУ 166 2101-0004, різець токарний прохідний упорний відігнутий з кутом у плані 45° з пластинами із твердого сплаву Т5К10 по ДСТУ 18879, Штангенциркуль ШЦ ДСТУ 166. 2100-0025, різець токарний прохідний відігнутий з пластинами із твердого сплаву Т5К6 по ДСТУ 188783, Штангенциркуль ШЦ ДСТУ 166
025	Токарна (чистова)	2101-0004, різець токарний прохідний упорний відігнутий з кутом у плані 45° з пластинами із твердого сплаву Т15К6 по ДСТУ 18879, Мікрометр МК-50 ДСТУ6507. 2100-0025, різець токарний прохідний відігнутий з кутом у плані 45° з пластинами із твердого сплаву Т15К6 по ДСТУ 18878 , Штангенциркуль ШЦ ДСТУ 166. 2102-0055, різець токарний прохідний з кутом у плані 45° з пластинами із твердого сплаву Т5К10 по ДСТУ 188773, Штангенциркуль ШЦ ДСТУ 166.
030	Різьбо-нарізна	Плашка 2650-2223 8g ДСТУ 13598, Калібр для метричної різьби ДСТУ 24475 .
035	Фрезерна	фреза дискова модульна по ДСТУ 10996, шаблон на профіль витка В8381.6092.
040	Фрезерна	2234-0355, фреза шпонкова з Т15К6 з циліндричним хвостовиком по ДСТУ 9140, Шаблон на ширину паза шпонки , Штанг енциркуль ШЦ ДСТУ 166
045	Шліфувальна	круг шліфувальний Э540С2 ДСТУ 5009, Штангенциркуль ШЦ ДСТУ 166.
055	Шліфувальна	круг шліфувальний Э912С1К5 ДСТУ 2424, Штангенциркуль ШЦ ДСТУ 166.

Формувальні ухили призначають з метою полегшення видалення моделі з форми та стрижня зі стрижневого ящика. Ухили встановлюються за ДСТУ 3212 залежно від розмірів заглиблень та виду модель ного комплекту. Числові значення зведемо до таблиці 2.8

Таблиця 2.8

Висота формуючої поверхні, мм	Уклон, град.
99.2	1°3'
58.3	1°26'
49.4	2°5'

2.7 Визначення режимів обробки заготовки корпусу.

Ріжучий інструмент, необхідний обробки заготовки корпусу зведемо в таблицю 2.8

Чисельні значення режимів різання за операціями зведемо до таблиці 2.9

Таблиця 2.8

№ опер.	№ перех.	t, мм	S, мм/об (мм/хв)	n, хв ⁻¹	V, м/хв	L _{р.х.} , мм	T _о , хв
015	2	1,5	0,14	589	185	48	0,6
	3	1,5	0,14	589	185	47	0,6
	4	2	0,06	1000	12,56	9,3	0,2
020	2	1,4	0,27	978	61,4	943	3,6
	3	0,6	0,65	955	60	943	1,5
025	2	0,88	0,4	903	58,14	346	0,98
	3	0,37	0,65	932	60	346	0,57
030	2	0,1	1,5	318,5	20	37,5	0,08
035	2	0,1	0,2	1680	31,5	10	0,55

2.8 Нормування операцій технологічного процесу

Нормування операцій технологічного процесу складає кожну верстатну операцію шляхом технічного розрахунку за нормативами.

Технічна норма часу незалежно від типу верстата та методу обробки

$$T_{ш.к.} = T_{шт} + \frac{T_{пз}}{n} \text{ хв} \quad (2.45)$$

де $T_{ш.к.}$ – норма штучно-калькуляційного часу, хв;

$T_{шт}$ – норма штучного часу, хв;

$T_{пз}$ – норма підготовчо-заключного часу, хв;

n – розмір партії деталей, шт.

Для серійного виробництва оптимальна кількість деталей у партії для одночасного запуску у виробництво

$$n = \frac{N \cdot f}{\Phi} \text{ шт.} \quad (2.46)$$

де N – річна програма випуску деталей, шт.

f – число днів, на яке необхідно мати запас деталей на складі:

для великих – 2...3 дні; для дрібних – 5...10 днів;

Φ – кількість робочих днів у році, $\Phi = 253$ дні.

Норма штучного часу

$$T_{\text{шт}} = T_o + T_v + T_{\text{тех}} + T_{\text{орг}} + T_{\text{пп}} \text{ хв} \quad (2.47)$$

де T_o – основний технологічний час, хв;

T_v – допоміжний час, хв;

$T_{\text{тех}}$ – час технічного обслуговування, хв;

$T_{\text{орг}}$ – час організаційного обслуговування робочого місця, хв;

$T_{\text{пп}}$ – час перерви, хв.

Основний час визначається розрахунком для кожного технологічного переходу в залежності від режиму різання.

Допоміжний час встановлюється для кожного технологічного переходу за нормативами.

Оперативний час операції

$$T_{\text{оп}} = T_o + T_v \quad (2.48)$$

Час технічного обслуговування можна приймати до 6%, організаційного обслуговування - до 8%, часу перерви - до 2.5% від оперативного часу.

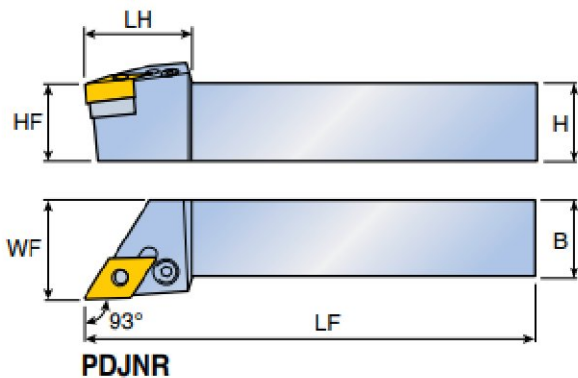
Визначимо норми часу щодо операцій технологічного процесу обробки «Корпуса»

Таблица 2.15

№ Опер.	T _о , хв	T _в , хв	T _{оп} , хв	T _{п.з} , хв	T _{шт} , хв	T _{шт.к} , хв
010	20,87	23,77	44,64	27	52,01	55,38
015	13,3	8,26	21,56	21	25,1	27,7
020	31,38	14,7	46,08	15	53,73	55,6
025	25,4	8,9	34,3	15	39,92	41,8
Σ	90,95				170,76	180,48

3 СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

3.1 Пристосування, оснащення та ріжучий інструмент для верстата з ЧПК



това)

5_DNMG150604MP



DNMG 150404 MP	0.8-4.0	0.10-0.30
150604 MP	0.8-4.0	0.10-0.30
150408 MP	1.0-4.0	0.12-0.40
150608 MP	1.0-4.0	0.12-0.40
150612 MP ✓	1.0-4.0	0.15-0.40

Оснастка: Клино-рейковый трикулачковый токарный патрон DURO



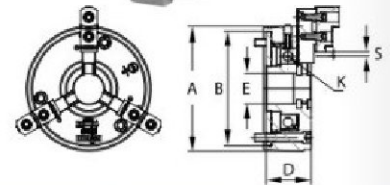
Клино-реечный трехкулачковый токарный патрон DURO

- Минимальное радиальное биение и высочайшая повторяемость закрепления заготовки.
- Со стопорением кулачков, центральное зажимание.
- Большое сквозное отверстие.
- Точность вдвое выше, чем предусмотрено стандартом DIN 6386.
- Высокое зажимное усилие при низком прилагаемом усилии затяжки.
- Повышенная частота вращения благодаря предохранительному стопору кулачков.
- Кулачки быстро и просто разворачиваются или заменяются.
- С защитой от брызг.
- Смазочный ниппель для смазки всех поверхностей скольжения.

Материал: Полностью из стали, с закалённой поверхностью.

Преимущество: Там, где необходимы высокие зажимные усилия, низкие радиальные биения и стабильность повторяемости позиционирования.

Объем поставки: Включая: 1 комплект кулачков, 1 затяжной ключ, 1 комплект крепежных винтов.



С цилиндрическим присоединительным пояском

Применение: Для станочных шпинделей с цилиндрическим присоединительным пояском или для закрепления с помощью фланца. Закрепление винтами спереди. Заготовки фланца должны всегда пригоняться сначала к станку и только потом – к токарному патрону.

Перелік використаних інструментів

Різці:

- SCLCR2525M12_CCMT1204MT
- PDJNR2020K15_DNMG150604MP

Свердла:

- TCD140-144-16T3-5D
- Garant HSS-E_8.00 ISO 112103

- Garant HSS-E_2.00 ISO 112103
- 3HD100-035-10 PI3
- 3HD 050-020-06 PI3
- TCD 190-199-25T2-5D
- Garant HSS_ 2.5 ISO 113005

Мітчики:

- MTECB10118D39_2.0ISO

Фрези:

- Garant HSS-PM_6с ISO191250

4. НАУКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ

4.1 Інтеграція програмного комплексу Power Solution у технологію виробництва деталі типу - корпус на машинобудівних підприємствах

В даний час у промислово розвинених країнах широко розповсюджуються нові інформаційні технології наскрізної підтримки складної наукомісткої продукції на всіх етапах її життєвого циклу, в т.ч. на етапах:

- технічний задум;
- проектування;
- виробництво;
- продаж;
- експлуатації;
- сервісне обслуговування.

Існуюча стратегія систематичного підвищення ефективності, продуктивності та рентабельності процесів господарської діяльності підприємства, а також об'єднання сучасних методів інформаційної взаємодії етапів життєвого циклу продукції називається CALS-технологіями (Continuous Acquisition and Life-cycle Support - безперервна інформаційна підтримка життєвого циклу).

Ці технології, що базуються на стандартизованому єдиному електронному поданні даних і колективному доступі до них, дозволяють суттєво спростити проектування, виробництво, продаж, експлуатацію та сервісне обслуговування складного обладнання та підвищити продуктивність праці на всіх перерахованих етапах, як мінімум, на 30 %.

В умовах постійного та значного ускладнення інженерно-технічних проєктів, програм розробки нової продукції та зростання наукоємності виробів конкурентоспроможними стають підприємства, що досягли досконалості в управлінні бізнесом, що володіють налагодженими процесами проектування, виробництва, постачання та підтримки продукту, орієнтовані на функціонування в умовах швидкозмінної економічної ситуації і здатні миттєво реагувати на нові запити ринку.

В даний час в машинобудуванні, як і в інших сферах людської діяльності, існує програмне забезпечення, що дозволяє автоматизувати практично всю науково-технічну та інженерну діяльність підприємства на етапах проектування та виробництва. Кожен клас цього програмного забезпечення дозволяє автоматизувати конкретну ділянку діяльності, а функціональність будь-якої системи визначається набором даних, які вона використовує.

У загальному випадку інформаційні технології, що використовуються на етапах проектування та виробництва, можна розділити на наступні класи:

- CAD/CAM (Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing) – системи автоматизованого проектування виробів та технологій їх виготовлення (Catia, Unigraphics, ProEngineer, PowerSOLUTION, SolidWorks, Sprut, Компас, T-FLEX и др.);
- CAE (Computer Aided Engineering) – системи автоматизованого інженерного аналізу деталей та машин (Nastran, Ansys, Compas и др.);
- PDM (Product Data Management) – системи автоматизованого управління базами даних про виріб (IMAN, Optegra, Enovia и др.);
- Project Management – автоматизовані системи управління процесом проектування та системи планування (WorkFlow, DocFlow и Project Planing);
- MRP (Material Requirements Planning) – автоматизовані системи керування виробництвом (SAP R/3, BAAN, Галактика и др.).

CAD/CAM-технології, є основною платформою для сучасного машинобудування. Даний клас інформаційних технологій дозволяє знизити витрати виробництва при істотному підвищенні ефективності, скороченні циклу випуску виробу і термінів його запуску, що особливо важливо для роботи в умовах кон'юнктури сучасного ринку, що динамічно змінюється. Розвиток CAD/CAM-технологій дозволив удосконалити етапи дизайнерської обробки виробу, створення прототипів і дослідних зразків, в результаті чого з'явилися сприятливі передумови для оперативної зміни виробу відповідно до вимог маркетингової стратегії без відволікання значних ресурсів на коригування конструкції та технологічних процесів.

Однією з провідних компаній – розробників CAD/CAM-систем є фірма Delcam plc (Великобританія). На сьогодні Delcam plc має понад 125 представництв у 80 країнах світу. Програмне забезпечення Delcam використовують понад 9000 промислових підприємств, таких як: Mercedes-Benz, Ford, Toyota, Volkswagen, Rover, Sony, LG, Daewoo, Siemens, Nokia, Nike, Іркутський авіаційний завод «Іркут», Саратовський авіаційний завод, НІАТ, АвтоВАЗ, УралАЗ, Іжмаш, Московський монетний двір та багато інших. ін.

Комплекс PowerSolution, включає наступні пакети:

- PowerSHAPE – система автоматизованого геометричного моделювання; (Рис.4.1)
- PowerMILL – система автоматизованої технологічної підготовки виробництва деталей складної геометрії для 2,5-, 3-, 4- та 5-координатних фрезерних верстатів з ЧПУ; (Рис. 4.2)
- ArtCAM – система створення художніх рельєфів, що має вбудований модуль розрахунку керуючих програм для 2,5- та 3-координатних фрезерних верстатів з ЧПУ;
- CopyCAD – система зворотного проектування готових деталей за даними координатно-вимірвальних машин (КИМ);

- PowerINSPECT – система автоматизованого контролю деталей складної геометрії за допомогою КИМ.

Відмінністю інформаційних технологій компанії Delcam є можливість моделювати деталі будь-якої геометричної складності, в т.ч. художні барельєфи, проектувати технологічні процеси як для традиційних 2,5- та 3-координатних схем фрезерування, так

**Конфіденційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 30.06.2025р.**

Компанія Delcam є однією з перших компаній-розробників програмного забезпечення, яка розпочала активне впровадження САПР не лише на підприємства, а й у систему освіти. Взаємодія компанії-розробника, промислових підприємств та освітніх установ привела до формування спільних проєктів, укладання договорів на цільову підготовку фахівців, скорочення термінів адаптації випускників на підприємствах та, зрештою, підвищення ефективності виробництва.

Модуль призначений для отримання керуючих програм (далі УП) для верстатів з ЧПУ за представленою САД моделлю та застосовується для обробки складних деталей прес-форм, ливарного оснащення та штампів методом фрезерування.

PowerMILL надає можливість отримати УП чистової або чорнової обробки. Базовий пакет включає в себе підготовку УП для 2-х, 2.5-ї та 3-х осьових систем ЧПУ. При цьому PowerMill досить невимогливий до даних і повністю виключає появу зарізів навіть у разі розривів на поверхні моделі. Додатково є модулі PowerMill 3+2 - багатоосьова обробка з поворотом осей в координатах верстата і PowerMill 5 Axis - 5-ти осьова обробка з урахуванням нормалей до поверхні.

В якості моделі, що використовується для механообробки, в системі PowerMill використовуються твердотільні та поверхневі 3D-моделі, що імпортуються з різних систем у таких форматах: IGES, VDA-FS, ProENGINEER, Unigraphics, CADD5, CATIA, Parasolid, ACIS, STL, STEP, а також у форматах DGK та DMT.

**Конфіденційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 30.06.2025р.**

Ефективні алгоритми розрахунку дозволяють швидко проаналізувати різні стратегії обробки виробу, вибрати оптимальну технологію, переконатися у відсутності зарізів, візуалізувати процес обробки і лише після цього розпочати реальну обробку виробу на верстаті.

Запис макрокоманд при роботі, можливість редагування отриманих траєкторій руху інструменту та обмеження областей обробки за обраною стратегією дозволяють значно економити машинний час при програмуванні обробки однотипних виробів.

Пакет дозволяє в автоматичному режимі вирішувати завдання з «зачистки» кутів та «підчистки» недопрацьованих областей інструментом меншого діаметра, вибирати стратегії обробки кишень, «зшивати» окремі фрагменти в єдину траєкторію руху інструменту і т.п. Це значно підвищує продуктивність праці технолога-програміста.

Простий, звичний для користувачів інтерфейс Windows та добре продумана гнучка система меню до мінімуму скорочують час на освоєння пакета та роблять його максимально доступним.

4.2 Складання автоматизованої технології обробки деталі в обраній САМ-системі

Обробка деталі була виконана в програмі «FeatureCAM 2019» оскільки вона найбільш підходить для токарно-фрезерної обробки деталі.

Autodesk FeatureCAM - максимально автоматизована, виключно проста в застосуванні САМ-система, заснована на обробці типових конструктивно-технологічних елементів з використанням бази знань рекомендованих режимів різання. Дозволяє розробляти надійні ефективні УП для фрезерних, токарних, токарно-фрезерних і верстатів з ЧПУ.

САМ-система Autodesk FeatureCAM містить вбудовану мережеву базу даних ріжучих інструментів і режимів різання. Номенклатура бази даних інструменту містить тисячі найменувань і дозволяє редагувати або додавати власний інструмент, а табличні режими різання і подачі можуть бути легко відредаговані.

В процесі роботи FeatureCAM автоматично вибирає ріжучий інструмент, призначає стратегії обробки, розбиває припуск на проходи, розраховує режими різання і генерує керуючу програму. Технолог може налаштувати FeatureCAM так, щоб в подальшому внесені зміни застосовувалися автоматично. Тому САМ-система FeatureCAM ідеально підходить для програмування механообробки виробів серійного виробництва. Також можлива настройка САМ-системи шляхом завдання призначених для користувача оброблюваних елементів.

Токарна-фрезерна обробка. Модуль FeatureTURN / MILL дозволяє розробляти УП для обробки деталей за одну установку на токарних верстатах з приводним інструментом і токарно-фрезерних обробних центрах. Він включає всі можливості модулів FeatureTURN і FeatureMILLZED2.5D і може використовуватися для програмування позиційної обробки на токарних верстатах, оснащених приводним інструментом і / або С-і У-осями. Також підтримуються верстати с полярної інтерполяцією.

Multi-Turret Turning - додатковий модуль до FeatureTURN / MILL - призначений для програмування верстатів с кількома револьверними головками. Підтримує до чотирьох токарних револьверних головок, які працюють с головним шпинделем і протівошпинделем, а також фрезерування і точіння с В-віссю.

Конфіденційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 30.06.2025р.

Конфіденційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 30.06.2025р.

Конфіденційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 30.06.2025р.

Конфіденційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 30.06.2025р.

Конфіденційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 30.06.2025р.

Конфіденційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 30.06.2025р.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Після викладу розділів випускної кваліфікаційної роботи бакалавра зробимо висновки про виконану роботу в наступному:

- в аналітичному розділі проведено аналіз креслень конструкцій деталі метою визначення якісної оцінки технологічності конструкцій та визначення коефіцієнта уніфікації деталі, що представляє собою кількісну оцінку технологічності конструкцій деталі;

- в технологічному розділі визначається тип виробництва і форма організації технологічного процесу виробництва деталі, вибирається і економічно обґрунтовується спосіб отримання заготовок, розробляється маршрут обробки деталей, визначаються режими різання. У розробленому маршруті обробки деталей досягли вищої точності і зниження основного технологічного часу за рахунок раціональної послідовності обробки деталі на верстаті з ЧПК;

- в спеціальному розділі виконано комп'ютерне моделювання тривимірної моделі у CAD системі та програмування технології автоматизованої обробки деталі у CAM системі з отриманням керуючого коду для верстата з ЧПК.

- в науково-дослідницькому розділі виконаний аналіз інтеграції програмного комплексу Autodesk у існуючий технологічний процес, з корегуванням режимних параметрів. Надані практичні рекомендації щодо оптимальної траєкторії обробки деталі при механічній обробці та постпроцесуванні.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- 1 Довідник користувача ЄКТС [Електронний ресурс]. <https://kpi.ua/files/ECTS.pdf> (дата звернення: 04.11.2017).
- 2 ДСТУ 3008:2015. Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлення.
- 3 ДСТУ 8302:2015. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання.
- 4 ДСТУ ДСТУ 3.1105-2011. Єдина система технологічної документації. Форми та правила оформлення документів загального призначення (ДСТУ 3.1105-2011, IDT).
- 6 ДСТУ ДСТУ 2.104-2006 Єдина система конструкторської документації. Основні написи (ДСТУ 2.104-2006, IDT).
- 7 ДСТУ ДСТУ 3.1103:2014 Єдина система технологічної документації. Основні написи. Загальні положення (ДСТУ 3.1103-2011, IDT).
- 8 ДСТУ ДСТУ 3.1102:2014 Єдина система технологічної документації. Стадії розробки та види документів. Загальні положення (ДСТУ 3.1102-2011, IDT).
- 9 Освітньо-професійна програма вищої освіти для бакалавра спеціальності 131 Прикладна механіка / В.В. Проців, С.Т. Пацера, В.В. Зіль; Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». – Д. : НТУ «ДП», 2019. – 22 с.
- 10 Закон України «Про вищу освіту» [Електронний ресурс]. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1556-18>.
- 11 Національна рамка кваліфікацій. [Електронний ресурс]. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1341-2011-п>.
- 12 Стандарт вищої освіти України бакалаврського рівня. Галузь знань 13 Механічна інженерія. Спеціальність 131 Прикладна механіка. [Електронний ресурс]. <https://mon.gov.ua/storage/app/media/vishchaosvita/zatverdzeni%20standarty/2019/06/25/131-prikladna-mekhanika-bakalavr.pdf>.

13 Положення про навчально-методичне забезпечення освітнього процесу здобувачів вищої освіти Національного технічного університету «Дніпровська політехніка», затвердженого Вченою радою 22.01.2019, протокол № 2.

14 Положення про організацію атестації здобувачів вищої освіти Національного технічного університету «Дніпровська політехніка», затверджене Вченою радою 11.12.2018 (протокол № 15).

15 Положення про оцінювання результатів навчання здобувачів вищої освіти, затверджене Вченою радою від 26.12.2017, протокол № 20 (у редакції, що ухвалена Вченою радою 18.09.2018, протокол № 11). 35

16 Положення про проведення практики здобувачів вищої освіти Національного технічного університету «Дніпровська політехніка», затверджене Вченою радою 11.12.2018 (протокол № 15).

17 Положення про систему запобігання та виявлення плагіату в Національному технічному університеті «Дніпровська політехніка», затверджене Вченою радою 13.06.2018 (протокол № 8).

18 Салов В.О. Макет методичних рекомендацій до виконання кваліфікаційних робіт : мет. посіб. для наук.-пед. пр-ів. / В.О. Салов ; Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». – Д. : НТУ «ДП», 2019. – 37 с.

19 Залога В.О., Зінченко Р.М.. Система "PowerShape". Основи 3D моделювання: Метод. вказівки з курсів "Комп'ютерні технології у верстатобудуванні" та "Комп'ютерні технології в інструментальному виробництві". Суми : Сумський держ ун-т, 2009.

20 Залога В.О., Зінченко Р.М. Система "PowerShape" Поверхневе моделювання: Метод. вказівки з курсів "Комп'ютерні технології у верстатобудуванні" та "Комп'ютерні технології в інструментальному виробництві". Суми : Сумський держ ун-т, 2010.

21 Залога В.О., Зінченко Р.М. Система "PowerShape" Створення САПР за допомогою макросів: Метод. вказівки з курсів "Комп'ютерні технології у верстатобудуванні" та "Комп'ютерні технології в інструментальному виробництві"/ Суми : Сумський держ ун-т, 2011.

22 Величко О.Г. Інноваційна діяльність у сферах техніки, технології, технічного регулювання і забезпечення якості: підручник / Величко О.Г., Должанський А.М., Віткін Л.М., Янішевський О.Е., Ключев Д.Ю.; Донецьк : Свідлер, 2010. – 120 с.

22 Лукінюк М.В. Автоматизація типових технологічних процесів: технологічні об'єкти керування та схеми автоматизації: навч. посіб. Київ : НТУУ "КПІ", 2008.