

**Методичні вказівки
до виконання курсових проєктів з дисципліни
«Технології нанесення покриттів»
зі спеціальності «Матеріалознавство»**

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

**Методичні вказівки
до виконання курсових проєктів з дисципліни
«Технології нанесення покриттів»
зі спеціальності «Матеріалознавство»**

Вінниця
ВНТУ
2025

Рекомендовано до видання Радою з якості освіти Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України (протокол № 4 від 21.11.2025 р.)

Рецензенти:

В. І. Савуляк, доктор технічних наук, професор

М. В. Митко, кандидат технічних наук, доцент

Д. Х. Штофель кандидат технічних наук, доцент

Методичні вказівки до виконання курсових проєктів з дисципліни «Технології нанесення покриттів» зі спеціальності «Матеріалознавство» [Електронний ресурс] / уклад. О. П. Шиліна. – Вінниця : ВНТУ, 2025. – (PDF, 35 с.)

Дані методичні вказівки розроблені для здобувачів першого рівня освіти зі спеціальності «Матеріалознавство» освітня програма «Ремонт та відновлення автомобілів і машин транспортної інфраструктури». Основне завдання – допомогти студентам у виконанні, наповненні, оформленні курсового проєкту з дисципліни «Технології нанесення покриттів».

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1 ЗАГАЛЬНІ ПРАВИЛА	4
2 СТРУКТУРА ТА ЗМІСТ КУРСОВОГО ПРОЄКТУ	5
3 ТЕМИ КУРСОВИХ ПРОЄКТІВ	7
4 ЗМІСТ ПОЯСНЮВАЛЬНОЇ ЗАПИСКИ	7
5 ГРАФІЧНА ЧАСТИНА ПРОЄКТУ	8
6 ПРИКЛАДИ ОФОРМЛЕННЯ РОЗДІЛІВ ПОЯСНЮВАЛЬНОЇ ЗАПИСКИ.	9
7 ОФОРМЛЕННЯ СПЕЦИФІКАЦІЇ	24
8. ОЦІНЮВАННЯ ВИКОНАННЯ КУРСОВОГО ПРОЄКТУ	26
СПИСОК НОРМАТИВНИХ ДОКУМЕНТІВ	28
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	29
Додаток А Приклад оформлення титульної сторінки курсового проекту.....	30
Додаток Б Бланк оформлення завдання на курсовий проєкт	31
Додаток В Зразок оформлення специфікації.....	33
Додаток Г Приклади заповнення основних надписів.....	34

ВСТУП

Методичні вказівки призначені здобувачам всіх форм навчання спеціальності «Матеріалознавство» для використання під час виконання курсового проєкту (КП), бакалаврських і магістерських робіт, контрольних та розрахункових робіт, а також можуть бути використані здобувачами інших технічних спеціальностей при розробці технологічних процесів відновлення газотермічним напилюванням.

Розглянуті приклади оформлення карти налагодження при газотермічному напилюванні, маршрутна і операційна карти описів технологічних процесів відновлення.

1 ЗАГАЛЬНІ ПРАВИЛА

Пояснювальна записка належить до текстових документів і містить текст та графічну інформацію у вигляді ілюстрацій (схеми, графіки, фотографії тощо). Цифрову інформацію частіше подаються у вигляді таблиць.

Текст пояснювальної записки друкують через 1 міжрядковий інтервал (тут і надалі наводяться параметри для текстового редактора Word) чорним кольором. Шрифт повинен бути близьким до машинописного, простим, прямим, одного типу (без **виділення** по тексту і підкреслення) і розміром не менше 2,5 мм (Times New Roman, № 14).

Ілюстрації дозволяється виконувати тушшю, простим олівцем або графічними редакторами.

ВИКОРИСТОВУВАТИ КСЕРОКОПІЇ (СКАНУВАННЯ) СТРОГО ЗАБОРОНЕНО! Тільки в оглядовій частині проєкту допускаються чіткі відредаговані копії.

Кожен аркуш пояснювальної записки повинен мати рамку робочого поля і основний напис. Текст розміщують таким чином, щоб відстань від рамки робочого поля становила: зліва і справа – не менше 3 мм; зверху і знизу – не менше 10 мм; абзац – 10...12,5 мм. Нумерацію сторінок проставляють в основному написі. Нумерація сторінок повинна бути наскрізна.

Скорочення слів – відповідно до чинних стандартів. Помилки виправляють зафарбовуванням білим коректором і нанесенням на тому ж місці виправленого тексту.

Назви розділів записують у вигляді заголовків. Заголовки повинні бути короткими і відповідати тематиці викладеного матеріалу. Перенесення слів у заголовках не допускаються. Крапку в кінці заголовків не ставлять. Якщо заголовок складається з двох і більше речень, то тоді їх розділяють крапкою.

Не дозволяється залишати заголовок без тексту на попередній сторінці.

2 СТРУКТУРА ТА ЗМІСТ КУРСОВОГО ПРОЄКТУ

Складовими частинами курсового проєкту є пояснювальна записка (ПЗ) та графічний матеріал.

Пояснювальна записка містить титульний лист, завдання на КП, анотацію, перелік скорочень (за необхідності), зміст, вступ, техніко-економічне обґрунтування оптимального варіанта розв'язання основної задачі, основну проєктну частину, допоміжні розділи основної задачі, висновок, список використаних джерел та додатки.

Зміст є першою сторінкою ПЗ, на якій виконують основний напис за формою 2 (розміром 40×185 мм). На наступних сторінках ПЗ виконують основний напис за формою 2а (розміром 15×185 мм), а додатки можуть мати іншу форму.

До змісту вносять всі заголовки ПЗ (без змін!), які є в документі, і додатки.

На титульному листі наводиться назва міністерства, якому підпорядкований ЗВО, назва університету, факультету, де навчається студент, назва кафедри, на якій виконувався проєкт, повна назва теми курсового проєкту, прізвище, ім'я та по батькові студента і керівника (додаток А).

Завдання на КП оформляється та видається кафедрою (додаток Б). Анотація відображає основний зміст курсового проєкту в обсязі, що достатній для характеристики особливостей, можливості й галузі використання результатів курсового проєктування. Обсяг анотації не повинен перевищувати однієї сторінки. Анотація складається українською та іноземною мовами (англійською або іншою, яку вивчав студент).

В змісті вказують найменування розділів, які записують відповідно до текстової частини КП, та номери сторінок, з яких розпочинаються дані розділи, підрозділи тощо. Для курсових проєктів, які крім пояснювальної записки мають додатково аркуші креслень, додатково заповнюють специфікацію проєкту (додаток В).

У вступі коротко характеризують сучасний стан науково-технічної проблеми, що вирішується в курсовому проєкті, вказують мету та задачі, які розв'язуються в даному курсовому проєкті, об'єкт і предмет проєктування. Необхідно чітко обґрунтувати актуальність розробки (з посиланням на літературні джерела), показати необхідність та доцільність її виконання.

Техніко-економічні обґрунтування роботи та вибір оптимального варіанта розв'язання основної задачі виконуються на базі патентного пошуку і аналізу найновіших досліджень.

Основна проєктна частина виконується за рекомендацією і структурою відповідно до теми роботи. В ній обов'язково потрібно проаналізувати сучасний стан питання (з посиланням на літературні джерела), розв'язанню якого присвячений курсовий проєкт, проаналізувати отримані результати. Всі технічні й економічні результати

повинні бути обґрунтовані техніко-економічними розрахунками (в тому числі за допомогою ЕОМ), а також логічними і переконливими доказами. Прийняті рішення повинні ґрунтуватись на останніх досягненнях світової та вітчизняної науки й передового виробничого досвіду. Бажано обґрунтовувати розробки результатами студентських наукових досліджень.

В технічних та економічних розрахунках необхідно використовувати чинні нормативні положення й технічні вказівки, а також сучасні методи розрахунків з використанням обчислювальної техніки. Всі формули та моделі, запозичені з літератури, супроводжуються посиланнями на список джерел з короткими поясненнями.

Текстова частина роботи повинна ілюструватися розрахунковими схемами, фотографіями, графіками, результатами моделювання на обчислювальних машинах та іншими матеріалами.

У висновку наводиться коротка оцінка результатів роботи, їх відповідність вимогам завдання й техніко-економічній ефективності. Вказується галузь використання результатів курсового проектування або проектно-конструкторської документації. Підкреслюється, чим закінчилося курсове проектування: отримані нові експериментальні або теоретичні дані; розроблена технічна документація на виготовлення експериментального або серійного зразка; розроблена технологічна документація та інше.

До додатка входять великі за формою та обсягом розрахункові таблиці допоміжних даних та графіки, довідкові й інші матеріали, що доповнюють текстову частину проекту. Додатки розміщують в порядку появи посилання в тексті основних розділів.

Графічний матеріал, що містить комплекс графічних креслень, повинен наочно характеризувати основні висновки, рішення та пропозиції.

В таблиці 1 наведено типовий зміст курсового проекту з дисципліни «Технології нанесення покриттів».

Таблиця 1 – Типовий зміст курсового проекту

Назва складової курсового проекту	Обсяг	
	Пояснювальна записка, с.	Креслення, аркушів А1
1	2	3
Титульний лист (додаток А)	1	–
Завдання на КП (додаток Б)	1	–
Зміст	1	–

Продовження таблиці 1

1	2	3
Специфікація проєкту (додаток Г)	1	–
Анотація державною та іноземною мовами	1	–
Перелік скорочень	1	–
Вступ	1 – 2	–
1. Постановка та обґрунтування задачі	3 – 4	–
2. Розв'язання поставленої проєктної задачі	20–25	1
Висновки	1	–
Список використаних джерел	1–2	–
Додатки		
Разом	35–40	1

3 ТЕМИ КУРСОВИХ ПРОЄКТІВ

Для всіх студентів спеціальності видається узагальнена тема курсового проєкту: «Розробити технологічний процес відновлення деталі (назва деталі) нанесенням покриття».

Вузол, на який потрібно розробити відповідні технологічні процеси, та деталь з цього вузла для розробки технології відновлення задається індивідуально кожному студенту керівником курсового проєкту (роботи) із затвердженням на кафедрі. Враховуючи прикладне значення проєктів для підприємств регіону, рекомендується видавати їх теми відповідно до замовлення та врахування можливості подальшого використання розробок на виробництві та під час оформлення курсових проєктів (робіт) та враховувати програму ремонту – *N* штук в рік.

4 ЗМІСТ ПОЯСНЮВАЛЬНОЇ ЗАПИСКИ

Текст ПЗ виконується відповідно до вимог ДСТУ 3008:2015. одним із застосуванням персонального комп'ютера з висотою літер і цифр не менше 2,5 мм, (кегель – № 14), через один інтервал.

Вступ. У розділі обґрунтовується важливість (актуальність) розробки для виробництва та науки. Робиться короткий виклад основних прийнятих рішень в проєкті, нових розробок та їх відповідність сучасному рівню науки та технології.

Постановка та обґрунтування задачі. У цьому розділі виконується аналіз службового призначення деталі, що вказана в індивідуальному завданні на проєкт. Детально описуються вимоги до відновлюваної деталі та всіх її поверхонь. Конкретно описується призначення поверхонь деталі щодо допусків на її розміри, шорсткості поверхні, вимог зносостійкості та розташування відносно інших поверхонь.

Розв'язання поставленої проєктної задачі. Цей розділ роботи є центральним і його виконання потребує розв'язання низки питань, що розглядаються у багатьох професійно-орієнтованих та спеціальних дисциплінах підготовки. Зміст та об'єм висвітлення конкретних питань визначається керівником проєкту. Обов'язковими є такі підрозділи:

- дефектування деталі;
- вибір та техніко-економічне обґрунтування методів нанесення покриття для відновлення поверхонь деталі;
- визначення кількості переходів та операцій при відновленні поверхонь;
- формування маршруту технологічного процесу нанесення покриття на деталі;
- розрахунок припусків на механічну обробку, товщини шару, що зрізається на попередній обробці, товщини нанесеного покриття;
- розрахунок та призначення режимів механічної обробки до та після нанесення покриття;
- розрахунок та призначення режимів нанесення покриття;
- вибір та обґрунтування обладнання і джерел живлення;
- оформлення технологічних процесів та записки.

Оформлення пояснювальної записки виконується відповідно до методичних вказівок.

5 ГРАФІЧНА ЧАСТИНА ПРОЄКТУ

Загальні правила виконання креслеників регламентуються (ДСТУ 3321:2003 Система конструкторської документації).

У графічній частині проєкту необхідно виконати такі завдання:

1. Ремонтне креслення деталі.

Ремонтне креслення деталі оформляється відповідно до вимог стандартів в основному у масштабі 1:1. Для оформлення цього креслення слід скористатися методичними вказівками [2] та ГОСТ 2.604-2000.

2. Схеми нанесення покриття.

Схеми рекомендується оформляти у вигляді складального креслення формату А2.

6 ПРИКЛАДИ ОФОРМЛЕННЯ РОЗДІЛІВ ПОЯСНЮВАЛЬНОЇ ЗАПИСКИ.

Розділ 2 Аналіз конструкції і технологічності деталі

2.1 Призначення деталі

За своєю формою, конструкцією і технологічними ознаками деталь належить до класу «Шестерні».

Деталь «Шестерня» подібної форми і типу використовується в коробках передач, в коробках швидкості та інших вузлах і механізмах для передачі обертального руху та крутного моменту між валами коробки передач. Креслення деталі шестерня містить всі необхідні відомості про деталь. Розглянемо всі поверхні шестерні та їхнє призначення, використовуючи рисунок 2.1.

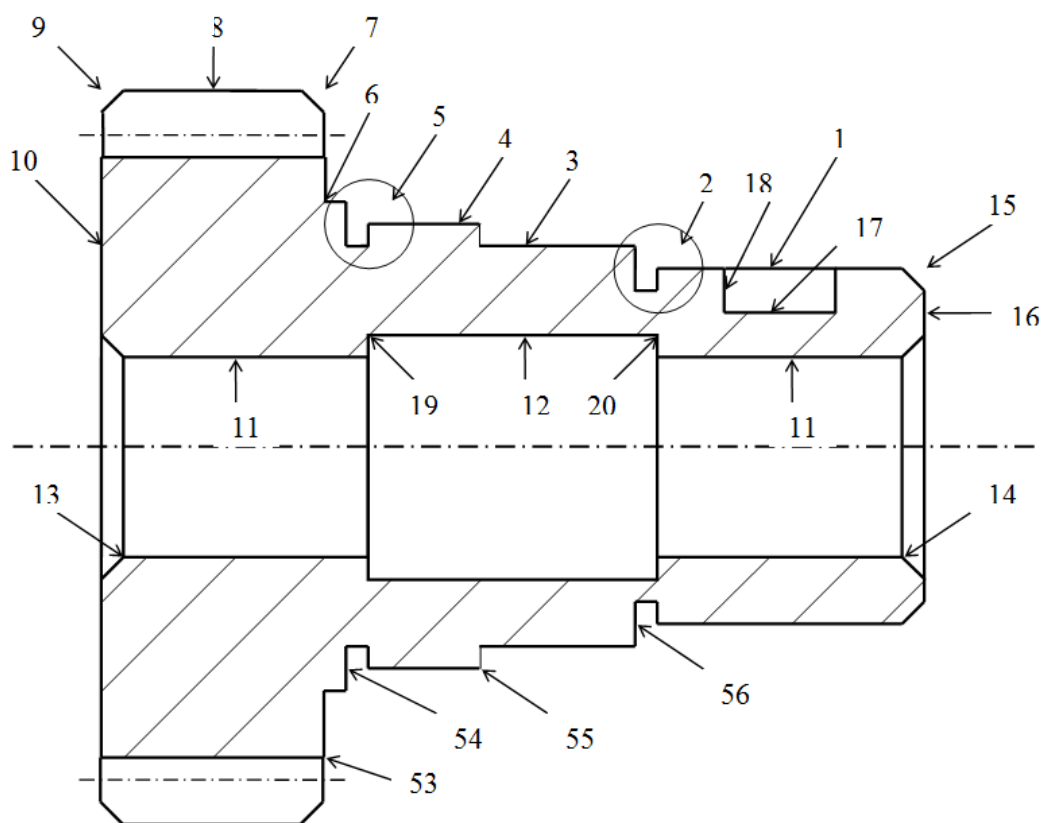


Рисунок 2.1– Поверхні шестерні

Поверхня 11 центрального циліндричного отвору шестерні, використовується для посадки шестерні на вал, до неї висуваються досить високі вимоги на точність і шорсткість. Поверхня повинна бути виконана за восьмим квалітетом точності з шорсткістю не більше як $R_a=1,6$ мкм. Відносно цієї поверхні задані уточнені технічні вимоги до виготовлення

деталі, які ми розглянемо нижче. Поверхня 8 є поверхнею вершин зубців шестерні до яких висуваються вимоги точності за сьомим квалітетом і шорсткістю $R_a = 16 \text{ мкм}$. До поверхні 8 вимоги за радіального биття, не більше $0,04 \text{ мм}$, щоб уникнути заклинювання при зчепленні зубцями з іншою шестернею, або зубчастим колесом, розташованим в одному вузлі.

Зубці шестерні: їх кількість $Z = 32$, модуль $m=3$, косозубі (на рис.2.1 – це поверхні 21–25), використовуються для безпосереднього зчеплення з зубцями іншого колеса і передачі крутного моменту, ступінь точності зубців «8с».

Поверхня 4 призначена для посадки на неї зубчастого колеса, тому вона оброблена з високою точністю – за 6-м квалітетом, з шорсткістю $R_a=1,6 \text{ мкм}$, не більше. Зубчасте колесо впирається в торець 54 шестерні, оброблений за 11-м квалітетом з шорсткістю не більше $R_z=1,6 \text{ мкм}$.

Поверхня 3 призначена для посадки розпірної втулки між двома зубчастими колесами, які знаходяться на шестерні (при збиранні): поверхня 3 виконана за 6-м квалітетом точності (високим), з шорсткістю $R_a = 0,8 \text{ мкм}$.

Поверхня 1 служить для посадки зубчастого колеса, яке впирається в торець розпірної втулки, поверхня 1 має шорсткість $R_a=0,8 \text{ мкм}$ і повинна бути оброблена за 6-м квалітетом точності.

Шпонковий паз, знаходиться в маточині шестерні (поверхні 16, 18), використовується для надійного кріплення зубчастого колеса на маточині шестерні. Він повинен бути оброблений за 9-м квалітетом точності, шорсткість дна паза $R_a= 3,2 \text{ мкм}$, бокової поверхні $R_a = 1,6 \text{ мкм}$.

Всередині шестерні на центральному циліндричному отворі зроблено вивільнення (поверхні 12, 19, 20), оскільки поверхня 11 дуже довга і що заважало б посадці шестерні на вал, це дозволяє зменшити довжину посадкової поверхні, а також відіграє роль в зменшенні маси деталі і всього вузла в цілому.

Всі інші поверхні не такі відповідальні, як перераховані, виконані за 12 квалітетом точності, з шорсткістю $R_a = 32 \text{ мкм}$ і не є складними при їх обробці.

2.2 Матеріал деталі і його властивості

Шестерня виготовлена з легованої сталі 40Х. Сталь 40Х має всі якості для обробки на металорізальних верстатах без труднощів.

2.2.1 Технологічні властивості

Сталь 40Х характеризується високим ступенем обробки різанням, задовільною пластичністю при обробці. Особливості структурних перетворень цієї сталі дозволяють для отримання необхідних властивостей

широко застосовувати термічну обробку, що особливо важливо для таких деталей, як шестерні, зубчасті колеса.

2.2.2 Хімічні властивості

Хімічні властивості сталі 40Х наведені в табл. 2.1.

Таблиця 2.1– Хімічний склад сталі 40Х ДСТУ 7806:2015

Вміст елементів в %						
Вуглець, С	Кремній, Si	Марганець, Mn	Хром, Cr	Нікель, Ni	Фосфор, P	Сірка, S
				Не більше		
0,36–0,48	0,17–0,37	0,3–0,8	0,8–1,1	0,25	0,04	0,04

2.2.3 Механічні властивості

Механічні властивості сталі 40Х наведені в табл. 2.2

Таблиця 2.2 – Механічні властивості сталі 40Х ДСТУ 7806:2015

Твердість за Брінеллем, НВ	Допустима міцність, МПа (кгс/мм ²)	Допустима текучість МПа (кгс/мм ²)	Відносне видовження, δ %	Відносне звуження, ψ %
207	700(70)	470(47)	17	5

2.2.4 Уточнені технічні вимоги на виготовлення деталі «шестерня»

Допустиме радіальне биття поверхні $\varnothing 102_{-0,07}$ відносно поверхні $\varnothing 42H7$ не більше 0,04 мм, ці вимоги необхідні для точного встановлення шестерні на вал і унеможливлення заклинення колісної пари.

Допустиме торцеве биття торця шестерні $\varnothing 102_{-0,07}$ відносно поверхні $\varnothing 42H7$ не більше 0,25 мм. Ці вимоги необхідні для точного встановлення шестерні при упорі на буртик вала.

Допустиме радіальне биття поверхні $\varnothing 70js6$ відносно поверхні Б – $\varnothing 42H7$ не більше 0,04 мм, і поверхні $\varnothing 66K6$ відносно поверхні Б $\varnothing 42H7$ не більше 0,08 мм. Ці вимоги необхідні для точного центрування, в першому випадку колеса, а в другому випадку – розпорної втулки.

За технічними вимогами необхідно провести термообробку HRC 40...45, що не викликає особливих труднощів.

Для зручності вимоги і методи їх виконання зведені в таблицю 2.3.

Таблиця 2.3 – Технологічні вимоги та методи їх перевірки

Зміст технологічних вимог	Коли і якими методами можна виконувати ці вимоги	Як і якими засобами можна перевірити виконання технологічних вимог
1	2	3
1. Рад. бит. пов. $\varnothing 102_{-0,07}$ і $\varnothing 70_{js6}$ відносно осі Б поверхні $\varnothing 42H7$ не більше 0,04 мм.	Чорнове, чистове точіння з наступною обробкою на круглошліфувальному верстаті, після термообробки.	В центрах за допомогою магнітного стояка і індикатора часового типу, розтискної оправки цангового типу.
2. Рад. бит. пов. $\varnothing 66 K6$ відносно поверхні Б $\varnothing 42H7$ не більше 0,08 мм.	Чорнове, чистове точіння з наступною обробкою на круглошліфувальному верстаті, після термообробки.	В центрах за допомогою магнітного стояка і індикатора часового типу, розтискної оправки цангового типу.
3. Горцеве биття торця $\varnothing 102(-0,07)$ мм відносно осі Б – поверхні $\varnothing 42H7$ не більше 0,25 мм.	Чистове точіння	В центрах за допомогою магнітного стояка та індикатора часового типу, розтискної оправки цангового типу.

2.2.5 Якісна характеристика технологічності

Деталь «шестерня» виготовлена з легованої сталі 40Х ДСТУ 7806:2015 і ГОСТ 4543-71, проходить термічну обробку, випробовує жолоблення, яке можливе при нагріванні і охолодженні деталі. Необхідну твердість можна досягти в умовах даного підприємства.

За кресленням деталі бачимо, що:

а) діаметральні розміри шийок зменшуються до кінця маточини шестерні, що позитивно впливає на її технологічність і дозволяє обробити зубці шестерні методом обкатки – зубофрезеруванням.

б) шестерня – досить жорстка, що позитивно впливає на спотворення при термічній обробці: $\frac{l}{d_{cp}} = \frac{128}{77} = 1,66$, що значно менше 5...6. Оскільки

деталь «шестерня» досить жорстка, то це не вплине на обмеження режимів різання через конструкцію деталі, що має суттєве значення при розрахунках і виборі режимів різання.

З точки зору механічної обробки шестерні і зубчасті колеса – нетехнологічні в частині нарізання зубців зі зняттям стружки, яке виконується, в основному, малопродуктивними методами. Тому необхідно передбачити виробництво зубообробки, наприклад, використовуючи черв'ячні фрези.

Нетехнологічним в даній шестерні є циліндрична виточка за номером 2 та 5 (дивись рис. 2.1), для обробки яких необхідний різець з видовженим держакон, що може впливати на зменшення режимів різання через недостатню жорсткість держака.

Плюсом є те, що деталь «шестерня» має правильну форму канавок, що позитивно впливає на вихід інструментів. Шестерня має просту форму центрального отвору, що полегшує обробку і не потребує досить дорогих верстатів.

На основі проведеного аналізу можна сказати, що в цілому деталь «шестерня» досить технологічна, допускає застосування високопродуктивних режимів різання (обробки), має добрі базові поверхні для первісних операцій і досить проста за конструкцією, за конфігурацією зовнішнього контуру шестерні, що позитивно впливає на отримання заготовки.

2.2.6 Кількісна характеристика технологічності

1. Визначимо рівень уніфікації.

Це відношення кількості уніфікованих типорозмірів конструктивних елементів до загальної кількості елементів у виробі (дані наведені в табл. 2.4):

$$k_y = \frac{Q_{y\ddot{a}}}{Q_{\zeta\ddot{a}\ddot{a}}}$$

Таблиця 2.4 – Таблиця типорозмірів шестерні

РОЗМІРИ							
Лінійні		Діаметральні		Радіуси		Канавки	
уніфік.	неуніфік.	уніфік.	неуніфік.	уніфік.	неуніфік.	уніфік.	неуніфік.
3	5	-	7	2	-	2	-
РОЗМІРИ							
Різьба		Фаски		Кутові		Шорсткість	
уніфік.	неуніфік.	уніфік.	неуніфік.	уніфік.	неуніфік.	уніфік.	неуніфік.
-	-	5	-	-	-	4	-

Знайдемо коефіцієнт уніфікації

$$K_y = \frac{16}{28} = 0,671.$$

При $K_y \geq 0.6$ деталь належить до технологічних.

2. Коефіцієнт точності обробки

$$K_{m.o.} = 1 - \frac{1}{T_{cp}},$$

де T_{cp} – середній квалітет точності розмірів.

$$T_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n T_i n_i}{\sum_{i=1}^n n_i},$$

де T_i – поточне значення квалітета для певної поверхні,
 n_i – кількість поверхонь даного квалітета.

Дані для розрахунку заносимо до табл. 2.5.

Таблиця 2.5 – Таблиця квалітетів поверхонь шестерні

Квалітет	Кількість поверхонь даного квалітета
1	2
6	3
8	1
9	1
11	19

$$T_{cp} = \frac{6 \cdot 3 + 8 \cdot 1 + 9 \cdot 1 + 11 \cdot 19}{24} = \frac{244}{24} = 10,17,$$

$$K_{m.o.} = 1 - \frac{1}{10,17} = 1 - 0,098 = 0,902.$$

Оскільки коефіцієнт точності обробки $K_{m.o.}$ більший 0,7–0,8, то деталь технологічна.

3. Коефіцієнт шорсткості:

$$K_u = \frac{1}{Ш_{cp}},$$

де $Ш_{cp}$ – середня шорсткість

$$Ш_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n Ш_i n_i}{\sum_{i=1}^n n_i},$$

де $Ш_i$ – поточне значення шорсткості;
 n_i – кількість поверхонь даної шорсткості.

Дані для розрахунку заносимо до табл. 2.6.

Таблиця 2.6 – Таблиця шорсткості поверхонь шестерні

Шорсткість	Кількість поверхонь даної шорсткості
0,8	2
1,6	4
3,2	50

Середня шорсткість:

$$Ш_{cp} = \frac{0,8 \cdot 2 + 1,6 \cdot 4 + 3,2 \cdot 50}{56} = 3.$$

Коефіцієнт шорсткості:

$$K_{ш} = \frac{1}{3} = 0,32,$$

оскільки $K_{ш}$ менше 0,32, то деталь технологічна.

Висновок.

Розглянувши всі позитивні та негативні фактори, з урахуванням кількісних показників, можна зробити висновок, що деталь досить технологічна.

Розділ 3 Вибір способу відновлення деталі

3.1 Вибір двох альтернативних способів відновлення деталі

Вихідна інформація:

- річна програма виготовлення – 4000 шт. (середньосерійний тип виробництва);
- матеріал деталі – сталь 40Х ДСТУ 7806:2015 і ГОСТ 4543-71;
- маса деталі – $m_g = 3,2$ кг;
- габарити деталі - $\varnothing 102 \cdot 80 \cdot 128$ мм;
- шорсткість поверхонь після обробки:
 - max – $R_a = 3,2$ мкм;
 - min – $R_a = 0,8$ мкм;
- квалітет точності розмірів деталі:
 - max – 6-й квалітет;
 - min – 12-й квалітет;
- конфігурація зношених поверхонь;
- товщина зношеного шару.

Виходячи із заданої інформації, можна запропонувати способи відновлення даної поверхні.

1-й спосіб – газополуменевий спосіб відновлення;

2-й спосіб – плазмовий спосіб відновлення.

Наводиться стисла характеристика запропонованих газотермічних способів відновлення поверхонь деталі.

Розділ 4 Розрахунок режимів нанесення покриттів плазмовим напилюванням

При плазмовому напилюванні процеси розплавлення основного та напилюваного металів взаємопов'язані. Оптимальне співвідношення між ними характеризується, у першу чергу, мінімальною глибиною проплавлення, необхідною товщиною напиленого шару і максимальною продуктивністю процесу. Енергія стиснутої дуги призначена для розплавлення необхідної кількості напилюваного металу та його сплавлення з основним металом. В цьому випадку ефективність процесу характеризується повним тепловим ККД наплавлення.

$$\eta_{\text{напл}} = \frac{G_{\text{напл}} \cdot H_{\text{пл}}}{(I \cdot U)};$$

тобто, це є відношення умовного тепловмісту напиленого металу до теплової потужності стиснутої дуги,

де $G_{\text{напл}}$ – кількість напиленого металу за одиницю часу, г/с;

$H_{\text{пл}}$ – питома ентальпія розплавленого металу, що містить теплоту плавлення, Дж/г.

Для циліндричних деталей масу напиленого металу можна визначити за формулою:

$$G_{\text{напл}} = (H \cdot V \cdot S \cdot \rho) \cdot k_n;$$

де H – товщина потрібного шару, см;

V – швидкість напилювання, см/с;

S – подача плазмового пальника вздовж осі, см/об;

ρ – густина наплавленого металу, г/см³;

k_n – коефіцієнт, який враховує витрати невикористаного порошку. $k_n=1,14\dots1,28$ і зі збільшенням витрат порошку коефіцієнт збільшується.

Якщо відомий коефіцієнт напилювання α_n [г/(А·с)], то кількість напиленого металу

$$G_{\text{напл}} = \alpha_n \cdot I.$$

Плазмове напилювання порошковими твердими сплавами дає найбільший ефект при відновленні деталей з невеликим зносом, який не перевищує 0,4 мм на сторону. В цьому випадку продуктивність напилювання більш раціонально визначати не за кількістю напиленого металу в одиницю часу G (г/с), а за напиленою за одиницю часу площею

$$W = V \cdot S.$$

За продуктивністю напилювання більш зручно визначати кількість наплавленого металу за одиницю часу

$$G_{\text{напл}} = Q \cdot W,$$

де Q – питома витрата порошку (г/см³);

$Q = 0,7 \dots 0,8$ г/см³ при широкошаровому напилюванні товщиною 0,9...1,3 мм;

$Q = 0,85 \dots 0,9$ г/см³ при напилюванні по гвинтовій лінії.

Для отримання якісного покриття товщина шару, що має бути напиленим за один прохід плазмотрона, повинна бути у межах 0,02...0,1 мм, рівномірність товщини досягається, якщо кожна наступна смуга покриття перекриває попередню на 40...50%.

До технологічних параметрів процесу плазмового напилювання покриття належать:

– напруга на дузі U_d , та сила струму I_d , які визначають потужність дуги M_d ;

– вид та витрати плазмоутворювального газу, м³/год;

– діаметр сопла плазмотрона, мм;

– масові витрати порошку, кг/год або діаметр дроту, мм та швидкість його подачі, м/с;

– витрати транспортувального газу, м³/год;

– дистанція напилювання, мм;

– швидкість переміщення плазмотрона відносно виробу, м/хв або мм/об;

– число обертів циліндричної деталі, об/хв;

– грануляція порошку, С, мкм.

4.1 Розрахунок режимів плазмового напилювання із застосуванням дротяних матеріалів

Плазмове напилювання здійснюється із застосуванням наплавних дротів, а також порошковими матеріалами.

При плазмовому наплавленні шарів товщиною до 1 мм порошковими дротами при продуктивності W (см²/хв) та при оптимальних режимах складає:

– широкошарове напилювання дротом з коливаннями плазмотрона:

$$W = 60 \div 66 \text{ см}^2/\text{хв};$$

– напилення по гвинтовій лінії:

$$W = 38 \div 42 \text{ см}^2/\text{хв}.$$

Коефіцієнт розплавлення:

$$\lambda_H = 12 \div 14 \text{ з/А ч.}$$

Швидкість широкошарового напилювання:

$$V_H = \frac{0,6 \cdot W}{l},$$

де l – ширина напилювання за один оборот деталі (мм);

$$l = A + A_I$$

де A – амплітуда коливань пальника (см), $A = 1,4\text{--}2,1$ (см);

A_I – перевищення ширини наплавленого шару щодо коливання пальника ($A_I = 0,3$ см).

Швидкість напилювання по гвинтовій лінії визначається за формулою:

$$V_{H.B.} = \frac{0,6 \cdot W}{S} \quad (\text{м/ч}),$$

де S – крок напилювання (см/об)

$$S = 0,4 \div 0,5 \text{ (см/об)}.$$

Напилювання з коливаннями рекомендується застосовувати для деталей діаметром не менше 35 мм і шириною зношеної поверхні до 40 мм (шийки, посадкові місця і т. д.).

Втрата розпилюваного матеріалу Q (з/хв):

$$Q = 0,1 \cdot W \cdot h \cdot \gamma \cdot K_n,$$

де h – товщина напиленого шару (мм)

$$h = \frac{D - d}{2} + Z,$$

де D – номінальний діаметр, мм;

d – діаметр зношеної деталі, мм;

Z – припуск на механічну обробку (мм).

γ – густина матеріалу наплавленого шару ($г/см^3$). Для сталевих дротів для напилювання $\gamma = 0,78$ ($г/см^3$).

K_n – коефіцієнт, що враховує втрати напилюваного матеріалу,
 $K_n = 1,12–1,17$.

Сила струму I_a визначається за формулою:

$$I_a = \frac{6 \cdot W \cdot h \cdot \gamma \cdot K_n}{\lambda_H},$$

де λ_H – коефіцієнт напилювання ($г/А \cdot год$).

Частота обертання n ($об/хв$):

$$n = \frac{1000 \cdot V_{H.B.}}{60 \cdot \pi \cdot d},$$

де d – діаметр деталі ($мм$).

Основний час напилювання ($хвилини$):

$$T_0 = \frac{F_H}{W},$$

де F_H – площа напилюваної поверхні

Штучний час (t_{um} , $хв$), при плазмовому напилюванні розраховується за формулою:

$$t_{um} = \frac{T_0}{\varphi},$$

φ – коефіцієнт використання напилювальної установки, дорівнює при плазмовому напилюванні $0,5 \div 0,6$.

4.2. Розрахунок режимів плазмового напилювання із застосуванням порошкових матеріалів

При напилюванні якість покриття є більш високою при роботі на середніх та м'яких режимах, які забезпечуються шляхом використання найбільш раціональних розмірів плазмоутворювального сопла, що відповідає певному значенню струму. Для стабільного процесу напилювання порошковими матеріалами та збільшення строку служби плазмотрона при використанні катода з вольфрамівих електродів діаметром 3 – 5 мм рекомендується витримувати такі умови:

$$I_{on} \leq 70d_c ; \quad d_c = (1 \dots 1,2) d_k ;$$

$$L_k = (1,1 \dots 1,3) d_c; I_{\partial k} = 40 \dots 70 A,$$

де $I_{\partial n}; I_{\partial k}$ – сила струму стиснутої дуги прямої та побічної дії, A ;
 d_c – діаметр плазмоутворювального сопла, $мм$;
 d_k – діаметр катода (вольфрамовий електрод), $мм$;
 L_k – довжина каналу плазмоутворювального сопла, $мм$.

Напруга в залежності від використання плазмоутворювального та транспортувального (захисного) газу складає $25 \dots 35 В$ – при наплавленні у аргоні і $45 \dots 55 В$ – при наплавленні у азоті або вуглекислому газі.

Силу струму напилювання деталі із отвором у середині визначають в залежності від сили струму суцільної деталі за такою експериментальною формулою:

$$I_n = I_c - k \cdot \sqrt{D_n + \delta},$$

де I_n, I_c – сила струму наплавлення деталі з отвором та суцільної деталі, A ;

D_n – зовнішній діаметр напилюваної поверхні деталі у $мм$;

k – коефіцієнт, що характеризує залежність сили струму від зовнішнього діаметра деталі та товщини її стінки, дорівнюється $2,7 \dots 3 A/мм$;

δ – товщина стінки деталі, $мм$.

При плазмовому напилюванні шарів товщиною до 1 мм порошковими матеріалами при продуктивності $W(см^2/хв)$ та при оптимальних режимах складає:

– широкошарове напилювання з коливаннями пальника:

$$W_{ш} = 60 \div 66 (см^2/хв); \{ W_{ш} = 1,1 \dots 1,2 (см^2/с) \};$$

– напилювання по гвинтовій лінії:

$$W_{в} = 38 \div 42 (см^2/хв); \{ W_{в} = 0,7 \dots 0,8 (см^2/с) \};$$

Це пояснюється тим, що у першому випадку напилювання відбувається за один оберт деталі, а у другому – кожний наступний напилений валик перекриває попередній не менше як на $1/3$ його ширини. Наближено можна вважати, що

$$W_{в} = (0,6 \dots 0,7) W_{ш}.$$

Параметрами, що визначають взаємне переміщення плазмотрона і поверхні деталі є:

V_c – горизонтальна швидкість переміщення плазмотрона $мм/с$;

ω_{∂} – частота обертання деталі при напилюванні тіл обертання, $об/с$;

V_n – швидкість поперечного переміщення плазмотрона, яка залежить від швидкості обертання кулака при напилюванні плоских поверхонь, $м/с$.

Для отримання якісного покриття товщина шару, який має бути напилений за один прохід плазмотрона, повина знаходитись в межах $h=0.02-0.1$ мм. Згідно з рекомендаціями рівномірність товщини досягається, якщо кожна наступна смуга покриття перекриває попередню на 40–50%.

Об'єм плями напилювання:

$$Q = \frac{\pi \cdot d^2 \cdot h}{4}, \text{ мм}^3.$$

Маса плями напилювання:

$$m = Q \cdot \rho, \text{ г.}$$

Лінійна швидкість напилювання:

$$V_l = \frac{P \cdot d}{m}, \text{ мм/с.}$$

Горизонтальна швидкість переміщення плазмотрона:

$$V_z = \frac{k \cdot d \cdot V_l}{\sqrt{k^2 \cdot d^2 + \pi^2 \cdot D^2}}, \text{ мм/с.}$$

Швидкість обертання деталі:

$$\omega_d = \frac{V_l}{k \cdot d}, \text{ об/с.}$$

Кількість проходів:

$$n = \frac{H}{h},$$

де d – діаметр плями напилення, $d = 15 \dots 20$ мм;

h – товщина шару покриття за один прохід, $h = 0,02-0,1$ мм;

k – коефіцієнт перекриття, $k = 0,4 \dots 0,5$;

ρ – густина матеріалу, г/мм^3 . Для порошкових твердих сплавів на залізній основі $\gamma = 0,74$, для сплавів на нікелевій основі $\gamma = 0,8$;

P – продуктивність розпилювача, кг/год ;

D – діаметр деталі (тіло обертання), мм.

При напилюванні плоских деталей:

$$V_z = \frac{k \cdot d \cdot V_l}{D_k},$$

$$\omega = \frac{V_l}{2D_k},$$

де D_k – діаметр кулака, мм (має три фіксованих значення 60, 105 і 180 мм в залежності від потрібної ширини напилювання).

Орієнтовні режими при плазмовому напилюванні наведені в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Орієнтовні режими при плазмовому напилюванні

Вид плазмової обробки	Струм, А	Напруга, В	Плазмоутворювальний газ і його витрата, л/год	Транспортувальний газ і його витрата, л/год	Швидкість подачі електродного дроту, м/год	Швидкість наплавлення, м/год	Відстань від сопла пальника до поверхні деталі, мм
Наплавлення із застосуванням присадного дроту	180-260	40-45	Аргон, 120-180	–	6-24	9,6	10-20
Наплавлення порошку сормайт № 1	180-260	40-45	Аргон, 90	Азот, 240-360	–	9,6	10-12
Напилювання порошку	250-350	80-90	Аргон, 1500	Аргон, 1500	–	9,6	120-150
Оплавлення порошку	300-320	80-90	Азот, 1500	–	–	9,6-12	65-70

4.3 Приклад визначення режимів плазмового напилювання порошковими матеріалами

Визначення розмірів, припусків деталі.

У випадках, коли поверхневий нарощений шар деталі не є дефектним при симетричному припуску:

$$Z_B \geq 2 \cdot H_n + 2 \cdot H_o + 2 \cdot E_{ZB},$$

$$Z_B \geq 2 \cdot 0,3 + 2 \cdot 0,3 + 2 \cdot 0,5 = 2,2,$$

де H_n – припуск на попередню обробку;

H_o – припуск на кінцеву обробку;

E_{ZB} – дефектний напилений шар.

Товщину шару, який наноситься $A_{ш}$, вибирають з врахуванням зносу деталей і припуску на наступну механічну обробку. Товщину визначають

як різницю між номінальними розмірами нової P_n і зношеної P_{zn} деталей з урахуванням припуску на обробку Z_B :

$$A_{uu} = (P_n - P_{zn}) + Z_B ;$$
$$A_{uu} = (155 - 154,937) + 0,2 = 0,263 \text{ (мм)}.$$

А на сторону припадає 0,13мм.

Утворений в процесі відновлення припуск – це шар матеріалу, необхідний для виконання всієї сукупності технологічних переходів при відновленні даного елемента деталі.

Розрахунок режимів напилювання

1. Розрахунок об'єму плями напилювання

$$Q = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot h = \frac{3,14 \cdot 15^2}{4} \cdot 0,02 = 3,5 \text{ мм}^3,$$

де d – діаметр плями напилення (15 ÷ 25 мм)
приймаємо $d = 15$ мм;

h – мінімальна товщина шару, напиленого за один прохід
($h = 0,02 \dots 0,1$). Приймаємо $h = 0,02$ мм.

2. Обчислюємо масу плями

$$m = Q \cdot \rho = 3,5 \text{ мм}^3 \cdot 8 \text{ г/1000 мм}^3 = 0,0282 \text{ г},$$

де ρ – густина дроту ($\rho = 8 \text{ г/см}^3$).

3. Розраховуємо лінійну швидкість напилення

$$V_{II} = \frac{P}{\rho} \cdot K = \frac{24}{8} \cdot 80\% = 24000 \text{ см}^3/\text{год} = 6700 \text{ мм}^3/\text{с},$$

де P – продуктивність методу ($P = 24 \text{ кг/год}$)

4. Обчислюємо горизонтальну швидкість переміщення плазмотрона

$$V_e = \frac{K \cdot d \cdot v_{II}}{\sqrt{h^2 \cdot d^2 + \pi^2 \cdot D^2}} = \frac{0,45 \cdot 15 \cdot 6700}{\sqrt{0,02^2 \cdot 15^2 + 3,14^2 \cdot 155^2}} = 93 \text{ мм/с},$$

де D – діаметр деталі ($D = 155$ мм);

K – коефіцієнт перекриття ($K = 0,45$).

5. Швидкість обертання деталі

$$\varpi_{\hat{a}} = \frac{v_{\hat{a}}}{\hat{E} \cdot d} = \frac{9.3}{0.45 \cdot 15} \approx 1,38 \hat{a} / \tilde{n}.$$

6. Кількість проходів

$$n = \frac{H}{h} = \frac{0.23}{0.02} = 12,$$

де H – загальна товщина напиленого шару.

7. Час напилювання

$$t_H = \frac{\alpha}{\omega \cdot v_2} = \frac{2190}{9.3 \cdot 1.38} = 34c = 6 \text{ хв } 25 \text{ с},$$

де α – довжина проходу.

8. Витрати порошку

$$m_{\Pi} = \frac{P \cdot t \cdot \alpha}{3600} = \frac{24000 \cdot 34 \cdot 0.6}{3600} = 136g,$$

де P – продуктивність напилювання порошку ($P = 24 \text{ кг/год}$)

$\alpha = 60\%$ (0,6) коефіцієнт використання порошку.

Висновки (висновки кожен студент робить самостійно відповідно до обраного методу нанесення покриття).

7 ОФОРМЛЕННЯ СПЕЦИФІКАЦІЇ

Специфікація є основним конструкторським документом для розробленого пристрою (складальної одиниці). Форму та порядок заповнення специфікації встановлює ГОСТ 2.108-96 згідно з яким вона виконується на аркушах формату А4 з основним написом на першій сторінці за формою 2. При цьому в графі 1 основного напису вказують найменування виробу без наведення типу документа. Наступні сторінки специфікації виконують з основним написом за формою 2а.

В загальному випадку специфікація містить такі розділи, які наведені в порядку їх розташування: «Документація», «Комплекси», «Складальні одиниці», «Деталі», «Стандартні вироби», «Інші вироби», «Матеріали», «Комплекти». Наявність вказаних розділів в специфікації певного виробу визначається його складом.

Назва кожного розділу наводиться в графі «Найменування» і підкреслюється. Перед та після назви розділу залишаються вільні рядки. В

кінці кожного розділу рекомендується залишати резервні рядки (2...5 в залежності від складності складального креслення) з резервуванням номерів позицій.

У розділі «Документація» в графі «Найменування» записуються типи конструкторських документів (складальне креслення, креслення загального вигляду, схеми, розрахунки і т. і.), які розроблені для певного пристрою, а в графі «Позначення» наводиться їх умовне позначення.

У розділах «Комплекси», «Складальні одиниці» та «Деталі» вказують назву відповідного елемента, який за конструкцією є спеціальним для даного пристрою, і йому присвоюється умовне позначення, що наводиться в графі «Позначення». Якщо назва елемента складається з кількох слів, на першому місці розміщують іменник (вал проміжний, опора верхня, ...).

У розділі «Стандартні вироби» вказують назву і позначення стандартного елемента. Цим елементам та елементам наступних розділів, на які не розробляється робоче креслення, шифр не присвоюється. В межах розділу записи наводяться за категорією стандарту – міждержавні, державні, галузеві. В межах кожної категорії стандарту записи сортуються за алфавітом, а в межах виробів з одною назвою – в порядку збільшення номерів стандартів, у межах кожного стандарту – за розмірами виробу, починаючи з меншого.

Якщо у виріб входить декілька елементів за одним і тим самим стандартом, то такі записи можна згрупувати, виділивши загальну частину позначення, а під нею проставляють для кожного елемента параметри та розміри. Наприклад:

Болти ГОСТ 7798-70

Болт 2М10×1,2-6g×80.109.40Х.016 ГОСТ 7798-70

Болт М16×1,25-6g×60.109.40Х.016 ГОСТ 7798-70

Болт 3М12-6g×90.58(S18) ГОСТ 7798-70

Гайки ГОСТ 6915-70

Гайка М6.5.016 ГОСТ 6915-70

Гайка М12×1,25.8.086 ГОСТ 6915-70

У розділі «Інші вироби» вказують назву і позначення елементів, які постачаються, наприклад, за технічними умовами або іншими документами на поставку. Наприклад:

Гідроциліндр ЦП50.360.01

Датчик температури DS18В

Мотор гідравлічний

МПП 315.00 ТУ 23.2.1588-82

Порядок записів елементів аналогічний як і в розділі стандартних виробів.

У розділі «Матеріали» вказують позначення матеріалів, що

використовуються. При цьому записи розташовуються у такій послідовності: метали чорні, метали магнітні, метали кольорові, благородні і рідкісноземельні, кабелі, проводи, пластмаси, паперові і текстильні матеріали, гумові і шкіряні матеріали і т. і.

Специфікації розміщують в додатках пояснювальної записки.

8. ОЦІНЮВАННЯ ВИКОНАННЯ КУРСОВОГО ПРОЄКТУ

Оцінювання КП здійснюється у відповідності з «Положенням про курсове проектування у ВНТУ», «Положенням про організацію освітнього процесу у ВНТУ», «Положенням про рейтингову систему оцінювання навчальних досягнень здобувачів вищої освіти у ВНТУ» та «Порядку організації та проведення заліків, диференційованих заліків, екзаменів у ВНТУ».

Після позитивного висновку про готовність курсового проєкту здобувач повинен захистити його перед комісією у складі не менше двох викладачів, які призначені кафедрою. Загальна оцінка за виконання КП складається з декількох частин. Розподіл бальної оцінки за виконання курсового проєкту:

Оцінювання результатів захисту курсового проєкту

Складові оцінювання	Бали
Пояснювальна записка	до 20
Запропоновані рішення	до 45
Графічна частина	до 10
Захист курсового проєкту	до 25
Всього	100

Текстова частина КП оцінюється за такими параметрами:

- дотримання вимог щодо оформлення згідно ДСТУ 3008:2015;
- відповідність текстової частини і програми індивідуальному завданню;
- відповідність текстової частини програмному забезпеченню;
- логічна пов'язаність розділів пояснювальної записки.

Практична реалізація оцінюється за такими параметрами:

- виконання основної задачі курсового проєкту;
- доведення ефективності технології за допомогою даної розробки;
- наявність у додатках розробленої графічної частини і її відповідності індивідуальному завданню.

Ілюстративна частина оцінюється за такими параметрами:

- повнота представлення матеріалів;
- правильність оформлення графічної частини в цілому і виконання креслеників зокрема;
- відповідність текстовій частині графічного матеріала.

Захист роботи оцінюється за такими параметрами:

- демонстрація працездатного технологічного процесу або інших результатів розробки;
- вміння пояснити основні моменти розробки;
- обґрунтованість відповідей на запитання членів комісії;
- представлення розробки (презентація, ілюстративна частина тощо).

Загалом КП оцінюється за 100-бальною шкалою (оцінка ECTS):

Бали:	90 - 100	82 - 89	75 - 81	64 - 74	60 - 63	35 - 59	0 - 34
ECTS:	A	B	C	D	E	FX	F

СПИСОК НОРМАТИВНИХ ДОКУМЕНТІВ

1. Положення про організацію освітнього процесу у ВНТУ від 20.06.2024. URL: https://vntu.edu.ua/uploads/2024/Pol_study_process.pdf.
2. Положення про курсове проєктування у Вінницькому національному технічному університеті від 29.08.2024 р. / уклад. Д. Х. Штофель. – Вінниця : ВНТУ, 2024. 52 с.
3. ДСТУ 3008:2015. Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлювання. [Чинний від 2017-07-01]. Вид. офіц. Київ : ДП УкрНДНЦ, 2015. 26 с.
4. ДСТУ 8302:2015. Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання. [Чинний від 2016-07-01]. Вид. офіц. Київ : ДП УкрНДНЦ, 2016. 16 с.
5. ДСТУ ІЕС 60027-1:2017. Літерні позначки в електротехніці. Частина 1. [Чинний від 08 червня 2017 року]. Вид. офіц. Київ : ДП УкрНДНЦ, 2017.
6. ДСТУ ISO/ІЕС 12207:2018. Інженерія програмних засобів. Процеси життєвого циклу програмних засобів. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2019. 100 с.
7. Положення про академічну доброчесність у ВНТУ від 31.10.2024. URL: <https://vntu.edu.ua/uploads/2022/acad.pdf>.
8. Положення про запобігання академічному плагіату та порядок його виявлення у наукових, кваліфікаційних, навчальних та науково-методичних роботах у ВНТУ від 29.08.2024 р. URL: <https://vntu.edu.ua/uploads/2024/Stateofplag.pdf>.
9. Порядок організації та проведення заліків, диференційованих заліків, екзаменів у ВНТУ від 26.12.2024 р. URL: <https://vntu.edu.ua/uploads/n/np/7.pdf>.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Методичні вказівки до курсового проектування для студентів спеціальності 7.092303 – Технологія та устаткування відновлення та підвищення зносостійкості машин і конструкцій / уклад. В. І. Савуляк. Вінниця : ВНТУ, 2005. 37 с.
2. Методичні вказівки до виконання ремонтних креслень у дипломному і курсовому проектуванні для студентів напрямів підготовки 0923 – «Зварювання», 0902 – «Інженерна механіка» спеціальності 7.092303 – «Технологія і устаткування відновлення та підвищення зносостійкості машин і конструкцій» денної та заочної форм навчання / уклад.: О. Л. Гайдамак, В. І. Савуляк, Т. Ф. Архіпова. Вінниця : ВНТУ, 2004. 20 с.
3. Корж В. М., Кузнецов В. Д., Борисов Ю. С., Ющенко К. А. Нанесення покриття : навч. посіб. / за заг. ред. К. А. Ющенка. Київ : Аристей, 2005. 204 с.
4. Шиліна О. П., Осадчук А. Ю. Газотермічна обробка матеріалів : навч. посіб. Вінниця : ВДТУ, 2004. 72 с.
5. Шиліна О. П., Осадчук А. Ю. Газотермічні методи напилювання покритть : навч. посіб. Вінниця : ВНТУ, 2006. 103 с.
6. Шиліна О. П., Савуляк В. І., Осадчук А. Ю. Вакуумно-конденсаційне напилювання покритть : навч. посіб. Вінниця : ВНТУ, 2006. 96 с.
7. Пащенко В. М., Кузнецов В. Д. Технологія газотермічного та вакуумно-конденсаційного нанесення покриттів : навч. посіб. Київ : НТУУ «КПІ», 2010. 272 с.
8. Ющенко К. А., Борисов Ю. С., Кузнецов В. Д., Корж В. М. Інженерія поверхні : підручник / Київ : Наукова думка, 2017. 559 с.
9. Власов А. Ф., Кузнецов В. Д., Макаренко Н. О., Богуцький О. А. Наплавлення : навч. посіб. / Краматорськ : ДДМА, 2010. 336 с.
10. Григурко І. О. Технологія обробки типових деталей : навч. посіб. Львів : «Новий Світ-2000», 2006. 576 с.

Додаток А
Приклад оформлення титульної сторінки курсового проєкту

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет
Факультет машинобудування та транспорту

КУРСОВИЙ ПРОЄКТ
з дисципліни
«Технології нанесення покриттів»
на тему
РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ НАПИЛЮВАННЯ
ПІДШИПНИКА УКЕ -34
08-62.КП.ТНП.011.00.000 ПЗ

Керівник курсового проєкту
канд. техн. наук, доц. О. П. Шиліна _____
(підпис)

«_____» _____ 2025 р.
Розробив: студент гр. ЗВ-226
Петров С. П. _____
(підпис)
«_____» _____ 2025 р.

Кількість балів _____
Оцінка ESTC _____

Члени комісії

(підпис) _____
(прізвище та ініціали)

(підпис) _____
(прізвище та ініціали)

Вінниця 2025

Додаток Б
Бланк оформлення завдання на курсовий проект



Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет
Факультет машинобудування та транспорту

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ГМ
д.т.н., професор Л. К. Поліщук

«___» _____ 20 р.

ЗАВДАННЯ
на курсовий проект
з дисципліни «Технології нанесення покриттів»
Спеціальність «Матеріалознавство»
студента групи _____

Тема курсового проекту: Розробити технологічний процес нанесення покриттів _____

Вихідні дані:
робоче креслення деталі;
річна програма ремонту $N_p =$ одиниць

Короткий зміст частин курсового проекту.

1. **Розрахунково-пояснювальна записка:**

1. Вступ. Короткий виклад основних прийнятих рішень та їх відповідність сучасному рівню технологій.
2. Аналіз службового призначення вузла, деталей. Вимоги до відновленої деталі та її поверхонь.
3. Дефектація деталі. Побудова ремонтного кресленника
4. Вибір та технічне обґрунтування газотермічних методів та матеріалів для відновлення деталі.
5. Визначення кількості переходів та операцій відновлення поверхонь.
6. Формування маршруту відновлення поверхні деталі газотермічним напилюванням.

7. Розрахунок припусків на переходи механічної обробки.
8. Розрахувати режими нанесення покриття.
9. Вибір та обґрунтування обладнання та джерел живлення.
10. Розрахунок та призначення режимів попередньої механічної обробки та після нанесення покриття.
11. Обрати допоміжні пристосування для нанесення покриття та провести необхідні розрахунки.

2. Графічна частина проєкту :

- Робочий кресленик деталі;
- Ремонтний кресленик деталі

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Номер	Назва етапів курсового проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)
	Формування та затвердження теми курсового проєкту (КП)	
	Виконання спеціальної частини КП. Перший рубіжний контроль виконання КП	
	Виконання спеціальної частини КП. Другий рубіжний контроль виконання КП	
	Виконання графічної частини	
	Попередній захист КП	
	Захист КП	

Дата захисту курсового проєкту _____

Здобувач _____
(підпис)

Керівник проєкту _____
(підпис)

Додаток В
(довідковий)
Зразок оформлення специфікації

Формат	Зона	Позиція	Позначення	Назва	Кількість	Примітки		
				Документація				
A1			08-62. КП.ТНП.22.02.00.СК	Складальне креслення				
A4			08-30. КП.ТНП.22.02.000.ПЗ	Пояснювальна записка				
				Складальні одиниці				
A1			08-62. КП.ТНП.022.02.01.100	Редуктор				
A1			08-62. КП.ТНП.022.02.01.200	Рама				
A1			08-62. КП.ТНП.022.02.01.400	Корпус підшипника				
A1			08-62. КП.ТНП.022.02.01.500	Колесо-муфта				
				<u>Деталі</u>				
A3			08-62. КП.ТНП.022.02.01.001	Вал приводний				
A3			08-62. КП.ТНП.022.02.01.002	Вал проміжний				
A3			08-62. КП.ТНП.022.02.01.003	Шестерня				
				08-62. КП.ТНП.022.02.01.				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата				
Розробив		Коваль О.В			Привод пластинчатого конвеєра	Літер.	К.	
Перевірів		Седов В.Т.						
Н. Контр.		Шиліна О.П.				ВНТУ, ГР. 3В-22Б		
Затверд.		Поліщук Л.К.						

Електронне навчальне видання

Олена Павлівна Шиліна

**Методичні вказівки до виконання курсових проєктів з
дисципліни «Технології нанесення покриттів»
зі спеціальності «Матеріалознавство»**

Рукопис оформила О. Шиліна

Редактор Г. Суровенко

Підписано до видання 05.12.2025 р.

Гарнітура Times New Roman.

Зам. № P2025-180

Видавець та виготовлювач
Вінницький національний технічний університет,
Редакційно-видавничий відділ.

ВНТУ, ГНК, к. 114.

Хмельницьке шосе, 95,

м. Вінниця, 21021.

press.vntu.edu.ua;

Email: rvv.vntu@gmail.com

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК No 3516 від 01.07.2009 р.