

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**Український державний університет  
науки і технологій**

---

Кафедра «Покриттів, композиційних  
матеріалів і захисту металів»

*В авторській редакції*

## **ОПТИМІЗАЦІЯ КОРОЗІЙНИХ ПРОЦЕСІВ**

Навчально-методичні рекомендації  
до виконання курсової роботи  
для студентів спеціальності 136 – металургія  
ОПП «Захист металів від корозії» (магістерський рівень)

*Електронне видання*

ДНІПРО  
2024

Упорядники:  
*І. В. Голуб, О. В. Біла*

Електронне видання

Схвалено Групою забезпечення якості освітньої програми  
Захист металів від корозії  
Протокол № 8 від 14 лютого 2024 р.

- О 62 Оптимізація корозійних процесів : навчально-методичні рекомендації до виконання курсової роботи для студентів спеціальності 136 – металургія ОПП «Захист металів від корозії» (магістерський рівень) / упоряд. І. В. Голуб, О. В. Біла ; Укр. держ. ун-т науки і технологій. – Електрон. вид. – Дніпро : УДУНТ, 2024. – 31 с.

Навчально-методичні рекомендації розроблені з метою ознайомлення студентів з вимогами щодо змісту, виконання, оформлення та захисту курсових робіт. В методичних рекомендаціях розкрито основні етапи написання курсових робіт в Українському державному університеті науки і технологій ІПБТ, вимоги щодо їх змісту та оформлення

Навчально-методичні рекомендації призначені для викладачів-керівників курсових робіт та студентів спеціальності 136 – металургія ОПП «Захист металів від корозії» (магістерський рівень) денної та заочної форм навчання.

## ЗМІСТ

Вступ.....	4
1. Зміст курсової роботи.....	4
1.1 Структура курсової роботи.....	4
1.2 Зміст розділів курсової роботи.....	5
2. Вимоги до оформлення курсової роботи .....	15
2.1 Нумерація сторінок пояснювальної записки .....	16
2.2 Нумерація розділів, підрозділів, пунктів, підпунктів .....	16
2.3 Ілюстрації .....	17
2.4 Таблиці .....	18
2.5 Переліки.....	19
2.6 Формули та рівняння.....	20
2.7 Посилання .....	21
2.8 Додатки.....	22
2.9 Оформлення списку використаних джерел .....	22
3 Академічна доброчесність при написанні курсової роботи .....	24
4 Порядок захисту й оцінювання курсової роботи.....	25
Рекомендована література.....	27
Додаток А .....	28
Додаток Б .....	29

## ВСТУП

Сучасний рівень розвитку промисловості обумовлює необхідність оптимізації виробництва, розробки високоефективних та економічних процесів, створення нових матеріалів і продуктів.

Застосування методів математичного моделювання є ефективним інструментом для аналізу і керування корозійними процесами, оптимізації параметрів виготовлення матеріалів, створення матеріалів різного призначення, дослідження властивостей об'єктів та організації процесу виробництва.

Створення моделей корозійних процесів, необхідність вирішення комплексу пов'язаних технологічних, організаційних і економічних задач вимагає застосування ЕОМ, як ефективного інструменту для виконання розрахунків, моделювання і керування технологічних процесів.

Виконання курсової роботи за темою «Оптимізація складу багатокомпонентних систем у технологіях захисту металу» має за мету опанування методів оптимізації, будову математичних моделей, розробку алгоритму вирішення задач, набуття навичок застосування сучасних спеціалізованих комп'ютерно-інтегрованих середовищ для вирішення завдань захисту металів від корозії у професійній діяльності за фахом.

## 1 ЗМІСТ КУРСОВОЇ РОБОТИ

### 1.1 Структура курсової роботи

Курсова робота складається з пояснювальної записки загальним обсягом не більше 25 сторінок (аркуш формату А4). Виконану і оформлену роботу необхідно здати керівнику курсової роботи на перевірку, а потім захистити.

Пояснювальна записка до курсової роботи містить: **вступну** частину і **основну** частину

**Вступна частина** складається з наступних структурних елементів:

- титульний аркуш;
- аркуш-завдання на курсову роботу (2 сторінки);
- реферат;
- зміст пояснювальної записки.

**Основна частина** містить розділи, які можуть складатися з підрозділів і пунктів, а якщо треба – з пунктів і підпунктів.

Для виконання курсової роботи рекомендується наступна структура основної частини:

ВСТУП

- 1 АПРІОРНА ІНФОРМАЦІЯ ЩОДО ОПТИМІЗАЦІЇ ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕНЬ. ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА ЗА ЗАЗНАЧЕНИХ УМОВ
  - 2 ПОБУДОВА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-СТАТИСТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ.
  - 3 ПОШУК ОПТИМАЛЬНОГО ПЛАНУ ТА СКЛАДУ БАГАТОКОМПОНЕНТНИХ СИСТЕМ У ТЕХНОЛОГІЯХ ЗАХИСТУ МЕТАЛУ
- ВИСНОВКИ  
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

## 1.2 Зміст розділів курсової роботи

*Титульний аркуш* є першою сторінкою пояснювальної записки і основним джерелом бібліографічної інформації, необхідної для пошуку та оброблення документа. Титульний аркуш містить дані, які подають у наступній послідовності: відомості про міністерство, вищий навчальний заклад, кафедру, повну назву документа, прізвище керівника і студента, який виконав роботу; рік складання пояснювальної записки. Переноси слів у заголовках титульного аркуша не допускаються (*Додаток А*).

*Завдання на курсову роботу* складає і видає керівник. Завдання оформляється на спеціальному бланку з обох боків одного аркуша. Цей аркуш відповідає двом сторінкам тексту, які нумеруються відповідним чином.

В завданні повинна бути вказана тема курсової роботи, вихідні дані, перелік питань, які належить розробити, календарний план виконання етапів роботи, прізвище та підписи керівника і студента (*додаток Б*).

*Реферат* призначений для загального ознайомлення з роботою і має бути стислим, інформативним та містити відомості щодо обсягу пояснювальної записки, кількості ілюстрацій, таблиць, кількості джерел згідно з переліком посилань.

В тексті реферата наводять стислі відомості щодо частин роботи. Текст реферата повинен відображати курсову роботу у поданій послідовності. Ключові слова, що є визначальними для розкриття суті пояснювальної записки,

вміщують після тексту реферату. Перелік ключових слів повинен містити від 5 до 15 слів або словосполучень, які написано великими літерами в називному відмінку в рядок через коми. Бажано, щоб резюме уміщувався на одній сторінці аркуша формату А4.

**Зміст** розташовують безпосередньо після резюме, починаючи з нової сторінки. До змісту включають вступ; послідовно перелічені назви всіх розділів, підрозділів, пунктів і підпунктів (якщо вони мають заголовки) пояснювальної записки; висновки; перелік посилань.

**Вступ** є складовою основної частини курсової роботи і розташовується після змісту на окремій сторінці.

Згідно з завданням у вступі обґрунтовують необхідність удосконалення процесів корозії з використання методів оптимізації. Далі формулюють **об'єкт, предмет, мету роботи і задачі**, які необхідно вирішити для досягнення поставленої мети.

Наприклад:

**Метою** курсової роботи є оптимізація виробництва, яка забезпечує підвищення ефективності роботи виробництва за різних умов.

У відповідності з метою роботи необхідно вирішити наступні **задачі**:

- розрахувати оптимальну кількість сировини;
- розробити модель процесу і визначити оптимальний план виробництва за наданими умовами;
- оцінити ефективність роботи виробництва при різних умовах роботи.

У **першому розділі** «Апріорна інформація щодо оптимізації об'єкту досліджень. Дослідження процесу виробництва за зазначених умов» наводять відомості про існуючі математичні моделі згідно поставленої задачі, проводять аналіз розв'язаної технологічної задачі, аналізують і виявляють недоліки, обґрунтовують вибрані методи створення математичної моделі для вирішення задач курсової роботи [1, 2].

Інформаційний пошук здійснюється за первинними джерелами інформації, до яких відносяться книги, підручники, монографії, збірники наукових праць, періодичні видання (журнали) за фахом.

При оформленні розділу необхідно в тексті приводити посилання на використану літературу. Посилання слід зазначати порядковим номером,

виділеним двома квадратними дужками згідно розділу "ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ", що приводиться наприкінці курсової роботи, наприклад, "[1]".

У *другому розділі* «Побудова експериментально-статистичних моделей» проводять кореляційний та регресійний аналіз отриманих статистичних даних; розрахунок помилки досліду та оцінку значущості коефіцієнтів рівняння; розрахунок коефіцієнтів рівняння регресії. Наводять статистичну модель. Проводять аналіз адекватності моделі [3].

В *третьому розділі* «Пошук оптимального плану та складу багатокомпонентних систем у технологіях захисту металу» розраховують необхідну кількість матеріалу для виготовлення продукту з застосуванням методу симплекс решітчастого планування, наводять схему алгоритму, покроковий розрахунок, декілька ітерацій з поясненнями. Результати покрокового пошуку наводять у вигляді таблиці і чітко прописують результати. Пошук кількості матеріалу, якщо виконують за допомогою ЕОМ з використанням пакету прикладної програми Microsoft office Excel та «Симплекс», як аналітичним так і графічним методами [4]. Аналізують отримані результати і формулюють висновок, щодо кількості матеріалу і недоліків кожного використаного методу.

Важливою частиною дослідження багатокомпонентних матеріалів і сумішей є побудова діаграм "склад-властивість". Особливістю експерименту при побудові діаграми "склад-властивість" є нормування суми незалежних змінних

$$\sum X_i = 1 \quad \text{або} \quad \sum X_i = 100\%, \quad (i = 1, 2, \dots, q), \quad (1)$$

де  $X_i$  – концентрація  $i$ -го компонента в  $q$  – багатокомпонентній системі, частка одиниці або %.

У зв'язку із цим склади систем з будь-яким числом компонентів задаються симплексом, тобто найпростішою геометричною фігурою, що має  $k + 1$  вершин в  $k$ - мірному просторі. Симплекс називається правильним, якщо відстані між всіма його вершинами рівні. Так, для трикомпонентних сумішей такі діаграми являють собою мережу ізоліній на трикутнику концентрацій. На рисунку 1 зображений трикутник концентрацій суміші, що складає із трьох компонентів:  $X_1, X_2, X_3$ .

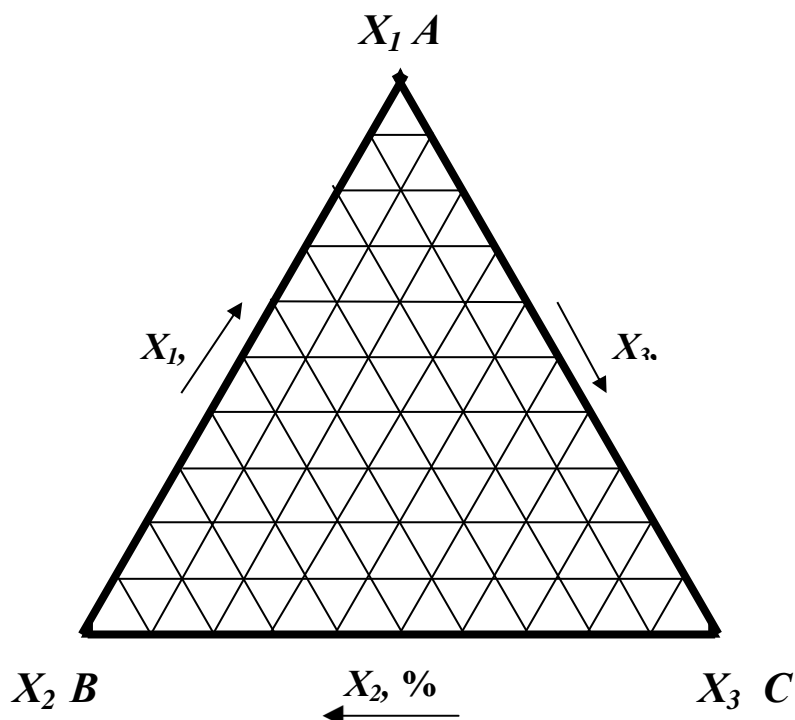
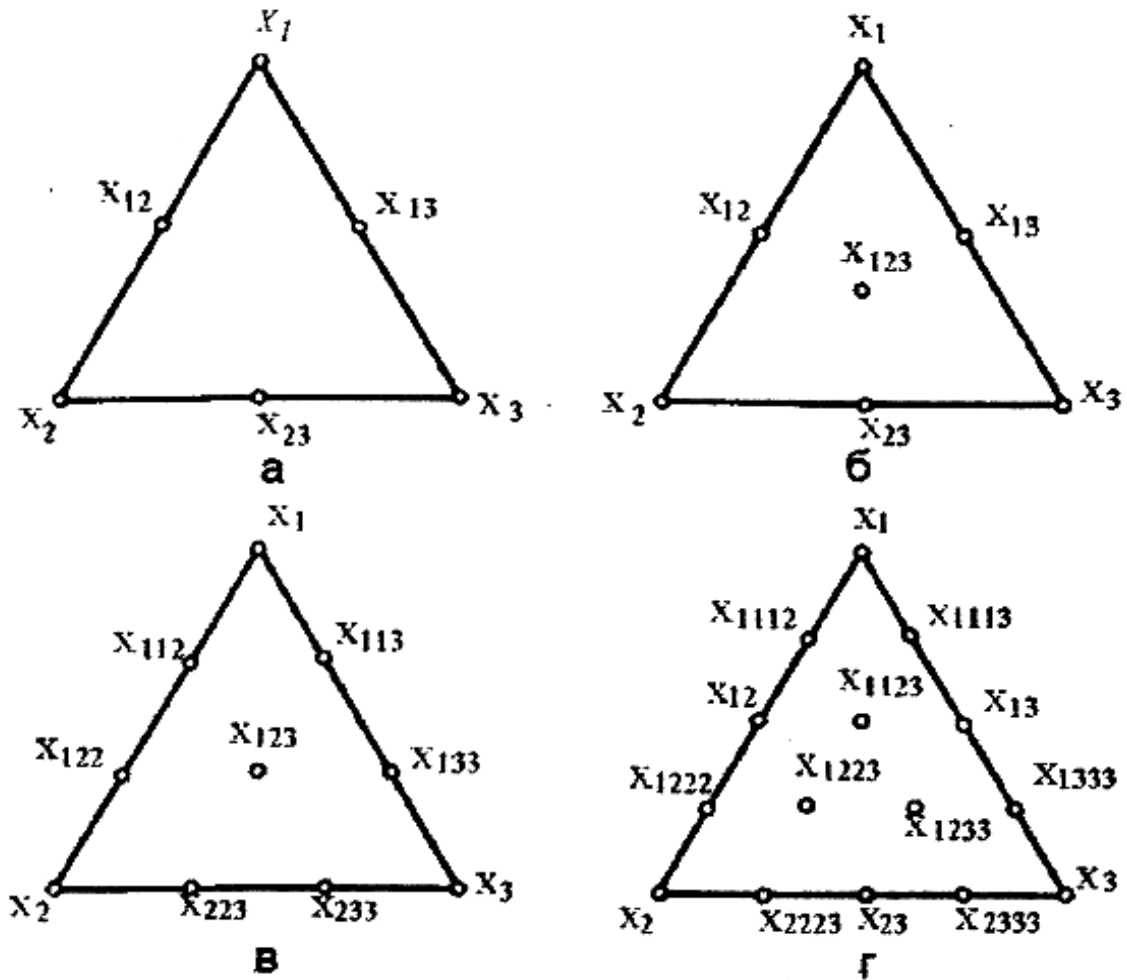


Рисунок 1 – Трикутник концентрацій суміші трьох компонентів  $X_1$ ,  $X_2$  і  $X_3$

Вершини трикутника  $A$ ,  $B$  і  $C$  відповідають 100 %-им концентраціям компонентів. На сторонах трикутника  $AB$ ,  $AC$  і  $BC$  розміщені двокомпонентні суміші, що складаються, відповідно, з  $X_1$  і  $X_2$ ,  $X_1$  і  $X_3$ ,  $X_2$  і  $X_3$ . У вузлах ґрат всередині трикутника, називаної симплексної, можна розмістити суміші, що складаються із всіх трьох компонентів з різним співвідношенням їхніх концентрацій.

У симплекс - ґратчастих планах для побудови моделі ступеня  $n$  експериментальні крапки розташовують симетрично по симплексі, використовуючи для кожного компонента рівновіддалені рівні в інтервалі від 0 до 1. Всі можливі комбінації цих рівнів і являють собою плани – симплексні ґрати. Планування на симплексах здійснюють рівномірним розкидом експериментальних крапок. Виходять  $\{n, m\}$  - ґратки, де  $n$  - число компонентів суміші (число факторів),  $m$  - порядок полінома. Приклади  $(3, m)$  симплекс - ґрат із прийнятими позначеннями параметра оптимізації (функції відгуку  $U$ ) наведені на рисунку 2.



а – моделей другого порядку, б – неповного третього, в – третього і  
г – четвертого порядку

Рисунок 2 – Симплекс-гратчасті плани в трикомпонентних системах

Ступінь полінома залежить від складності поверхні відгуку. Опис починають поліномом першого ступеня. У випадку відсутності адекватності рівняння регресії підвищують ступінь полінома, для чого ставлять додаткові досліди. Кожній моделі відповідає цілком певне розташування крапок.

Сутність симплекс - методу, запропонованого Анри Шеффе, полягає в тому, що досліди ставлять із сумішами заздалегідь заданого складу, вимірюють відгук (властивості суміші), після чого систему описують поліномом. Як і в більшості інших способів планування експерименту, при проведенні експерименту на симплексі, як правило, будують регресійні моделі різного порядку.

Дані плани (рисунок 2) є повністю насиченими, тобто число дослідів у них в точності дорівнює числу невідомих коефіцієнтів відповідної моделі (плани ПФЕ і ДФЕ – ненасичені плани).

Розрахунок і інтерпретація коефіцієнтів поліноміальних моделей виробляється спеціальним образом. Відгуку, отриманому в певній крапці, приписують строго відповідній цій крапці індекс.

Загальна форма індексації для трьох або чотирьох компонентів, виражених як функції відгуків у нумерованих крапках ґрат, строго відповідає кількості крапок ґрати.

При плануванні експерименту на симплексі моделі часто будують із повністю насичених планів ( $N = l$ ) з використання контрольних дослідів.

При дослідженні системи на симплексі, складання матриці планування експерименту і виконання дослідів, проводять статистичну оцінку коефіцієнтів рівняння регресії.

Після одержання оцінок коефіцієнтів перевіряють гіпотезу про адекватність регресійної моделі, тобто з'ясовують, чи можна використовувати отримане рівняння, або необхідна інша модель. Процедура перевірки адекватності вимагає знання оцінки дисперсії досліду.

Гіпотези про однорідність перевіряють по одному із критеріїв: Кохрена (при однаковому дублюванні), Бартлетта (при неоднаковому дублюванні). Перевірка гіпотези про адекватності побудованих рівнянь виробляється за критерієм Фішера ( F-критерій) і критерієм Стьюдента ( t-критерій).

Математичні моделі при дослідженні систем на симплексі будують у вигляді канонічних моделей. Так, поліном другого порядку

$$\hat{y} = b_0 + \sum_{1 \leq i \leq n} b_i X_i + \sum_{1 \leq i < j \leq n} b_{ij} X_i X_j + \sum_{1 \leq i \leq n} b_{ii} X_i^2 \quad (1)$$

приводять до канонічного виду

$$\hat{y} = \sum_{1 \leq i \leq n} \beta_i X_i + \sum_{1 \leq i < j \leq n} b_{ij} X_i X_j \quad (2)$$

Розглянемо алгоритм планування експерименту симплекс-методом для трикомпонентної системи для побудови математичної моделі другого порядку для вирішення наступної задачі.

Наприклад:

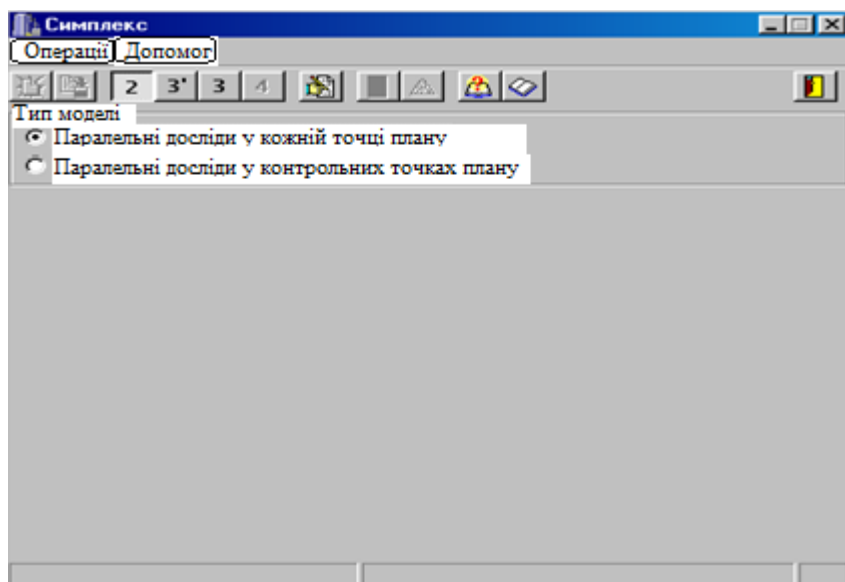
Досліджували залежність швидкості корозії  $V(Y1, Y2)$  зразків Ст.3 від складу суміші, що складається з антикорозійного порошкового наповнювача (ПН) ( $x_1$ ), гідроксиду алюмінію (ГА) ( $x_2$ ) та фосфату цинку (ФЦ) ( $x_3$ ). Діапазони концентрації компонентів досліджуваної суміші, %: ГА –  $0 \div 19$ ; ФЦ –  $11,2 \div 45,1$ ; ПН –  $45 \div 100$ .

Для побудови моделі виду  $\hat{y} = \sum b_i X_i + \sum b_{ij} X_i X_j$  використовувався симплекс-гратчастий план, що містить 6 дослідів і одну перевірочну крапку. Число паралельних дослідів дорівнює 2. У таблиці 1 наведено план-матрицю експерименту для побудови моделі другого порядку в натуральних одиницях та середні дані з двох паралельних вимірів у кожному досвіді плану при його реалізації.

Таблиця 1 – План-матриця і результати експерименту на сумішах ПН-ГА-ФЦ

№ дослід	Вміст компонентів, г/100 мл води			$V_{кор.}, мм/рік$	
	ПН( $x_1$ )	ГА( $x_2$ )	ФЦ( $x_3$ )	(Y1)	(Y2)
1	10(1)	0	0	0,018	0,0178
2	0	10(1)	0	0,105	0,103
3	0	0	10(1)	0,082	0,085
4	5(0,5)	5(0,5)	0	0,046	0,045
5	5(0,5)	0	5(0,5)	0,013	0,015
6	0	5(0,5)	5(0,5)	0,028	0,03
7	3,333(0,33)	3,333(0,33)	3,333(0,33)	0,017	0,02

Для отримання поліноміальної моделі та виконання розрахунків на ЕОМ потрібно використовувати програму «Симплекс». Програма дозволяє розраховувати коефіцієнти поліноміальних моделей другого, неповного третього, третього та четвертого порядку за даними реалізації симплекс гратчастих планів експерименту, перевіряти адекватність отриманих моделей та будувати ізолінії на симплексах. На рисунку 3 наведено початкове вікно програми.













-  – почати новий розрахунок – очищується таблиця вихідних даних та результатів;
-  – зберегти результати розрахунків;
- 2** **3'** **3** **4** – здійснити вибір ступеня полінома (другого, неповного третього, третього, четвертого);
-  – відкрити вікно для введення та зміни даних;
-  – розрахунок параметрів математичної моделі та перевірка її адекватності;
-  – побудова ізоліній;
-  – виклик допомоги;
-  – інформація про програму;
-  – вихід.



Рисунок 3 – Діалогове вікно програми «Симплекс»

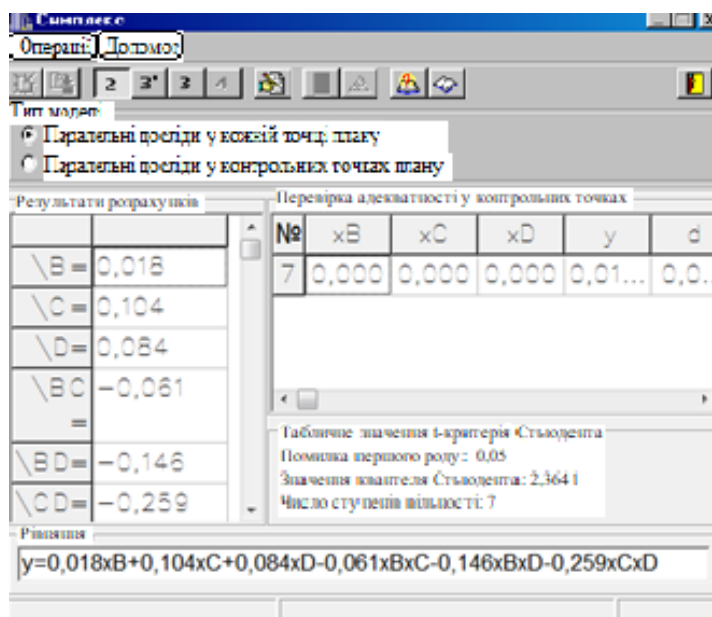
Для отриманих моделей та ізолінії на симплексах необхідно заповнити результати експериментів у вікні «Вхідні дані». В «Кількість паралельних дослідів» набираємо 2 згідно з умовами (таблиця 1) та заповнюємо стовбець  $Y$ . Натискаємо кнопку  (рисунок 4).



План в кодівих одиницях				Результати аналізу варіацій		
№	Z <sub>1</sub>	Z <sub>2</sub>	Z <sub>3</sub>	Y	Y <sub>ср</sub>	Дисперсія
1	1,000	0,000	0,000	0,018	0,018	0,000000
2	0,000	1,000	0,000	0,017		
3	0,000	0,000	1,000	0,105	0,104	0,000002
4	0,500	0,500	0,000	0,103		
5	0,500	0,000	0,500	0,082	0,084	0,000005
6	0,000	0,500	0,500	0,085		
7	0,000	0,000	0,000	0,046	0,045	0,000001
				0,045		
				0,013	0,014	0,000002
				0,015		
				0,028	0,029	0,000002
				0,030		
				0,017	0,019	0,000004
				0,020		

Рисунок 4 – Результат розрахунку діалогового вікна «Вхідні дані»

Після отриманих результатів натискаємо . Програма повернеться до вікна «Симплекс» (рисунок 3). Для виконання розрахунків коефіцієнтів рівняння поліноміальної моделі і перевірки адекватності у заданих контрольних точках симплексу необхідно натиснути кнопку  у вікні «Симплекс» (рисунок 3). Результати розрахунку наведені на рисунку 5.



Результати розрахунку		Перевірка адекватності у контрольних точках					
		№	x <sub>B</sub>	x <sub>C</sub>	x <sub>D</sub>	y	d
\B =	0,018	7	0,000	0,000	0,000	0,01...	0,0..
\C =	0,104						
\D =	0,084						
\BC =	-0,061						
=							
\BD =	-0,146						
\CD =	-0,259						


Таблиця значень t-критерія Стьюдента  
 Помилка першого роду: 0,05  
 Значення коефіцієнта Стьюдента: 2,364 t  
 Число ступенів вільності: 7

Рівняння  
 $y = 0,018x_B + 0,104x_C + 0,084x_D - 0,061x_Bx_C - 0,146x_Bx_D - 0,259x_Cx_D$

Рисунок 5 – Результат побудови поліноміальної моделі  
 Рівняння регресії має вид:

$$\hat{y} = 0,018X_1 + 0,104X_2 + 0,084X_3 - 0,061X_1X_2 - 0,146X_1X_3 - 0,259X_2X_3$$

Розрахункове значення у контрольній 7 точці дорівнює 2,36 при  $t_{табл.0,05;1;1} = 12,7$ . Таким чином, гіпотеза про адекватність поліноміальної моделі другого порядку может бути прийнята.

Для побудови ізоліній в діалоговому вікні «Симплекс» (рисунок 5) натисніть кнопку  та задати функцію відгуку для якої потрібно побудувати ізолінію, натиснувши на кнопку «Ввести дані для пошуку» (рисунок 6).

Ввести в «Число рівнів діапазону» 6 натиснути «Розрахувати і заповнити список» і ОК (рисунок 7). Для друку симплекса необхідно натиснути кнопку «Друк».

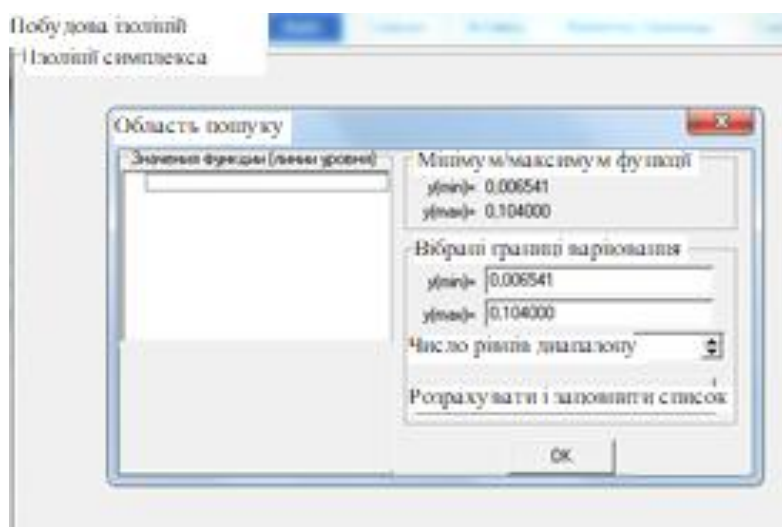


Рисунок 6 – Діалогове вікно «Область пошуку»

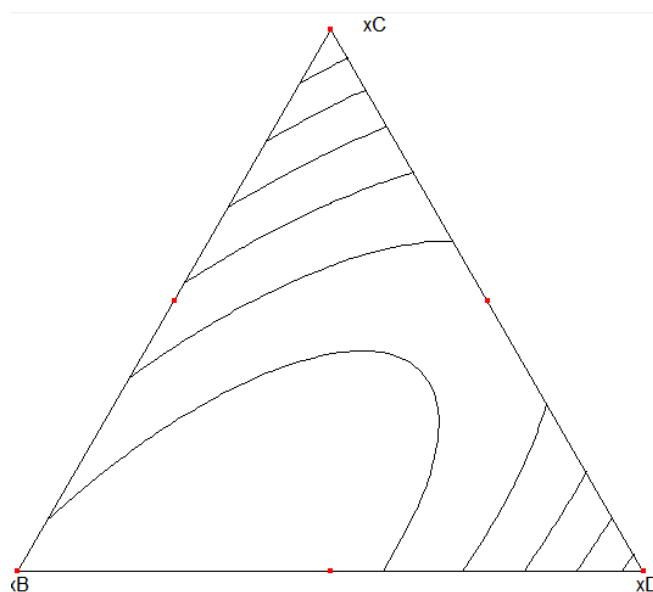


Рисунок 7 – Результат побудови ізоліній

Аналіз отриманої моделі дозволе з'ясувати межі оптимального складу суміші ПН-ГА-ФЦ, яка забезпечить мінімальну швидкість корозії Ст.3 в умовах, моделювання при експериментальному дослідженні.

Отже, мінімальна швидкість корозії буде спостерігатися, якщо суміш буде складатися з 77% ПН та 23% ФЦ

Основна частина курсової роботи завершується **висновками** щодо всієї курсової роботи.

Наприкінці курсової роботи на окремій сторінці додається **перелік посилань**, які були використані в даній роботі.

## **2 ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ**

Пояснювальну записку виконують за допомогою комп'ютерної техніки, потім друкують на сторінці з одного боку аркуша білого паперу у текстовому редакторі Word, шрифт Times New Roman, розмір шрифту 14 пт, інтервал 1,5, вирівнювання по ширині, переноси не допускаються. Абзацний відступ повинен бути однаковим впродовж усього тексту і дорівнювати 1,25 см.

Текст пояснювальної записки слід виконувати, додержуючись таких розмірів полів: ліве – не менше 30 мм, верхнє і нижнє – не менше 20 мм, праве – не менше 10 мм.

Прізвища, назви установ, організацій, фірм та інші власні назви у пояснювальній записці наводять мовою оригіналу. Допускається транслітерувати власні назви і наводити назви організацій у перекладі на українську мову, додаючи (при першій згадці) оригінальну назву.

Скорочення слів і словосполучень, які наводяться у пояснювальній записці, повинні відповідати чинним стандартам з бібліотечної та видавничої справи.

Структурні елементи в пояснювальній записці «РЕФЕРАТ», «ЗМІСТ», «ВСТУП», «ВИСНОВКИ», «ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ» не нумерують, а їх назви служать заголовками структурних елементів. Виконують структурні елементи звичайним шрифтом.

Розділи і підрозділи повинні мати заголовки. Пункти і підпункти можуть мати заголовки. Заголовки структурних елементів пояснювальної записки і

заголовки розділів слід розташовувати посередині рядка і друкувати великими літерами без крапки в кінці, не підкреслюючи, виконуючи звичайним шрифтом. Перенесення слів у заголовку розділу не допускається.

Заголовки підрозділів, пунктів і підпунктів пояснювальної записки слід починати з абзацного відступу і друкувати маленькими літерами, крім першої великої, не підкреслюючи, без перенесення слів і без крапки в кінці. Якщо заголовок складається з двох і більше речень, їх розділяють крапкою.

Відстань між заголовком і подальшим чи попереднім текстом має бути не менше, ніж один рядок. Відстань між основними рядками заголовка, а також між двома заголовками приймають такою, як і у тексті.

Не допускається розміщувати назву розділу, підрозділу, а також пункту й підпункту в нижній частині сторінки, якщо після неї розміщено менше, ніж два рядки тексту.

## **2.1 Нумерація сторінок пояснювальної записки**

Сторінки слід нумерувати арабськими цифрами, шрифт Times New Roman, розмір шрифту 12 пт, додержуючись наскрізної нумерації упродовж всього тексту пояснювальної записки. Номер сторінки проставляють в правому верхньому куті сторінки без крапки в кінці.

Номер сторінки на титульному аркуші, завданні, рефераті та змісті не проставляють, але враховують.

Ілюстрації в таблиці, які розміщені на окремих сторінках, включають до загальної нумерації сторінок пояснювальної записки.

## **2.2 Нумерація розділів, підрозділів, пунктів, підпунктів**

Розділи пояснювальної записки повинні мати порядкову нумерацію в межах викладання суті пояснювальної записки і позначаються арабськими цифрами без крапки (наприклад 1, 2, 3 і тому подібне; 1 АПРІОРНА ІНФОРМАЦІЯ).

Підрозділи повинні мати порядкову нумерацію в межах кожного розділу. Номер підрозділу складається з номера розділу і порядкового номера підрозділу, відокремлених крапкою. Після номера підрозділу крапку не ставлять (наприклад, 1.1, 1.2 і тому подібне; 1.1 Характеристика антикорозійного покриття).

Пункти повинні мати порядкову нумерацію в межах кожного підрозділу. Номер пункту складається з номера розділу, порядкового номера підрозділу та порядкового номера пункту, відокремлених крапкою. Після номера пункту крапку не ставлять, наприклад, 1.1.1, 1.1.2 і тому подібне.

Цифрове позначення структурного елемента відокремлюють від його назви пробілом.

## **2.3 Ілюстрації**

Ілюстрації (креслення, рисунки, графіки, схеми, діаграми, фотознімки тощо) слід розміщувати в пояснювальній записці безпосередньо після тексту, де вони згадуються вперше, або на наступній сторінці. На всі ілюстрації мають бути посилання в пояснювальній записці.

На графіках, які містять експериментальні криві, слід наносити позначки результатів, які були одержані в досліді. На графіку обов'язково наносять сітку та підписують координатну вісь з вказанням одиниць значень.

Ілюстрація позначається словом «Рисунок.....», яке разом з назвою ілюстрації розміщують після пояснювальних даних. Між ілюстрацією та основним текстом повинен бути відступ в один рядок. Ілюстрацію з назвою розміщують по центру тексту.

Ілюстрації слід нумерувати арабськими цифрами порядковою нумерацією в межах розділу. Номер ілюстрації складається з номера розділу і порядкового номера ілюстрації, відокремлених крапкою, наприклад, рисунок 3.2 – другий рисунок третього розділу. Якщо в пояснювальній записці вміщено тільки одну ілюстрацію, її також нумерують.

Ілюстрації повинні мати назву, яку розміщують під ілюстрацією. За необхідності між ілюстрацією та її назвою розміщують пояснювальні дані (під рисунковий текст). Такі дані допускається відображати шрифтом 12 пт з одинарним інтервалом.

При першому посиланні в тесті на рисунок рекомендується вказати його повний номер, наприклад «(рисунок 3.1)», при повторному посиланні – додавати «(див. рис. 3.1)».

## 2.4 Таблиці

Цифровий матеріал, як правило, оформляють у вигляді таблиць відповідно до рисунку 8.

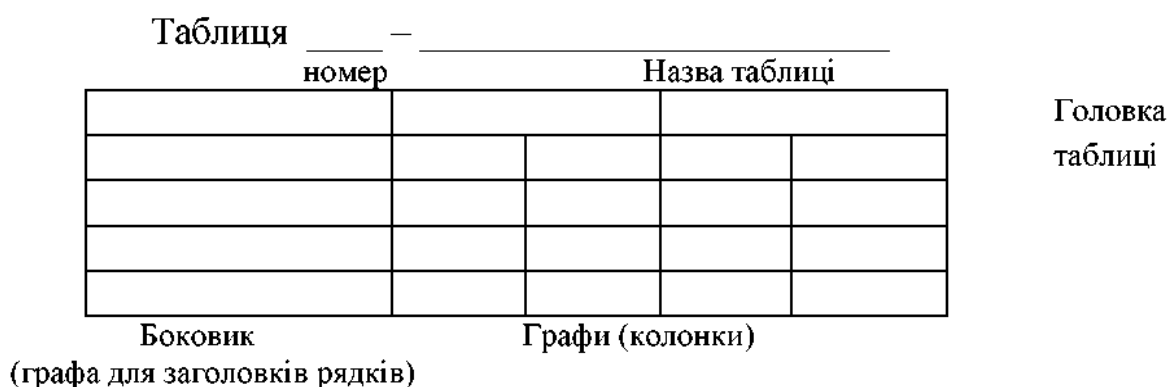


Рисунок 8 – Приклад побудови таблиці

Таблицю слід розташовувати після тексту, в якому вона згадується вперше, або на наступній сторінці. На всі таблиці мають бути посилання в тексті пояснювальної записки.

Таблиця повинна мати назву, яку пишуть малими літерами (крім першої великої) і вміщують над таблицею. Назва має бути стислою і відображати зміст таблиці. Відстань між початком сторінки і словом «Таблиця» дорівнює вибраному абзацу (1,25). Розміщують таблицю по центру. Після таблиці слід відступити один рядок.

Номер таблиці складається з номера розділу і порядкового номера таблиці, відокремлених крапкою, наприклад, таблиця 2.1 – перша таблиця другого розділу. Якщо в пояснювальній записці одна таблиця, її нумерують так само.

Якщо таблиця не може бути розташована у межах однієї сторінки, то таблицю поділяють на частини, розміщуючи одну частину під другою, або поруч, або на наступну сторінку. Слово «Таблиця \_\_» вказують один раз над першою частиною таблиці, над іншими частинами пишуть: «Продовження таблиці \_\_» із зазначенням номера таблиці. (Наприклад: «Продовження таблиці 1.1»), яке прописується без відступу на кожній сторінці де є продовження таблиці.

При поділі таблиці на частини допускається її головку або боковик замінити відповідно номерами граф чи рядків. При цьому нумерують арабськими цифрами графи і/або рядки у першій частині таблиці.

Заголовки граф таблиць починають з великої літери, а підзаголовки – з малої, якщо вони складають одне речення із заголовком. Підзаголовки, що мають самостійне значення, пишуть з великої літери. В кінці заголовків і підзаголовків таблиць крапки не ставлять. Заголовки і підзаголовки граф вказують в однині. У графах таблиці, де даних немає, обов'язково ставлять прочерк.

## 2.5 Переліки

Переліки, за потреби, можуть бути наведені всередині пунктів або підпунктів. Перед переліком ставлять двокрапку.

Перед кожною позицією переліку слід ставити малу літеру української абетки з дужкою, або, не нумеруючи – дефіс (перший рівень деталізації). Для подальшої деталізації переліку слід використовувати арабські цифри з дужкою (другий рівень деталізації).

Приклади:

а) ручне формування:

- 1) по моделях в опоках;
- 2) по моделях в ґрунті;
- 3) по шаблонах;

– ручне формування:

- 1) по моделях в опоках;
- 2) по моделях в ґрунті;
- 3) по шаблонах;

б) машинне формування:

1) піскометами;

2) на машинах.

– машинне формування:

1) піскометами;

2) на машинах.

Переліки першого рівня деталізації пишуть малими літерами з абзацного відступу, другого рівня – з відступом (1,25) відносно місця розташування переліків першого рівня, як це показано у наведеному вище прикладі. Інші позначки позицій не допускаються.

## 2.6 Формули та рівняння

Формули та рівняння розташовують безпосередньо після тексту, в якому вони згадуються, посередині сторінки. Вище і нижче кожної формули або рівняння повинно бути залишено один вільний рядок. Шрифт та розмір складових формули такі, як і всього тексту.

Формули та рівняння слід нумерувати порядковою нумерацією в межах розділу. Номер формули або рівняння складається з номера розділу і порядкового номера формули або рівняння, відокремлених крапкою, наприклад, формула (1.3) – третя формула першого розділу.

Номер формули або рівняння зазначають на рівні формули або рівняння в дужках у крайньому правому положенні на рядку. Якщо в пояснювальній записці тільки одна формула чи рівняння, їх нумерують так само. Пояснення значень символів і числових коефіцієнтів, що входять до формули чи рівняння, слід наводити безпосередньо під формулою у тій послідовності, в якій вони наведені у формулі чи рівнянні. Фізичні формули подаються з обов'язковим записом у поясненні позначки одиниці виміру відповідної фізичної величини.

Пояснення значення кожного символу та числового коефіцієнта слід додавати з нового рядка без абзацного відступу. Перший рядок пояснення починають з абзацу словом «де» без двокрапки.

Приклад 1:

Коефіцієнт заповнення барабана кульового млина мелючими тілами визначають за формулою:

$$\varphi = \frac{V}{\pi \cdot R^2 \cdot L} \quad (3.1)$$

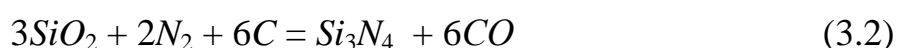
де  $V$  – об'єм мелючих тіл,  $\text{м}^2$ ;

$R$  – радіус барабана, який повинен бути виготовлений з матеріалу, що витримає додаткові навантаження,  $\text{м}$ ;

$L$  – довжина барабана,  $\text{м}$ .

Хімічні формули та рівняння подають буквами латинської абетки курсивного зображення хімічних елементів, цифри залишаються рівними. Пояснення познач, що входять до формули чи рівняння, наводять за потреби. Під формулою хімічної сполуки може бути розміщено її назву.

Приклад 2:



У формулах чи рівняннях верхні та нижні індекси, а також показники степеня в усьому тексті мають бути однаковими, але меншими за букву чи символ, якого вони стосуються.

Переносити формули чи рівняння на наступний рядок допускається тільки на знаках операцій, що виконуються, повторюючи знак операції на початку наступного рядка. У такому разі номер формули виставляють на рівні її останнього рядка.

Кілька наведених і не відокремлених текстом формул пишуть одну під одною і розділяють комами.

## 2.7 Посилання

Посилання в тексті пояснювальної записки на літературні джерела слід зазначити порядковим номером за переліком посилань, виділених двома квадратними дужками, наприклад, «... у роботах [1–4, 10]...».

При посиланні на розділи, підрозділи, пункти, підпункти, ілюстрації, таблиці, формули, рівняння, додатки зазначають їх номери.

При посиланнях слід писати: «...у розділі 4 ...», «...дивись 2.1...», «...на рисунку 1.3...», «...у таблиці 3.2...», «...(див. табл. 3.2)...», «...формулою (3.1)...», «...у рівняннях (1.12) – (1.14)...», «...у додатку Б...».

## 2.8 Додатки

Додатки слід оформляти як продовження пояснювальної записки на її наступних сторінках, розміщуючи додатки в порядку появи посилань на них у тексті пояснювальної записки.

Кожний додаток повинен починатися з нової сторінки. Додаток повинен мати заголовок, який розміщують вгорі малими літерами з першої великої літери симетрично відносно тексту сторінки. Посередині рядка над заголовком малими літерами з першої великої літери повинно бути написано слово «Додаток \_\_\_\_» і велика літера, що назначає додаток.

Додатки слід позначати послідовно великими літерами української абетки, за винятком літери Г, Є, З, І, Ї, Й, О, Ч, Ь, наприклад, Додаток А, Додаток Б. Один додаток позначається як Додаток А.

Ілюстрації, таблиці, формули та рівняння, що є у тексті додатка, слід нумерувати в межах кожного додатка, наприклад, рисунок Г.3 – третій рисунок додатка Г; таблиця А.2 – друга таблиця додатка А; формула (А.1) – перша формула додатка А.

Якщо в додатку одна ілюстрація, одна таблиця, одна формула, одне рівняння, їх нумерують, наприклад, рисунок А.1, таблиця Д.1, формула (В.1).

## 2.9 Оформлення списку використаних джерел

### Книги одного, двох або трьох авторів

Пінчук С.Й. Організація експерименту при моделюванні та оптимізації технічних систем [Текст]: Навчальний посібник / С.Й. Пінчук. – Дніпропетровськ : РВА «Дніпро-VAL», 2009. – 289 с.

Нефьодов Ю.М. Методи оптимізації в прикладах і задачах [Текст]: Навчальний посібник / Ю.М. Нефьодов, Т.Ю. Балицька. – Київ : Кондор, 2011. – 324 с.

Говаленков С.В. Прикладна математика. Системний аналіз в задачах і прикладах. [Текст]: учеб. пособие / С.В. Говаленков С.В., О.О. Труш, С.В. Стась. – Харків: АЦЗУ, 2005. – 93с.

### Книги чотирьох чи більше авторів

Дослідження операцій і методи оптимізації [Текст]: учеб. / А.Г. Тимошенко, В.І. Павленко М.Є. Корольов, О.В. Савіна. – Київ : Університет «Україна», 2007. – 175 с.

### **Словники, перекладні видання**

Пінчук С.Й. Фізичне матеріалознавство. Термінологічний російсько-українсько-англійський словник / С.Й. Пінчук, С.І. Губенко – Дніпропетровськ: РВА «Дніпро-VAL», 2009. – 379 с.

### **Законодавчі документи**

Конституція України : офіц. текст : [прийнята на п'ятій сесії Верховної Ради України 28 червня 1996 р. із змінами, внесеними Законом України від 8 груд. 2004 р. : станом на 1 січ. 2006 р.]. – Київ : Мін-во Юстиції України, 2006. – 124 с.

### **Методичні вказівки**

Голуб І. В. , Біла А. В. Оптимізація корозійних процесів: методичні вказівки до виконання лабораторного практикуму для студентів спеціальності 136 – металургія ОПП «Захист металів від корозії» (магістерський рівень) [Текст] / І.В. Голуб, А. В. Біла.: Укр. держ. ун-т науки і технологій. – Дніпро : УДУНТ, 2024. – 45 с.

### **Статті у технічних журналах**

V. Shtyfurak. The problems of students' reproductive health in the context of gender socialization [Text] / Shtyfurak V. // Ukrainian Journal of Educational Research. – 2016. – №1. – PP. 9–15.

Шепіда М. В. Осадження наноструктурованого осаду срібла на поверхні кремнієм методом гальванічного заміщення [Текст] / М. В. Шепіда, Г. І. Зозуля, О.І. Кунтий // Вісник «Хімія, технологія речовин та їх застосування». – 2018. – В. № 886. – С. 79–84.

Кінетичні аспекти каталітичної взаємодії пентилацетату й етаноламіну / С.Р. Мельник, Ю. Р. Мельник, Г. Я. Магорівська [та ін.] // Chemistry & Chemical Technology. – 2023. – В. № 17. – №4. – С. 820–828.

## **Матеріали конференцій**

Білий Я.І. Про можливість збереження білизни беззборних емалевих покриттів при збільшенні кількості лужних оксидів в їх складі [Текст] / Я.І. Білий, Н.О. Мінакова // I Всеукр. наук.-практ. конфер.: Тези допов. I Всеукр. наук.-практ. конфер. студ., аспір. та молод. вчених НТУУ «КПІ», ХТФ / Нац. техн. унів. Укр. «Київ. політехн. унів». – Київ, 2006. – С. 87-89.

## **Збірники наукових праць**

Реакційна активність матричного компонента низькоцементного вогнетривкого бетону [Текст] / В.В. Пісчанска, Ю.А. Онасенко // зб. наук. пр. ПАТ УкрНДІВогнетривів ім. А.С. Бережного, м. Харків. – 2012. – №112. – С. 197–201.

## **Електронні ресурси**

Бичков, В.А. Сучасна структура автоматизованої системи статистичної інформації про діяльність і розвиток вишу [Електронний ресурс] / В.А. Бичков, В.В. Гопон, М.Л. Лескач // Інформаційні технології і засоби навчання. – Електрон. журн. – 2011. – № 5. – С. 40. – Режим доступу: <http://www/nbu.gov.ua/e-journals/ITZN/em/html> – Заголовок з екрана.

## **Стандарти**

ДСТУ 1.0:2003. Національна стандартизація. Основні положення. – На заміну ДСТУ 1.0-93 ; надано чинності 2003-07-01. – К. : Держпоживстандарт України, 2003. – 9 с.

## **3 АКАДЕМІЧНА ДОБРОЧЕСНІСТЬ ПРИ НАПИСАННІ КУРСОВОЇ РОБОТИ**

Дотримання студентами академічної доброчесності при написанні курсової роботи регламентується ст. 42 Закону України «Про освіту» [5], Кодексу академічної доброчесності УДУНТ [6]. У разі виявлення науковим керівником у роботі студента одного або кількох видів порушень академічної доброчесності, а саме: академічного плагіату, самоплагіату, фабрикації, фальсифікації, обману до нього можуть бути застосовані види відповідальності,

передбачені Кодексом академічної доброчесності УДУНТ, зокрема: повторне проходження оцінювання; повторне проходження відповідного освітнього компонента освітньої програми; відрахування з університету; позбавлення академічної стипендії. У випадку, якщо порушення виявлені не менш, як за три-чотири тижні до захисту курсової роботи, студенту надається можливість виправити порушення. Якщо порушення виявлені менше, як за два-три тижні до захисту, курсова робота не допускається до захисту, студент отримує оцінку «незадовільно».

#### **4 ПОРЯДОК ЗАХИСТУ Й ОЦІНЮВАННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ**

Допуск здобувача вищої освіти до захисту курсової роботи здійснює науковий керівник. Критерієм допуску є:

- наявний переплетений друкований примірник текстової частини курсової роботи, оформлений згідно вимог, завізований керівником;
- наявність електронного (при дистанційному навчанні) варіанту текстової частини курсової роботи (у форматі .doc або .docx) оформленого згідно вимог;
- дотримання академічної доброчесності під час написання курсової роботи, відповідно до нормативних документів.

Захист курсової роботи проводиться перед комісією у складі не менше двох викладачів кафедри за участю керівника курсової роботи. Дата захисту передбачається графіком підсумкового семестрового контролю на факультеті. Захист курсової роботи включає в себе короткий виступ студента з презентацією, його відповіді на запитання членів комісії.

У виступі студента відображаються актуальність теми, завдання курсової роботи, її основні результати. Студент повинен продемонструвати вміння відповідати на питання з предметної області курсової роботи, вести наукову дискусію.

Після закінчення процедури захисту комісія ухвалює рішення щодо підсумкової сумарної оцінки за курсову роботу з урахуванням орієнтовних критеріїв. Результати захисту в той же день оголошуються здобувачам вищої освіти.

Диференційована оцінка за курсову вноситься в заліково-екзаменаційну відомість, індивідуальний навчальний план (залікову книжку) студента за

підписами членів комісії і враховується під час визначення розміру стипендій разом з іншими підсумковими оцінками.

У разі отримання підсумкової сумарної оцінки менше 4 балів за 12-бальною шкалою або у випадку, якщо курсова робота не була допущена до захисту, у заліково-екзаменаційній відомості робиться відповідний запис про академічну заборгованість з курсової роботи.

Студент не допускається до захисту курсової роботи у випадках:

- недотримання критеріїв допуску;
- порушення термінів подачі роботи на кафедру без поважних причин;
- порушень академічної доброчесності.

Ліквідація академічної заборгованості здійснюється шляхом повторного виконання та захисту курсової роботи за новою темою (у випадку грубих порушень академічної доброчесності), або після виправлення недоліків у поданій курсовій роботі та її повторного захисту.

Студент може бути допущений до повторного захисту курсової роботи у встановлений термін ліквідації академічної заборгованості. Інші випадки (хвороба, відрядження тощо) регламентуються Положенням про організацію навчального процесу на другому (магістерському) рівнях.

## РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Жалдак М. І., Тріус Ю. В. Основи теорії і методів оптимізації : навч. посіб. Черкаси : Брама-Україна, 2005. 608 с.
2. Сікора Я. Б., Щехорський А. Й., Якимчук Б. Л. Методи оптимізації та дослідження операцій : навч. посіб. Житомир : Вид-во ЖДУ ім. Івана Франка, 2019. 148 с.
3. Теорія ймовірностей, математична статистика та імовірнісні процеси : навч. посіб. / Слюсарчук Ю. М., Хром'як Й. Я., Джавала Л. Л., Цимбал В. М. Львів : Львівська політехніка, 2015. 364 с.
4. Пінчук С. Й. Організація експерименту при моделюванні та оптимізації технічних систем : навч. посіб. Дніпропетровськ : Дніпро-VAL, 2009. 289 с.
5. Про освіту : Закон України від 05.09.2017 № 2145-VIII : станом на 1 січ. 2025 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2145-19#Text> (дата звернення: 10.01.2024).
6. Кодекс академічної доброчесності Українського державного університету науки і технологій. *Головна – УДУНТ*. URL: <https://ust.edu.ua/wp-content/uploads/2024/04/kodeks-akademichnoyi-dobrochesnosti.pdf> (дата звернення: 10.01.2024).

*Додаток А*

*Зразок титульної сторінки курсової роботи*

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ НАУКИ І  
ТЕХНОЛОГІЙ**

**Кафедра покриттів, композиційних матеріалів і захисту металів**

## **Курсова робота**

з дисципліни «**Оптимізація корозійних процесів**»

на тему «**ОПТИМІЗАЦІЇ ШВИДКОСТІ РОЗЧИНЕННЯ  
СОЛЕВІДКЛАДЕНЬ**»

**Виконав** студент групи ME10-23м:

**Андрій КОВАЛЕНКО**

**Науковий керівник:**

**к.т.н., доцент Ірина ГОЛУБ**

Дніпро

2024

28

*Приклад оформлення бланку завдання до курсової роботи*

**УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ НАУКИ І  
ТЕХНОЛОГІЙ**

(назва вищого навчального закладу)

Кафедра	Покриттів, композиційних матеріалів і захисту металів				
Дисципліна	Оптимізація корозійних процесів				
Спеціальність	136 – Металургія				
ОПП	Захист металів від корозії				
Курс	I	Група	МЕ10-23м	Семестр	I

**ЗАВДАННЯ  
НА КУРСОВУ РАБОТУ СТУДЕНТА**

Коваленко Андрія Сергійовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Оптимізації швидкості розчинення солевідкладень.

2. Термін здачі студентом закінченої роботи 23.12.2024 р.

3. Вихідні дані до роботи Процес виробництва та умови, які дозволять оптимізувати процес чи виявити вплив різних факторів на процес

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які належить розробити) \_\_\_\_\_

Апріорна інформація щодо оптимізації об'єкту досліджень. \_\_\_\_\_

Дослідження процесу виробництва за зазначених умов. Побудова експериментально статистичних моделей. Пошук оптимального плану та складу багатокomпонентних систем у технологіях захисту металу. \_\_\_\_\_

5. Перелік графічних матеріалів немає

6. Дата видачі завдання 15.10.2024 р.

*Продовження Додатка А*

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Найменування етапів курсової роботи	Термін виконання курсової роботи	Прикмітна
1	Апріорна інформація щодо оптимізації об'єкту досліджень.		
	Дослідженні процесу виробництва за заданих умов	2024.11.15	
2	Побудова експериментально-статистичних моделей	2024.12.06	
3	Пошук оптимального плану та складу багатокomпонентних систем у технологіях захисту металу	2024.12.12	
5	Оформлення курсової роботи	2024.12.19	
6	Захист курсової роботи	2024.12.27	

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

Коваленко А.С. \_\_\_\_\_

Керівник \_\_\_\_\_  
(підпис)

доц. Голуб І.В. \_\_\_\_\_  
(прізвище, ім'я, по батькові)

“ ” \_\_\_\_\_ 2024 р.

Навчально-методичне видання

**Голуб Ірина Валеріївна,  
Біла Олена Вікторівна**

## **ОПТИМІЗАЦІЯ КОРОЗІЙНИХ ПРОЦЕСІВ**

Навчально-методичні рекомендації до виконання курсової роботи  
для студентів спеціальності 136 – металургія ОПП «Захист металів від корозії»  
(магістерський рівень)

Електронне видання

Експертний висновок склав канд. техн. наук, доц. Ірина Рослік  
Зареєстровано НМВ УДУНТ (№ 695 від 14.02.2024)

В авторській редакції  
Комп'ютерна верстка Голуб І. В.

Формат 60x84 1/16. Ум. друк арк. 1,81. Облік.-вид. арк. 0,99.  
Зам. № 14

Видавець: Українській державний університет науки і технологій  
вул. Лазаряна, 2, ауд. 2216, м. Дніпро, 49010  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 7709 від 14.12.2022

Адрес видавця та дільниці оперативної поліграфії:  
вул. Лазаряна, 2, Дніпро, 49010