

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ім. Ю.М. ПОТЕБНІ  
КАФЕДРА МЕТАЛУРГІЙНОГО ОБЛАДНАННЯ



**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Директор Інженерного навчально-наукового  
інституту ім. Ю.М. Потєбні ЗНУ

(підпис)

Наталія Метеленко

(прізвище, ім'я)

**Імітаційне моделювання та експеримент**

(назва навчальної дисципліни)

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

підготовки \_\_\_\_\_ магістра

(назва освітнього ступеня)

очної (денної) та заочної (дистанційної) форм здобуття освіти

спеціальності \_\_\_\_\_ 133 Галузеве машинобудування

(шифр, назва спеціальності)

спеціалізації / предметної спеціальності \_\_\_\_\_

(шифр і назва)

освітньо-професійна програма \_\_\_\_\_ металургійне обладнання

(назва)

Укладач /Укладачі: Гречаний О. М., Ph. D., ст. викладач кафедри металургійного обладнання

(ПБ, науковий ступінь, вчене звання, посада)

Обговорено та ухвалено  
на засіданні кафедри металургійного  
обладнання

Протокол № \_\_ від “\_\_” серпня 2023 р.  
В.о. завідувача кафедри

(підпис)

А. О. Власов

(ініціали, прізвище)

Ухвалено науково-методичною радою  
Інженерного навчально-наукового інституту  
ім. Ю. М. Потєбні  
Протокол № 1 від “\_\_” серпня 2023 р.  
Голова науково-методичної ради

(підпис)

Т. А. Шарапова

(ініціали, прізвище)

Погоджено:  
Гарант ОП

(підпис)

А. О. Власов

(ініціали, прізвище)

Погоджено:  
Відповідальний за секцію «Металургійний профіль»

(підпис)

О. С. Воденнікова

(ініціали, прізвище)

2023 рік

## 1. Опис навчальної дисципліни

1	2	3	
<b>Галузь знань, спеціальність, освітня програма рівень вищої освіти</b>	<b>Нормативні показники для планування і розподілу дисципліни на змістові модулі</b>	<b>Характеристика навчальної дисципліни</b>	
		очна (денна) форма здобуття освіти	заочна (дистанційна) форма здобуття освіти
<b>Галузь знань 13 «Механічна інженерія» (шифр і назва)</b>	Кількість кредитів – 4	<b>Обов'язкова</b>	
		<b>Цикл професійної підготовки спеціальності</b>	
<b>Спеціальність 133 Галузеве машинобудування (шифр і назва)</b>	Загальна кількість годин – 120	<b>Семестр:</b>	
		2-й	2-й
<b>Спеціалізація / Предметна спеціальність (для спеціальностей 014, 016, 035, 227)  (шифр і назва)</b>	Змістових модулів – 6	<b>Лекції</b>	
		24 год.	6 год
<b>Освітньо-професійна програма «Металургійне обладнання» (назва)</b>	Змістових модулів – 6	<b>Практичні</b>	
		12 год.	2 год
<b>Рівень вищої освіти: магістерський</b>	Кількість поточних контрольних заходів – 12	<b>Лабораторні</b>	
		-	-
		<b>Самостійна робота</b>	
		84 год.	112
		<b>Вид підсумкового семестрового контролю: екзамен</b>	

## 2. Мета та завдання навчальної дисципліни

**Метою** викладання навчальної дисципліни «Імітаційне моделювання та експеримент» є засвоєння здобувачами вищої освіти методологій та технологій моделювання – в першу чергу математичного та комп'ютерного, при дослідженні, проектуванні та експлуатації складних механічних систем в комплексі металургійного обладнання.

Основними **завданнями** вивчення дисципліни «Імітаційне моделювання та експеримент» є:

- ознайомлення з основними методиками побудови математичних моделей механічних систем;
- оволодіння методами та способами формалізації систем, об'єктів, процесів, явищ;
- ознайомлення зі статистичні методами в моделюванні;
- оволодіння навичками оптимізації параметрів моделей;
- встановлювати закони відмов, на основі яких вести розрахунки деталей, на обмежену довговічність;
- оволодіння навичками прогнозування поведінки металургійного обладнання протягом всього його життєвого циклу.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен набути таких результатів навчання (знання, уміння тощо) та компетентностей:

Заплановані робочою програмою результати навчання та компетентності	Методи і контрольні заходи
ІК. Здатність розв'язувати складні задачі і проблеми галузевого машинобудування, що передбачають дослідження та/або здійснення інновацій та характеризуються невизначеністю умов та вимог.	Лекційний курс та практичні заняття
ЗК1. Здатність використовувати інформаційні та комунікаційні технології ЗК3. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.	Практичні заняття
СК1. Здатність створювати, удосконалювати та застосовувати кількісні математичні, наукові й технічні методи та комп'ютерні програмні засоби, застосовувати системний підхід для розв'язування інженерних задач галузевого машинобудування, зокрема, в умовах технічної невизначеності.	Лекційний курс, практичні заняття та модульний контроль
РН3. Знати і розуміти процеси галузевого машинобудування, мати навички їх практичного використання. РН5. Аналізувати інженерні об'єкти, процеси та методи. РН9. Навички проєктування засобів технічного контролювання для оцінювання параметрів об'єктів і процесів у галузевому машинобудуванні.	Лекційний курс, практичні заняття та модульний контроль

## **Міждисциплінарні зв'язки.**

Навчальна дисципліна «Імітаційне моделювання та експеримент» продовжує технічну підготовку здобувача освіти і базується на знаннях, отриманих при вивченні дисциплін "Нові процеси та машини металургійного виробництва", "Надійність механічних систем", "Наукові дослідження металургійного обладнання", та забезпечує наступне написання кваліфікаційної роботи.

### **3. Програма навчальної дисципліни**

#### **Змістовий модуль 1. Моделювання як метод дослідження складних механічних систем**

*Види моделей та сфера їх використання. Фізичне моделювання. Аналогове моделювання, математичне моделювання. Імітаційне моделювання. Основні етапи моделювання. Постановка задачі. Спрощення та припущення при моделюванні. Головне протиріччя в моделюванні. Істотні і другорядні властивості об'єкта.*

#### **Змістовий модуль 2. Імітаційне моделювання**

*Сутність імітаційного моделювання. Основні етапи побудови імітаційної моделі. Імітаційна модель керування запасами. Поняття про метод Монте-Карло.*

#### **Змістовий модуль 3. Моделювання механічних коливань у вузлах металургійного обладнання**

*Рух тіла під дією сили пружності. Аналіз перетікання процесу. Постановка задачі. Розробка математичної моделі. Фазова площина. Короткі теоретичні відомості. Дослідження коливальних процесів методом фазових діаграм.*

#### **Змістовий модуль 4. Моделювання процесів технічної діагностики та контролю**

*Моделі контролю та технічного діагностування. Основні поняття та визначення. Інформативність признаков технічного стану досліджуємих об'єктів. Методи статистичних рішень. Метод Байеса. Метод мінімального ризику.*

#### **Змістовий модуль 5. Прогнозування.**

*Основні принципи і методи прогнозування. Використання методів теорії ймовірностей при прогнозуванні. Основні закони розподілу випадкових величин. Порівняльна оцінка законів розподілу. Прогнозування по критеріям зносу. Основні характеристики та закономірності зношення. Методи вимірювання зношування. Метод Міхліна-Волкова.*

#### **Змістовий модуль 6. Планування імітаційних експериментів**

*Основні визначення при плануванні імітаційних експериментів. Утворення апроксимуючих поліномів. Статистична перевірка результатів експериментальних досліджень. Планування імітаційних експериментів під час дослідження та оптимізації систем.*

#### 4. Структура навчальної дисципліни

Змістовий модуль	Усього годин	Аудиторні (контактні) години						Самостійна робота, год		Система накопичення балів		
		Усього годин		Лекційні заняття, год		Практичні /Лабораторні заняття, год				Теор. зав-ня, к-ть балів	Практ. зав-ня, к-ть балів	Усього балів
		о/д ф.	з/дист ф.	о/д ф.	з/дист ф.	о/д ф.	з/дист ф.	о/д ф.	з/дист ф.			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	15	6	1	4	1	2	-	9	14	5	5	9
2	15	6	2	4	1	2	1	9	13	5	5	9
3	15	6	2	4	1	2	1	9	13	5	5	9
4	15	6	1	4	1	2	-	9	14	5	5	9
5	15	6	1	4	1	2	-	9	14	5	5	9
6	15	6	1	4	1	2	-	9	14	5	5	15
Усього за змістові модулі	90	36	8	24	6	12	2	54	82	30	30	60
Підсумковий семестровий контроль екзамен	30							30	30			40
Загалом		120								100		

## 5. Теми лекційних занять

№ змістово го модуля	Назва теми	Кільк. годин	
		о/д ф.	з/дист ф.
1	2	3	4
1	Види моделей та сфера їх використання.	2	0,5
	Основні етапи моделювання.	2	0,5
2	Сутність імітаційного моделювання.	2	0,5
	Імітаційна модель керування запасами.	2	0,5
3	Рух тіла під дією сили пружності.	2	0,5
	Фазова площина.	2	0,5
4	Моделі контролю та технічного діагностування.	2	0,5
	Методи статистичних рішень.	2	0,5
5	Основні принципи і методи прогнозування.	2	0,5
	Прогнозування по критеріям зносу.	2	0,5
6	Основні визначення при плануванні імітаційних експериментів.	2	0,5
	Планування імітаційних експериментів під час дослідження та оптимізації систем.	2	0,5
Разом		24	6

## 6. Теми практичних занять

№ змістового модуля	Назва теми	Кількість годин	
		о/д ф.	з/дист ф.
1	2	3	4
1	Основні вимоги до моделей і їхня роль у науковому пізнанні	2	-
2	Визначення потреби в запчастинах методами теорії ймовірностей	2	1
3	Моделювання процесу намотування штаби та аналіз коливальних процесів в приводі моталок	2	1
4	Використання теорії розпізнавання при визначенні забруднення мастильних матеріалів продуктами зносу	2	-
5	Встановлення довірчих інтервалів для початку ремонтних впливів	2	-
6	Обробка та оформлення результатів проведення експерименту	2	-
Разом		12	2

## 7. Види і зміст поточних контрольних заходів

№ змістового модуля	Вид поточного контроль-ного заходу	Зміст поточного контрольного заходу	Критерії оцінювання	Усього балів
1	2	3	4	5
1	Тестове завдання №1	<p>Питання для підготовки:                      Основне призначення фізичного моделювання.                      Принципи аналогового моделювання,                      Сфера призначення математичного моделювання.                      Переваги та недоліки імітаційного моделювання.                      Основні етапи моделювання.                      Основні етапи поостановки задачі.                      Які використовуються спрощення та припущення при моделюванні.                      Головне протиріччя в моделюванні.                      Істотні і другорядні властивості об'єкта.</p>	<p>Загальна кількість - 3 спроби.                      - правильна відповідь – максимум балів, відведених на це запитання тестового контролю;                      - не правильна відповідь – 0 балів.</p>	5
	Практична робота №1	<p>Порівняльний аналіз.                      Вимоги до виконання та оформлення:                      - завдання оформлюється у формі документу MS Word чи на аркушах паперу формату А4.</p>	<p>Робота оцінюється викладачем від 0 до 5 балів в залежності від повноти розкриття поставленої задачі:                      - всі поставлені завдання виконані повністю – 5 балів;                      - неповне виконання або помилки – 2 бали;                      - невиконана робота або виконана повністю невірно – 0 балів.</p>	5
<b>Усього за ЗМ 1 контр. заходів</b>	<b>2</b>	-	-	<b>10</b>

2	Тестове завдання №2	Питання для підготовки: Визначення імітаційного моделювання. Основні етапи побудови імітаційної моделі. Імітаційна модель керування запасами. Основні принципи використання методу Монте-Карло.	Загальна кількість - 3 спроби. - правильна відповідь – максимум балів, відведених на це запитання тестового контролю; - не правильна відповідь – 0 балів.	5
	Практична робота №2	Вимоги до виконання та оформлення: -розрахунки проводяться відповідно до алгоритму, розглянутому на парі. - завдання оформлюється у формі документу MS Word чи на аркушах паперу формату А4.	Робота оцінюється викладачем від 0 до 5 балів в залежності від повноти розкриття поставленої задачі: - всі поставлені завдання виконані повністю – 5 балів; - неповне виконання або помилки – 2 бали; - невиконана робота або виконана повністю невірно– 0 балів.	5
<b>Усього за ЗМ 2 контр. заходів</b>		-	-	<b>10</b>
3	Тестове завдання №3	Питання для підготовки: Аналіз перетікання процесу руху тіла під дією сили пружності. Аналіз перетікання процесу. Основні положення при аналізі процесу руху тіла під дією сил пружності.. Етапи розробки математичної моделі. Визначення фазової площини. Основні положення при дослідження коливальних	Загальна кількість - 3 спроби. - правильна відповідь – максимум балів, відведених на це запитання тестового контролю; - не правильна відповідь – 0 балів.	5



		процесів методом фазових діаграм.		
	Практична робота №3	Вимоги до виконання та оформлення: -розрахунки проводяться відповідно до алгоритму, розглянутому на парі. - завдання оформлюється у формі документу MS Word чи на аркушах паперу формату А4.	Робота оцінюється викладачем від 0 до 5 балів в залежності від повноти розкриття поставленої задачі: - всі поставлені завдання виконані повністю – 5 балів; - неповне виконання або помилки – 2 бали; - невиконана робота або виконана повністю невірно– 0 балів.	5
<b>Усього за ЗМ</b>	<b>3 контр. Заходів</b>	-	-	<b>10</b>
4	Тестове завдання №4	Питання для підготовки: Моделі контролю та технічного діагностування. Основні поняття та визначення. Інформативність признаков технічного стану досліджуємих об'єктів. Методи статистичних рішень. Метод Байеса. Метод мінімального ризику.	Загальна кількість - 3 спроби. - правильна відповідь – максимум балів, відведених на це запитання тестового контролю; - не правильна відповідь – 0 балів.	5
	Практична робота №4	Вимоги до виконання та оформлення: -розрахунки проводяться відповідно до алгоритму, розглянутому на парі. - завдання оформлюється у формі документу	Робота оцінюється викладачем від 0 до 5 балів в залежності від повноти розкриття поставленої задачі: - всі поставлені завдання виконані повністю – 5 балів; - неповне виконання або помилки – 2 бали; - невиконана робота або виконана повністю невірно– 0 балів.	5

		MS Word чи на аркушах паперу формату А4.		
<b>Усього за ЗМ 4 контр. заходів</b>	<b>2</b>	-	-	<b>10</b>
5	Тестове завдання №5	Питання для підготовки: Основні принципи і методи прогнозування. Використання методів теорії ймовірностей при прогнозуванні. Основні закони розподілу випадкових величин. Порівняльна оцінка законів розподілу. Прогнозування по критеріям зносу. Основні характеристики та закономірності зношення. Методи вимірювання зношування. Метод Міхліна-Волкова.	Загальна кількість - 3 спроби. - правильна відповідь – максимум балів, відведених на це запитання тестового контролю; - не правильна відповідь – 0 балів.	5
	Практична робота №5	Вимоги до виконання та оформлення: -розрахунки проводяться відповідно до алгоритму, розглянутому на парі. - завдання оформлюється у формі документу MS Word чи на аркушах паперу формату А4.	Робота оцінюється викладачем від 0 до 5 балів в залежності від повноти розкриття поставленої задачі: - всі поставлені завдання виконані повністю – 5 балів; - неповне виконання або помилки – 2 бали; - невиконана робота або виконана повністю невірно– 0 балів.	5
<b>Усього за ЗМ 5 контр. заходів</b>	<b>2</b>	-	-	<b>10</b>

6	Тестове завдання №6	Питання для підготовки:  Модульний контроль МК 6 та ПК (Система дистанційного навчання Moodle. Ідентифікатор дисципліни - 15829)	Загальна кількість - 3 спроби. - правильна відповідь – максимум балів, відведених на це запитання тестового контролю; - не правильна відповідь – 0 балів.	5
	Практична робота №6	Вимоги до виконання та оформлення: -розрахунки проводяться відповідно до алгоритму, розглянутому на парі. - завдання оформлюється у формі документу MS Word чи на аркушах паперу формату А4.	Робота оцінюється викладачем від 0 до 5 балів в залежності від повноти розкриття поставленої задачі: - всі поставлені завдання виконані повністю – 5 балів; - неповне виконання або помилки – 2 бали; - невиконана робота або виконана повністю невірно– 0 балів.	5
<b>Усього за ЗМ 6 контр. заходів</b>	<b>2</b>	-	-	<b>10</b>
<b>Усього за змістові модулі контр. заходів</b>	<b>12</b>			<b>60</b>

## 8. Підсумковий семестровий контроль

Форма	Види підсумкових контрольних заходів	Зміст підсумкового контрольного заходу	Критерії оцінювання	Усього балів
1	2	3	4	5
Екзамен	Теоретичне завдання	<p>Питання для підготовки:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Основні поняття, визначення види моделей та сфера їхнього використання</li> <li>2. Головні спрощення та припущення при моделюванні..</li> <li>3. Істотні і другорядні властивості об'єкта.</li> <li>4. Основні етапи побудови імітаційної моделі.</li> <li>5. Імітаційна модель керування запасами.</li> <li>6. Поняття про метод Монте-Карло.</li> <li>7. Дослідження коливальних процесів методом фазових діаграм.</li> <li>8. Аналіз перетікання процесу руху тіла під дією сили пружності.</li> <li>9. Основні визначення фазової площини.</li> <li>10. Прогнозування поведінки обладнання під час експлуатації</li> <li>11. Основні вимоги до моделей і їхня роль у діагностуванні.</li> <li>12. Класифікація моделей діагностування.</li> <li>13. Функціональні моделі діагностування.</li> <li>14. Логічні моделі діагностування.</li> <li>15. Математичні моделі діагностування.</li> <li>16. Аспекти алгебри логіки.</li> </ol>	<p>Відповідь на запитання викладача з курсу «Імітаційне моделювання та експеримент» потребує повної аналітичної і змістовної відповіді (оцінюється від 0 до 20 балів):</p> <p>20 балів – студент правильно відповів на всі поставлені теоретичні питання;</p> <p>11-19 балів – студент дав не повну відповідь без суттєвих помилок, або з незначними помилками;</p> <p>5-10 балів – студент отримує у випадку, якщо він відповідає не менше, ніж на 30 % питання, зокрема знає тільки визначення понять та в загальних рисах може відповісти на поставлене запитання;</p> <p>1-4 бали – студент</p>	20

		<p>17. Інформативність признаков технічного стану досліджуваних об'єктів.</p> <p>18. Положення теорії і практики прогнозування технічного стану об'єктів</p> <p>19. Прогнозування надійності і довговічності об'єктів за критеріями зносу.</p> <p>20. Метод Байеса.</p> <p>21. Метод мінімального ризику.</p> <p>22. Порівняльна оцінка законів розподілу випадкових величин.</p> <p>23. Стомлювальне зношування</p> <p>24. Статистична перевірка результатів експериментальних досліджень.</p> <p>25. Планування імітаційних експериментів.</p>	<p>отримує у випадку, якщо він знає тільки визначення понять;</p> <p>0 балів – студент не відповів на питання або дав не правильну відповідь.</p>	
	<p>Практичне завдання</p>	<p>Вимоги до виконання та оформлення:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-розрахунки проводяться відповідно до алгоритмів, розглянутих протягом навчального семестру.</li> <li>- завдання оформлюється у формі документу MS Word чи на аркушах паперу формату А4.</li> </ul>	<p>Робота оцінюється викладачем від 0 до 20 балів в залежності від повноти розкриття поставленої задачі:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- всі поставлені завдання виконані повністю – 20 балів;</li> <li>- неповне виконання або помилки – 10 бали;</li> <li>- невиконана робота або виконана повністю невірно– 0 балів.</li> </ul>	<p>20</p>
<p><b>Усього за підсумковий семестровий контроль</b></p>				<p><b>40</b></p>

## 9. Рекомендована література

### Основна:

1. Великодний С. С. Моделювання систем : конспект лекцій. Одеса : Од. держ. екол. ун-т, 2015. 186 с.
2. Соловійов В. М., Сердюк О. А., Данильчук Г. Б. Моделювання складних систем. Вид. О. Ю. Вовчок, 2016. – 204 с.
3. Павленко П.М., Філоненко С.Ф., Чередніков О.М., Трейтяк В.В. Математичне моделювання систем і процесів: навч. посіб. – К. : НАУ, 2017. – 392 с.
4. Білодіденко С. В., Біліченко Г. М., Гануш В. І. Періодичність діагностування механічних систем : навч. посіб. Дніпро : НМетАУ, 2017. 89 с.
5. Технічне обслуговування металургійного обладнання : навч. посіб. / А. Я. Жук та ін. К. : Вид. дім "Кондор", 2017. 288 с.

### Додаткова:

1. Баранюк О. В. Математичне моделювання систем та процесів. Комп'ютерний практикум в Ansys. К. : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. 115 с.
2. Hart E. L., Hudramovich V. S. Projection-Iterative schemes for the realization of the finite-element method in problems of deformation of plates with holes and inclusions. *Journal of mathematical sciences*. 2014. Vol. 203, no. 1. P. 55–69. URL: <https://doi.org/10.1007/s10958-014-2090-x>
3. Using the "minimum risk" method in the technical diagnosis of metallurgical equipment / О. Hrechanyi et al. *System technologies*. 2022. Vol. 3, no. 140. P. 24–34. URL: <https://doi.org/10.34185/1562-9945-3-140-2022-03>
4. Analysis of constructive factors affecting the fatigue strength of metallurgical equipment parts / О. М. Hrechanyi et al. *System technologies*. 2023. Vol. 2, no. 145. P. 19–29. URL: <https://doi.org/10.34185/1562-9945-2-145-2023-03>
5. Шевченко І. А., Васильченко Т. О., Кобрін Ю. Г., Гречаний О. М. Стенд для дослідження матеріалів на тертя та знос. Патент на корисну модель №131442. G01N 3/56. Київ: Бюл. №1, 2019. 1 с.

### Інформаційні джерела:

1. Курс «Імітаційне моделювання та експеримент» на платформі дистанційного навчання Moodle. Режим доступу URL: <https://moodle.znu.edu.ua/course/view.php?id=15829>
2. Відділ обслуговування інженерного інституту НБ ЗНУ. Режим доступу URL: <https://libvo.znu.edu.ua/ukr/index.php>

3. Центральна державна науково-технічна бібліотека гірничо-металургійного комплексу України. Режим доступу URL: <http://cgntb.dp.ua>
4. Запорізька обласна універсальна наукова бібліотека. Режим доступу URL: <http://zounb.zp.ua>
5. Сутність імітаційного моделювання процесів. Режим доступу URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Імітаційне\\_моделювання](https://uk.wikipedia.org/wiki/Імітаційне_моделювання)
6. Національний центр США з моделювання. Режим доступу URL: <https://www.simulationinformation.com>
7. Міжнародне товариство комп'ютерного моделювання. Режим доступу URL: <http://www.scs.org/>