

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ім. Ю. М. ПОТЕБНІ  
КАФЕДРА МЕТАЛУРГІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ, ЕКОЛОГІЇ ТА ТЕХНОГЕННОЇ БЕЗПЕКИ

ЗАТВЕРДЖУЮ



Директорка Інженерного навчально-наукового інституту ЗНУ ім. Ю. М. Потєбні  
Наталія МЕТЕЛЕНКО  
(ініціали та прізвище)  
« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023

**Моделювання процесів обробки металів тиском**  
(назва навчальної дисципліни)

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

підготовки магістрів  
(назва освітнього ступеня)

денної та заочної форм здобуття освіти  
спеціальності 136 Металургія  
(шифр, назва спеціальності)

освітньо-професійна програма Обробка металів тиском

Укладач: Кругляк Д.О., к.т.н., доцент каф. МТЕТБ  
(ПІБ, науковий ступінь, вчене звання, посада)

Обговорено та ухвалено  
на засіданні кафедри металургійних  
технологій, екології та техногенної безпеки

Протокол № 1 від “29” серпня 2023 р.  
Завідувач кафедри МТЕТБ

Юрій БЕЛОКОНЬ  
(ініціали, прізвище)

Ухвалено науково-методичною радою  
ІННІ ім. Ю. М. Потєбні

Протокол № 1 від “30” серпня 2023 р.  
Голова науково-методичної ради ІННІ ім.  
Ю. М. Потєбні

Тетяна ШАРАПОВА  
(ініціали, прізвище)

Погоджено  
Гарант освітньо-професійної програми

Юрій БЕЛОКОНЬ  
(ініціали, прізвище)

Погоджено  
Відповідальний за секцію «Металургійний  
профіль»

Оксана ВОДЕННИКОВА  
(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 <u>13</u> Механічна інженерія (шифр і назва)</b>	Кількість кредитів – 4	<b>Обов'язкова</b>	
		<b>Цикл професійної підготовки освітньої програми</b>	
<b>Спеціальність <u>136</u> Металургія (шифр і назва)</b>	Загальна кількість годин – 120	<b>Семестр:</b>	
		2-й	2 -й
<b>Освітньо-професійна програма <u>Обробка металів тиском</u> (назва)</b>	Змістових модулів – 6	<b>Лекції</b>	
		24 год.	8 год.
Рівень вищої освіти: <b>другий (магістерський)</b>	Кількість поточних контрольних заходів – 12	<b>Практичні</b>	
		12 год.	4 год.
		<b>Самостійна робота</b>	
		84 год.	108 год.
		<b>Вид підсумкового семестрового контролю: Екзамен</b>	

## 2. Мета та завдання навчальної дисципліни

**Метою** викладання дисципліни «Моделювання процесів обробки металів тиском» вивчення основних напрямків розробок нових і вдосконалення діючих технологій і конструкцій обладнання та технологічного інструменту обробки металів тиском за рахунок комп'ютерного моделювання, а також навчання методології моделювання, що включає як опис, так і встановлення взаємозв'язків усередині об'єкта, що моделюється і основам чисельних методів розв'язку завдань аналізу, розрахунків і керування процесами, що протікають при виробництві та обробці металів і сплавів.

Дисципліна синтезує зв'язки між загальними теоретичними знаннями та навичками, придбаними здобувачем при вивченні дисциплін, і спеціальною підготовкою в області обробки металів тиском. Дисципліна є частиною плану підготовки магістрів. Вивчення даної дисципліни спрямоване на формування загально-професійної інженерної культури, що дозволяє застосовувати отримані знання й уміння у всіх видах професійної діяльності, у тому числі виробничо-технологічній, науково-дослідній та проєктній.

**Завданням дисципліни** – є оволодіння здобувачами питань моделювання різних процесів обробки металів тиском; вміння користуватися базовими знаннями вищої математики, механіки деформуючого тіла та ін. до складання своїх програм, а так само забезпеченню правильного введення в стандартні програмні комплекси своїх досліджуваних даних.

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

Заплановані робочою програмою результати навчання та компетентності	Методи і контрольні заходи
1	2
<b>Загальні компетентності:</b> ЗК2. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з ЗК3. Здатність спілкуватися з представниками інших професійних груп різного рівня (з експертами з інших галузей знань/видів економічної діяльності). ЗК4. Здатність працювати в міжнародному контексті.	Теоретична та практична підготовка: лекції, практичні заняття, творче розкриття питань щодо дисципліни, активна участь на дискусіях, розповідь доповідей, відтворення дій щодо застосування знань на практиці, експериментальні завдання.
<b>Спеціальні (фахові) компетентності:</b> СК1. Здатність розробляти та реалізовувати проєкти в сфері металургії, а також дотичні до неї міждисциплінарні проєкти. СК8. Здатність приймати ефективні рішення в металургії. СК 9. Здатність розв'язувати складні задачі і проблеми металургії в широких та мультидисциплінарних контекстах, у нових або незнайомих середовищах за наявності неповної або обмеженої інформації з урахуванням аспектів соціальної та етичної відповідальності. СК11. Здатність застосовувати теоретичні та технологічні навички для дослідження та впровадження технологій обробки металів	

<p>тиском у виконанні інноваційних проєктів для оборонної промисловості в галузі механічна інженерія.</p> <p>СК 12. Здатність застосовувати методи та засоби розрахунку технологічних режимів процесів обробки металів тиском у промисловому сектор і комплексного впровадження металургійних технологій у період повоєнного відновлення.</p>	
<p><b>Програмні результати навчання:</b></p> <p>РН2. Формувати структуру і властивості продукції металургійного виробництва відповідно до потреб замовників.</p> <p>РН4. Вільно спілкуватися державною та англійською мовами усно і письмово для обговорення професійних проблем і результатів діяльності у сфері металургії та ширшого кола інженерних питань, презентації результатів досліджень та інноваційних проєктів.</p> <p>РН10. Застосовувати сучасні математичні методи, цифрові технології та спеціалізоване програмне забезпечення для розв'язання складних задач і проблем металургії. Додаткові вимоги до результатів навчання за освітньо-професійною програмою підготовки магістрів.</p> <p>РН13. Забезпечувати потрібні техніко-економічні показники при керуванні складними металургійними процесами.</p> <p>РН14. Розуміння теоретичних та технологічних навичок для дослідження та впровадження технологій обробки металів тиском у виконанні інноваційних проєктів для оборонної промисловості в галузі механічна інженерія.</p> <p>РН15. Вміння застосовувати методи та засоби розрахунку технологічних режимів процесів обробки металів тиском у промисловому сектор і комплексного впровадження металургійних технологій у період повоєнного відновлення.</p>	<p>Поточний та підсумковий контроль: опитування, перевірка завдань на практичних заняттях, перевірка теоретичних знань у тестовому режимі за допомогою CE3H Moodle. Екзамен</p>

**Міждисциплінарні зв'язки.** Дисципліна «Моделювання процесів обробки металів тиском» продовжує професійну і практичну підготовку студента і базується на знаннях, отриманих при вивченні дисциплін «Експериментальні дослідження процесів обробки металів тиском», «Фізичні процеси при пластичній деформації» та ін. Набуті знання у професійному блоці спеціальності здобувач використовує при написанні кваліфікаційної роботи магістра.

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

#### ***Змістовий модуль 1. Загальні відомості***

Основні положення обробки металів тиском.  
Короткі відомості з теорії пластичної деформації.

#### ***Змістовий модуль 2. Основні положення механіки суцільних середовищ***

Вектори і тензори другого рангу.  
Деформований стан.  
Напружений стан.

#### ***Змістовий модуль 3. Чисельні методи розв'язання крайових задач обробки металів тиском***

Умови взаємодії заготовки і інструменту. Постановка краєвих задач.  
Варіаційні формулювання краєвих задач обробки металів тиском.

#### ***Змістовий модуль 4. Моделювання процесів кування***

Процес протяжки.  
Експериментальна перевірка розрахунку напруг.  
Моделювання процесу закову горловини.

#### ***Змістовий модуль 5. Комп'ютерне моделювання процесів пресування профілів***

Основні рівняння, які описують деформацію металу при пресуванні.  
Основні рівняння моделі теплових процесів при пресуванні.  
Приклади рішення тестових задач пресування профілів.

#### ***Змістовий модуль 6. Комп'ютерне моделювання процесів прокатки профілів***

Аналіз існуючих підходів до моделювання тривимірного формозміни металу при прокатуванні.  
Комбінований підхід до моделювання процесів прокатки методом кінцевих елементів.  
Моделювання процесів прокатування в гладких валках.

#### 4. Структура навчальної дисципліни

Змістовий модуль	Усього годин	Аудиторні (контактні) години						Самостійна робота, год		Система накопичення балів		
		Усього годин		Лекційні Заняття, год		Практичні заняття, год		о/д ф.	з/дист ф.	Теор зав-ня, к-ть балів	Практ ичні зав-ня, к-ть балів	Усього балів
				о/д ф.	з/дист ф.	о/д ф.	з/дист ф.					
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>		<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>
1	15	6	2	4	1	2	1	9	13	5	5	10
2	15	6	2	4	1	2	1	9	13	5	5	10
3	15	6	3	4	1	2	2	9	12	5	5	10
4	15	6	1	4	1	2		9	14	5	5	10
5	15	6	2	4	2	2		9	13	5	5	10
6	15	6	2	4	2	2		9	13	5	5	10
Усього за змістові модулі	90	36	12	<b>24</b>	8	<b>12</b>	4	54	78	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>60</b>
Підсумковий семестровий контроль екзамен	30							30	30	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>40</b>
<b>Загалом</b>	120								100			

#### 5. Теми лекційних занять

№ змістового модуля	Назва теми	Кількість Годин	
		о/д ф.	з/дист ф.
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
1	Загальні відомості	4	1
2	Основні положення механіки суцільних середовищ	4	1
3	Чисельні методи розв'язання крайових задач обробки металів тиском	4	1
4	Моделювання процесів ковки	4	1
5	Комп'ютерне моделювання процесів пресування профілів	4	2
6	Комп'ютерне моделювання процесів прокатки профілів	4	2
<b>Разом</b>		<b>24</b>	<b>8</b>

### *6. Теми практичних робіт*

№ модуля	Назва теми	Кількість годин денна форма	Кількість годин заочна форма
1	Математичне планування експерименту в обробці металів тиском	2	1
2	Математичне моделювання механічних властивостей сталі 09Г2 при контрольованій прокатці крупносортних профілів	2	1
3	Особливості застосування методу кінцевих елементів для рішення тривимірних задач моделювання пресування складних профілів	2	2
4	Моделювання процесів осадки	2	
5	Математичне моделювання впливу параметрів робочих поясків на плин металу при пресуванні	2	
6	Розробка елементів технологічних процесів прокатки простих профілів на основі комп'ютерного аналізу тривимірного плину металу	2	
<b>Разом</b>		<b>12</b>	<b>4</b>

### *7. Самостійна робота*

№ модуля	Зміст самостійної роботи	Кількість годин, денна форма	Кількість годин, заочна форма
1	Опрацювання теоретичного матеріалу, підготовка до виконання практичної роботи 1.	6	10
1	Підготовка до проміжного контролю	3	3
2	Опрацювання теоретичного матеріалу, підготовка до виконання практичної роботи 2.	6	10
2	Підготовка до проміжного контролю	3	3
3	Опрацювання теоретичного матеріалу, підготовка до виконання практичної роботи 3.	6	9
3	Підготовка до проміжного контролю	3	3
4	Опрацювання теоретичного матеріалу, підготовка до виконання практичної роботи 4.	6	11
4	Підготовка до проміжного контролю	3	3
5	Опрацювання теоретичного матеріалу, підготовка до виконання практичної роботи 5.	6	10
5	Підготовка до проміжного контролю	3	3
6	Опрацювання теоретичного матеріалу, підготовка до виконання практичної роботи 6.	6	10
6	Підготовка до проміжного контролю	3	3
	Підготовка до екзамену	30	30
<b>Разом</b>		<b>84</b>	<b>108</b>

### **8. Види і зміст поточних контрольних заходів**

№ змістового модуля	Види поточних контрольних заходів	Зміст поточного контрольного заходу	Критерії оцінювання	Усього балів
1	2	3	4	5
1	Тест 1	Питання для підготовки: Загальні відомості	Тестові питання. Кількість питань – 5. Правильна відповідь оцінюється у 1 бал.	5
	Практична робота 1	Вимоги до виконання та оформлення: Практична робота у вигляді файлів MS Word, Excel завантажена на сайт системи Moodle ЗНУ.	Кожне завдання практичної роботи за змістовим модулем оцінюється від 1 до 5 балів з урахуванням відповідей на запитання при захисті роботи. Загальна максимальна сума балів визначається кількістю завдань в роботі.	5
<b>Усього за ЗМ 1</b>	<b>2</b>			<b>10</b>
2	Тест 2	Питання для підготовки: Основні положення механіки суцільних середовищ	Тестові питання. Кількість питань – 5. Правильна відповідь оцінюється у 1 бал.	5
	Практична робота 2	Вимоги до виконання та оформлення: Практична робота у вигляді файлів MS Word та Excel завантажена на сайт системи Moodle ЗНУ.	Кожне завдання практичної роботи за змістовим модулем оцінюється від 1 до 5 балів з урахуванням відповідей на запитання при захисті роботи. Загальна максимальна сума балів визначається кількістю завдань в роботі.	5



<b>Усього за ЗМ 2</b>	<b>2</b>			<b>10</b>
3	Тест 3	Питання для підготовки: Чисельні методи розв'язання крайових задач обробки металів тиском.	Тестові питання. Кількість питань – 5. Правильна відповідь оцінюється у 1 бал.	<b>5</b>
	Практична робота 3	Вимоги до виконання та оформлення: Практична робота у вигляді файлів MS Word та Excel завантажена на сайт системи Moodle ЗНУ.	Кожне завдання практичної роботи за змістовим модулем оцінюється від 1 до 5 балів з урахуванням відповідей на запитання при захисті роботи. Загальна максимальна сума балів визначається кількістю завдань в роботі.	<b>5</b>
<b>Усього за ЗМ 3</b>	<b>2</b>			<b>10</b>
4	Тест 4	Питання для підготовки: Моделювання процесів ковки	Тестові питання Кількість питань – 5. Правильна відповідь оцінюється у 1 бал.	<b>5</b>
	Практична робота 4	Вимоги до виконання та оформлення Практична робота у вигляді файлів MS Word та Excel завантажена на сайт системи Moodle ЗНУ.	Кожне завдання практичної роботи за змістовим модулем оцінюється від 1 до 5 балів з урахуванням відповідей на запитання при захисті роботи. Загальна максимальна сума балів визначається кількістю завдань в роботі.	<b>5</b>
<b>Усього за ЗМ 4</b>	<b>2</b>			<b>10</b>
5	Тест 5	Питання для підготовки Комп'ютерне моделювання процесів пресування профілів	Тестові питання. Кількість питань – 5. Правильна	<b>5</b>

			вiдповiдь оцiнюється у 1 бал.	
	Практична робота 5	Вимоги до виконання та оформлення: Практична робота у виглядi файлiв MS Word та Excel завантажена на сайт системи Moodle ЗНУ.	Кожне завдання практичної роботи за змістовим модулем оцiнюється вiд 1 до 5 балiв з урахуванням вiдповiдей на запитання при захистi роботи. Загальна максимальна сума балiв визначається кiлькiстю завдань в роботi.	<b>5</b>
<b>Усього за ЗМ 5</b>	<b>2</b>			<b>10</b>
	Тест 6	Питання для пiдготовки: Комп'ютерне моделювання процесiв прокатки профiлiв	Тестовi питання. Кiлькiсть питань – 5. Правильна вiдповiдь оцiнюється у 1 бал.	<b>5</b>
<b>6</b>	Практична робота 6	Вимоги до виконання та оформлення: Практична робота у виглядi файлiв MS Word та Excel завантажена на сайт системи Moodle ЗНУ.	Кожне завдання практичної роботи за змістовим модулем оцiнюється вiд 1 до 5 балiв з урахуванням вiдповiдей на запитання при захистi роботи. Загальна максимальна сума балiв визначається кiлькiстю завдань в роботi.	<b>5</b>
<b>Усього за ЗМ 6</b>	<b>2</b>			<b>10</b>
<b>Усього за змістові модулі</b>	<b>12</b>			<b>60</b>

### **9. Підсумковий семестровий контроль**

Форма	Види підсумкових контрольних заходів	Зміст підсумкового контрольного заходу	Критерії оцінювання	Усього балів
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>Екзамен</b>	<b>Тестування</b>	Тестування передбачає обмежену у часі (40 хвилин) відповідь на теоретичні питання. У разі дистанційної форми навчання екзамен проходить у тестовій формі через платформу Moodle.	Тестові питання. Кількість питань – 20. Правильна відповідь оцінюється у 1 бал.	<b>20</b>
	<b>Розв'язання практичної задачі</b>	Задача складається з практичного завдання	Правильна відповідь оцінюється у 20 бал з урахуванням кількості виконаних рішень	<b>20</b>
Усього за підсумковий семестровий контроль	<b>2</b>			<b>40</b>

## **10. Рекомендована література**

### **Основна:**

1. Кругляк Д. О. Моделювання процесів обробки металів тиском : навчально-методичний посібник для студентів ЗДІА спеціальності ОМТ денної та заочної форм навчання. Запоріжжя : ЗДІА, 2016. 124 с.
2. Середя, Б. П., Кругляк І. В., Белокоп'ю Ю. О. Моделювання процесів обробки металів тиском : метод. вказівки до виконання практичних занять та самостійної роботи. Запоріжжя : ЗДІА. 2006. 75с.
3. Дубовой В. М., Квітний Р. Н., Михальов О. І., Усов А. В. Моделювання та оптимізація систем : підручник. Вінниця : ПП «ТД «Едельвейс», 2017. 804 с.
4. Захарчук В.І. Методи оптимізації та комп'ютерні технології : навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. Луцьк : РВВ Луцького НТУ, 2017. 144 с.
5. Лисенко О. І., Тачиніна О. М., Алкеева І. В. Математичні методи моделювання та оптимізації. Математичне програмування та дослідження операцій; підручник за заг. ред. О. І. Лисенка. Частина 1. Київ : НАУ, 2017. 212 с.

### **Додаткова:**

1. Компьютерное моделирование процессов обработки металлов давлением: монография : Данченко В. Н. и др. Днепрпетровск: Системные технологии, 2005. 443 с. ISBN 966-8421-04-3.
2. Гуляев, Ю. Г., Чукмасов С. А., Губинский А. В. Математическое моделирование процессов обработки металлов давлением: учебник для вузов. Киев : Наук. думка, 1986. 238 с.
3. Sereda B., Kruhliak D., Belozor I., Kiforuk D., Prolomov A. Physical and mechanical modeling of obtaining protective coatings for parts doped with silicon, titanium and boron. Математичне моделювання. 2021. № 2 (45). С. 114-120. – Фахове видання.
4. Sereda B., Belokon U., Kruhliak I., Sereda D., Kruhliak D. Modeling and thermodynamic analysis of reactions in thermochemical pressing of powder intermetallic alloys. Математичне моделювання. 2022. № 1(46). С. 71–77. – Фахове видання.
5. Sereda B., Kruhliak I., Sereda D., Kruhliak D. Kinetics modeling in thermochemical pressing of powder intermetallic alloys. Математичне моделювання. 2022. № 2(47). С. 90–97. – Фахове видання.
6. Sereda B., Belokon U., Kruhliak I., Sereda D., Kruhliak D. The effects of grain size on mechanical properties of Ti-Al intermetallic alloy. Математичне моделювання. 2023. № 1(48). С. 88–98. – Фахове видання.
7. Sereda B., Belokon Y., Belokon K., Sereda D., Kruglyak D. Model of the mechanism reaction for hydrocarbons on intermetallic catalysts. Математичне моделювання. 2019. № 2 (41). Р. 92-97. – Фахова.

### **Інформаційні ресурси:**

1. Наукова бібліотека Запорізького національного університету. URL: <http://library.znu.edu.ua/>
2. Система електронного забезпечення навчання ЗНУ. URL: <https://moodle.znu.edu.ua/>
3. Національна бібліотека України імені В. І. Вернадського. URL: <http://www.nbuv.gov.ua/>