

**РОБОЧА ПРОГРАМА**  
навчальної дисципліни

**«ІННОВАЦІЙНІ ПРОЦЕСИ МЕТАЛУРГІЙНОГО  
ВИРОБНИЦТВА»**

Затверджено на засіданні кафедри  
металургії та організації виробництва  
Протокол № 2 від «17» вересня 2024 р.



**УКЛАДАЧІ:**

Кухар Володимир, доктор технічних наук, професор, професор кафедри металургії та організації виробництва

Грибков Едуард, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри металургії та організації виробництва

**УЗГОДЖЕНО:**

Гарант освітньої програми  
«Металургія чорних металів»

Христина МАЛІЙ

**ЗАТВЕРДЖЕНО**

Завідувач кафедри

Едуард ГРИБКОВ

# 1 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

**Опис курсу.** Інноваційні процеси металургійного виробництва – дисципліна професійної підготовки з галузі знань 13 «Механічна інженерія».

Цей курс дозволить ознайомитися з перспективними напрямками розвитку металургійного виробництва, отримати знання в області удосконалення технологій виробництва чавуну, сталі та прокату.

Особливістю курсу є вивчення новітніх технологій металургійного виробництва на прикладі кращих практик провідних металургійних підприємств. Він дає знання та навички з модернізації технологій та обладнання металургійного виробництва.

Практикум курсу націлений на модернізацію існуючих технологій та діючого обладнання вітчизняних металургійних підприємств.

## **Вимоги:**

- знання основ металургії (аглодоменне, сталеплавильне та прокатне виробництво).

- наявність корпоративного облікового запису @mipolytech.education, Microsoft Teams, Word, Excel;

- наявність особистого логіну та паролю в Moodle.

## **Програмні результати навчання:**

- Вміння виявляти, формулювати і вирішувати типові та складні й непередбачувані інженерні завдання і проблеми відповідно до спеціалізації, що включає збирання та інтерпретацію інформації (даних), вибір і використання відповідних обладнання, інструментів та методів, застосування інноваційних підходів. Спроможність розглядати конструкції машин ліній обробки прокату як об'єкти можливого вдосконалення;

- Розуміння особливостей матеріалів, що застосовуються, обладнання та інструментів, інженерних технологій і процесів, а також їх обмежень відповідно до спеціалізації;

- Вміння застосовувати концепції бережливого виробництва та загальні принципи зниження виробничих витрат у металургії;

- Розуміння питань впровадження ресурсозберігаючих технологій, які дозволяють акумулювати ресурси, спрямовані на досягнення цілей в усіх напрямках діяльності металургійного підприємства;

- Розуміння кращих світових практик і стандартів діяльності та навички застосовувати їх у металургійній галузі України.


## **Організація курсу, форми та методи навчання.**

- Освітній процес будується як комбінація лекцій та самостійного вивчення навчального матеріалу на платформі Moodle – з одного боку, та проблемно орієнтованих практичних занять – з іншого.

- Відвідування лекційних занять є бажаним, однак не обов'язковим; від студентів очікується ознайомлення з матеріалом перед лекцією, що дозволить побудувати лекційне заняття у вигляді сполучення пояснень викладача та обговорення проблемних питань, які виникли при підготовці до лекції.

- Практичні заняття спрямовані на закріплення теоретичного матеріалу та здобуття практичних навичок і передбачають створення моделей металургійних процесів та аналіз отриманих результатів з моделювання.

- Від студента потребується виконати індивідуальні завдання та модульні контрольні роботи у терміни, встановлені у розділі «Розподіл балів за контрольними точками та графік їх виконання».



- З урахуванням поточної ситуації від учасників освітнього процесу очікується виконання вимог безпеки при сигналі «Повітряна тривога», санкції за залишення заняття або неявку на заняття не застосовуються.

- Опціонально доступні індивідуальні та групові консультації. З викладачем можна зв'язатися через електронну пошту, в чаті або в персональній розмові в MS Teams.

**Мова освітнього процесу:** українська, окремі джерела літератури, фактологічна та інша інформація - англійська.

## 2 НАВЧАЛЬНА ПРОГРАМА

### **Змістовий модуль 1. Характеристика традиційних та альтернативних процесів виробництва металів. Промислові схеми процесів твердо- та рідкофазного відновлення чорних металів**

**Тема 1.** Коротка характеристика сучасного металургійного виробництва, його основні переваги та недоліки. Класифікація процесів безкоксової металургії. Загальна класифікація процесів твердофазного відновлення. Конструкція агрегатів та технологія виробництва губчастого заліза в шахтних печах і ретортах.

**Тема 2.** Процеси в киплячому шарі. Процеси з обертовою трубою і обертовим подом. Виробництво губчастого заліза в муфельних і прохідних печах.

**Тема 3.** Загальна класифікація процесів рідкофазного відновлення заліза. Технологія та конструкції агрегатів процесів з допалюванням СО за межами агрегату. Технологія та конструкції агрегатів з використанням СО для попереднього відновлення залізородних матеріалів. Технологія та конструкції агрегатів з допалюванням СО в робочому просторі агрегату. Низькотемпературні процеси електролітичного відновлення заліза з розчинів (процес ULCOS). Високотемпературні процеси електролітичного відновлення заліза з розплавів (процес MOE).

### **Змістовий модуль 2. Методи отримання сталей спеціального призначення з використанням спецеелектрометалургійних та дуплекс процесів. Модернізація технологій прокатки**

**Тема 4.** Конструкція, технологія та основні показники спеціальних способів електроплавлення сталі (електрошлаковий переплав, плазмово-дугова плавка, індукційна плавка, вакуумна індукційна плавка, вакуумна дугова плавка, електронно-променева плавка). Загальні засади виплавки високолегованих марок сталей дуплекс процесом. Особливості конструкції конвертору AOD та технологія виплавки сталі з використанням конвертерах аргоно-кисневого дуття.

**Тема 5.** «Зелена» металургія, carbon-free та fossil-free сталь і «зелені» інвестиції. Механізм прикордонного вуглецевого коригування (CBAM). Водень («зелений» водень), його використання у металургії та енергетиці, способи виробництва.

**Тема 6.** Споживання енергії у структурі металургійного підприємства. Поняття енергоємності продукції. Прямі та непрямі (комплексні) витрати енергії. Методика розрахунку енергоємності металопродукції та процесів. Енергоємність сировини, енергоносіїв, електроенергії та ін. Аналіз енерго- та ресурсозберігаючих технологій у виробництві сталі. Вторинні ресурси сталеплавильного виробництва. Шлаки, шлами, гази. Їх характеристика, оцінка технологічної важливості та енергетичної цінності. Використання у сталеплавильному виробництві відходів вторинних ресурсів суміжних виробництв.

**Тема 7.** Безвідходні та маловідходні технології у металургійному виробництві. Шляхи утилізації відходів металургійного виробництва у суміжних галузях промисловості. Модернізація безперервних станів гарячої прокатки для виготовлення рулонів тонколистової сталі, модернізація станів холодної прокатки та технології нанесення покриттів; стани Стеккеля; процеси виробництва гнутих профілів.

**Тема 8.** Модернізація процесів та устаткування для прокатки сорту, фасонних профілів, рейкового прокату. Міні-заводи, МБЛЗ. Валкова розливка-прокатка листового і сортового металу, суміщені процеси.

### 3 ОБСЯГ І СТРУКТУРА ДИСЦИПЛІНИ

*Розподіл обсягу дисципліни за видами навчальних занять та темами*

№ з/п	Назви змістових модулів і тем	Кількість годин				
		Усього	в т.ч.			
			Л	П (С)	Лаб	СРС
<i>Змістовий модуль 1. Характеристика традиційних та альтернативних процесів виробництва металів. Промислові схеми процесів твердо- та рідкофазного відновлення чорних металів</i>						
	Тема 1. Коротка характеристика сучасного металургійного виробництва, його основні переваги та недоліки. Класифікація процесів безкоксової металургії. Загальна класифікація процесів твердофазного відновлення. Конструкція агрегатів та технологія виробництва губчастого заліза в шахтних печах і ретортах	14	4	2		8
2.	Тема 2. Процеси в киплячому шарі. Процеси з обертовою трубою і обертовим подом. Виробництво губчастого заліза в муфельних і прохідних печах.	16	2	2		12
3.	Тема 3. Загальна класифікація процесів рідкофазного відновлення заліза. Технологія та конструкції агрегатів процесів з допалюванням СО за межами агрегату. Технологія та конструкції агрегатів з використанням СО для попереднього відновлення залізородних матеріалів. Технологія та конструкції агрегатів з допалюванням СО в робочому просторі агрегату. Низькотемпературні процеси електролітичного відновлення заліза з розчинів (процес ULCOS). Високотемпературні процеси електролітичного відновлення заліза з розплавів (процес MOE).	24	6	6		12
<i>Змістовий модуль 2. Методи отримання сталей спеціального призначення з використанням спецеелектрометалургійних та дуплекс процесів. Модернізація технологій прокатки</i>						
4.	Тема 4. Конструкція, технологія та основні показники спеціальних способів електроплавлення сталі (електрошлаковий переплав, плазмово-дугова плавка, індукційна плавка, вакуумна індукційна плавка, вакуумна дугова плавка, електронно-променева плавка). Загальні засади виплавки високолегованих марок сталей дуплекс процесом.	18	4	2		12

№ з/п	Назви змістових модулів і тем	Кількість годин				
		Усього	В т.ч.			
			Л	П (С)	Лаб	СРС
	Особливості конструкції конвертору AOD та технологія виплавки сталі з використанням конвертерів аргоно-кисневого дуття					
5.	Тема 5. «Зелена» металургія, carbon-free та fossil-free сталь і «зелені» інвестиції. Механізм прикордонного вуглецевого коригування (CBAM). Водень («зелений» водень), його використання у металургії та енергетиці, способи виробництва.	16	2	2		12
6.	Тема 6. Споживання енергії у структурі металургійного підприємства. Поняття енергоємності продукції. Прямі та непрямі (комплексні) витрати енергії. Методика розрахунку енергоємності металопродукції та процесів. Енергоємність сировини, енергоносіїв, електроенергії та ін. Аналіз енерго- та ресурсозберігаючих технологій у виробництві сталі. Вторинні ресурси сталеплавильного виробництва. Шлаки, шлами, газу. Їх характеристика, оцінка технологічної важливості та енергетичної цінності. Використання у сталеплавильному виробництві відходів вторинних ресурсів суміжних виробництв	20	4	2		14
7.	Тема 7. Безвідходні та маловідходні технології у металургійному виробництві. Шляхи утилізації відходів металургійного виробництва у суміжних галузях промисловості. Модернізація безперервних станів гарячої прокатки для виготовлення рулонів тонколистової сталі, модернізація станів холодної прокатки та технології нанесення покриттів; стани Стекеля; процеси виробництва гнутих профілів.	18	4	2		12
8.	Тема 8. Модернізація процесів та устаткування для прокатки сорту, фасонних профілів, рейкового прокату. Міні-заводи, МБЛЗ. Валкова розливка-прокатка листового і сортового металу, суміщені процеси.	24	6	6		12
<b>Усього годин</b>		<b>150</b>	<b>32</b>	<b>24</b>		<b>94</b>

## 4 ПІДХОДИ ДО ОЦІНЮВАННЯ

### 4.1 Розподіл балів за контрольними точками та графік їх виконання

Тижні	1	2	3	4	5	6	7	8	Всього
Види контр. точок									
Робота на практичних заняттях			9					16	25
Захист індивідуальних завдань			7				8		15
Модульні контрольні роботи			20					40	60
Всього		36				64			100

### 4.2 Зміст та вимоги до контрольних точок

Назва контрольної точки	Опис контрольної точки, порядок її проходження та отримання балів
Робота на практичних заняттях	Оцінка за роботу на практичному занятті оголошується наприкінці заняття і може бути оскаржена одразу ж. Оцінку одержують лише студенти, що були присутні на практичному занятті і брали участь у роботі. У Moodle виставляється сумарна оцінка практичних занять за кожен з модулів. Враховується повнота і правильність відповіді, оцінка ініціативності у роботі над проблемою, здатності комунікувати у команді та під впливом негативних факторів, в т.ч. під тиском викладача та/або групи, вміння вести дискусію.
Виконання індивідуального завдання	Підготовлене есе у вигляді файлу *.docx, або *.pdf розміщується у відповідному розділі дисципліни в Moodle і перевіряється протягом тижня після завершення терміну подачі. Оскарження оцінки може бути здійснене на останньому практичному занятті модуля. Максимальна оцінка кожного індивідуального завдання наведена в п.4.1. Оцінюється повнота і правильність відповіді
Модульні контрольні роботи	МКР у вигляді тестових завдань виконуються в Moodle після завершення модуля. Кількість спроб обмежується, є обмеження по часу виконання. Кожна модульна контрольна робота включає блок тестових завдань з матеріалу модуля. Максимальна оцінка кожної МКР наведена в п.4.1. Тестові завдання являють собою тести множинного вибору з однією вірною відповіддю.

#### Додаткові зауваження:

- студент може оскаржити отримані оцінки в порядку, передбаченому Положенням про організацію освітнього процесу (Нормативні документи: <https://metinvest.university/page/1171>) та Положенням про політику та процедури врегулювання конфліктних ситуацій (Академічні політики: <https://metinvest.university/page/1201>);
- оцінки, отримані за роботу на практичних заняттях, не можуть бути відпрацьовані або покращені, окрім процедури оскарження, оцінки за інші види поточного контролю можуть бути покращені за індивідуальною домовленістю з викладачем;
- викладач не має права знижувати оцінку за індивідуальне завдання або модульну контрольну роботу, якщо вони не були складені вчасно, однак в разі, якщо така робота була оцінена пізніше, ніж момент завершення теоретичного навчання у семестрі, то відповідна оцінка не враховується у рейтингу здобувачів освіти.

### 4.3 Форма підсумкового контролю. Порядок визначення підсумкової оцінки

Форма підсумкового контролю	Залік, тобто підсумкова оцінка вставляється як сума оцінок поточного контролю без проведення додаткових контрольних заходів
Умови допуску до підсумкового контролю	Якщо сума оцінок за поточний контроль за семестр становить менше 60 балів, необхідно відпрацювати відповідні види контролю поточної успішності до звершення теоретичного навчання
Порядок визначення підсумкової оцінки	Якщо протягом семестру за результатами поточного контролю здобувач освіти набрав менше 60 балів, то під час екзаменаційної сесії йому надається змога отримати/покращити власний результат з усіх видів поточного контролю, крім активності на практичних заняттях. В разі, якщо протягом семестру за результатами поточного контролю або в процесі покращення власних результатів здобувач освіти набрав більше 60 балів, йому виставляється фактична сума балів і оцінка «залік», в іншому випадку – «незалік».


Відповідність між прийнятими в університеті шкалами оцінки наведена в таблиці.

Бальна шкала	Рівні	Характеристика	Традиційні шкали
			Залік
90-100	A	Студент демонструє видатний рівень досягнення запланованих результатів вивчення навчальної дисципліни, що засвідчують його безумовну готовність до подальшого навчання та/або професійної діяльності за фахом	Залік
82-89	B	Студент виявляє вищий за середній рівень досягнення запланованих результатів вивчення навчальної дисципліни та готовності до подальшого навчання та/або професійної діяльності за фахом, в його знаннях або діях присутні незначні помилки	
75-81	C	Студент виявляє середній рівень досягнення запланованих результатів вивчення навчальної дисципліни та готовності до подальшого навчання та/або професійної діяльності за фахом, в його знаннях або діях присутні деякі значущі помилки	
67-74	D	Студент виявляє задовільний рівень досягнення запланованих результатів вивчення навчальної дисципліни та готовності до подальшого навчання та/або професійної діяльності за фахом, в його знаннях або діях наявні суттєві помилки	
60-66	E	Наявні мінімально достатні для подальшого навчання та/або професійної діяльності за фахом результати вивчення навчальної дисципліни	
35-59	FX	Низка запланованих результатів навчання не досягнуті. Рівень наявних результатів навчання є недостатнім для подальшого навчання та/або професійної діяльності за фахом	Незалік
0-34	F	Результати навчання відсутні або критично низькі	

#### Особливі підходи до визнання результатів навчання

- В разі, якщо здобувач освіти обрав цю дисципліну як дисципліну вільного вибору, не зважаючи на той факт, чи вивчалася вона раніше, оцінка та кредити з цієї дисципліни не перезараховуються.

- В разі, якщо здобувач освіти хотів би самостійно вивчити певні курси з інноваційних процесів металургійного виробництва (наприклад, Steeiuniversity, Coursera, Udemu або інших платформ, в т.ч. платформ відкритих курсів вітчизняних та/або закордонних університетів), то: 1) доцільно звернутися до списку



рекомендованих вебресурсів або проконсультуватися з викладачем на предмет релевантності самостійно знайденого освітнього ресурсу програмі дисципліни; 2) в разі успішності опанування такого курсу, яке підтверджується сертифікатом або іншим способом, такому здобувачу у порядку, визначеному Положенням про визнання результатів навчання, набутих у неформальній/інформальній освіті (Нормативні документи: <https://metinvest.university/page/1171>), такі результати можуть бути зараховані замість оцінки з певного виду поточного контролю.

- У разі, якщо здобувач освіти реалізував певний вид наукової роботи (тези, стаття, результативна участь у студентській олімпіаді, тощо), то у порядку, визначеному Положенням про визнання результатів навчання, набутих у неформальній/інформальній освіті (Нормативні документи: <https://metinvest.university/page/1171>), такі результати можуть бути зараховані замість оцінки з певного виду поточного або навіть підсумкового контролю; перелік таких осіб можна знайти за посиланням <https://metinvest.university/page/4479>

## 5 РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА

### *Базові*


1. Mazur V. L., Nogovitsyn O. V. Theory and Technology of Sheet Rolling. Numerical Analysis and Applications. CRC Press, 2020. 494 p.
2. Gupta N. K. Steel Rolling: Principle, Process & Application. CRC Press, 2021. 526 p.
3. Zhao J., Jiang Z. Rolling of Advanced High Strength Steels: Theory, Simulation and Practice. Taylor & Francis, 2021, 644 p.
4. Ginzburg V. B. Metallurgical Design of Flat Rolled Steels. Taylor & Francis, 2019. 726 p.

### *Періодичні видання*

1. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies = Східно-Європейський журнал передових технологій : журнал : веб-сайт. URL: <http://journals.uran.ua/eejet/about> (дата звернення: 20.08.2024).
  2. Вісник Криворізького національного університету : журнал : веб-сайт. URL: <http://visnykknpu.com.ua/ua/homeua/> (дата звернення: 20.08.2024).
  3. Вісник Приазовського державного технічного університету. Серія: Технічні науки : журнал : веб-сайт. URL: [http://journals.uran.ua/vestnikpqtu\\_tech/about](http://journals.uran.ua/vestnikpqtu_tech/about) (дата звернення: 20.08.2024).
  4. Вісник Тернопільського національного технічного університету : журнал : веб-сайт. URL: <https://visnyk.tntu.edu.ua/?about-us> (дата звернення: 20.08.2024).
  5. Енерготехнології та ресурсозбереження : журнал : веб-сайт. URL: <https://etars-journal.org/index.php/journal/index> (дата звернення: 20.08.2024).
  6. Метал і лиття України : журнал : веб-сайт. URL: <https://steelcast.com.ua/pro-zhurnal> (дата звернення: 20.08.2024).
  7. Металознавство та термічна обробка металів : журнал : веб-сайт. URL: <https://momjournal.com.ua/uk> (дата звернення: 20.08.2024).
  8. Металофізика та новітні технології : журнал : веб-сайт. URL: <https://mfint.imp.kiev.ua/ua/index.html> (дата звернення: 20.08.2024).
  9. Металургія : журнал : веб-сайт. URL: <http://metal.journalsofznu.zp.ua/index.php/journal/index> (дата звернення: 20.08.2024).
  10. Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні : журнал : веб-сайт. URL: <http://nmt.zntu.edu.ua/about> (дата звернення: 20.08.2024).
  11. Сучасні проблеми металургії = Modern problems of Metallurgy : журнал : веб-сайт. URL: <https://journals.nmetau.edu.ua/index.php/mpm/about> (дата звернення: 20.08.2024).
- Теорія і практика металургії : журнал : веб-сайт. URL: <https://nmetau.edu.ua/ua/mdiv/i2004/p1504> (дата звернення: 20.08.2024).

### *Web-ресурси*

1. Kortext : веб-сайт. URL: <https://kortext.com/> (дата звернення: 18.08.2024).
2. Steeluniversity : веб-сайт. URL: <https://steeluniversity.org/> (дата звернення: 20.08.2024).
3. Металургія : ПрофКнига : веб-сайт. URL: <https://profbook.com.ua/metalurgiya> (дата звернення: 20.08.2024).
4. World Steel Association : веб-сайт. URL: <https://worldsteel.org/> (дата звернення: 20.08.2024).
5. Research4life : веб-сайт. URL: <https://portal.research4life.org/> (дата звернення: 18.08.2024).



6. Інституційний репозитарій ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА» : веб-сайт. URL: <https://dspace.mipolytech.education/home> (дата звернення: 18.08.2024).

7. Центральна державна науково-технічна бібліотека гірничо-металургійного комплексу України : веб-сайт. URL: <http://cgntb.dp.ua/> (дата звернення: 18.08.2024).

8. Інституційний репозитарій ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА» : веб-сайт. URL: <https://dspace.mipolytech.education/home> (дата звернення: 18.08.2024).

9. Центральна державна науково-технічна бібліотека гірничо-металургійного комплексу України : веб-сайт. URL: <http://cgntb.dp.ua/> (дата звернення: 18.08.2024).

## 6 АКАДЕМІЧНІ ПОЛІТИКИ

Як член спільноти Технічного університету «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА» Ви маєте дотримуватися певних стандартів та академічної політики:

– **Академічна недоброчесність** вигляді академічного плагиату; фабрикації; фальсифікації; списування обману; хабарництва; необ'єктивного оцінювання; надання здобувачам освіти під час проходження ними оцінювання результатів навчання допомоги чи створення перешкод, не передбачених умовами та/або процедурами проходження такого оцінювання; впливу у будь-якій формі (прохання, умовляння, вказівка, погроза, примушування тощо) на педагогічного (науково-педагогічного) працівника з метою здійснення ним необ'єктивного оцінювання результатів навчання – прямо заборонено (докладніше про це – у Положенні про академічну доброчесність здобувачів вищої освіти та науково-педагогічних працівників ТОВ ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»); і в разі виявлення – **відповідний захід контролю (контрольну точку) буде оцінено в 0 балів за з наступним повідомленням декану факультету та голові комісії з академічної доброчесності Університету.**

– В разі випадку надання здобувачам освіти під час проходження ними оцінювання результатів навчання допомоги чи створення перешкод, не передбачених умовами та/або процедурами проходження такого оцінювання; впливу у будь-якій формі (прохання, умовляння, вказівка, погроза, примушування тощо) на педагогічного (науково-педагогічного) працівника з метою здійснення ним необ'єктивного оцінювання результатів навчання студент може оскаржити процедури оцінювання за процедурами, передбаченими Положенням про організацію освітнього процесу (розділ 10).

– Матеріали в рамках курсу, захищені авторським правом, можуть бути використані лише тільки здобувачами освіти, яким призначено даний курс і для цілей, пов'язаних з цим курсом і не можуть поширюватися.

– Спілкування з однокурсниками та викладачем має бути професійним та ввічливим.

– Очікується, що Ви перевірятимете всі Ваші письмові повідомлення, включаючи поштові повідомлення та повідомлення у MS Teams на коректність змісту та мови.

– Університет прагне підтримувати середовище, вільне від дискримінації або дискримінаційних домагань, спрямованих на будь-яку людину або групу в межах своєї спільноти - здобувачів освіти, співробітників або відвідувачів.

Докладніше про академічні політики стосовно етичності поведінки, академічної доброчесності та протидію булінгу можна дізнатися за посиланням: [Академічні політики - Polytechnic \(metinvest.university\)](https://metinvest.university)