

РОБОЧА ПРОГРАМА
навчальної дисципліни

«Теплові процеси при окускуванні»

Затверджено на засіданні природничо-
наукових та загальноінженерних дисциплін
Протокол № 2 від «17» вересня 2024 р.

Запоріжжя 2024



УКЛАДАЧ(І):

Старший викладач кафедри природничо-наукових та загальноінженерних дисциплін Мірошніченко Сергій

УЗГОДЖЕНО:

Гарант освітньої програми
«Металургія чорних металів»

Христина МАЛІЙ

ЗАТВЕРДЖЕНО

Завідувач кафедри ПНЗІД

Наталія ГРУДКІНА

Завідувач кафедри МОВ

Едуард ГРИБКОВ



1 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Опис курсу. Теплові процеси при окускуванні – це вибіркова дисципліна професійного спрямування освітньої програми «Металургія», яка дозволяє опанувати теоретичні відомості про теплові процеси, що відбуваються при окускуванні сировини металургійного виробництва, зокрема, спіканні залізородного агломерату та обпалі окатишів, для того, щоб чітко розуміти хід відповідних технологічних процесів та прогнозувати фізико-хімічні властивості їхніх продуктів. Дисципліна розглядає термінологію, понятійний апарат та особливості тепло- та масообмінних процесів, які відбуваються під час теплової та термічної обробки залізородних матеріалів, а також методи розрахунку теплового балансу процесів для різних сировинних умов, а також для різних зон технологічних агрегатів. Отримані знання та навички можуть бути застосовані в професійній діяльності для розуміння впливу факторів технологічних процесів на показники якості окускованої сировини.

Вимоги:

- відповідні до бакалаврського рівня освіти знання з наступних курсів: фізична хімія пірометалургійних процесів; основи металургійних технологій; теоретичні основи процесів металургії; теплотехніка; металургійні печі; теоретична та прикладна механіка; матеріалознавство; шихтові та вогнетривкі матеріали металургійного виробництва; металургійні агрегати і обладнання;
- навички використання пакету Microsoft Office для виконання розрахунків та побудови графіків;
- наявність корпоративного облікового запису @mipolytech.education, Microsoft Teams, Word, Excel;
- наявність особистого логіну та паролю в Moodle.

Програмні результати навчання

- вміння аналізувати енергетичну ефективність технологічних процесів та обладнання, відповідно до спеціалізації, та розробляти заходи з енергозбереження;
- усвідомлення контекстів, в яких можуть бути застосовані знання металургії (наприклад, управління процесами та обладнанням, менеджмент, розробка технології тощо).
- вміння аналізувати показники роботи металургійного агрегату, визначати їх вплив на ефективність процесу.
- здатність працювати з технічною невизначеністю.
- здатність управляти комплексними діями або проектами відповідно до спеціалізації для забезпечення досягнення поставленої мети з урахуванням всіх аспектів вирішуваної проблеми, у тому числі пов'язаних із виробництвом, експлуатацією, технічним обслуговуванням та утилізацією.
- здатність реалізовувати концепції ощадливого виробництва та загальні принципи зниження виробничих витрат у металургії, а також впроваджувати ресурсозберігаючі технології, які дозволяють акумулювати ресурси, спрямовані на досягнення цілей в усіх напрямках діяльності металургійного підприємства.
- вміння використовувати аналітичний та методичний інструментарій для розуміння логіки прийняття технологічних рішень для сталого функціонування кожної з ланок металургійного підприємства.
- здатність забезпечувати потрібні техніко-економічні показники при керуванні складними металургійними процесами.

Організація курсу, форми та методи навчання.

- Освітній процес передбачає комбінацію оглядових і проблемних лекцій та самостійного вивчення навчального матеріалу на платформі Moodle – з одного



боку, та проблемно орієнтованих практичних занять з відпрацювання відповідних навичок – з іншого.

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

- Практичні заняття передбачають відпрацювання навичок розрахунків загальних і зональних теплових балансів спікання агломерату та окатишів для досягнення заданих показників витрати матеріалів, продуктивності та якості окусованої сировини; їх відвідування є бажаним.

- Студенту слід 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, англійська (окремі джерела інформації).



2 НАВЧАЛЬНА ПРОГРАМА

Змістовий модуль 1. Особливості технологічних процесів окускування

Тема 1. Основні поняття та визначення теплотехніки.

Вступ. Предмет та задачі курсу. Основні терміни та визначення. Теплопровідність: стаціонарна та нестаціонарна. Конвективний теплообмін. Теплове випромінювання. Основні визначення та рівняння масообміну.

Тема 2. Особливості технологічного процесу виробництва агломерату

Коротка характеристика процесу агломерації. Тепло- і масообмінні процеси під час агломерації. Вплив технологічних параметрів на показники якості продукції.

Тема 3. Особливості технологічного процесу виробництва котунів

Коротка характеристика процесу обкатування. Тепло- і масообмінні процеси під час випаленні котунів. Вплив технологічних параметрів на показники якості продукції.

Тема 4. Особливості технологічного процесу брикетування

Коротка характеристика процесу брикетування. Теплообмінні процеси під час сушіння. Вплив технологічних параметрів на показники якості продукції.

Змістовий модуль 2. Теплообмінні процеси, що протікають у стаціонарних шарах матеріалів

Тема 5. Структурні характеристики стаціонарного зернистого шару

Типи та особливості шарів при випалюванні котунів та виробництві агломерату.

Тема 6. Теплові процеси у шарі монодисперсних матеріалів

Схема теплообміну в пористому монодисперсному шарі. Рівняння газодинамічного опору під час опису теплових процесів, що протікають у зернистому шарі.

Тема 7. Теплові процеси у шарі полідисперсних матеріалів

Вплив сегрегації частинок полідисперсного матеріалу на коефіцієнт теплопровідності шару. Комбінований нагрів шару сипучих матеріалів з урахуванням внутрішніх джерел енергії. Розв'язання задачі розподілу температури в одиничному обсязі агломераційного шару. Модель теплового режиму процесу спікання полідисперсної агломераційної шихти. Вплив температури спікання на якісні показники спеку.

Тема 8. Сегрегаційні процеси у шарі полідисперсної шихти та їхній вплив на тепловий режим агломерації залізорудного матеріалу

Ідентифікація гранулометричного складу агломераційної шихти, підготовленої до спікання. Вплив гранулометричного складу агломераційної шихти на розподіл палива та хімічних компонентів у шарі матеріалу. Визначення кількості теплової енергії, що виділяється у шарі полідисперсної шихти залежно від сегрегації палива та хімічних компонентів за висотою шару. Рекомендації щодо удосконалення підготовки твердого палива до теплової обробки агломераційної шихти. Оптимальний розподіл твердого палива в шарі завантаженої залізорудної шихти для вирівнювання теплового режиму агломераційного процесу.

3 ОБСЯГ І СТРУКТУРА ДИСЦИПЛІНИ

Дисципліна є вибірковою

№ з/п	Назви змістових модулів і тем	Кількість годин				
		Усього	В т.ч.			
			Л	Лаб	П (С)	СРС
Змістовий модуль 1. Особливості технологічних процесів окускування						
1	Основні поняття та визначення теплотехніки	20	6		6	8
2	Особливості технологічного процесу виробництва агломерату	18	4		4	10
3	Особливості технологічного процесу виробництва котунів	18	4		4	10
4	Особливості технологічного процесу брикетування	18	4		4	10
Змістовий модуль 2. Теплообмінні процеси, що протікають у стаціонарних шарах матеріалів						
5	Структурні характеристики стаціонарного зернистого шару	18	4		4	10
6	Теплові процеси у шарі монодисперсних матеріалів	18	4		4	10
7	Теплові процеси у шарі полідисперсних матеріалів	18	4		4	10
8	Сегрегаційні процеси у шарі полідисперсної шихти та їхній вплив на тепловий режим агломерації залізорудного матеріалу	22	6		6	10
Усього годин		150	36	0	36	78

Л – лекції, П (С) – практичні (семінарські) заняття, Лаб – лабораторні заняття, СРС – самостійна робота студентів.

4 ПІДХОДИ ДО ОЦІНЮВАННЯ

4.1 Розподіл балів за контрольними точками та графік їх виконання

Тижні	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	Всього
Види контр. точок																			
Практичні роботи				10									10						20
Індивідуальні завдання							20								20				40
Модульні контрольні роботи									20								20		40
Всього	50									50									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. Мах 10 балів: – студент продемонстрував критичне мислення при виконанні практичного завдання, а також навів аргументовані аналітичні висновки за результатами отриманих результатів, дав пряму і релевантну відповідь на поставлене питання з використанням обґрунтованого посилання на теоретичний матеріал та варіації зміни відповідь на зміну вхідних умов, в т.ч. у вигляді додаткових запитань / зміг стисло формалізувати вербально сутність проблеми за ситуацією, ідентифікувати ключові складові і пріоритети вирішення, запропонував логічне розв'язання (7 балів); – оцінка ініціативності у роботі над проблемою, логічності та структурованості відповіді, здатності комунікувати у команді та під впливом негативних факторів, в т.ч. під тиском викладача та/або групи, вміння вести дискусію та бути критичним та самокритичним (3 бали)
Виконання та захист індивідуальних завдань	Підготовлений звіт з індивідуального завдання 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. Мах 20 балів: – студент підготував звіт за індивідуальним завданням, в якому: правильно визначив проблеми, комплекс факторів, які могли вплинути на їх виникнення, обґрунтував своє бачення теоретичними концепціями або моделями, виконав необхідні розрахунки в разі потреби, представив висновок або власне бачення виходу з проблеми і окреслив можливі перспективи і обмеженість такого рішення; звіт структуровано, викладено технічним, науковим стилем української (10 балів); – звіт містить комплексну, логічну і оригінальну пропозицію проблематики ситуаційного завдання аж до міждисциплінарного підходу; використання штучного інтелекту (ШІ) не забороняється, оскільки пропозиції відомих застосунків ШІ суттєво залежать від обміркованої постановки питання і уточнюючих питань; однак в разі, якщо відповідь, отримана з використанням ШІ, не є комплексною або не відповідає за стилем і викладеними позиціями іншим частинам звіту або завдання, містить очевидно неправдиву інформацію, то оцінка за цим критерієм знижується (5 балів) – студент під час презентації / захисту виконаного індивідуального завдання демонструє володіння термінологічним апаратом, відповідає на запитання, здатний швидко адаптувати позицію під зміни у вихідному завданні (5 бали)

Назва контрольної точки	Опис контрольної точки, порядок її проходження та отримання балів
Модульні контрольні роботи	МКР виконуються в Moodle під час останнього практичного заняття в модулі за 1 годину 10 хвилин. В разі неявки або неможливості виконання МКР з поважних причин на таке заняття допускається відкриття виконання МКР за погодженням з викладачем в інший час асинхронно. Кожна модульна контрольна робота включає блок тестових завдань та задач з матеріалу модуля (max 20 балів). Тестові завдання являють собою тести множинного вибору з однією вірною відповіддю. Тести оцінюються за збігом із правильною відповіддю.

Додаткові зауваження:

- студент може оскаржити отримані оцінки в порядку, передбаченому Положенням про організацію освітнього процесу ([Нормативні документи : Polytechnic \(metinvest.university\)](#)) та Положенням про політику та процедури врегулювання конфліктних ситуацій ([Академічні політики : Polytechnic \(metinvest.university\)](#));
- оцінки за всі 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 завершення теоретичного навчання
Порядок визначення підсумкової оцінки	Для варіанту заліку: – 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 навчальних 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	
			Іспит	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	Відмінно	Залік
82-89	B	Студент виявляє вищий за середній рівень досягнення запланованих результатів вивчення навчальної дисципліни та готовності до подальшого навчання та/або	Добре	

Бальна шкала	Рівні	Характеристика	Традиційні шкали	
			Іспит	Залік
		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	Задовільно	
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	Незадовільно	Незалік
0-34	F	Результати навчання відсутні або критично низькі		

4.4 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 перераховуються;

– В разі, якщо здобувач освіти хотів би самостійно вивчити певні курси з проблематики курсу (наприклад, Udey 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 : Polytechnic \(metinvest.university\)](#), такі результати можуть бути зараховані замість оцінки з певного виду поточного контролю;

– В 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 : Polytechnic \(metinvest.university\)](#), такі результати можуть бути зараховані замість оцінки з певного виду поточного або навіть підсумкового контролю; консультацію з питань визнання результатів неформальної та інформальної освіти можна отримати в уповноваженої особи від кафедри, яка викладає дисципліну; перелік таких осіб можна знайти за посиланням [Студентам : Polytechnic \(metinvest.university\)](#).

5 РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА

Базові

1. Bhagat R. P. Agglomeration of Iron Ores. Taylor & Francis, 2019. 414 p. URL: [Kortext | Agglomeration of Iron Ores](#)
2. González D. F., González J. I. V., González L. F. V. Operations and Basic Processes in Ironmaking. Springer, 2021. URL: <https://read.kortext.com/library/books/814313>.
3. Мних А., Ковязін О., Мних І. Вплив теплового режиму спікання на структуру та пористість залізорудної шихти. *Металургія*. 2018. № 1(39). С. 22–25.
4. Мних А. Підвищення енергоефективності теплових процесів згрудкування сипучих матеріалів при інтенсифікації сегрегації у стаціонарних шарах : автореф. дис. ... д-ра техн. наук : 05.14.06. Запоріжжя, 2016. 39 с.
5. Pavlenko A. Heat and Mass Transfer in Porous Materials. *Materials*. 2023. Vol. 16, no. 16. P. 5591. DOI: <https://doi.org/10.3390/ma16165591>

Додаткові

1. Задачник з теорії процесів підготовки сировини до доменної плавки / В. Б. Семакова та ін. Маріуполь : ПДТУ, 2012. 106 с.
2. Смирнов В., Білецький В. Фізичні та хімічні основи виробництва : навч. посіб. Донецьк : Сх. вид. дім, 2005. 148 с.
3. Будник А. Ф. Тепломасоперенос у процесах і матеріалах дизайну матеріалів : навч. посіб. Суми : СумДУ, 2008. 158 с..
4. Смирнов В. О., Білецький В. С., Шолда Р. О. Переробка корисних копалин : навч. посіб. Донецьк : Сх. вид. дім, 2013. 600 с.
5. Verdeja L. F., Ruiz-Bustanza I., Ferreira S. G. Iron ore sintering. Part 1. Theory and practice of the sintering process. *Dyna*. 2013. No. 80(180). P. 152–170.
6. Oyegbile B. A. Optimization of Micro Processes in Fine Particle Agglomeration by Pelleting Flocculation. CRC Press, 2016. URL: <https://read.kortext.com/library/books/144670>

Web-ресурси

1. Solving Ordinary Differential Equations with MATLAB : онлайн-курс : MATLAB. URL: <https://matlabacademy.mathworks.com/details/solving-ordinary-differential-equations-with-matlab/odes> (дата звернення: 16.09.2024).
2. Computational Physics: Scientific Programming with Python : Udemy Business : онлайн-курс. URL: <https://ua.udemy.com/course/computational-physics/> (дата звернення: 16.09.2024)
3. Thermodynamics for Engineering Students : Udemy Business : онлайн-курс. URL: <https://ua.udemy.com/course/thermodynamics-for-engineering-students/> (дата звернення: 16.09.2024)
4. Kortext : веб-сайт. URL: <https://kortext.com/> (дата звернення: 20.08.2024).
5. Research4life : веб-сайт. URL: <https://portal.research4life.org/> (дата звернення: 20.08.2024).
6. Інституційний репозитарій ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА» : веб-сайт. URL: <https://dspace.mipolytech.education/home> (дата звернення: 20.08.2024).
7. Центральна державна науково-технічна бібліотека гірничо-металургійного комплексу України : веб-сайт. URL: <http://cgntb.dp.ua/> (дата звернення: 20.08.2024).



6 АКАДЕМІЧНІ ПОЛІТИКИ

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

– **Академічна недоброчесність** вигляді академічного плагіату; 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://polytechnic.minvest.university)