



ТЕОРІЯ МЕТАЛУРГІЙНИХ ПРОЦЕСІВ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>13 Механічна інженерія</i>
Спеціальність	<i>136 Металургія</i>
Освітня програма	<i>Комп'ютеризовані процеси лиття</i>
Статус дисципліни	<i>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>2 курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>5 кредитів ECTS</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен/МКР</i>
Розклад занять	<i>http://rozklad.kpi.ua/Schedules/ScheduleGroupSelection.aspx</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: Іванченко Дмитро Вікторович, <i>050-99-88-615, cortdm77@gmail.com</i> Лабораторні: Іванченко Дмитро Вікторович, <i>050-99-88-615, cortdm77@gmail.com</i> Практичні: Іванченко Дмитро Вікторович, <i>050-99-88-615, cortdm77@gmail.com</i>
Розміщення курсу	<i>https://classroom.google.com/u/0/c/NTkyNDMyNDUzODY1</i>

Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Процеси виробництва чавуну, сталі або інших металів і сплавів супроводжуються фізичними перетвореннями речовин (переходи із однієї кристалічної модифікації в іншу, плавлення, випаровування, розчинення, кристалізація) та хімічними реакціями. Необхідно проводити ці процеси так, щоб якомога повніше добувати з руд та сплавів цінні метали (залізо, марганець, хром, ванадій та інші), повніше переводити в шлак домішки, які погіршують якість металу(сірку, фосфор, неметалічні вclusions).

Якість вихідних руд та інших матеріалів поступово знижується, а вимоги до якості металу зростають. Задовольнити вказаним вимогам і провести процес за оптимальних параметрів можна, тільки знаючи термодинамічні та кінетичні особливості поведінки кожного компоненту в різних умовах плавки та розливки. Ці особливості допомагає розкрити теорія металургійних процесів, яка на основі фізико-хімічних законів та методів дозволяє проаналізувати найважливіші реакції та фазові переходи, що відбуваються при одержанні та подальшому переробленні металів.

Навчальна дисципліна «Теорія металургійних процесів» (ПО-08) є нормативною дисципліною і належить до циклу професійної підготовки. Вона у сукупності з теплофізикою та фізичним металознавством закликає сформулювати теоретичний базис металурга.

Її вивчення базується на знанні студентами основних законів хімії, фізичної хімії, фізики, застосуванні математичного апарату та обчислювальної техніки. Теоретичний матеріал курсу

викладається на лекціях, практичні заняття присвячені розрахунку термодинамічних характеристик речовин і реакцій та аналізу термодинамічних процесів, в ході лабораторного практикуму студенти оволодівають методиками та технікою високотемпературного експерименту.

Для підвищення творчої активності та самостійності в роботі студентів при вивченні курсу передбачено виконання індивідуальних завдань з розрахунку термодинамічних та кінетичних характеристик простих та складних металургійних систем і процесів.

Набуті знання і вміння використовуються в подальшому при вивченні дисциплін професійної підготовки та вибіркового професійно-орієнтованих дисциплін.

Метою вивчення дисципліни є одержання знань щодо сучасних уявлень про фізико-хімічні і металургійні основи виробництва чорних і кольорових металів, щодо закономірностей та механізмів перебігу металургійних процесів, поведінки різних матеріалів під час виробництва металів і сплавів.

Предмет дисципліни: теоретичні закономірності та механізми процесів, що відбуваються під час отримання металів з руд та процесів плавки та рафінування металів.

Фахові компетентності (ФК)

- ЗК 11 – Здатність здійснювати безпечну діяльність, прагнути до збереження навколишнього середовища.
- ЗК 17 – Здатність працювати з інформацією: знаходити, оцінювати й використовувати інформацію з різних джерел, необхідну для вирішення професійних завдань у галузі металургії.
- ФК 1 – Здатність застосовувати системний підхід до вирішення проблем металургії.
- ФК 2 – Здатність вирішувати типові інженерні завдання відповідно до спеціалізації.
- ФК 4 – Здатність застосовувати і інтегрувати знання на основі розуміння інших інженерних спеціальностей.
- ФК 5 – Здатність застосовувати наукові і інженерні методи, а також комп'ютерне програмне забезпечення для вирішення типових та комплексних завдань металургії за спеціалізацією, у тому числі в умовах невизначеності.
- ФК 7 – Здатність виявляти, класифікувати і описувати ефективність систем, компонентів і процесів в металургії на основі використання аналітичних методів і методів моделювання.
- ФК 8 – Усвідомлення контекстів, в яких можуть бути застосовані знання металургії (наприклад, управління процесами та обладнанням, менеджмент, розробка технології тощо).
- ФК 13 – 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.
- ФК 14 – Здатність забезпечувати якість продукції.
- ФК 16 – Усвідомлення вимог до діяльності в сфері спеціалізації, зумовлених необхідністю забезпечення сталого розвитку.
- ФК 23 – Здатність обирати основні і допоміжні матеріали та/або здійснювати керування технологічними процесами з метою отримання продукції заданої якості
- ФК 26 – Здатність розробляти технологічні процеси виплавляння сплавів їх легування, модифікування та позапічного оброблення.

Програмні результати навчання

- ПР 10 – Розуміння особливостей матеріалів, що застосовуються, обладнання та інструментів, інженерних технологій і процесів, а також їх обмежень відповідно до спеціалізації.
- ПР 22 – Навички прийняття рішень в нестандартних ситуаціях, зокрема, рішень, спрямованих на усунення або запобігання виникненню несприятливого (кризового, аварійного) стану металургійного обладнання.

- ПР 23 – Розуміння питань впровадження ресурсозберігаючих технологій, які дозволяють акумулювати ресурси, спрямовані на досягнення цілей в усіх напрямках діяльності металургійного підприємства

- ПР 27 – Розуміння особливостей впливу хімічного складу металів і сплавів та технологічних процесів їх плавлення на експлуатаційні властивості ливарної продукції.

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Пререквізити: мати щонайменше базовий рівень знань з фізичної-хімії, хімії елементів та фізики, у межах відповідних навчальних курсів, що передують даному; вміти використовувати математичні принципи і методи для виконання термодинамічних розрахунків; здатність застосовувати знання про основні принципи та методи термодинамічного аналізу фізико-хімічних систем і властивості хімічних елементів та сполук.

Постреквізити: теоретичне підґрунтя для розуміння і аналізу металургійних технологій; уміння з'ясовувати закономірності явищ у металургійних системах; здатність виконувати термодинамічні розрахунки для вирішення технологічних завдань; здатність застосовувати теоретичні знання для аналізувати поведінки металургійних систем; здатність теоретично обґрунтовувати технологічні рішення.

Після проходження дисципліни студенти зможуть використовувати знання з фундаментальних дисциплін та математичний апарат для опису та аналізу металургійних процесів для реалізації професійно-профільованих знань й практичних навичок при вирішенні завдань з управління металургійними технологіями, їх розробки та удосконалення; визначати основні параметри технологій на основі теоретичного аналізу металургійних процесів; теоретично обґрунтовувати вибір технологічних рішень.

3. Зміст навчальної дисципліни

Теми лекційних занять

Розділ 1 Статика і динаміка металургійних процесів

Тема 1.1 Вступ до курсу (2 години)

Тема 1.2 Можливості термодинамічного і кінетичного аналізів, розрахунки термодинамічних функцій і їх практичне використання (5 годин)

Розділ 2 Термічна міцність сполук

Тема 2.1 Загальні термодинамічні закономірності (2 години)

Тема 2.2 Утворення – дисоціація оксидів металів (8 годин)

Тема 2.3 Механізм і кінетика процесів (2 години)

Розділ 3 Склад і властивості високотемпературної газової фази

Тема 3.1 Процеси горіння в металургії (6 годин)

Тема 3.2 Кінетика процесів горіння (2 години)

Розділ 4 Термодинаміка і кінетика відновлювальних процесів

Тема 4.1 Основні відновники і відновні процеси (2 години)

Тема 4.2 Пряме і посереднє відновлення оксидів заліза (2 години)

Розділ 5 Металургійні розплави

Тема 5.1 Будова рідких металів (2 години)

Тема 5.2 Склад і природа шлаків (4 години)

Тема 5.3 Властивості металургійних розплавів (2 години)

Розділ 6 Основи теорії рафінування металів і сплавів

Тема 6.1 Теоретичні засади окиснювального рафінування (2 години)

Тема 6.2 Умови видалення шкідливих домішок з металу (2 години)

Тема 6.3 Розкиснення сталі та видалення неметалевих включень (2 години)

Практичні заняття

1. Окисно-відновні властивості газової фази та процеси горіння (2 години)
2. Окисно-відновні властивості складних газових сумішей (2 години)
3. Взаємодія вуглецю з газовою фазою, яка містить кисень (2 години)
4. Процеси дисоціації та утворення карбонатів і оксидів (2 години)
5. Відновлення оксидів металів (2 години)
6. Властивості складних металевих та оксидних розчинів (2 години)
7. Розрахунок активностей компонентів шлакового розплаву по молекулярній теорії будови розплавлених шлаків (2 години)
8. Розрахунок активностей компонентів шлаку як фази з колективізованими електронами (2 години)
9. Розрахунок активностей компонентів шлакового розплаву по теорії регулярних іонних розчинів (2 години)

Лабораторні заняття

1. Рівновага реакцій дисоціації карбонатів (2 години)
2. Термографічне дослідження реакції дисоціації карбонату (2 години)
3. Кінетика дисоціації карбонатів (2 години)
4. Поверхневий натяг водних розчинів (1 година)
5. Визначення вмісту водню у сталі методом вакуумного нагріву (1 година)
6. Рівновага реакції окислювання заліза діоксидом вуглецю (1 година)

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література

1. Готвянський Ю.Я. Фізико - хімічні та металургійні основи виробництва металів. Навчальний посібник . - К.: ІЗМН, 1996. - 392 с.
2. Фізикохімія металургійних систем і процесів: Підручник/ В.Я.Шурхал, В.К.Ларін, Д.Ф.Чернега та ін. – К.: Вища школа, 2000. – 407с.: іл.
3. Теорія металургійних процесів: Підручник /В.Б.Охотський, О.Л.Костьолов, В.К.Сімонов та ін. - К.: ІЗМН, 1997. - 512 с.

Допоміжна література

4. Основи металургійного виробництва металів і сплавів: Підручник / Д. Ф. Чернега, В. С. Богусhevський, Ю. Я. Готвянський та ін.; За ред. Д. Ф. Чернеги, Ю. Я. Готвянського. - К.: Вища школа, 2006.-503с.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Файл, що містить навчальні матеріали лекції передаються студентам після кожного заняття. Допоміжні матеріали до кожної теми розміщено на сайті навчального курсу у «Google classroom».

№ з/п	Назва теми лекції, перелік основних питань, посилання на літературу та завдання на СРС
1	<p>Розділ 1. Основні поняття і методи теорії металургійних процесів</p> <p><i>Лекція 1 – Предмет та задачі курсу. Історія розвитку та сучасне становище металургійних технологій в Україні та за її межами. Роль науки та вчених у підвищенні ефективності металургійного виробництва. Фізико-хімічна сутність процесів виплавки чавуну та сталі.</i></p> <p><i>Лекція 2 – Можливості термодинамічного та молекулярно-кінетичного аналізів. Грунтовні поняття. Розрахунок зміни ентальпії і ентропії для будь-якого процесу при заданих температурах.</i></p> <p><i>Лекція 3 – Концентрація речовини в розчині. Коефіцієнти активності і параметри взаємодії. Рівняння ізотерми Вант-Гоффа і його аналіз.</i></p> <p><i>Лекція 4 – Кінетичний аналіз гомогенних та гетерогенних процесів.</i></p> <p><i>Завдання на СРС</i></p> <p><i>Засвоїти: можливості термодинамічного аналізу; ґрунтовні поняття термодинаміки; термодинамічні функції та їх застосування для аналізу ймовірності процесів в багатокомпонентних системах; розрахунок зміни ентальпії, ентропії та енергії Гіббса при будь-якій заданій температурі.</i></p> <p><i>Проаналізувати: визначення ступеню завершеності хімічної взаємодії; константу рівноваги; форми виразу концентрації учасників взаємодії.</i></p> <p><i>Розглянути: активність речовини в розчині; коефіцієнти активності та параметри взаємодії; вплив нестандартності на термодинаміку процесу; рівняння ізотерми хімічної реакції.</i></p>
2	<p>Розділ 2. Теоретичні основи утворення і дисоціації складних хімічних сполук</p> <p><i>Лекція 5 – Пружність дисоціації хімічних сполук. Вплив температури, розчинності та подрібненості взаємодіючих речовин на їх процеси утворення- дисоціації.</i></p> <p><i>Лекція 6 – Стійкість оксидів. Принцип Байкова Поліморфізм заліза та характеристика його оксидів.</i></p> <p><i>Лекція 7 – Побудова та докладний аналіз діаграми стану системи залізо-кисень. Ізотермічне окиснення заліза. Високо- та низькотемпературні схеми окиснення.</i></p> <p><i>Лекція 8 – Термодинаміка утворення – дисоціації оксидів заліза. Залежність пружності дисоціації оксидів заліза від температури та вмісту кисню.</i></p> <p><i>Лекція 9 – Манган і кремній. Їх характеристика та значення для залізовуглецевих сплавів. Поліморфізм мангану та оксиду кремнію Термодинаміка утворення оксидів цих металів. Порівняльний аналіз спорідненості до кисню.</i></p> <p><i>Лекція 10 – Спорідненість металів до кисню; порівняльний аналіз узагальненої залежності зміни енергії Гіббса від температури. Вуглець – як універсальний відновлювач оксидів металів.</i></p> <p><i>Лекція 11 – Умови виникнення нових фаз. Гомо- та гетерофазні флуктуації в системі. Критичний розмір зародка нової фази. Кінетика кристалохімічного перетворення.</i></p> <p><i>Завдання на СРС</i></p> <p><i>Засвоїти: особливості термодинаміки утворення–дисоціації карбонатів, сульфідів, нітридів, карбідів та боридів; будову та фазовий склад системи залізо-кисень. Провести оцінку впливу температури та зміни концентрації кисню в системі на процеси розчинності кисню та окиснення заліза.</i></p> <p><i>Проаналізувати: особливості високотемпературного окиснення металів.</i></p> <p><i>Розглянути: принципи захистного легування сплавів.</i></p>

3	<p>Розділ 3. Склад і властивості високотемпературної газової фази металургійних агрегатів</p> <p>Лекція 12 – Процеси горіння в металургії. Горіння вуглецю. Склад продуктів горіння в залежності від умов спалювання вуглецю. Термодинамічний аналіз системи C-O.</p> <p>Лекція 13 – Рівноважний стан реакцій догорання оксиду вуглецю. Розрахунок ступеня дисоціації вуглекислого газу. Газифікація вуглецю вуглекислим газом. Керування складом продуктів горіння.</p> <p>Лекція 14 – Горіння в системі H-C-O. Термодинаміка процесу. Рівновага реакції горіння водню та порівняння ступеня дисоціації пари водню і вуглекислого газу в різних температурних умовах. Рівновага реакції водяного газу.</p> <p>Лекція 15 – Реакції газифікації вуглецю водяною парою. Вплив температури та тиску на рівноважний стан процесу. Горіння і конверсія металу. Одержання газової фази з високими відновлювальними властивостями, технологічна схема процесу.</p> <p>Лекція 16 – Теорія ланцюгових взаємодій. Вплив температури і тиску на займання горючої газової суміші.</p> <p>Завдання на СРС</p> <p>Розглянути: вуглець та його модифікації; механізм утворення та кінетику взаємодій вуглецю з окиснювальною газовою фазою; утворення та руйнування поверхневих комплексів.</p>
<p>Контрольна (модульна) робота за розділами 1-3</p>	
4	<p>Розділ 4. Термодинаміка і кінетика відновних процесів</p> <p>Лекція 17 – Основні відновники та відновні процеси, що використовуються в металургії: загальна теорія та основні типи відновних реакцій, термодинамічні умови процесу. Пряме і посереднє відновлення оксидів заліза.</p> <p>Лекція 18 – Навуглецьовування заліза при його відновлюванні оксидом вуглецю та вуглецем. Відновлення оксидів заліза воднем. Переваги та недоліки монооксиду вуглецю та водню як відновлювачів.</p> <p>Завдання на СРС</p> <p>Ознайомитись та засвоїти принципи: металотермічного відновлення і самопоширюючийся високотемпературний синтез; підвищення теплопродуктивності шихти; отримання феросплавів.</p> <p>Проаналізувати: процеси, що відбуваються при вакуумметалотермії.</p> <p>Розібрати: особливості механізму і кінетики відновлювальних процесів</p>
5	<p>Розділ 5. Металургійні розплави</p> <p>Лекція 19 – Розвиток теорії рідкого стану речовини. Будова і властивості рідких металів. Функції радіального розподілу атомів.</p> <p>Лекція 20 – Характеристика мінералогічного складу шлаків чорної металургії, силікатна природа шлаків. Моделі завершеного іонного розчину та мікронеоднородного електроліту.</p> <p>Лекція 21 – Аналіз діаграм стану оксидних систем: $\text{SiO}_2\text{-FeO}$; $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$; $\text{SiO}_2\text{-CaO}$. Принцип побудови потрібної діаграми стану. Загальна характеристика діаграми стану $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$. Шляхи кристалізації розплавів у трикомпонентній системі.</p> <p>Лекція 22 – Поверхневі властивості розплавів: поверхневий та міжфазний натяг; змочування та розтікання; проникнення рідких фаз в поруваті матеріали; робота адгезії і когезії.</p> <p>Лекція 23 – Методи визначення поверхневих властивостей розплавів. Фізико-хімічний аналіз шлакових систем. Хімічні властивості шлаків.</p> <p>Завдання на СРС</p> <p>Розглянути і засвоїти: фізичні властивості металургійних розплавів: в'язкість, її залежність від складу та температури системи, методи виміру; поверхневий натяг.</p>

6	<p>Розділ 6. Основи теорії рафінування металів і сплавів</p> <p><i>Лекція 24 – Розподіл кисню між розплавами шлаку і металу. Зневуглецьовування металу в ванні сталеплавильного агрегату: термодинаміка процесу; місце проходження процесу; механізм процесу в умовах мартенівської та конвертерної плавки сталі. Загальні термодинамічні закономірності окиснення домішок сталеплавильної ванни.</i></p> <p><i>Лекція 25 – Термодинаміка та кінетика видалення сірки і фосфору із металу. Роль складу металу, шлаку і температури. Позапічні методи видалення шкідливих домішок.</i></p> <p><i>Лекція 26 – Взаємодія газів з металом та шлаком. Шкідлива дія газів на фізико-механічні властивості металів. Розчинність водню та азоту в залізі. Термодинаміка та технологічні засоби дегазації металу.</i></p> <p><i>Лекція 27 – Теорія процесів розкиснення сплавів. Неметалеві включення, їх класифікація та механізм видалення із металу. Методи рафінування металу від неметалевих включень.</i></p> <p><i>Завдання на СРС</i></p> <p><i>Ознайомитись: з процесами рафінування металів ліквідацією, тужавінням, екстракцією, випаровуванням та конденсацією.</i></p> <p><i>Розглянути: основні принципи рафінування металів у ході переплавних процесів.</i></p>
<p>Контрольна (модульна) робота за розділами 4-6</p>	

6. Самостійна робота студента

Самостійна робота студента у загальному обсязі 78 годин полягає у підготовці до лекційних, практичних та лабораторних занять шляхом опрацювання рекомендованої літератури і підготовці відповідей на контрольні запитання для кожного виду занять. 15 годин із загального обсягу надається для підготовки до складання екзамену.

Вид самостійної роботи студента	Кількість годин	Норма часу на підготовку, год.	Термін часу, год.
Підготовка до лекцій та засвоєння додаткових питань	45	0,5	23
Підготовка до практичних робіт	18	1	18
Підготовка до лабораторних робіт	9	2	18
Підготовка до МКР	2	2	4
Підготовка до екзамену	15	-	15
Всього			78

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Правила відвідування занять

Вивчення навчальної дисципліни відбувається згідно графіку навчального процесу. Відвідування всіх видів занять рекомендовано для успішного засвоєння навчальних матеріалів.

Для студентів, які беруть на себе відповідальність за організацію і планування свого часу для навчання, є можливість опанувати дисципліну у змішаному режимі: ознайомлення з теоретичним матеріалом лекцій і розв'язування практичних завдань – самостійно, за необхідності проведення консультацій викладачем згідно графіку консультацій і відведеного на них часу, у відповідності до педагогічного навантаження викладача. Відпрацювання та захист лабораторних робіт здійснюється виключно очно, у відповідності до розкладу занять. Студент, що не захистив попередню лабораторну роботу не допускається до відпрацювання наступної.

Правила поведінки на заняттях.

Правила поведінки на заняттях регламентуються етичними нормами: всі учасники освітнього процесу в університеті повинні дотримуватись вимог чинного законодавства України, Статуту і Правил внутрішнього розпорядку НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», загальноприйнятих моральних принципів, підтримувати атмосферу доброзичливості, відповідальності, порядності й толерантності, дбайливо ставитися до університетського майна. Під час аудиторних занять студенти повинні дотримуватись діючих правил охорони праці, безпеки життєдіяльності і правил пожежної безпеки, а у разі навчання за дистанційною формою виконувати вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я під час роботи з екранними пристроями.

Політика дедлайнів та перескладань

Пропущені контрольні заходи та/або завдання, які виконані студентом із незадовільною оцінкою, можуть додатково складатися для виконання та/або отримання задовільної оцінки (для підвищення оцінки) під час навчання до завершення термінів графіку освітнього процесу.

В разі порушення термінів і невиконання завдання з неповажних причин, студент не допускається до складання екзамену в основну сесію.

Політика щодо академічної доброчесності докладно описана у Кодексі Честі КПІ ім. Ігоря Сікорського (<https://kpi.ua/code>) і передбачає повну відповідальність студента за те, що всі виконані ним завдання відповідають принципам академічної доброчесності.

8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Розподіл навчального часу за видами занять і завдань з дисципліни згідно з робочим навчальним планом.

Семестр	Навчальний час		Розподіл навчальних годин				Контрольні заходи	
	кредити	академічних годин	Лекції	Практичні заняття	Лабораторні роботи	СРС	Контрольні роботи	Семестрова атестація
4	5	150	45	18	9	78	2	екзамен

Рейтинг студента з дисципліни складається з балів, що він отримує за:

- виконання та захист 6 лабораторних робіт;
- роботу на практичних заняттях, що передбачає виконання та захист 9 блоків розрахункових завдань під час практичних занять;
- контрольні роботи (МКР поділяється на дві одногодні контрольні роботи);
- відповідь на екзамені.

Рейтингова система оцінювання результатів навчання

Лабораторні роботи

Ваговий бал – 2. Максимальна кількість балів за всі лабораторні роботи дорівнює $6 \cdot 2 = 12$ балів.

Критерії оцінювання:

- Протокол не підготовлений, студент не знає послідовності виконання лабораторної роботи – 0 балів. Такий студент не допускається до виконання роботи;
- Після виконання лабораторної роботи студент опрацював результати, правильно заповнив таблиці, побудував і правильно оформив графіки, зробив відповідні розрахунки, виконав грамотно висновки та відповів на запитання – 2 бали;

- Після виконання лабораторної роботи студент опрацював результати, правильно заповнив протокол, але не зміг повною мірою викласти висновки і відповіді на запитання викладача – 1 бал.

Робота на практичних заняттях

Ваговий бал кожного розрахункового завдання – 2. Максимальна кількість балів на всіх практичних заняттях дорівнює $9 \cdot 2 = 18$ балів.

Критерії оцінювання:

- Студент не виконав завдання, або неправильно розв'язав усі задачі, виконав не свій варіант – 0 балів.
- Студент виконав завдання у повному обсязі, зробив необхідні розрахунки та відповів на запитання – 2 бали;
- Студент виконав завдання не в повному обсязі, зробив помилки у розрахунках, які вплинули на кінцевий результат, не зміг повною мірою викласти висновки і відповіді на запитання викладача – 1 бал.

Контрольні роботи

Ваговий бал 15. Максимальна кількість балів за всі контрольні роботи дорівнює $15 \cdot 2 = 30$. Контрольна робота складається з 5 питань, що максимально оцінюються по 3 бал кожне.

- «відмінно» - 14...15 балів;
- «дуже добре» - 12...13 балів;
- «добре» - 11 балів;
- «задовільно» - 10 балів;
- «достатньо» - 9 балів;
- «незадовільно» - 0 балів.

Розрахунок шкали (R) рейтингу:

Сума вагових балів контрольних заходів протягом семестру складає:

$$R_c = 12 + 18 + 30 = 60 \text{ балів}$$

На іспиті студенти виконують письмову контрольну роботу. Кожне завдання містить три теоретичних і одне практичне питання. Кожне теоретичне питання оцінюється у 10 балів.

Система оцінювання теоретичних питань:

- «відмінно» - повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 9...10 балів;
- «добре» - достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації, або незначні неточності) – 7...8 балів;
- «задовільно» - неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки) – 6 балів;
- «незадовільно» - загалом неправильна відповідь, або її відсутність – 0...5 балів.
- Система оцінювання практичного питання:

- «відмінно» - повне безпомилкове розв'язування завдання – 9...10 балів;
- «добре» - повне розв'язування завдання з несуттєвими неточностями 7...8 балів;
- «задовільно» - завдання виконано, але з суттєвими недоліками – 6 балів;
- «незадовільно» - завдання не виконано – 0 балів.

Сума стартових балів і балів за іспит переводиться до іспитової оцінки згідно з таблицею:

Бали $R_D = R_C + R_E$	Екзаменаційна оцінка
95...100	Відмінно
85...94	Дуже добре
75...84	Добре
65...74	Задовільно
60...64	Достатньо
Менше 60	Незадовільно

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено: професор, доктор технічних наук, доцент, Костецький Юрій Віталійович, асистент, Іванченко Дмитро Вікторович

Ухвалено кафедрою ливарного виробництва (протокол № 3 від 08 жовтня 2025 р.)

Погоджено Методичною комісією НН ІМЗ ім. Є. О. Патона (протокол № 2 від 16 жовтня 2025 р.)