Національний технічний університет України
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Кафедра технології електрохімічних виробництв

НОВІ ЕЛЕКТРОХІМІЧНІ СИСТЕМИ І ТЕХНОЛОГІЇ У ПРОМИСЛОВОСТІ, ОХОРОНІ ДОВКІЛЛЯ ТА ЕНЕРГЕТИЦІ

Робоча програма освітньої компоненти (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	***Другий (магістерський)***
Галузь знань	*16 Хімічна та біоінженерія*
Спеціальність	*161 Хімічні технології та інженерія*
Освітня програма	*Хімічні технології та інженерія*
Статус дисципліни	*Вибіркова*
Форма навчання	*Денна / змішана*
Рік підготовки, семестр	*2 курс, осінній семестр*
Обсяг дисципліни	*8 кредитів (240 годин)*
Семестровий контроль/ контрольні заходи	*Екзамен усний*
Розклад занять	*Лекції 2 години на тиждень (1 пара); практичні заняття 1 година на тиждень (0,5 пари); лабораторні заняття 2 години на тиждень (1 пара)*
Мова викладання	*Українська*
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: *к.т.н., доцент Букет Олександр Іванович, buket.oleksandr@lll.kpi.ua, Telegram @Aleksandr1268* Практичні: *к.т.н., доцент Букет Олександр Іванович, buket.oleksandr@lll.kpi.ua, Telegram @Aleksandr1268* Лабораторні: *к.т.н., доцент Букет Олександр Іванович, buket.oleksandr@lll.kpi.ua, Telegram @Aleksandr1268*
Розміщення курсу	*Google Classroom (Google G Suite for Education, домен LLL.kpi.ua, платформа Sikorsky-distance); доступ за запрошенням викладача*

Програма навчальної дисципліни

1. Опис освітньої компоненти, її мета, предмет вивчання та результати навчання

Освітня компонента (ОК) «Нові електрохімічні системи і технології у промисловості, охороні довкілля та енергетиці» є вибірковою ОК із циклу професійної підготовки, що викладаються кафедрою Технології електрохімічних виробництв. являє собою систему теоретичних положень, що нададуть майбутньому науковцю широти кругозору, необхідного для кваліфікованого й осмисленого вибору майбутнього напряму професійної діяльності та ефективної подальшої роботи за вибраним напрямом. Даний кредитний модуль дає можливість оцінити перспективність конкретного заданого комплексу робіт

пов'язаних з прикладною електрохімією в найбільш важливих галузях сучасної науки та промисловості.

***Метою** освітньої компоненти є формування у студентів компетентностей:*

- *ФК1. Здатність досліджувати, класифікувати і аналізувати показники якості хімічної продукції, технологічних процесів і обладнання хімічних виробництв;*
- *ФК2. Здатність організовувати і управляти хіміко-технологічними процесами в умовах промислового виробництва та в науково-дослідних лабораторіях з урахуванням соціальних, економічних та екологічних аспектів;*
- *ФК6. Здатність ідентифікувати, аналізувати і з науково-обґрунтованою аргументацією планувати стратегію вирішення хіміко-технологічних проблем і задач виробництв неорганічних речовин та захисту металів від корозії.*

Згідно з вимогами програми навчальної дисципліни студенти після засвоєння ОК «Нові електрохімічні системи і технології у промисловості, охороні довкілля та енергетиці» мають продемонструвати такі результати навчання:

- *ПР2. Здійснювати пошук необхідної інформації з хімічної технології, процесів і обладнання виробництв хімічних речовин та матеріалів на їх основі, систематизувати, аналізувати та оцінювати відповідну інформацію.*
- *ПР6. Розробляти та реалізовувати проекти в сфері хімічних технологій та дотичні до неї міждисциплінарні проекти з урахуванням соціальних, економічних, екологічних та правових аспектів.*
- *ПР8. Застосовувати передові знання фізико-хімічних концепцій, практик та методів для вдосконалення існуючих неорганічних та електродних матеріалів, для визначення та прогнозування ключових параметрів і властивостей нових неорганічних та електродних матеріалів, в умовах лабораторії або виробництва.*

*Зокрема, продемонструвати **знання :***

- *основ нанотехнологій;*
- *принципів моніторингу стану оточуючого середовища;*
- *методик оцінки впливу хімічних технологій на стан природного середовища й охорону живої природи;*
- *методів планування природоохоронної діяльності на виробництві;*
- *методик реалізації природоохоронних заходів;*
- *технічної електрохімії, необхідні для освоєння загальнопрофесійних дисциплін;*
- *ролі електрохімії в енергетиці.*

*та **уміння**:*

- *вибирати методи моніторингу стану оточуючого середовища;*
- *оцінювати доцільність наноструктурування в електрохімічних технологіях;*
- *оцінювати екологічну безпечність електрохімічних виробництв;*
- *оцінювати вплив електрохімічних виробництв на природні середовища;*
- *планувати природоохоронну діяльність на виробництві;*
- *реалізовувати природоохоронні заходи на виробництві;*
- *оцінювати доцільність застосування технічної електрохімії в енергетиці;*
- *вибирати перспективні напрями дослідження.*

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

Для успішного засвоєння дисципліни студенту необхідні знання та уміння, набуті під час опанування ОК першого і другого семестру ОНП рівня магістр за спеціальністю 161 Хімічні технології та інженерія.

Освітня компонента «Нові електрохімічні системи і технології у промисловості, охороні довкілля та енергетиці» є одною з заключних ОК циклу професійної підготовки. ОК, які базуються на результатах навчання: ОК циклу професійної підготовки, в рамках яких необхідний вибір та розрахунок обладнання для електрохімічних виробництв – «Науково-дослідна практика», «Виконання магістерської дисертації».

3. Зміст освітньої компоненти

РОЗДІЛ 1. Теорія корозійних процесів та методи захисту металів від корозійного руйнування

Тема 1.1. Інгібітори корозії

Сучасний етап і перспективні напрямки розвитку інгібіторного захисту металів від корозії. Адсорбційний інгібітори та інгібітори - пасиватори. Методи прогнозування процесів адсорбції інгібіторів корозії на металах. Роль и в і Дш – ефектів у механізмі захисної дії органічних інгібіторів корозії. Вплив природи металу та природи агресивного середовища на ефективність дії інгібіторів. Комбіновані інгібітори корозії. Ефекти синергізму при їх використанню Техніко-економічне порівняння інгібіторів корозії та способів інгібіторного захисту металів. Хімічна та мікробоіндуктована корозія (МІК) металів у водних розчинах електролітів. Характерні особливості хімічної корозії у водних розчинах електролітів. Квазітермодинамічний критерій хімічної корозії металів. Аномальні процеси корозії. Роль біологічного та електрохімічного факторів в аеробній та анаеробній МІС сталей.

Тема 1.2. Захисні дифузійні покриття

Сучасний стан і перспективні напрямки розвитку технології одержання дифузійних покриттів на базі карбідів та боридів металів. Однокомпонентні та багатокомпонентні дифузійні покриття. Механізм корозійного руйнування дифузійних покриттів у водних агресивних середовищах. Антикорозійні та електрохімічні властивості дифузійних покриттів.

Тема 1.3.Іонізація металів при катодній поляризації

Аномальне катодне розчинення металів при катодній поляризації. Електрохімічні методи захисту від корозії підземних металічних конструкцій та устаткування, що працює у морській воді. Електричні схеми. Сучасні анодні матеріали.

Тема 1.4. Прилади для визначення швидкості корозії

Поняття про поляризаційний опір. Теоретичні передумови, які використовують при розробці електричних схем корозіметрів. Типи приладів для оцінки швидкості корозії згідно методу поляризаційного опору, що розроблені на кафедрі ТЕХВ НТУУ „КПІ" . Типи електродів – датчиків і принципи конструювання електрохімічної комірки для вимірювання швидкості корозії. Використання корозіметрів в умовах катодного захисту підземних споруд. Створення комп'ютерної системи для безперервного моніторингу на великому підприємстві. Сучасні прилади, які суміщають функції вимірювача швидкості корозії та пристрою для катодного захисту металів при використанні схем із зворотнім зв'язком.

Розділ 2. Анодне розчинення та катодне осадження металів

Тема 2.1. Анодна та хімічна пасивація металів

Електрохімічне формування оксидних плівок на поверхні алюмінієвої фольги. Природа анодних і хімічних процесів. Критерії вибору складу електролітів. Послідовність операцій при обробці алюмінієвої фольги. Фізичні і електрохімічні властивості оксидних плівок (напруга пробою, густина струму у зворотному напрямку, діелектрична проникність та питомий ефективний опір), їх залежність від складу електроліту й режимів електролізу.

Тема 2.2 . Пасивація металів в технічній електрохімії

Визначення терміну "пасивація металів" в електрохімії. Електрохімічна та хімічна пасивація металів. Сольова пасивація. Пасивація поверхні катода в процесах електрокристалізації металів. Утворення оксидних сполук в процесах анодного окислення металів. Характерні параметри пасиваційних процесів. Склад пасивуючих шарів та їх захисні властивості. Особливості пасивації сплавів.

Тема 2.3. Сучасні технології нанесення функціональних покриттів в радіоелектроніці та електротехніці

Склад електролітів та технологічні умови електрохімічної обробки поверхні електричних контактів з метою підвищення якості лудіння та монтажу елементів електротехніки та електроніки.

Тема 2.4. Прогресивні імпульсні та змінноструму́ові режими електролізу

Прогресивні імпульсні та змінноструму́ові режими електролізу. Використання таких режимів в гальванотехніці. Переваги нестаціонарних методів електролізу. Форма, амплітуда і тривалість імпульсів. Співвідношення між тривалістю періодів катодної і анодної поляризації при осадженні металів. Вплив умов поляризації на якість електролітичних осадів і на вихід за струмом.

Тема 2.5. Електрохімічне вилучення кольорових та цінних металів

Сучасні методи, технології та технологічне обладнання. Вилучення міді у виробництві друкованих плат. Використання полімерних матеріалів для вилучення кольорових металів. Принципи конструювання електролізерів.

Тема 2.6. Сучасні уявлення про процеси анодування металів

Пасивація як спосіб захисту металів від корозії. Пасивуюча дія неорганічних та органічних сполук. Катодні та анодні пасивуючі інгібітори. Пасивування анодів в гальванотехніці. Нерозчинні аноди в технічній електрохімії. Пасивація металів в процесах контактного обміну. Пригнічення контактного обміну методом анодного захисту. Попередня пасивація металів перед нанесенням гальванічних покриттів. Електроосадження металів на пасивну поверхню. Видалення металевих покриттів без розтравлювання поверхні металу-основи.

Розділ 3. Електрохімічні прилади спеціального призначення

Тема 3.1. Прилади на основі електрохімічних сенсорів

Іонселективні електроди. Області використання іонселективних електродів. Основи теорії мембранних процесів. Електроди з рідинною та плівковою мембранами. Електроди на основі рідинних катіонітів і аніонітів. Електроди з твердими мембранами. Газові та ферментні електроди. Використання іонселективних електродів для визначення вмісту іонів ціану, фтору, хлору та інших окислювачів, сполук азоту та сірки у воді. Визначення важких металів.

Тема 3.2. Сучасний стан розвитку сенсорних технологій

Електрохімічні газові сенсори. Принципи дії напівпровідникових газових сенсорів. Електрохімічні сенсори потенціометричного і амперометричного типів - будова і принцип дії. Використання амперометричних сенсорів для моніторингу повітряного середовища.

Тема 3.3. Проблемні питання вибору матеріалів, для сенсорів

Електроди з платинових металів та титану. Електрохімічна поведінка та стабільність таких електродів. Оксиди металів у якості допоміжних електродів. Конструкційні матеріали для виготовлення сенсорів.

Тема 3.4. Новітні технології виготовлення друкованих штат

Типи сучасних друкованих плат. Матеріали, що використовуються при виготовленні друкованих плат. Електрохімічні процеси, що використовуються у даній технології. Нанесення гальванічних покриттів (мідь, сплав олово-свинець, сплав олово-вісмут).

Розділ 4. Електрохімічна енергетика

Тема 4.1. Сучасні хімічні джерела струму

Хімічні джерела струму нового покоління. Їх енергетичні характеристики та технологія виготовлення. Нові напрямки у галузі розробки хімічних джерел струму (літій-іонні акумулятори та суперконденсатори).

Тема 4.2. Останні досягнення у галузі розробки хімічних джерел струму

Високотемпературні хімічні джерела струму з розплавленими та твердими електролітами. Техніко-економічні вимоги, яким повинні задовольняти джерела живлення електромобіля. Натрій-сірчаний акумулятор та перспективи його використання. Концепція водневої енергетики.

Тема 4.3 Хімічні джерела струму в енергетичних комплексах

Джерела живлення, накопичення та зберігання електричної енергії, яку одержують від відновлювальних джерел (сонячної енергії, енергії вітру). Цинк ферро/ферроціанідний редокс-акумудятор як накопичувач енергії, яку одержують від вігроелектричного генератора.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Навчальні матеріали, зазначені нижче, доступні у бібліотеці університету та у бібліотеці кафедри технології електрохімічних виробництв. Обов'язковою до вивчення є базова література, інші матеріали – факультативні. Розділи та теми, з якими студент має ознайомитись самостійно, викладач зазначає на лекційних та практичних заняттях.

Базова

1. *Антропов Л.І. Теоретична електрохімія. - Київ: Либідь, І993. - 583 е.*
2. *Чвирук В.П., Поляков С.Г., Герасименко Ю.С. Електрохімічний моніторинг техногенних середовищ. - Київ: 2007. – Академперіодика. - 320 с.*
3. *Кошель М.Д. Теоретичні основи електрохімічної енергетики. -Дніпропетровськ: УДХТУ, 2002.- 430 с.*

Додаткова

4. *Якименко Г.Я., Артеменко В.М. Технічна електрохімія. Ч.3. Гальванічні виробництва: Підручник / За ред.. Б.І. Байрачного. - Харків: НТУ "ХПІ", 2006. – 272 с.*
5. *Кунтий О. І. Гальванотехніка: Навчальний посібник. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2004. - 236 с.*
6. *Панасенко В.Ф., Яцюк Л.А., Лінючева О.В., Погребова І.С., Косогін О.В. Виробництво хімічних продуктів електролізом: основне обладнання та приклади розрахунків: навч. посіб. – К.: НТУУ «КПІ», 2012. – 156 с.*
7. *Thomas F. O'Brien, Tilak V. Bommaraju, Fumio Hine. Handbook of Chlor-Alkali Technology Volume I: Fundamentals / Springer New York, NY, 2005. – 1580 p.*
8. *The Anodization of Aluminum for Nanotechnology Applications // JOM: the journal of the Minerals, Metals & Materials Society, June 2010. DOI: 10.1007/s11837-010-0088-5.*

Інформаційні ресурси

9. *Дистанційний курс Google G Suite for Education. Режим доступу: Google Classroom (Google G Suite for Education, домен LLL.kpi.ua, платформа Sikorsky-distance); код курсу **m4mfwge**.*

Навчальний контент

5. Методика опанування освітньої компоненти

Лекційні заняття

Проведення лекцій з ОК проводиться паралельно з розглядом питань, що виносяться на самостійну роботу. При проведенні лекцій застосовуються засоби для відеоконференцій (Zoom) та ілюстративний матеріал у вигляді презентацій. Після кожної лекції рекомендується ознайомитись з матеріалами, рекомендованими для самостійного вивчення, а перед наступною лекцією – повторити матеріал попередньої.

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань
1	***Лекція 1. Інгібітори корозії.*** *Сучасний етап і перспективні напрямки розвитку інгібіторного захисту металів від корозії. Адсорбційний інгібітори та інгібітори - пасиватори. Методи прогнозування процесів адсорбції інгібіторів корозії на металах. Роль и в і Дш – ефектів у механізмі захисної дії органічних інгібіторів корозії. Вплив природи металу та природи агресивного середовища на ефективність дії інгібіторів. Комбіновані інгібітори корозії. Ефекти синергізму при їх використанню Техніко-економічне порівняння інгібіторів корозії та способів інгібіторного захисту металів. Хімічна та мікробоіндуктована корозія (МІК) металів у водних розчинах електролітів. Характерні особливості хімічної корозії у водних розчинах електролітів. Квазітермодинамічний критерій хімічної корозії металів. Аномальні процеси корозії. Роль біологічного та електрохімічного факторів в аеробній та анаеробній МІС сталей.*
2	***Лекція 2. Захисні дифузійні покриття.*** *Сучасний стан і перспективні напрямки розвитку технології одержання дифузійних покриттів на базі карбідів та боридів металів. Однокомпонентні та багатокомпонентні дифузійні покриття. Механізм корозійного руйнування дифузійних покриттів у водних агресивних середовищах. Антикорозійні та електрохімічні властивості дифузійних покриттів.*
3	***Лекція 3. Іонізація металів при катодній поляризації.*** *Аномальне катодне розчинення металів при катодній поляризації. Електрохімічні методи захисту від корозії підземних металічних конструкцій та устаткування, що працює у морській воді. Електричні схеми. Сучасні анодні матеріали.*
4	***Лекція 4. Прилади для визначення швидкості корозії.*** *Поняття про поляризаційний опір. Теоретичні передумови, які використовують при розробці електричних схем корозіметрів. Типи приладів для оцінки швидкості корозії згідно методу поляризаційного опору, що розроблені на кафедрі ТЕХВ НТУУ „КПІ" . Типи електродів – датчиків і принципи конструювання електрохімічної комірки для вимірювання швидкості корозії. Використання корозіметрів в умовах катодного захисту підземних споруд. Створення комп'ютерної системи для безперервного моніторингу на великому підприємстві. Сучасні прилади, які суміщають функції вимірювача швидкості корозії та пристрою для катодного захисту металів при використанні схем із зворотнім зв'язком.*
5	***Лекція 5. Анодна та хімічна пасивація металів.*** *Електрохімічне формування оксидних плівок на поверхні алюмінієвої фольги. Природа анодних і хімічних процесів. Критерії вибору складу електролітів. Послідовність операцій при обробці алюмінієвої фольги. Фізичні і електрохімічні властивості оксидних плівок (напруга пробою, густина струму у зворотному напрямку, діелектрична проникність та питомий ефективний опір), їх залежність від складу електроліту й режимів електролізу.*

6	***Лекція 6. Сучасні технології нанесення функціональних покриттів в радіоелектроніці***. *Склад електролітів та технологічні умови електрохімічної обробки поверхні електричних контактів з метою підвищення якості лудіння та монтажу елементів електротехніки та електроніки.*
7	***Лекція 7. Прогресивні імпульсні та змінноструму́мові режими електролізу***. *Прогресивні імпульсні та змінноструму́мові режими електролізу. Використання таких режимів в гальванотехніці. Переваги нестаціонарних методів електролізу. Форма, амплітуда і тривалість імпульсів. Співвідношення між тривалістю періодів катодної і анодної поляризації при осадженні металів. Вплив умов поляризації на якість електролітичних осадів і на вихід за струмом.*
8	***Лекція 8. Теоретичні основи процесів пасивації металів.*** *Визначення терміну "пасивація металів" в електрохімії. Електрохімічна та хімічна пасивація металів. Сольова пасивація. Пасивація поверхні катода в процесах електрокристалізації металів. Утворення оксидних сполук в процесах анодного окислення металів. Характерні параметри пасиваційних процесів. Склад пасивуючих шарів та їх захисні властивості. Особливості пасивації сплавів.*
9	***Лекція 9. Пасивація металів у технічній електрохімії.*** *Пасивація як спосіб захисту металів від корозії. Пасивуюча дія неорганічних та органічних сполук. Катодні та анодні пасивуючі інгібітори. Пасивування анодів в гальванотехніці. Нерозчинні аноди в технічній електрохімії. Пасивація металів в процесах контактного обміну. Пригнічення контактного обміну методом анодного захисту. Попередня пасивація металів перед нанесенням гальванічних покриттів. Електроосадження металів на пасивну поверхню. Видалення металевих покриттів без розтравлювання поверхні металу-основи.*
10	***Лекція 10. Теорія та технологічні режими процесів вилучення кольорових та цінних металів з відпрацьованих розчинів.*** *Сучасні методи, технології та технологічне обладнання. Вилучення міді у виробництві друкованих плат. Використання полімерних матеріалів для вилучення кольорових металів. Принципи конструювання електролізерів.*
11	***Лекція 11. Використання електрохімії при вирішенні питань охорони навколишнього середовища.*** *Очистка стічних вод електрохімічними методами. Теорія та технологічні режими процесів вилучення кольорових та цінних металів з відпрацьованих розчинів.*
12	***Лекція 12. Прилади на основі електрохімічних сенсорів для визначення шкідливих домішок.*** *Іонселективні електроди. Області використання іонселективних електродів. Основи теорії мембранних процесів. Електроди з рідинною та плівковою мембранами. Електроди на основі рідинних катіонітів і аніонітів. Електроди з твердими мембранами. Газові та ферментні електроди. Використання іонселективних електродів для визначення вмісту іонів ціану, фтору, хлору та інших окислювачів, сполук азоту та сірки у воді. Визначення важких металів.*
13	***Лекція 13. Сучасний стан і перспективи розвитку сенсорних технологій для моніторингу повітряного середовища.*** *Електрохімічні газові сенсори. Принципи дії напівпровідникових газових сенсорів. Електрохімічні сенсори потенціометричного і амперометричного типів - будова і принцип дії. Використання амперометричних сенсорів для моніторингу повітряного середовища.*
14	***Лекція 14. Проблемні питання вибору матеріалів для робочих та допоміжних електродів газових сенсорів***. *Електроди з платинових металів та титану. Електрохімічна поведінка та стабільність таких електродів. Оксиди металів у якості допоміжних електродів. Конструкційні матеріали для виготовлення сенсорів.*

15	***Лекція 15. Новітні технології виготовлення гнучких друкованих плат та основні напрямки їх удосконалення.*** *Типи сучасних друкованих плат. Матеріали, що використовуються при виготовленні друкованих плат. Електрохімічні процеси, що використовуються у даній технології. Нанесення гальванічних покриттів (мідь, сплав олово-свинець, сплав олово-вісмут).*
16	***Лекція 16. Сучасні хімічні джерела струму. Хімічні джерела струму нового покоління****. Їх енергетичні характеристики та технологія виготовлення. Нові напрямки у галузі розробки хімічних джерел струму (літій-іонні акумулятори та суперконденсатори).*
17	***Лекція 17. Останні досягнення у галузі розробки хімічних джерел струму****. Високотемпературні хімічні джерела струму з розплавленими та твердими електролітами. Техніко-економічні вимоги, яким повинні задовольняти джерела живлення електромобіля. Натрій-сірчаний акумулятор та перспективи його використання. Концепція водневої енергетики.*
18	***Лекція 18. Хімічні джерела струму в енергетичних комплексах****. Джерела живлення, накопичення та зберігання електричної енергії, яку одержують від відновлювальних джерел (сонячної енергії, енергії вітру). Цинк ферро/ферроціанідний редокс-акумудятор як накопичувач енергії, яку одержують від вігроелектричного генератора.*

Практичні заняття

Основні завдання циклу практичних занять -це навчити студентів використовувати набуті раніше знання для складання рівнянь основних та побічних електродних реакцій, що перебігають при веденні технологічних процесів, складання балансу електрохімічних систем та проведення інших технологічних розрахунків.

№ з/п	Назва теми заняття
1	*Інгібіторний захист.* *Розрахунок концентрації інгібіторів для захисту за механізмом утворення фазових захисних шарів.*
2	*Метод поляризаційного опору.* *Розрахунок швидкості корозійних процесів за даними миттєвого поляризайного контролю.*
3	*Анодна та хімічна пасивація металів.* *Розрахунок товщини анодних покриттів за даними фотометричних досліджень.*
4	*Використання електрохімії при вирішенні питань охорони навколишнього середовища.* *Розрахунок витрат металів для відстійників при очистці стічних вод.*
5	*Прилади на основі електрохімічних сенсорів для визначення шкідливих домішок.* *Розрахунок основних метрологічних характеристик електрохімічних сенсорів.*
6	*Сучасний стан і перспективи розвитку сенсорних технологій для моніторингу повітряного середовища.* *Розрахунок робочого ресурсу електрохімічних сенсорів.*
7	*Сучасні хімічні джерела струму. Хімічні джерела струму нового покоління.* *Розрахунок реальних технічних характеристик комерційних акумуляторів за рекламними даними.*
8	*Хімічні джерела струму в енергетичних комплексах.* *Розрахунок технічних характеристик прогресивних накопичувачів електричної енергії.*

9	Написання модульної контрольної роботи

Лабораторні роботи

Основні завдання циклу лабораторних занять – це використання одержаних на лекціях знань, ознайомлення з технічною реалізацією відомих з лекційного курсу процесів та закріплення теоретичного матеріалу.

№ з/п	Назва лабораторної роботи	Кількість ауд. годин
1	Вступне заняття. Техніка безпеки. Постановка задачі на проведення досліджень у рамках тематики магістерської дисертації.	4
2	Методичне заняття. Правила та підходи до розробки методики лабораторних робіт.	4
3	Правила оформлення кваліфікаційних робіт, у т.ч. лабораторних робіт. Правила та підходи щодо підготовки та оформлення методичних вказівок до лабораторного практикуму.	4
4	Виконання лабораторної роботи за темою, близькою до магістерської дисертації	20
5	Захист лабораторної роботи	4

6. Самостійна робота студента/аспіранта

Самостійна робота студента (СРС) протягом семестру включає повторення лекційного матеріалу, підготовка до проведення практичних завдань та виконання розрахунків, проведення розрахунків та оформлення звітів з лабораторних робіт; виконання домашньої контрольної роботи, підготовка до модульної контрольної роботи; підготовка до екзамену. Рекомендована кількість годин, яка відводиться на підготовку до зазначених видів робіт:

Вид СРС	Кількість годин на підготовку
Підготовка до аудиторних занять: повторення лекційного матеріалу; проведення розрахунків та оформлення звітів з лабораторних робіт; підготовка до проведення практичних завдань та виконання розрахунків	5 – 6 годин на тиждень
Виконання домашньої контрольної роботи	15 годин
Підготовка до МКР (повторення матеріалу)	4 години
Підготовка до екзамену	30 годин

Політика та контроль

7. Політика освітньої компоненти

У звичайному режимі роботи університету лекційні, практичні та лабораторні заняття проводяться в навчальних аудиторіях. У змішаному режимі лекційні та практичні заняття проводяться через платформу дистанційного навчання Сікорський, лабораторні заняття – в навчальних лабораторіях. У дистанційному режимі всі заняття проводяться через платформу дистанційного навчання Сікорський. Відвідування лекційних, практичних та лабораторних занять є обов'язковим.

Правила захисту лабораторних робіт:

1. *До захисту допускаються студенти, які виконали лабораторну роботу, правильно виконали розрахунки та вірно оформили протокол з лабораторної роботи (при неправильно виконаних розрахунках чи неякісному оформлені недоліки слід усунути).*
2. *Захист відбувається або на лабораторних заняттях під час технологічно обумовлених перерв, або на консультаціях з дисципліни, які проводяться щотижнево.*
3. *Після захисту лабораторної роботи, який полягає у виконанні індивідуального розрахункового завдання або теоретичному опитуванні по темі лабораторної роботи викладачем виставляється загальна оцінка і робота вважається захищеною.*

Політика дедлайнів та перескладань: визначається п. 8 Положення про поточний, календарний та семестровий контроль результатів навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського. Захист протоколів лабораторних робіт, виконання модульної контрольної роботи, яка була пропущена з поважних причин, що підтверджено документально, приймання домашньої контрольної роботи проводиться виключно впродовж семестру, і припиняється після початку семестрового контролю.

Політика щодо академічної доброчесності: визначається політикою академічної чесності та іншими положеннями Кодексу честі університету.

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

Поточний контроль: робота на практичних заняттях, виконання та захист лабораторних робіт; виконання індивідуального лабораторного завдання або підготовка звіту із промислового використання досліджуваних процесів; виконання модульної контрольної роботи; виконання розрахункової роботи.

Рейтингова система оцінювання результатів навчання

Рейтинг студента з кредитного модуля розраховується виходячи із 100-бальної шкали, з них 60 бали складає стартова шкала. Стартовий рейтинг (протягом семестру) складається з балів, що студент отримує за:

- *відповіді на практичних заняттях (в середньому 2 рази за семестр);*
- *виконання та захист лабораторної роботи;*
- *виконання модульної контрольної роботи;*
- *виконання домашньої контрольної роботи.*

Критерії нарахування балів:

1. ***Виконання лабораторної роботи***

Ваговий бал – 25 балів. Бали за лабораторну роботу розраховуються як сума балів за виконання окремих етапів роботи – допуск і власне виконання 10 балів), та якість оформленого протоколу і захисту роботи (15 балів).

Допуск та виконання лабораторної роботи

- *при перевірці готовності до ЛР надаються вірні і вичерпні відповіді; підготовлено в повному обсязі схему протоколу лабораторної роботи; безпомилкове виконання завдання ЛР в повному обсязі з наявністю елементів творчого підходу при безумовному додержанні правил і норм техніки безпеки - 10 балів;*
- *при перевірці готовності студент має утруднення при формулюванні вірних відповідей; є зауваження щодо підготовки протоколу; виконання завдання ЛР в повному обсязі при додержанні правил і норм техніки безпеки – 9…7 балів;*
- *виконання завдань ЛР в повному обсязі при наявності зауважень з боку викладача щодо необґрунтованого відхилення від методичних вказівок або щодо додержання вимог техніки безпеки – 6…4 бали;*

– *невиконання завдань ЛР в повному обсязі за відведений час при наявності зауважень з боку викладача щодо вірності виконання роботи або додержання вимог техніки безпеки – 3…0 балів.*

Якість протоколу та захисту лабораторної роботи

– *наявність впевнених знань і набутих вмінь з завдань виконаної ЛР; бездоганне оформлення протоколу та інших матеріалів - 15 балів (не менше 90 % потрібної інформації);*
– *не зовсім повне оволодіння знаннями і вміннями за підсумками виконання ЛР; зауваження щодо повноти і якості оформлення протоколу – 14…12 балів (не менше 75 % потрібної інформації);*
– *наявність суттєвих зауважень щодо повноти, грамотності і охайності при оформленні матеріалів з виконаної ЛР – 13…10 бали (не менше 60 % потрібної інформації);*
– *значні зауваження щодо повноти і оформлення протоколу; неспроможність дати відповідь по виконаній роботі – 9…0 балів.*

2. Робота на практичних заняттях

Ваговий бал – 4 ***бали.*** *Оцінювання роботи проводиться за наступною шкалою:*

– *безпомилкове виконання розрахункового завдання або розрахунок з деякими математичними похибками – 4 бала;*
– *виконання завдання з деякими математичними похибками або після невеликої навідної допомоги викладача чи іншого студента – 3 бала ;*
– *проведення розрахункових вправ зі значущими помилками хімічного, стехіометричного чи математичного характеру – 2 бали;*
– *проведення розрахункових вправ з грубими помилками щодо хімічної чи хіміко-технологічної суті завдання – 1…0 балів.*

3. Домашня контрольна робота (ДКР)

Ваговий бал – ***12 балів****. Кожне завдання на ДКР складається з 3 питань теоретичного (ваговий бал 3) та 1 питання розрахункового характеру (ваговий бал 3). Кількість балів за ДКР розраховується як сума балів за кожне питання. Оцінювання проводиться за наступною шкалою:*

- *безпомилкове вирішення розрахункової вправи і бездоганна відповідь на завдання при наявності елементів продуктивного (творчого) підходу; демонстрація вміння впевненого застосування фундаментальних знань з хімії при відповіді на контрольне завдання – 3 бала;*
- *вирішення розрахункової вправи з незначними, непринциповими помилками (в т.ч. математичного характеру); наявність 1-2 помилок при відповіді на контрольне завдання – 2 бала;*
- *вирішення розрахункової вправи з двома-трьома досить суттєвими помилками; наявність суттєвих помилок при відповіді на контрольне завдання - 1 бал;*
- *виконання розрахункової вправи менш, ніж на 50 %; наявність принципових помилок при відповіді на контрольне завдання – 0 балів.*

4. Модульна контрольна робота

Ваговий бал – ***15 балів****. МКР складається із трьох запитань, які оцінюється в 5 балів кожне.*

- *безпомилкове вирішення розрахункової вправи і бездоганна відповідь на завдання при наявності елементів продуктивного (творчого) підходу; демонстрація вміння впевненого застосування фундаментальних знань з хімії при відповіді на контрольне завдання – 5 балів;*

- *вирішення розрахункової вправи з незначними, непринциповими помилками (в т.ч. математичного характеру); наявність 1-2 помилок при відповіді на контрольне завдання – 4 бали;*
- *вирішення розрахункової вправи з двома-трьома досить суттєвими помилками; наявність суттєвих помилок при відповіді на контрольне завдання - 1 бал;*
- *виконання розрахункової вправи менш, ніж на 50 %; наявність принципових помилок при відповіді на контрольне завдання – 3…0 балів.*

*Календарний контроль: проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу. Умовою отримання позитивної оцінки з календарного контролю є рейтинг студента 50 % від максимально можливого на час календарного контролю. На **першому календарному контролі** (8-й тиждень) студент отримує «атестований», якщо його поточний рейтинг не менше 0,5·8[1]=**4 бали**. На **другому календарному контролі** (14-й тиждень) студент отримує «атестований», якщо його поточний рейтинг не менше 0,5·28[2]=**14 балів**.*

Семестровий контроль: усний екзамен.
*На екзамені студенти мають відповісти на питання екзаменаційного білета. Кожен білет містить два теоретичних питання, які оцінюються у **15 балів** кожне, та одна задача, яка оцінюється у **10 балів**. Кожне запитання (завдання) оцінюється за такими критеріями:*

- *повна відповідь на запитання з елементами оригінального, творчого підходу до пояснення прийнятих рішень, обґрунтування цих рішень на основі демонстрації вмінь залучати фундаментальні знання з хімії - 14-15 (9-10) балів (не менше 90 % потрібної інформації);*
- *повна і взагалі вірна відповідь на запитання з 1–5 незначними помилками або зауваженнями - 11-13 (7-8) балів (не менше 75 % потрібної інформації);*
- *взагалі вірна відповідь на запитання з 5–6 незначними помилками та 1–2 зауваженнями принципового характеру, пов'язаного з неповнотою знань з фундаментальних основ - 9-10 (6) балів (не менше 60 % потрібної інформації);*
- *незадовільна відповідь - 0 балів.*

Максимальна сума балів, яку студент може набрати протягом семестру, складає 60 балів:

$$RC = r_{лр} + r_{ілр} + r_{пр} + r_{мкр} + r_{дкр} = 25 + 8 + 12 + 15 = 60 \text{ балів.}$$

Умовою допуску до екзамену є зарахування всіх лабораторних робіт, написання ДКР, виконання МКР та кількість рейтингових балів не менше 30.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	*Оцінка*
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

9. Додаткова інформація з освітньої компоненти

- *Перелік завдань до ДКР та для підготовки до екзамену наведений у системі «Електронний кампус».*

[1] Максимальна кількість балів, яку може набрати студент протягом 8 тижнів.
[2] Максимальна кількість балів, яку може набрати студент протягом 14 тижнів.

- *Перелік матеріалів, якими дозволено користуватись під час екзамену – під час екзамену студенту заборонено використовувати будь-які допоміжні матеріали та літературу. За порушення вимог студенти усуваються від екзамену.*

Робочу програму освітньої компоненти (силабус):

Складено доцентом кафедри технології електрохімічних виробництв, к.т.н., доцентом Букетом Олександром Івановичем.

Ухвалено *кафедрою технології електрохімічних виробництв (протокол № 14 від 16.06.2023р.)*

Погоджено *Методичною комісією факультету (протокол № 9 від 25.05.2023р.)*