



ВИРОБНИЦТВО ХІМІЧНИХ ПРОДУКТІВ ЕЛЕКТРОЛІЗОМ

Робоча програма освітнього компонента (Силабус)

Реквізити освітнього компонента

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>16 Хімічна інженерія та біоінженерія</i>
Спеціальність	<i>161 Хімічні технології та інженерія</i>
Освітня програма	<i>Хімічні технології та інженерія</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>Очна (денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>4 курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>4 кредити ECTS / 120 годин</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік / МКР, РГР</i>
Розклад занять	<i>Лекції 1,2 години на тиждень; Лабораторні роботи 2,4 години на тиждень</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: к.т.н., доцент Косогін Олексій Володимирович, kosohin.oleksii@ill.kpi.ua , Telegram @Kosohin Лабораторні: к.т.н., доцент Косогін Олексій Володимирович, kosohin.oleksii@ill.kpi.ua , Telegram @Kosohin;
Розміщення курсу	<i>Google Classroom (Google G Suite for Education, домен LLL.kpi.ua, платформа Sikorsky-distance); доступ за запрошенням викладача</i>

Програма освітнього компонента

1. Опис освітнього компонента, його мета, предмет вивчання та результати навчання

Силабус освітнього компонента «Виробництво хімічних продуктів електролізом» складено відповідно до освітньої програми «Хімічні технології та інженерія» спеціальності 161 Хімічні технології та інженерія.

Освітній компонент «Виробництво хімічних продуктів електролізом» є вибіркоким з Ф-каталогу, і знайомить студентів з одним із напрямків практичного використання електрохімії, пов'язаним із отриманням неорганічних речовин різного призначення, який набув широкого використання в сучасній промисловості та дозволяє забезпечити сталий розвиток промисловості. Студенти отримують знання, необхідні для роботи в галузі водневої енергетики, синтезі основних неорганічних речовин, що визначають розвиток хімічної промисловості взагалі; синтезі дезінфектантів широкого спектру дії.

Метою освітнього компонента є формування у студентів здатностей: (ЗК02) здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях; (ФК03) здатність проектувати хімічні процеси з урахуванням технічних, законодавчих та екологічних обмежень; (ФК04) здатність використовувати сучасні матеріали, технології і конструкції апаратів в хімічній інженерії; (ФК09) здатність проводити учбово-дослідні експерименти та володіти основними прийомами

роботи в хімічній лабораторії; (ФК12) здатність використовувати фундаментальні закономірності електрохімії для вирішення прикладних задач електрохімічних технологій.

Предмет освітнього компонента – технологічні процеси отримання неорганічних і органічних речовин електрохімічними методами.

Програмні результати навчання, на формування та покращення яких спрямований освітній компонент: (ПРН06) Розуміти основні властивості конструкційних матеріалів, принципи та обмеження їх застосовування в хімічній інженерії; (ПРН08) Використовувати сучасні обчислювальну техніку, спеціалізоване програмне забезпечення та інформаційні технології для розв'язання складних задач і практичних проблем у галузі хімічної інженерії, зокрема, для розрахунків устаткування і процесів хімічних виробництв; (ПРН17) Розуміти основні способи і методи одержання металічних і неметалічних покриттів різного функціонального призначення, технологічні способи одержання хімічних продуктів електролізом та основні способи і методи захисту металічних конструкцій від корозії.

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

Для успішного засвоєння освітньої компоненти студенту необхідні знання та уміння, що були отримані під час вивчення освітніх компонент «Загальна та неорганічна хімія», «Процеси і апарати хімічних технологій», «Загальна хімічна технологія».

Освітній компонент «Виробництво хімічних продуктів електролізом» є одним із заключних в циклі професійної підготовки, та підсилює компетентності, набуті в процесі вивчення нормативних освітніх компонент циклу професійної підготовки. Освітні компоненти, які базуються на результатах навчання: компоненти з циклу професійної підготовки, в рамках яких необхідний вибір та розрахунок обладнання для електрохімічних виробництв «Основи проектування хімічних виробництв», «Переддипломна практика», «Дипломне проектування».

3. Зміст освітнього компонента

РОЗДІЛ 1. Предмет і задачі.

Тема 1.1. Розвиток електрохімічної технології отримання неорганічних речовин електролізом. Сучасний стан і перспективи розвитку електрохімічних виробництв у хімічній промисловості. Основні напрямки розвитку техніки електролізу в хімічній промисловості. Шляхи підвищення економічності електрохімічних виробництв.

РОЗДІЛ 2. Основні засади технологічних процесів у електрохімічних виробництвах.

Тема 2.1. Основні елементи і поняття електрохімічних виробництв.

Основні елементи і поняття електрохімічного виробництва продуктів в хімічній промисловості. Електроди. Діафрагми. Електроліти.

Тема 2.2. Енергетика електрохімічних виробництв. Організація промислового електролізу.

Баланс напруги: теоретична напруга розкладання розчинів і розрахунок її з електродних рівноважних потенціалів і з термодинамічних даних, перенапруга виділення продуктів на електродах, падіння напруги в електролітах, діафрагмах, провідниках першого роду. Витрати електроенергії і шляхи їх зниження. Економічна густина струму.

Промисловий електроліз: схеми підключення електролізерів, конструкції електролізерів, компонування цеху електролізу, джерело постійного струму, основи електробезпеки.

РОЗДІЛ 3. Виробництво водню і кисню електролізом води

Тема 3.1. Теоретичні основи процесу.

Водень і кисень як хімічна сировина, методи їх отримання. Теоретичні основи електролізу води. Основні процеси та закономірності при одержанні водню і кисню електролізом. Побічні процеси при електролізі води. Вихід за струмом. Робоча напруга при електролізі води: теоретична напруга розкладу води, перенапруга водню і кисню, падіння напруги в електроліті і діафрагмі. Газонаповнення електроліту. Конструкції і матеріали електродів. Енергетичний і тепловий баланси ванн. Електроліз води під тиском.

Тема 3.2. Апаратурне оформлення процесу

Апаратурне оформлення виробництва води і кисню електролізом води. Електролізери для розкладання води: моно- і біполярні конструкції. Регулювання тиску газів і рівню електроліту в електролізері. Технологічна схема виробництва.

Тема 3.3. Шляхи підвищення економічності

Шляхи підвищення економічності виробництва водню електролізом. Виробництво важкої води. Високотемпературний електроліз із твердим електролітом. Електроліз із полімерними мембранами. Застосування термохімічних циклів.

РОЗДІЛ 4. Електрохімічне виробництво хлору, лугу та водню

Тема 4.1. Динаміка розвитку, сировина, перспективи. Теоретичні основи процесу

Промислові методи виробництва хлору і лугів, галузі їх використання. Динаміка і перспективи розвитку хлорних виробництв. Сировина.

Теоретичні основи електролізу розчинів хлориду натрію. Діаграма Пурбе для хлору. Основні і побічні процеси. Кінетика анодного виділення хлору і проблема анодного матеріалу. Виробництво ОРТА і графітових анодів.

Тема 4.2. Діафрагмовий метод виробництва

Електроліз з фільтруючою діафрагмою: принцип роботи, вплив швидкості руху електроліту на вихід за струмом, розрахунок складу католіту. Діафрагми. Азбополімерні діафрагми. Вибір умов електролізу. Баланс напруги. Тепловий і енергетичні баланси. Моно- і біполярні конструкції електролізерів з осажденою діафрагмою. Особливості експлуатації електролізерів з фільтруючою діафрагмою і анодами ОРТА. Шляхи інтенсифікації електролізерів з осажденою діафрагмою.

Тема 4.3. Мембранний метод виробництва

Електроліз з катіонообмінною мембраною. Властивості іонообмінних мембран і їх технічні характеристики. Модифікація мембран. Вплив умов електролізу, складу електроліту і католіту на вихід за струмом лугу. Вибір оптимальних умов електролізу з іонообмінними мембранами. Моно- і біполярні конструкції електролізерів з іонообмінними мембранами. Перспективні галузі використання іонообмінних мембран в електрохімічних процесах. Шляхи вдосконалення мембранних технологій в електрохімічних виробництвах.

Тема 4.4. Технологічні схеми. Порівняння техніко-економічних показників, шляхи вдосконалення. Виробництво хлору електролізом абгазної хлоридної кислоти

Технологічні схеми виробництва діафрагмовим, мембранним і ртутним методами. Вимоги до розсолу. Апаратурне оформлення стадій очистки розсолу, обробки лугу, хлору, стічних вод. Конструкційні матеріали.

Порівняння техніко-економічних показників діафрагмового, мембранного і ртутного методів виробництва, шляхи їх підвищення. Перспективи розвитку хлорної промисловості.

Електроліз хлоридної кислоти з отриманням хлору і водню. Проблема абгазної хлоридної кислоти. Теоретичні основи електролізу. Шляхи зниження витрат електроенергії. Конструкція електролізерів. Технологічна схема виробництва.

РОЗДІЛ 5. Виробництво оксигенвмісних сполук хлору

Тема 5.1. Виробництво гіпохлориту натрію

Отримання гіпохлориту натрію. Основні і побічні процеси. Вихід за струмом. Раціональні умови електролізу. Технологічна схема виробництва.

Тема 5.2. Виробництво хлоратів

Виробництво хлоратів натрію та калію. Їх застосування. Електродні процеси. Оптимальні умови електролізу. Електролізери. Технологічна схема.

Тема 5.3. Виробництво перхлорату натрію. Виробництво перхлоратної кислоти.

Виробництво хлорної кислоти і перхлоратів. Основні і побічні процеси. Конструкція електролізерів. Технологічна схема виробництва перхлоратів. Техніка безпеки в виробництвах оксигенвмісних сполук хлору.

РОЗДІЛ 6. Виробництво сполук мангану

Тема 6.1. Виробництво перманганату калію

Виробництво перманганату калію електрохімічним та комбінованими методами. Основні і побічні процеси. Вихід за струмом. Раціональні умови електролізу. Технологічні схеми.

Тема 6.2. Виробництво манган (IV) оксиду

Електросинтез манган (IV) оксиду. Основні і побічні процеси. Раціональні умови отримання. Технологічна схема.

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 заняттях.

Базова література:

1. Горбачов А.К. Технічна електрохімія. Ч.1. Електрохімічні виробництва хімічних продуктів. – Харків : Видавництво "Прапор", 2002. - 254с.
2. 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.
3. Виробництво хімічних продуктів електролізом. Лабораторний практикум [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів, які навчаються за освітньою програмою «Електрохімічні технології неорганічних і органічних матеріалів» спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: О. В. Косогін. - Електронні текстові дані (1 файл: 1.45 Мбайт). - Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. - 108 с. - Назва з екрана.
<https://ela.kpi.ua/handle/123456789/57324>
4. Виробництво хімічних продуктів електролізом. Практикум [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів, які навчаються за освітньою програмою «Електрохімічні технології неорганічних і органічних матеріалів» спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: О. В. Косогін. - Електронні текстові дані (1 файл: 1.44 Мбайт). - Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. - 86 с. - Назва з екрана.
<https://ela.kpi.ua/handle/123456789/57325>
5. Виробництво хімічних продуктів електролізом. Навчальний посібник для виконання розрахунково-графічних робіт [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів, які навчаються за освітньою програмою «Електрохімічні технології неорганічних і органічних матеріалів» спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: О. В. Косогін. - Електронні текстові дані (1 файл: 1.46 Мбайт). - Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. - 99 с. - Назва з екрана.
<https://ela.kpi.ua/handle/123456789/57326>

Додаткова література

6. Thomas F. Fuller & John N. Harb. Electrochemical engineering / Hoboken, NJ, USA: Wiley, 2018. – 436 p.
7. Mustafa Ergin Şahin An Overview of Different Water Electrolyzer Types for Hydrogen Production // Energies 17(19):4944. <http://dx.doi.org/10.3390/en17194944>
https://www.researchgate.net/publication/384578480_An_Overview_of_Different_Water_Electrolyzer_Types_for_Hydrogen_Production
8. Hydrogen Production by Electrolysis / Edited by Agata Godula-Jopek. - Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. 2015 – 425 p.
https://www.researchgate.net/publication/319097290_Hydrogen_Production_By_Electrolysis
9. Thomas F. O'Brien, Tilak V. Bommaraju, Fumio Hine. Handbook of Chlor-Alkali Technology Volume I: Fundamentals / Springer New York, NY, 2005. – 1580 p.
<https://archive.org/details/handbook-of-chlor-alkali-technology-thomas-f.-o-brien-tilak-v.-bommaraju-fumio-hine-springer-2005./mode/2up>

10. Modern Chlor-Alkali Technology. Vol. 8 / Edited by John Moorhouse. Proceedings of the 2000 London. – 436 p.
<https://cutt.ly/LrI8CEVN>
11. Czarnetzki, L. R. (1989). Aspects of electrochemical production of hypochlorite and chlorate / Technische Universiteit Eindhoven. DOI: 10.6100/IR316966.
<https://pure.tue.nl/ws/portalfiles/portal/2204884/316966.pdf>

Інформаційні ресурси

12. 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 vgtxgzl.

Навчальний контент

5. Методика опанування освітнього компонента

Лекційні заняття

Проведення лекцій з освітнього компонента проводиться паралельно з розглядом питань, що виносяться на самостійну роботу. У випадку впровадження дистанційної форми навчання при проведенні лекцій застосовуються засоби для відеоконференцій (Google Meet, Zoom тощо) та ілюстративний матеріал у вигляді презентацій, які розміщені на платформі Sikorsky-distance [9]. 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	<u>Предмет і задачі дисципліни. Основні елементи і поняття промислового електролізу.</u> РОЗДІЛ 1. Предмет і задачі. Тема 1.1. Розвиток електрохімічної технології отримання неорганічних речовин електролізом. Мета і задачі дисципліни, її зв'язок з іншими дисциплінами освітньої програми “Хімічні технології та інженерія”. Сучасний стан і перспективи розвитку електрохімічних виробництв у хімічній промисловості. Основні напрямки розвитку техніки електролізу в хімічній промисловості. РОЗДІЛ 2. Основні засади технологічних процесів у електрохімічних виробництвах. Тема 2.1. Основні елементи і поняття електрохімічних виробництв. Основні елементи і поняття електрохімічних виробництв продуктів в хімічній промисловості. Електроди. Діафрагми. Електроліти.
2	<u>Виробництво водню і кисню електролізом води.</u> РОЗДІЛ 3. Виробництво водню і кисню електролізом води Тема 3.1. Теоретичні основи процесу. Електроліз води. Водень і кисень як хімічна сировина, методи їх отримання. Теоретичні основи електролізу води. Основні процеси та закономірності при одержанні водню і кисню електролізом. Побічні процеси при електролізі води. Вихід за струмом. Напруга на ванні при електролізі води: теоретична напруга розкладу води, перенапруга водню і кисню, падіння напруги в електроліті і діафрагмі. Газонаповнення електроліту. Енергетичний і тепловий баланси ванн. Електроліз води під тиском.
3	<u>Апаратурне оформлення процесу електролізу води. Шляхи підвищення економічності процесу електролізу води.</u> РОЗДІЛ 3. Виробництво водню і кисню електролізом води Тема 3.2. Апаратурне оформлення процесу Конструкція електролізерів для електролізу води: моно- і біполярні конструкції. Подача води до ванн. Регулювання тиску газів і рівню електроліту в ванні. Тема 3.3. Шляхи підвищення економічності

	<i>Високотемпературний електроліз із твердим електролітом, електроліз із іонообмінними мембранами.</i> <i>Тематична контрольна робота 1 (за розділами 1-3)</i>
4	<u>Електрохімічне виробництво хлору, лугу та водню. Діафрагмовий метод виробництва. Мембранний метод виробництва.</u> РОЗДІЛ 4. Електрохімічне виробництво хлору, лугу та водню <i>Тема 4.1. Динаміка розвитку, сировина, перспективи. Теоретичні основи процесу Промислові методи виробництва хлору і лугів, галузі їх використання. Динаміка і перспективи розвитку хлорних виробництв. Сировина. Теоретичні основи електролізу розчинів хлориду натрію. Діаграма Пурбе для хлору. Основні і побічні процеси. Кінетика анодного виділення хлору і проблема анодного матеріалу.</i> <i>Тема 4.2. Діафрагмовий метод виробництва</i> <i>Електроліз з твердим анодом і фільтруючою діафрагмою: принцип роботи, вплив швидкості руху електроліту на вихід за струмом, розрахунок складу католіту. Вибір умов електролізу. Баланс напруги. Тепловий і енергетичні баланси. Моно- і біполярні конструкції електролізерів з осажденою діафрагмою. Особливості експлуатації електролізерів з фільтруючою діафрагмою і анодами ОРТА.</i> <i>Тема 4.3. Мембранний метод виробництва</i> <i>Властивості іонообмінних мембран і їх технічні характеристики. Модифікація мембран. Вплив умов електролізу, складу електроліту і католіту на вихід за струмом лугу. Вибір оптимальних умов електролізу з іонообмінними мембранами. Моно- і біполярні конструкції електролізерів з іонообмінними мембранами. Шляхи вдосконалення мембранних технологій в електрохімічних виробництвах.</i>
5	<u>Порівняння техніко-економічних показників методів виробництва. Виробництво хлору електролізом абгазної хлоридної кислоти.</u> РОЗДІЛ 4. Електрохімічне виробництво хлору, лугу та водню <i>Тема 4.4. Технологічні схеми. Порівняння техніко-економічних показників, шляхи вдосконалення. Виробництво хлору електролізом абгазної хлоридної кислоти</i> <i>Технологічні схеми і апаратурне оформлення виробництва лугу і хлору. Вимоги до розсолу. Апаратурне оформлення стадій очищення розсолу, обробки лугу, хлору, стічних вод.</i> <i>Порівняння техніко-економічних показників діафрагмового, мембранного і ртутного методів виробництва, шляхи їх удосконалення.</i> <i>Теоретичні основи електролізу абгазної хлоридної кислоти. Шляхи зниження витрат електроенергії. Конструкція електролізерів. Технологічна схема виробництва.</i> <i>Тематична контрольна робота 2 (за розділом 4)</i>
6	<u>Електрохімічний синтез оксигенвмісних сполук хлору.</u> РОЗДІЛ 5. Виробництво оксигенвмісних сполук хлору <i>Тема 5.1. Виробництво гіпохлориту натрію</i> <i>Отримання гіпохлориту натрію. Основні і побічні процеси. Вихід за струмом. Раціональні умови електролізу.</i> <i>Тема 5.2. Виробництво хлоратів</i> <i>Виробництво хлоратів. Основні і побічні процеси. Вихід за струмом. Раціональні умови електролізу. Технологічна схема виробництва.</i>
7	<u>Електрохімічний синтез оксигенвмісних сполук хлору.</u> РОЗДІЛ 5. Виробництво оксигенвмісних сполук хлору <i>Тема 5.3. Виробництво перхлорату натрію. Виробництво перхлоратної кислоти. Виробництво перхлоратної кислоти і перхлоратів. Основні і побічні процеси. Конструкція електролізерів. Технологічна схема виробництва перхлоратів.</i>
8	<u>Виробництво сполук мангану.</u> РОЗДІЛ 6. Виробництво сполук мангану <i>Тема 7.1. Виробництво перманганату калію</i>

	Виробництво перманганату калію. Основні і побічні процеси. Вихід за струмом. Раціональні умови електролізу. Тема 7.2. Виробництво манган (IV) оксиду Електросинтез манган (IV) оксиду. Основні і побічні процеси. Раціональні умови отримання.
	Тематична контрольна робота 3 (за розділами 5-6)
9	Оголошення рейтингу Залікова контрольна робота (за необхідності)

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, мета виконання
1	Лабораторна робота №1. Електроліз води <u>Мета роботи</u> – ознайомитись з технологічними питаннями процесу електролізу води; провести випробування лабораторного електролізера з метою отримання даних для складання балансів (матеріального, напруги, енергії); визначити виходи за струмом і витратні коефіцієнти. (РОЗДІЛ 3. Виробництво водню і кисню електролізом води)
2	Лабораторна робота №2. Електрохімічне отримання хлору, луку та водню <u>Мета роботи</u> – ознайомитись з електрохімічним способом отримання хлору, луку та водню електролізом розчину натрій хлориду, з методами контролю технологічного процесу, технологічними розрахунками та дослідити вплив умов електролізу на показники процесу. (РОЗДІЛ 4. Електрохімічне виробництво хлору, луку та водню)
3	Лабораторна робота №3. Електрохімічне отримання гіпохлоритів та хлоратів <u>Мета роботи</u> – отримати хлорати лужних металів ($KClO_3$ чи $NaClO_3$) електролізом розчинів їх хлоридів в електролізері із твердими електродами; визначити вихід за струмом і концентрацію в електроліті гіпохлоритів і хлоратів лужних металів; дослідити вплив умов електролізу на технологічні параметри. (РОЗДІЛ 5. Виробництво оксигенвмісних сполук хлору)
4	Лабораторна робота №6. Електрохімічне отримання манган (IV) оксиду ЕДМ-1 <u>Мета роботи</u> – ознайомитись з електрохімічним способом отримання манган (IV) оксиду модифікації ЕДМ-1; дослідити вплив умов електролізу на вихід за струмом MnO_2 та питомі витрати електроенергії. (РОЗДІЛ 6. Виробництво сполук мангану)
5	Лабораторна робота №7. Електрохімічне отримання манган (IV) оксиду ЕДМ-2 <u>Мета роботи</u> – ознайомитись з електрохімічним способом отримання манган (IV) оксиду модифікації ЕДМ-2; дослідити вплив умов електролізу на вихід за струмом MnO_2 та питомі витрати електроенергії. (РОЗДІЛ 6. Виробництво сполук мангану)
6	Лабораторна робота №8. Електрохімічне отримання перманганатів <u>Мета роботи</u> – ознайомитись з технологічними питаннями процесу електрохімічного отримання калій перманганату, вивчити вплив умов електролізу на вихід за струмом, речовиною та питомі витрати електроенергії при його отриманні. (РОЗДІЛ 6. Виробництво сполук мангану)
7	Лабораторна робота №9. Електрохімічне отримання купрум (I) оксиду

	<u>Мета роботи</u> – ознайомитись з електрохімічним способом отримання купрум (I) оксиду; дослідити вплив умов електролізу на вихід за струмом купрум (I) оксиду, якість продукту та питомі витрати електроенергії. (РОЗДІЛ 2. Основні засади технологічних процесів у електрохімічних виробництвах)
--	--

6. Самостійна робота студента/аспіранта

Самостійна робота студента (СПС) протягом семестру включає повторення лекційного матеріалу, проведення розрахунків та оформлення звітів з лабораторних робіт; підготовка до тематичних контрольних робіт (складові модульної контрольної роботи - МКР); виконання розрахунково-графічної роботи; підготовка до залікової контрольної роботи (у випадку необхідності її виконання). Рекомендована кількість годин, яка відводиться на підготовку до зазначених видів робіт:

Вид СПС	Кількість годин на підготовку
Підготовка до аудиторних занять: повторення лекційного матеріалу; проведення розрахунків та оформлення звітів з лабораторних робіт	3 – 4 години на тиждень
Виконання розрахунково-графічної роботи (РГР)	10
Підготовка до МКР (повторення матеріалу)	6 годин

Завдання на розрахунково-графічну роботу видається через місяць після початку семестру, на виконання завдань студентам виділяється 6 тижнів.

Політика та контроль

7. Політика освітнього компонента

У звичайному режимі роботи університету лекційні та лабораторні заняття проводяться в навчальних аудиторіях. У змішаному режимі лекційні 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 та лабораторних занять є обов'язковим.

Після завершення семестру і початку заліково-екзаменаційної сесії приймання робіт не проводиться.

Система вимог, які викладач ставить перед студентом:

- правила відвідування занять: заборонено оцінювати присутність або відсутність здобувача на аудиторному занятті, в тому числі нараховувати заохочувальні або штрафні бали. Відповідно до РСО даної дисципліни бали нараховують за відповідні види навчальної активності на лабораторних заняттях.
- правила поведінки на заняттях: студент має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності на лабораторних заняттях, передбачені РСО дисципліни. Використання засобів зв'язку для пошуку інформації на гугл-диску викладача, в інтернеті, в дистанційному курсі на платформі Сікорський здійснюється за умови вказівки викладача;
- політика дедлайнів та перескладань: якщо студент не проходив або не з'явився на МКР без поважної причини, його результат оцінюється у 0 балів. Перескладання результатів МКР не передбачено;
- політика щодо академічної доброчесності: Кодекс честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» <https://kpi.ua/files/honorcode.pdf> встановлює загальні моральні принципи, правила етичної поведінки осіб та передбачає політику академічної доброчесності для осіб, що працюють і навчаються в університеті, якими вони мають керуватись у своїй діяльності;

- при використанні цифрових засобів зв'язку з викладачем (мобільний зв'язок, електронна пошта, переписка на форумах та у соцмережах тощо) необхідно дотримуватись загальноприйнятих етичних норм, зокрема бути ввічливим та обмежувати спілкування робочим часом викладача.

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 оформленні 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.
4. Несвоєчасний захист – наявність більше одної незахищеної роботи – в звичайному та змішаному режимах роботи Університету є підставою для недопуску до виконання наступної лабораторної роботи.

Правила призначення заохочувальних та штрафних балів:

1. У випадку порушення термінів подачі розрахунково-графічної роботи кількість балів за неї зменшується на 5 балів.

Політика дедлайнів та перескладань: визначається п. 8 Положення про поточний, календарний та семестровий контроль результатів навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського

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

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

Поточний контроль: виконання та захист лабораторних робіт, написання 3 тематичних контрольних робіт (1 модульна контрольна робота з огляду на великий обсяг матеріалу розділена на три тематичні).

Рейтингова система оцінювання результатів навчання

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

- виконання та захист 6 лабораторних робіт - в звичайному та змішаному режимах роботи Університету;
- виконання розрахунково-графічної роботи;
- виконання модульної контрольної роботи, яка складається з трьох тематичних контрольних робіт.

Критерії нарахування балів:

1. Лабораторні роботи

Ваговий бал – **7 балів**. Бали за лабораторну роботу розраховуються як сума балів за виконання окремих етапів роботи – допуск (1,0 бал), власне виконання роботи (3 бали), якість оформленого протоколу (1,0 бал) і захист роботи (2,0 бали).

Допуск до роботи

- при перевірці готовності до ЛР надаються вірні і вичерпні відповіді; підготовлено в повному обсязі схему протоколу лабораторної роботи - 1,0 бал;
- при перевірці готовності студент має утруднення при формулюванні вірних відповідей; є зауваження щодо підготовки протоколу – 0,5 бала;

Виконання лабораторної роботи

- безпомилкове виконання завдання ЛР в повному обсязі з наявністю елементів творчого підходу при безумовному додержанні правил і норм техніки безпеки – 3,0 бали;
- виконання завдань ЛР в повному обсязі при наявності зауважень з боку викладача щодо необґрунтованого відхилення від методичних вказівок або щодо додержання вимог техніки безпеки - 2,5 бала;
- невиконання завдань ЛР в повному обсязі за відведений час при наявності зауважень з боку викладача щодо вірності виконання роботи або додержання вимог техніки безпеки – 2,0 бала;

Якість оформленого протоколу

- бездоганне оформлення протоколу та інших матеріалів – 1,0 бал;
- зауваження щодо повноти і якості оформлення протоколу - 0,5 бали;
- суттєві зауваження щодо повноти, грамотності і охайності при оформленні протоколу - 0 балів;

Захист лабораторної роботи

- наявність впевнених знань і набутих вмінь з завдань виконаної ЛР – 2,0 бали (не менше 90 % потрібної інформації);
- не зовсім повне оволодіння знаннями і вміннями за підсумками виконання ЛР - 1,5 бала (не менше 75 % потрібної інформації);
- неспроможність дати відповідь по виконаній роботі - 0 балів.

2. Тематична контрольна робота (ТКР)

Ваговий бал – 8 балів. Кожне завдання на ТКР складається з двох питань теоретичного характеру. Кількість балів за ТКР розраховується як сума балів за кожне питання завдання, яке має **ваговий бал 4**. Оцінювання роботи проводиться за наступною шкалою:

- бездоганна відповідь на завдання при наявності елементів продуктивного (творчого) підходу; демонстрація вміння впевненого застосування фундаментальних знань з хімії при відповіді на контрольне завдання – 4,0 бали (не менше 90 % потрібної інформації);
- загалом вірна відповідь, наявність 1-2 помилок при відповіді на контрольне завдання – 3,0 бали (не менше 75 % потрібної інформації);
- наявність суттєвих помилок при відповіді на контрольне завдання – 2,5 бала (не менше 60 % потрібної інформації);
- наявність принципових помилок при відповіді на контрольне завдання - 0 балів.

Відсутність на модульній (тематичній) контрольній роботі без поважних причин оцінюється у 0 балів. Пропущена без поважних причин тематична контрольна робота не виконується.

3. Розрахунково-графічна робота (РГР)

Ваговий бал – 34 бали. Загальна оцінка з РГР складається з балів за виконання окремих теоретичних, розрахункових та графічних питань роботи.

Оцінювання пункту «Характеристика основних продуктів виробництва та галузі їх використання». Ваговий бал – 4,0 бали.

- 3,5-4,0 бала (не менше 90 % потрібної інформації) - питання глибоко пророблено, аналіз стану здійснено за новітніми вітчизняними і зарубіжними джерелами інформації;
- 3,0 бала (не менше 75 % потрібної інформації) - неповна, але вірна, логічно побудована відповідь; аналіз здійснено в основному за навчальною літературою та застарілими джерелами (більше 10 років);
- 2,5 бала (не менше 60 % потрібної інформації) - неповна відповідь або відповідь з вельми принциповими помилками; відповідь являє собою конспективне перенесення літературних відомостей без додержання логічної побудови;
- 0 балів - наявність принципових помилок у відповіді.

Оцінювання пункту «Сучасний стан технології виробництва продуктів електролізу».

Ваговий бал – 8,0 балів.

- 7,0-8,0 балів (не менше 90 % потрібної інформації) - питання глибоко пророблено, аналіз стану здійснено за новітніми вітчизняними і зарубіжними джерелами інформації;
- 6,0 балів (не менше 75 % потрібної інформації) - неповна, але вірна, логічно побудована відповідь; аналіз здійснено в основному за навчальною літературою та застарілими джерелами (більше 10 років);
- 5,0 балів (не менше 60 % потрібної інформації) - неповна відповідь або відповідь з велими принциповими помилками; відповідь являє собою конспективне перенесення літературних відомостей без додержання логічної побудови;
- 0 балів - наявність принципових помилок у відповіді.

Оцінювання пункту «Обґрунтований вибір і описання конструкції електролізера». Ваговий бал – 6,0 балів.

- 5,5-6,0 балів - вірно обґрунтований вибір конструкції електролізера, надано детальний опис конструкції; виконаний з використанням засобів комп'ютерної графіки з дотриманням вимог ДСТУ;
- 4,5 бали - запропоновано застарілу конструкцію електролізера; помилки в описі конструкції; виконання на високому технічному рівні з дотриманням вимог ДСТУ;
- 3,5 бали - відсутній опис електролізера; є незначні відхилення від вимог ДСТУ; виконання на задовільному технічному рівні;
- 0 балів - графічний матеріал є ксерокопією або відсканованим зображенням з літератури з незадовільним рівнем виконання.

Оцінювання пункту «Обґрунтований вибір і описання технологічної схеми». Ваговий бал – 5,0 балів.

- 4,5-5,0 бали - надано детальний опис технологічної схеми; виконана з використанням засобів комп'ютерної графіки з дотриманням вимог ДСТУ;
- 4,0 бали - запропоновано застарілу технологічну схему; помилки в описі технологічної схеми; виконання на високому технічному рівні з дотриманням вимог ДСТУ;
- 3,0 бали - є незначні відхилення від вимог ДСТУ; виконання на задовільному технічному рівні;
- 0 балів - графічний матеріал є ксерокопією або відсканованим зображенням з літератури з незадовільним рівнем виконання.

Оцінювання пункту «Розрахунок електролізера». Ваговий бал – 8,0 балів.

- 7,0-8,0 балів - безпомилкове виконання розрахункового завдання або розрахунок з незначними погрешностями;
- 6,0 балів - вірний, загалом, розрахунок з деякими математичними чи стехіометричними помилками;
- 5,0 балів - виконання розрахункового завдання зі значущими помилками хімічного, стехіометричного чи математичного характеру;
- 0 балів - вирішення розрахункового завдання з помилками принципового характеру як наслідок слабких знань фундаментальних положень хімії;

Якість оформлення РГР. Ваговий бал – 3,0 бали.

- 3,0 бали - робота виконана українською мовою, матеріал викладений чітко, грамотно, оформлення роботи повністю відповідає вимогам до звітів НДР (ДСТУ 3008:2015); текст виконано з використанням текстового редактора;
- 2,5 бали - зауваження щодо повноти, акуратності, грамотності оформлення; оформлення з незначними відхиленнями від вимог ДСТУ;
- 2,0 бали - наявність суттєвих зауважень щодо повноти, грамотності, акуратності і охайності; незначне відхилення від вимог ДСТУ;
- 0 балів - оформлення з порушеннями вимог ДСТУ.

Календарний контроль: проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог програми. 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 $0,5 \cdot 29^1 = 15$ **балів**. На **другому календарному контролі** (14-й тиждень) студент отримує «атестований», якщо його поточний рейтинг не менше $0,5 \cdot 85^2 = 43$ **балів**.

Семестровий контроль: залік.

Умовою допуску до заліку є зарахування всіх лабораторних робіт та виконання розрахунково-графічної роботи. Для отримання заліку з дисципліни потрібно мати рейтинг не менше 60 балів. Оголошення сумарного рейтингу проводиться на останньому лекційному занятті.

Студенти, які наприкінці семестру отримали допуск до заліку, але мають рейтинг менше 60 балів, а також ті, хто хоче підвищити оцінку в системі ECTS, виконують письмову залікову контрольну роботу. Завдання контрольної роботи містить два теоретичних питання, завдання по технологічних схемах або конструкціям електролізерів, та задачу.

У випадку виконання залікової контрольної роботи рейтингова оцінка студента визначається як сума балів за залікову контрольну роботу та балів, отриманих за виконання індивідуального семестрового завдання – розрахунково-графічної роботи.

У разі отримання оцінки, більшої, ніж “автоматом” з рейтингу, студент отримує оцінку за результатами залікової контрольної роботи з урахуванням балів, отриманих за виконання РГР.

У разі отримання оцінки меншої, ніж “автоматом” з рейтингу, попередній рейтинг студента скасовується і він отримує оцінку тільки за результатами залікової контрольної роботи з урахуванням балів, отриманих за виконання РГР.

Кожне питання залікової контрольної роботи оцінюється у 16 балів, а задача – у 18 балів відповідно до системи оцінювання:

- 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 – **15-16 балів (17-18 балів)** (не менше 90 % потрібної інформації);
- повна і взагалі вірна відповідь на запитання з 1–5 незначними помилками або зауваженнями - **12-14 балів (14-16 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 – **10-11 балів (11-13 балів)** (не менше 60 % потрібної інформації);
- незадовільна відповідь - **0 балів**.

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

- Вимоги до оформлення та завдання для виконання розрахунково-графічної роботи, перелік запитань до МКР та для підготовки до залікової контрольної роботи наведені у Google Classroom «Виробництво хімічних продуктів електролізом» (платформа Sikorsky-distance).
- Під час контрольних заходів (написання тематичної контрольної роботи чи залікової контрольної роботи) студенту заборонено використовувати будь-які допоміжні

¹ Максимальна кількість балів, яку може набрати студент протягом 8 тижнів.

² Максимальна кількість балів, яку може набрати студент протягом 14 тижнів.

матеріали та літературу. За порушення вимог результати виконання контрольного заходу анулюються.

Робочу програму освітнього компонента (силабус):

Складено доцентом кафедри технології електрохімічних виробництв, к.т.н., доцентом Косогіним Олексієм Володимировичем.

Ухвалено кафедрою технології електрохімічних виробництв (протокол № 15 від 23.06.2025)

Погоджено Методичною комісією факультету (протокол № 10 від 26.06.2025)