



Екологічна безпека технологічних процесів у галузі Робоча програма освітньої компоненти (Силабус)

Реквізити освітньої компоненти

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>16 Хімічна та біоінженерія</i>
Спеціальність	<i>161 Хімічні технології та інженерія</i>
Освітня програма	<i>Електрохімічні технології неорганічних і органічних матеріалів</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>Очна (денна/змішана)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>4 курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>4 кредити (120 годин)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік</i>
Розклад занять	<i>Лекція 4 години на тиждень (2 пари); практичні заняття 2 години на тиждень (1 пара) за розкладом на rozklad.kpi.ua</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: к.т.н., доцент Фроленкова Світлана Василівна, svetlana.frolenkova@gmail.com , телеграм: Svetlana Frolenkova
Розміщення курсу	Платформа Moodle (https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=4381)

Програма освітньої компоненти

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

При вивченні освітньої компоненти викладаються загальні аспекти потенціальної екологічної небезпеки гальванічного виробництва з точки зору її впливу на водний та рослинний світ, теплокровних тварин та людину. Розглядаються та аналізуються шляхи утворення газоподібних, рідких та твердих відходів і методи їх знешкодження. Приводяться приклади ГДК хімічних речовин, що використовуються у виробництві, та кількісні критерії екологічної небезпеки гальванічних технологій. Описуються механічні та сорбційні методи очищення стічних вод, механізми процесів і сфери їх застосування. Показані технологічні схеми очистки та апаратура для їх реалізації.

Метою освітньої компоненти є формування та посилення **компетенцій**:

- Знання та розуміння предметної області та професійної діяльності;
- Здатність проводити відбір зразків (проб) і застосовувати електрохімічні методи і прилади для оцінки неорганічних і органічних речовин;
- Здатність розробляти проекти розрахунку гранично допустимих скидів та викидів при електрохімічному виробництві неорганічних і органічних речовин;
- Здатність впроваджувати та експлуатувати наявні технології захисту довкілля на необхідному рівні при електрохімічному виробництві неорганічних і органічних речовин;
- Здатність вдосконалювати технології захисту атмосфери, гідросфери, ґрунтів для запобігання негативних наслідків виробництва неорганічних речовин та водоочищення;
- Здатність контролювати додержання нормативів ГДС, ГДВ, ТПС та ТПВ;

- Здатність застосовувати сучасні методи та засоби контролю стану атмосферного повітря, природних вод та ґрунтів при електрохімічному виробництві неорганічних і органічних речовин.

Після засвоєння освітньої компоненти студенти мають продемонструвати такі **знання**:

- алгоритму екологічного моніторингу;
- основних напрямків розвитку «чистих» технологій;
- сучасних методів водопідготовки.

Після засвоєння освітньої компоненти студенти мають продемонструвати такі **уміння**:

- застосовувати методології та технології проектування, реалізації та впровадження природоохоронних технологій та обладнання;
- розраховувати гранично допустимі скиди та гранично допустимі викиди;
- розраховувати дози реагентів для очисних технологій, оцінювати ефективність застосування реагентів в природоохоронних технологіях;
- вибирати та обґрунтовувати технологічну схему очищення вод різного генезису;
- розраховувати матеріальний баланс по вибраній технології захисту навколишнього середовища, оформлювати проекти електрохімічних виробництв.

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

Зазначається перелік освітніх компонент, знань та умінь, володіння якими необхідні студенту для успішного засвоєння дисципліни:

Загальна та неорганічна хімія (304)	Вміти застосовувати закони хімії (загальної, неорганічної, органічної, фізичної, аналітичної, колоїдної) (ЗН 23).
Фізична хімія (3015)	Використовувати знання фізичної сутності явищ, що відбуваються в технічних об'єктах (ЗН 13).
Матеріало-знавство (ПОЗ)	Застосовувати знання фізико-хімічних властивостей матеріалів в умовах науково-дослідної або проектної установи, виробництва для технічного завдання, технологічного регламенту (ЗН 25).
Екологічні навчальні дисципліни (ЗВ1)	Вміти застосовувати методології та технології проектування, реалізації та впровадження природоохоронних технологій та обладнання (УМ 13).
Охорона праці і цивільний захист (307)	Знати положень охорони праці та техніки безпеки на виробництві, безпеки життєдіяльності (ЗН 18). Вміти визначати небезпечні виробничі чинники аварій, травм і катастроф, загальні вимоги до безпечної роботи обладнання і технологічних процесів виробництва (УМ 25)
Процеси апарати хімічних технологій (309)	Використовувати довідкові дані про властивості матеріалів при обґрунтуванні технологічної схеми виробництва базової хімічної продукції, обирати тип хімічних реакторів для здійснення хімічних процесів, визначати їх головні конструктивні параметри, розраховувати параметри технологічних режимів для технічного завдання (УМ 21). Вміти призначати типове обладнання та будувати функціональні схем технологічних процесів (УМ 23).

3. Зміст освітньої компоненти

РОЗДІЛ 1. Екологічно небезпечні фактори гальванічного виробництва і джерела їх утворення.

Тема 1.1. Екологічна небезпека гальванотехніки і шляхи її зниження.

Вплив гальванічного виробництва на екологічний стан довкілля. Рідкі, тверді та газоподібні відходи гальванічного виробництва. ГДК сполук важких металів та інших екологічно небезпечних речовин в різних середовищах. Основні напрямки підвищення екологічної безпеки гальванічного виробництва.

Тема 1.2. Промивання деталей в гальванічному виробництві. Утворення стічних вод.

Характеристика способів промивки деталей в гальванічному виробництві. Розрахунки витрат води на промивні операції. Технологічні схеми промивки деталей. Розрахунки концентрацій речовин у промивних водах. Нормування питомого винесення електроліту з гальванічних ванн та граничної концентрації речовини в останньому ступені промивки.

РОЗДІЛ 2. Очищення стічних вод гальванічного виробництва від органічних, неорганічних речовин та дисперсних частинок

Тема 2.1. Класифікація і вибір методів очищення стічних вод. Реагентні методи.

Класифікація стічних вод та методів їх очистки. Механічна очистка води від завислих речовин. Реагентні методи очистки розчинів від домішок важких металів. Феритний спосіб видалення металів з розчинів. Окисно – відновлювальні процеси реагентної очистки стічних вод. Технологічна схема реагентної очистки стічних вод.

Тема 2.2. Сорбційні та мембранні методи очистки розчинів від молекулярних та іонних домішок.

Основні поняття про процеси сорбції розчинених речовин. Методи адсорбції та рідинної екстракції домішок із розчинів. Іонообмінний метод очистки стічних вод. Обмінна ємність іонітів. Регенерація іонітів та утилізація виділених речовин. Мембранні методи очистки води. Метод зворотного осмосу. Технологічні схеми очистки розчинів методом зворотного осмосу. Вплив технологічних параметрів зворотного осмосу на швидкість фільтрування. Причини руйнування мембран.

Тема 2.3. Електрохімічні методи очистки стічних вод.

Теоретичні основи методу електродіалізу. Принципова схема електродіалізатора. Переваги та недоліки методу. Схема перебігу електродіалізу в багатокамерному апараті. Типи іонообмінних мембран та їх основні характеристики. Види масопереносу в електродіалізі. Метод електрокоагуляції. Електродні реакції та фізико-хімічні процеси коагуляції. Типи електрокоагуляційних установок. Метод гальванокоагуляції. Теоретичні основи методу електрофлотації. Загальні принципи та відмінності методів електрокоагуляції та електрофлотації.

РОЗДІЛ 3. Організація екологічно безпечного гальванічного виробництва.

Тема 3.1. Уловлення та знешкодження шкідливих газоподібних відходів гальванічного виробництва.

Теоретичні основи процесів електроекстракції та цементації металів. Умови використання та шляхи підвищення ефективності цих процесів для очистки стічних вод. Мокрі та сухі методи уловлення та знешкодження шкідливих газів. Каталітичні методи. Високо-температурне спалення вуглецевовмісних газів. Особливості катодного осадження металів із розведених розчинів. Способи прискорення процесів електроекстракції та підвищення ступеню очистки розчинів.

Тема 3.2. Регенерація відпрацьованих електролітів гальванічного виробництва.

Подовження терміну експлуатації електролітів. Класифікація методів регенерації електролітів. Регенерація розчинів знежирення і травлення. Причини виходу з ладу електролітів. Джерела

забруднення електролітів. Коректування електролітів та очистка від шкідливих домішок. Способи регенерації хромвмісних розчинів. Регенерація розчинів у виробництві друкованих плат.

Тема 3.3. Організація екологічно безпечного гальванічного виробництва. Утилізація відходів гальванічного виробництва.

Вибір технологій, що запобігають утворенню забруднень довкілля. Утилізація відходів гальванічного виробництва. Заміна ціаністих та інших комплексних сполук, обмеження застосування сполук хрому та кадмію в гальванотехніці. Методи аналізу стічних вод.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова

1. *Природоохоронні технології. Навчальний посібник. Ч.2. : Методи очищення стічних вод./ Петрук В.Г., Северин Л.І., Васильківський І.В., Безвозюк І.І.- Вінниця: ВНТУ, 2014. – 254 с.*
2. *Конспект лекцій з дисципліни „Перспективні хімічні технології” для студентів спеціальності 6.091602 – Хімічна технологія неорганічних речовин./ Укладач: Черненко Я.М. – Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2012. – 85 с.*
3. *Спеціальні методи водопідготовки: Конспект лекцій (для студентів 5-6 курсів денної і заочної форм навчання спеціальностей 7.06010108 «Водопостачання та водовідведення» та 7.06010302 «Раціональне використання і охорона водних ресурсів»)/ К. Б. Сорокіна; Харк. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Х. : ХНУМГ, 2014. – 96 с.*
4. *Стічні води підприємств та їх очищення : монографія / А. А. Несстер, Н. М. Корчик, Б. А. Баран. – Хмельницький : ХНУ, 2008. – 171 с*
5. *Тверді відходи: збір, переробка, складування [Текст] / В. М. Радовенчик, М. Д. Гомеля. – К. : Кондор, 2010. – 552 с.*

Допоміжна

1. *Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування: ДБН В.2.5 - 74:2013 / Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України. – Київ, 2013. – 287 с.*
2. *ДСанПіН 2.2.4-171-10 "Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною". – Затверджено МОЗ України 12.05.2010. – К., 2010.*
3. *Національна стратегія поводження з твердими побутовими відходами в Україні [Текст]. – К : 2004. – 90 с.*
4. *Методичні вказівки до виконання практичних робіт з дисципліни "Управління та поводження з відходами" / В. В. Благодатний, Н. І. Магась. – Миколаїв : НУК, 2016. – 105 с.*

Інформаційні ресурси

1. *Екологічна безпека гальванотехніки. Частина 1. Стічні води. Механічна та сорбційна очистка. Донченко М.І., Фроленкова С.В., Мотронюк Т.І.Електронний ресурс : підручник для студ. кваліфікації 2146.2 – інженер – технолог (хімічні технології) та 2149.2 – інженер-дослідник (хімічні технології) спеціалізації «Електрохімічні технології неорганічних та органічних матеріалів».– Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018.–202 с.
Доступ: <http://ela/kpi.ua/handle/123456789/16114>*

5. Методика опанування освітньої компоненти

Лекційні заняття

Вичитування лекцій освітньої компоненти «Технологічні рішення екологічно безпечного виробництва» проводиться паралельно з розглядом студентами питань, що виносяться на самостійну роботу. При читанні лекцій застосовуються засоби для відео конференцій Zoom та ілюстративний матеріал у вигляді презентацій, які розміщені на платформі Sikorsky-distance. Після кожної лекції рекомендується ознайомитись з матеріалами, рекомендованими для самостійного вивчення, а перед наступною лекцією – повторити матеріал попередньої.

№	Дата	Опис заняття
1	I-ий тиждень	Розділ 1. Тема 1.1. Вплив гальванічного виробництва на екологічний стан довкілля. Рідкі, тверді та газоподібні відходи гальванічного виробництва. ГДК сполук важких металів та інших екологічно небезпечних речовин в різних середовищах. Основні напрямки підвищення екологічної безпеки гальванічного виробництва. Тема 1.2. Характеристика способів промивання деталей в гальванічному виробництві. Розрахунки витрат води на промивні операції. Технологічні схеми промивки деталей. Розрахунки концентрацій речовин у промивних водах.
2	II-ий тиждень	Розділ 2. Тема 2.1. Класифікація стічних вод та методів їх очистки. Механічна очистка води від завислих речовин. Реагентні методи очищення розчинів від домішок важких металів.
3	III-ий тиждень	Продовження теми 2.1: Феритний спосіб видалення металів з розчинів. Окисно – відновлювальні процеси реагентної очистки стічних вод. Технологічна схема реагентної очистки стічних вод. Тема 2.2. Основні поняття про процеси сорбції розчинених речовин. Методи адсорбції та рідинної екстракції домішок із розчинів.
4	IV-ий тиждень	Продовження теми 2.2: Іонообмінний метод очистки стічних вод. Обмінна ємність іонітів. Регенерація іонітів та утилізація виділених речовин. Мембранні методи очистки води. Метод зворотного осмосу. Технологічні схеми очистки розчинів методом зворотного осмосу.
5	V-ий тиждень	Тема 2.3. Електрохімічні методи очищення стічних вод. Теоретичні основи методу електродіалізу. Принципова схема електродіалізатора. Переваги та недоліки методу. Метод електрокоагуляції. Електродні реакції та фізико-хімічні процеси коагуляції. Типи електрокоагуляційних установок.
6	VI-ий тиждень	Продовження теми 2.3: Метод гальванокоагуляції. Теоретичні основи методу електрофлотації. Загальні принципи та відмінності методів електрокоагуляції та електрофлотації.
7	VII-ий тиждень	Розділ 3. Тема 3.1. Уловлення та знешкодження шкідливих газоподібних відходів гальванічного виробництва. Теоретичні основи процесів електроекстракції та цементації металів. Умови використання та шляхи підвищення ефективності цих процесів для очистки стічних вод. Мокрі та сухі методи уловлення та знешкодження шкідливих газів. Каталітичні методи. Високотемпературне спалення вуглецевовмісних газів.

8	VIII-ий тиждень	Тема 3.2. Регенерація відпрацьованих електролітів гальванічного виробництва. Подовження терміну експлуатації електролітів. Класифікація методів регенерації електролітів. Регенерація розчинів знежирення і травлення.
9-10	IX - X-ий тиждень	Тема 3.3. Організація екологічно безпечного гальванічного виробництва. Утилізація відходів гальванічного виробництва. Вибір технологій, що запобігають утворенню забруднень довкілля.

Практичні заняття

Основне завдання циклу практичних занять - навчити студентів використовувати набуті раніше знання для проектування схем очищення стічних вод, які утворюються в результаті виконання різноманітних технологічних процесів осадження металів, підбирати необхідне обладнання для реалізації цих очисних схем, розраховувати видатки води на промивні операції в залежності від процесу та витрати реактивів на знешкодуючі операції очищення від забруднювачів.

№ з/п	Назва теми заняття
1	<u>Особливості систем водовідведення промислових підприємств</u> Системи водовідведення. Роздільне та сумісне відведення стоків. Умови приймання у міську каналізацію та умови випуску стічних вод у водойми. Розрахунок концентрацій скидання забруднюючих речовин.
2	<u>Розрахунок витрат води на виконання виробничої програми</u> Витрати води на промивні операції. Витрати води на винос з деталями. Витрати води на випаровування.
3	Складання схем очищення кислотно – лужних стічних вод гальванічного виробництва. Підбір необхідного обладнання та розрахунок його потужностей.
4	Складання схем очищення хромвмісних стічних вод гальванічного виробництва. Підбір необхідного обладнання та розрахунок його потужностей. Підбір та розрахунок витрат реагентів на операції знешкодження.
5	Складання схем очищення ціанвмісних стічних вод гальванічного виробництва. Підбір необхідного обладнання та розрахунок його потужностей. Підбір та розрахунок витрат реагентів на операції знешкодження.
6	Складання схем очищення стоків гальванічного виробництва, що містять органічні речовини та іони важких металів. Підбір необхідного обладнання та розрахунок його потужностей. Підбір та розрахунок витрат реагентів на операції знешкодження.
7	Обладнання для очищення газоподібних викидів; способи його компанування та розрахунок потужностей.
8	<u>Розділ екологічної безпеки в дипломному проєкті.</u> Обґрунтування вибору певного методу очищення стічних вод технологічного процесу, складання очисної схеми з підбором необхідного обладнання.
9	Модульна контрольна робота
10	Залік

Лабораторний практикум не передбачений навчальним планом освітньої компоненти.

6. Самостійна робота студента

Самостійна робота студента (СРС) протягом семестру включає повторення лекційного матеріалу та підготовку до тестових робіт, практичних занять та заліку. Рекомендована кількість годин, яка відводиться на підготовку до зазначених видів робіт:

Вид СРС	Кількість годин на підготовку
Повторення лекційного матеріалу	2 – 3 години на тиждень
Підготовка до заліку	10 годин

Політика та контроль

7. Політика освітньої компоненти

У звичайному режимі роботи університету лекції проводяться в навчальних аудиторіях. У змішаному режимі лекційні та практичні заняття проводяться через платформу дистанційного навчання Сікорський та у форматі відеоконференції Zoom. У дистанційному режимі всі заняття проводяться через платформу дистанційного навчання Сікорський, у форматі відеоконференцій Zoom. Відвідування лекцій та практичних занять є обов'язковим.

На початку кожної лекції проводиться опитування за матеріалами попередньої лекції із застосуванням інтерактивних засобів (Тестові завдання (тести) на платформі Moodle). Перед початком чергової теми лектор може надсилати питання із застосуванням інтерактивних засобів з метою визначення рівня обізнаності здобувачів за даною темою та підвищення зацікавленості.

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)

Види контролю встановлюються відповідно до Положення про поточний, календарний та семестровий контроль результатів навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського:

1. Поточний контроль: опитування на лекціях та практичних заняттях у вигляді тестових робіт.
2. Календарний контроль для здобувачів вищої освіти даного рівня в цьому семестрі не проводиться.
3. Семестровий контроль: усний залік.

Рейтингова система оцінювання результатів навчання

Рейтинг студента з кредитного модуля розраховується виходячи із 100-бальної шкали.

Стартовий рейтинг (протягом семестру) складається з балів які студент отримує за:

- опитування (тестування) за матеріалами лекцій;
- роботу на практичних заняттях;
- виконання модульної контрольної роботи;
- виконання розрахунково – графічної роботи.

2. Критерії нарахування балів:

- 2.1. **Опитування на лекціях у вигляді тестування (7 тем занять).**

Кількість балів за тест розраховується як сума балів за кожне питання.

Оцінювання роботи проводиться за наступною шкалою:

- повна правильна відповідь – **0,5 бала**;
- невірна відповідь – **0 балів**.

Ваговий бал – **10 балів**. Сумарно за цей вид завдань $7 \times 10 = 70$ балів.

2.2. Робота на практичних заняттях

Ваговий бал – **5 балів**. Оцінювання роботи проводиться за наступною шкалою:

- безпомилкове виконання розрахункового завдання або розрахунок з деякими математичними похибками - 5 балів;
- виконання завдання з деякими математичними похибками або після невеликої навідної допомоги викладача чи іншого студента – 4,0 – 4,5 бала ;
- проведення розрахункових вправ зі значущими помилками хімічного, стехіометричного чи математичного характеру – 1 – 4 бала;
- проведення розрахункових вправ з грубими помилками - 0 балів.

Всього за даний вид роботи можливо отримати $5 \text{ балів} \times 2 =$ **10 балів**.

2.3. Написання модульної контрольної роботи шляхом виконання тестових завдань

викладених на платформі Moodle (<https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=4381>). Тест містить двадцять запитань (0,5 бала за кожне питання).

Кількість балів за тест розраховується як сума балів за кожне питання.

Оцінювання роботи проводиться за наступною шкалою:

- повна правильна відповідь – **0,5 бала**;
- невірна відповідь – **0 балів**.

Ваговий бал – **10 балів**.

2.4. Захист графічно-розрахункової роботи:

- 1) До захисту допускаються студенти, які правильно підібрали, спроектували та оформили схему очищення стічних вод заданого технологічного процесу.
- 2) Захист відбувається за графіком, за індивідуальними завданнями.
- 3) Після перевірки завдання викладачем та захисту виставляється загальна оцінка і робота вважається захищеною. Ваговий бал – **10 балів**.

Оцінювання роботи проводиться за наступною шкалою:

- виконання завдання в повному обсязі з наявністю елементів творчого підходу з бездоганним оформленням та детальним описом кожної операції – **5-10 балів**;
- наявність зауважень щодо повноти, грамотності і охайності при складанні та оформленні схеми очищення стічних вод – **3– 4 бали**;
- суттєві зауваження щодо повноти висвітлення і оформлення завдання – **1 – 2 бали**.

Робота не виконана або не захищена – 0 балів.

Критерії нарахування балів:

Умовою отримання позитивної оцінки є виконання всіх запланованих видів робіт.

Семестровий контроль: залік.

Умовою допуску до заліку є написання тестових робіт і модульної контрольної роботи 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.

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.

Залікова контрольна робота виконується у вигляді тесту, розташованого на платформі Moodle (<https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=4381>), містить сорок запитань (2 бали за кожне питання). Кількість балів за тест розраховується як сума балів за кожне питання.

Оцінювання роботи проводиться за наступною шкалою:

- повна правильна відповідь – **2 бали**;
- невірна відповідь – **0 балів**.

Ваговий бал – 2 бала × 40 питань = **80 балів**.

Умовою допуску до заліку є написання тестових робіт і МКР, виконання та захист розрахунково-графічної роботи та кількість рейтингових балів не менше 35 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.

Перелік тестових запитань наведені на платформі Sikorsky-distance (<https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=4381>).

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доцентом кафедри Технології електрохімічних виробництв,
к.т.н., доц. Фроленковою С.В.

Ухвалено кафедрою Технології електрохімічних виробництв (протокол № 18 від 24.06.2025р.)

Погоджено Методичною комісією факультету (протокол № 10 від 21.06.2025 р.)