



## Технологія електрохімічних виробництв

### 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>Хімічні технології та інженерія</i>                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Статус освітньої компоненти                                | <i>Нормативна</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Форма навчання                                             | <i>Очна (денна)/змішана Заочна</i>                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Рік підготовки, семестр                                    | <i>2 курс, весняний семестр</i>                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Обсяг освітньої компоненти                                 | <i>5 кредитів (150 годин)</i>                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Семестровий контроль/ контрольні заходи                    | <i>Екзамен</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Розклад занять                                             | <i>Лекції 2 години на тиждень; лабораторні заняття 2 годин на тиждень.</i>                                                                                                                                                                                                                            |
| Мова викладання                                            | <i>Українська</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Інформація про керівника освітньої компоненти / викладачів | Лектор: к.х.н., доцент Бик Михайло Володимирович, <a href="mailto:byk.mykhailo@ill.kpi.ua">byk.mykhailo@ill.kpi.ua</a> , Telegram @Byk Mykhaylo<br>Практичні: к.х.н., доцент Бик Михайло Володимирович, <a href="mailto:byk.mykhailo@ill.kpi.ua">byk.mykhailo@ill.kpi.ua</a> , Telegram @Byk Mykhaylo |
| Розміщення освітньої компоненти                            | <i>Google Classroom (Google G Suite for Education, домен LLL.kpi.ua, платформа Sikorsky-distance); доступ за запрошенням викладача</i>                                                                                                                                                                |

#### Програма освітньої компоненти

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

**Освітня компонента (ОК) «Технологія електрохімічних виробництв» належить до нормативних ОК циклу загальної підготовки.** Вона знайомить студентів із основними електрохімічними виробництвами, принципами побудови технологічних схем цих виробництв. При засвоєнні ОК студенти знайомляться із теоретичними основа технологічних схем та описом технологічних процесів основних електрохімічних виробництв. Усі викладення матеріалу проводяться із урахуванням сучасних тенденцій покращення екологічності та економічності технологій електрохімічних виробництв.

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

K02. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях,

K03. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності,

K06. Прагнення до збереження навколишнього середовища, права, прав і свобод людини і громадянина в Україні.

**Фахові компетентності (ФК)**

K09. Здатність використовувати положення і методи фундаментальних наук для вирішення професійних задач.

K10. Здатність використовувати методи спостереження, опису, ідентифікації, класифікації об'єктів хімічної технології та промислової продукції,

*К13. Здатність обирати і використовувати відповідне обладнання, інструменти та методи для контролю та керування технологічних процесів хімічних виробництв,*  
*К16. Здатність оформлювати технічну документацію, згідно з чинними вимогами,*  
*К17. Здатність використовувати фундаментальні закономірності електрохімії для вирішення технологічних задач,*  
*К18. Здатність використовувати сучасні матеріали у електрохімічних технологічних процесах.*

#### **Програмні результати навчання**

*ПРО2. Коректно використовувати у професійній діяльності термінологію та основні поняття хімії, хімічних технологій, процесів і обладнання виробництв хімічних речовин та матеріалів на їх основі.*

*ПРО3. Знати і розуміти механізми і кінетику хімічних процесів, ефективно використовувати їх при проектуванні і вдосконаленні технологічних процесів та апаратів хімічної промисловості.*

*ПРО5. Розробляти і реалізовувати проекти, що стосуються технологій та обладнання хімічних виробництв, беручи до уваги цілі, ресурси, наявні обмеження, соціальні та економічні аспекти та ризики.*

*ПРО7. Обирати і використовувати відповідне обладнання, інструменти та методи для вирішення складних задач хімічної інженерії, контролю та керування технологічних процесів хімічних виробництв.*

*ПРО9. Забезпечувати безпеку персоналу та навколишнього середовища*

*ПР15. Розуміти основні способи і методи одержання металічних і неметалічних покриттів різного функціонального призначення.*

*Після засвоєння освітньої компоненти студенти також мають продемонструвати такі результати навчання:*

#### **знання :**

- основних сучасних електрохімічних виробництв;*
- принципів організації замкнутих циклів водопостачання та безвідходності електрохімічних виробництв;*
- впливу основних складників та режимів електролізу на характеристики хімічної продукції;*
- методів визначення характеристик продукції;*
- основного обладнання для електрохімічних виробництв;*

#### **уміння:**

- проводити обґрунтований вибір електродних матеріалів для різних електрохімічних виробництв;*
- вибрати склади електролітів та режими електролізу;*
- вибрати систему контролю характеристик електрохімічної продукції;*
- здійснити контроль якості електрохімічної продукції;*

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

*Для успішного засвоєння освітньої компоненти «Технологія електрохімічних виробництв» студенту необхідні знання та уміння, що були отримані під час вивчення ОК «Загальна та неорганічна хімія», «Фізична хімія», «Матеріалознавство», та на ОК циклу загальної підготовки бакалаврів.*

*Освітні компоненти, які базуються на результатах навчання відносять до циклу професійної підготовки, в рамках яких необхідний вибір технологічного процесу і режимів електролізу для різних електрохімічних виробництв та для подальшої професійної діяльності.*

### **3. Зміст освітньої компоненти**

*РОЗДІЛ 1. Електрохімія як наука*

*Тема 1.1. Класифікація електрохімічних процесів*

*РОЗДІЛ 2. Основні закономірності перебігу і контролю електрохімічних процесів*

*Тема 2.1. Закони Фарадея*

*Тема 2.2. Поняття про електродний потенціал, та його використання для керування електрохімічними процесами*

*РОЗДІЛ 3. Технологічні схеми електролізу із виділенням металів*

*Тема 3.1. Електроліз із виділенням металу із водних розчинів. Гальваностегія, гідроелектрометалургія, гальванопластика.*

*Тема 3.2. Організація гальванічної ділянки з компонуванням типовими спеціалізованими модулями*

*Тема 3.3. Графічні моделі замкнутої системи гальванічного виробництва (цинкування).*

*Тема 3.4. Особливості технологічних схем підготовки сировини і обладнання високотемпературного електролізу.*

*Тема 3.5. Виділення металів із неводних середовищ.*

*РОЗДІЛ 4. Електрохімічні виробництва без виділення металу*

*Тема 4.1. Технологічна схема виробництва кисню і водню електролізом лужного розчину*

*Тема 4.2. Електроліз розчину NaCl у діафрагменному електролізері*

*Розділ 5. Виробництво оксигенвмісних сполук*

*Тема 5.1. Виробництво хлоратів і перхлоратів*

*Тема 5.2. Виробництво перманганату калію*

*Розділ 6. Окислення і відновлення органічних сполук*

*Тема 6.1. Одержання аніліну*

*Тема 6.2. Одержання гідрокінону, окислення адамантанів*

*Розділ 7. Специфічні гальванічні виробництва*

*Тема 7.1. Технологічні схеми виготовлення плат друкованого монтажу*

*Тема 7.2. Технологічна схема процесу анодування алюмінію і його сплавів*

*Тема 7.3. Технологічні схеми виробництва сольових і лужних марганець-цинкових елементів*

*Тема 7.4. Виробництво свинцевих акумуляторів*

*Розділ 8. Технологічні схеми очищення стічних вод і організація замкнутого циклу виробництва*

### **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. М.В. Яцков, Н.М. Корчик, О.А. Пророк Основні технологічні схеми базових неорганічних виробництв : навч. посібник. – Рівне : НУВГП, 2020. – 212 с.*

*2. Технічна електрохімія 2: Хімічні джерела струму [Електронний ресурс] : підручник для студ. спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія», спеціалізації «Електрохімічні технології неорганічних та органічних матеріалів» / М.В. Бик, С.В. Фроленкова, О.І. Букет, Г.С.*

Васильєв; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 8,3 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 320 с.

**ДОДАТКОВА:**

3. Байрачний Б.І. Технічна електрохімія ч.2. Хімічні джерела струму, Харків, ВЦ НТУ «ХПІ». 2002, 174 с.

4. Технічна електрохімія: підручник : у 5 ч. – Ч.5 : Сучасні джерела струму, електроліз розплавів, електросинтез хімічних речовин / Б.І.Байрачний, Г.Г.Тульський, В.В.Штефан, І.А.Токарева; за ред. Б.І Байрачного – Харків: Вид-во "Підручник НТУ "ХПІ", 2016 – 272 с.

**Інформаційні ресурси**

5. Дистанційний курс Google G Suite for Education. Режим доступу: Google Classroom (Google G Suite for Education, домен LLL.kpi.ua, платформа Sikorsky-distance.

**Навчальний контент**

**5. Методика опанування освітньої компоненти**

**Лекційні заняття**

При читанні лекцій з освітньої компоненти «Технологічні схеми електрохімічних виробництв» застосовуються засоби для проведення відеоконференцій (Google Meet, Zoom тощо) та ілюстративний матеріал у вигляді презентацій та слайдів, відео із відкритих джерел.

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     | Електрохімія як наука. Класифікація електрохімічних процесів                                      |
| 2     | Основні закономірності перебігу і контролю електрохімічних процесів. Закони Фарадея               |
| 3     | Поняття про електродний потенціал, та його використання для керування електрохімічними процесами. |
| 4     | Електроліз із виділенням металу із водних розчинів.                                               |
| 5     | Гальваностегія, гідроелектрометалургія, гальванопластика.                                         |
| 6     | Організація гальванічної ділянки з компонуванням типовими спеціалізованими модулями               |
| 7     | Графічні моделі замкнутої системи гальванічного виробництва (цинкування).                         |
| 8     | Особливості технологічних схем підготовки сировини і обладнання високотемпературного електролізу. |
| 9     | Виділення металів із неводних середовищ.                                                          |
| 10    | Технологічна схема виробництва кисню і водню електролізом лужного розчину                         |
| 11    | Виробництво хлоратів і перхлоратів                                                                |
| 12    | Виробництво перманганату калію                                                                    |
| 13    | Одержання аніліну. Одержання гідрокінону, окиснення адамантанів.                                  |
| 14    | Технологічні схеми виготовлення плат друкованого монтажу.                                         |
| 15    | Технологічні схеми виробництва сольових марганець-цинкових елементів                              |
| 16    | Технологічні схеми виробництва лужних марганець-цинкових елементів                                |
| 17    | Виробництво свинцевих акумуляторів                                                                |
| 18    | Технологічні схеми очищення стічних вод і організація замкнутого циклу виробництва                |

### Лабораторні заняття

Основні завдання циклу лабораторних занять – це використання одержаних на лекціях знань для набуття практичних навичок керування електрохімічними процесами, їх технічною реалізацією та закріплення теоретичного матеріалу.

| № з/п | Назва лабораторного заняття                                | Кількість ауд. годин |
|-------|------------------------------------------------------------|----------------------|
| 1     | Кулонометри. Вимірювання електродних потенціалів.          | 9                    |
| 2     | Електролітичне нанесення металічних покриттів              | 9                    |
| 3     | Корозійні процеси та захист від корозії                    | 9                    |
| 4     | Електричні характеристики первинних хімічних джерел струму | 9                    |

### 6. Самостійна робота студентів

Самостійна робота студента (СРС) протягом семестру включає повторення лекційного матеріалу, проведення розрахунків; підготовка до МКР та заліку. 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 РГР | 1,25 години на тиждень        |
| Підготовка до лабораторних занять                                                            | 1 година на тиждень           |
| Підготовка до МКР                                                                            | 3 години                      |
| Підготовка до екзамену                                                                       | 8 годин                       |

### Політика та контроль

#### 7. Політика освітньої компоненти

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

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: робота на практичних заняттях, розрахунково-графічна робота, модульна контрольна робота.

#### Рейтингова система оцінювання результатів навчання

Рейтинг студента з кредитного модуля розраховується виходячи із 100-бальної шкали. Для допуску до отримання екзамену рейтинг студента повинен становити не менше 30 балів. Рейтинг протягом семестру складається з балів, що студент отримує за:

- робота на лабораторних заняттях;

- виконання розрахунково-графічної роботи;
- виконання модульної контрольної роботи.

#### **Критерії нарахування балів:**

##### **1. Лабораторні заняття**

в звичайному, змішаному та дистанційному режимах роботи Університету

Ваговий бал – **10 балів**. Бали за лабораторні заняття розраховуються як максимально 2 бали за активну участь у практичному занятті.

##### **2. Розрахунково-графічна робота**

в звичайному, змішаному та дистанційному режимах роботи Університету

Ваговий бал – **10 балів**. Бали за розрахункову роботу розраховуються як сума балів за виконання окремих етапів роботи - власне виконання (4 бали), якість оформленої роботи (2 бали) і захисту роботи (4 бали).

#### **Виконання розрахунково-графічної роботи**

- виконання завдань РГР в повному обсязі при без зауважень з боку викладача щодо необґрунтованого відхилення від методичних вказівок – 2-4 бали;
- виконання завдань РГР в неповному обсязі при наявності зауважень з боку викладача щодо необґрунтованого відхилення від методичних вказівок – 1-2 бали;
- невиконання завдань РГР в повному обсязі за відведений час при наявності зауважень з боку викладача щодо вірності виконання роботи - 0 балів.

#### **Якість захисту розрахунково-графічної роботи**

- наявність впевнених знань і набутих вмінь з завдань виконаної РГР; бездоганне оформлення протоколу та інших матеріалів – 2-4 бали (не менше 90 % потрібної інформації);
- не зовсім повне оволодіння знаннями і вміннями за підсумками виконання РГР; зауваження щодо повноти і якості оформлення протоколу – 1-3 балів (не менше 75 % потрібної інформації);
- наявність суттєвих зауважень щодо повноти, грамотності і охайності при оформленні матеріалів з виконаної РГР - 1 бал (не менше 60 % потрібної інформації);
- значні зауваження щодо повноти і оформлення протоколу; неспроможність дати відповідь по виконаній роботі - 0 балів.

##### **3. Модульна контрольна робота**

в звичайному, змішаному та дистанційному режимах роботи Університету виконується у вигляді он-лайн тестування із застосуванням google-форм. Ваговий бал – **10 балів**. Передбачає тест із 10 питань. Вага кожного питання – 1 бал. Сумарний бал складається із суми набраних балів.

#### Семестровий контроль: письмовий екзамен.

На екзамені студенти мають відповісти на питання екзаменаційного білета. Кожен білет містить два теоретичних питання та 2 задачі. Кожен із елементів білету 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 - 9-10 балів (не менше 90 % потрібної інформації);
- повна і взагалі вірна відповідь на запитання з 1–5 незначними помилками або зауваженнями - 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 - 6 балів (не менше 60 % потрібної інформації);
- незадовільна відповідь - 0 балів.

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

$$RC = r_{\text{лр}} + r_{\text{мкр}} + r_{\text{рзр}} = 40 + 10 + 10 = 60 \text{ балів.}$$

Умовою допуску до екзамену є зарахування РГР, написання 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 МКР та для підготовки до екзамену наведені у Google Classroom «Технологія електрохімічних виробництв» (платформа Sikorsky-distance) та в системі «Електронний кампус».
- Перелік матеріалів, якими не 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.х.н., доцентом Биком Михайлом Володимировичем.

Ухвалено кафедрою ТЕХВ (протокол № 15 від 23.06.2025р.)

Погоджено Методичною комісією факультету (протокол № 10 від 26.06.2025)