



# Корозійно-екологічний моніторинг повітряного і водного середовищ

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Третій (доктор філософії)</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 дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>змішана</i>
Рік підготовки, семестр	<i>2 курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>5 кредитів (150 годин)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен</i>
Розклад занять	<i>Лекції 2 години на тиждень (1 пара); лабораторні заняття 4 години на тиждень (2 пари)</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: к.т.н., доцент Васильєв Георгій Степанович, g.vasyliiev@kpi.ua, Telegram @georgii_vasyliiev Лабораторні: к.т.н., доцент Васильєв Георгій Степанович, g.vasyliiev@kpi.ua, Telegram @georgii_vasyliiev</i>
Розміщення курсу	<i>Google Classroom (Google G Suite for Education, домен LLL.kpi.ua, платформа Sikorsky-distance); вільний доступ</i>

### Програма навчальної дисципліни

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

*Дисципліна «Корозійно-екологічний моніторинг повітряного і водного середовищ» належить до циклу вибірових дисциплін, базується на знаннях та уміннях, що були отримані під час вивчення дисциплін: «Іноземна мова для наукової діяльності», «Науково-дослідна практика» та «Методологія наукових досліджень». Навчальна дисципліна є підготовчою для написання кваліфікаційної роботи аспіранта.*

*Метою навчальної дисципліни є формування у здобувачів загальних компетентностей:*

- здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу (ЗК-01);*
- здатність слідувати етичним і правовим нормам у професійній діяльності (ЗК-04).*

*Фахових компетентностей спеціальності:*

- здатність виконувати оригінальні дослідження, досягати наукових результатів, які створюють нові знання у хімічній технології та інженерія та дотичних до них міждисциплінарних напрямках хімічної та біоінженерії (ФК-1);*
- здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми в сфері хімічних процесів та апаратів, оцінювати та забезпечувати якість виконуваних досліджень. (ФК-3);*
- застосовувати набуту компетентність в практичній роботі і науковопедагогічній діяльності (ФК-5).*

*Основні завдання навчальної дисципліни.*

*Згідно з вимогами програми аспіранти після засвоєння навчальної дисципліни мають продемонструвати такі програмні результати навчання:*

- *Мати передові концептуальні та методологічні знання з хімічних технологій та інженерії і на межі предметних галузей, а також дослідницькі навички, достатні для проведення наукових і прикладних досліджень на рівні останніх світових досягнень з відповідного напрямку, отримання нових знань та/або здійснення інновацій (ПРН 01);*
- *Планувати і виконувати експериментальні та/або теоретичні дослідження з хімічних технологій та інженерії та дотичних міждисциплінарних напрямів з використанням сучасних інструментів, критично аналізувати результати власних досліджень і результати інших дослідників у контексті усього комплексу сучасних знань щодо досліджуваної проблеми (ПРН 03);*
- *Глибоко розуміти загальні принципи та методи хімічних технологій та інженерії, а також методологію наукових досліджень, застосувати їх у власних дослідженнях у сфері хімічних процесів та апаратів та у викладацькій практиці (ПРН 04).*

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

*Для успішного засвоєння дисципліни аспіранту необхідні знання та уміння, що були отримані під час вивчення дисциплін «Іноземна мова для наукової діяльності», «Науково-дослідна практика» та «Методологія наукових досліджень».*

*Навчальна дисципліна є підготовчою для написання кваліфікаційної роботи аспіранта.*

## **3. Зміст навчальної дисципліни**

*РОЗДІЛ 1. Предмет та зміст курсу*

*Тема 1.1. Вступ до курсу*

*1.1.1. Основні мета, задачі та загальний зміст курсу. Структура та сітка годин. Контрольні завдання, строки та вимоги до якості їх виконання.*

*1.1.2. Значення курсу в системі підготовки доктора філософії. Вимоги до сучасного науковця.*

*РОЗДІЛ 2. Моніторинг навколишнього середовища та екологічний контроль*

*Тема 2.1. Моніторинг навколишнього середовища.*

*2.1.1. Загальні уявлення про моніторинг навколишнього середовища.*

*2.1.2. Автоматизована інформаційна система моніторингу.*

*2.1.3. Методи і засоби спостереження і контролю за станом навколишнього середовища. Контактні методи контролю навколишнього середовища. Дистанційні методи контролю навколишнього середовища. Біологічні методи контролю навколишнього середовища.*

*2.1.4. Екологічний контроль.*

*РОЗДІЛ 3. Контроль атмосферного повітря*

*Тема 3.1. Контроль забруднення атмосферного повітря*

*3.1.1. Склад атмосферного повітря. Класифікація забруднювачів повітря*

*3.1.2. Стандарти якості атмосферного повітря.*

*3.1.3. Організація спостережень за рівнем забруднення атмосфери. Відбір проб повітря.*

*3.1.4. Апаратура і методики відбору проб.*

*3.1.5. Стандартні суміші шкідливих речовин з повітрям.*

*3.1.6. Сучасні методи контролю забруднення повітряного середовища.*

*3.1.7. Вимірювання концентрацій шкідливих речовин індикаторними трубкамі.*

*3.1.8. Індивідуальна активна і пасивна дозиметрія.*

*Тема 3.2. Електрохімічні газові сенсори для екологічного моніторингу*

*3.2.1. Хімічні сенсори.*

3.2.2. Потенціометричні сенсори.

3.2.3. Кондуктометричні, кулонометричні та вольтамперометричні сенсори.

3.2.4. Електрохімічні газові сенсори амперометричного типу.

#### *РОЗДІЛ 4. Контроль водних об'єктів*

##### *Тема 4.1. Контроль забруднення водних об'єктів*

4.1.1. Склад гідросфери. Джерела і забруднювачі гідросфери.

4.1.2. Нормування якості води в водоймах.

4.1.3. Організація контролю якості води.

4.1.4. Відбір проб води. Типи відібраних проб. Види проб і види відбору проб. Способи відбору.

Пристрої для відбору проб води. Підготовка проб до зберігання. Транспортування проб.

4.1.5. Методи контролю забруднення гідросферних об'єктів.

##### *Тема 4.2. Корозійний моніторинг обладнання в процесі експлуатації*

4.2.1. Принципи вибору методу корозійного моніторингу.

4.2.2. Ультразвуковий контроль: вимірювання залишкової товщини металу.

4.2.3. Хвилевідний ультразвуковий контроль.

4.2.4. Надвисокочастотний корозійний моніторинг.

4.2.5. Дослідження корозійних дефектів трубопроводів за допомогою роботизованого внутрішньо-трубного інспекційного снаряда-дефектоскопа.

4.2.6. Безконтактний моніторинг трубопроводів методом магнітної томографії.

4.2.7. Сторожові отвори.

4.2.8. Організація бічної магістралі.

4.2.9. Застосування флуоресцентних міток.

4.2.10. Аналіз технологічних середовищ.

##### *Тема 4.3. Експлуатаційні методи визначення швидкості корозії металу*

4.3.1. Випробування зразків-свідків. Переваги та недоліки експлуатаційних випробувань зразків-свідків. Характеристика та види тримачів зразків-свідків.

4.3.2. Видалення продуктів корозії і визначення корозійної стійкості.

4.3.3. Типи корозійних датчиків.

4.3.4. Корозійний датчик вимірювання електричного опору.

4.3.5. Корозійний діафрагмовий датчик.

4.3.6. Корозійний датчик вимірювання поляризаційного опору.

4.3.7. Корозійний датчик вимірювання імпедансу.

4.3.8. Корозійний датчик вимірювання електрохімічного шуму.

4.3.9. Багатоелектродний корозійний датчик локальної корозії.

4.3.10. Датчик локальної корозії внаслідок мікробіологічної активності.

4.3.11. Датчик вимірювання потенціалу корозії.

4.3.12. Водневий корозійний датчик.

##### *Тема 4.4. Метод поляризаційного опору для визначення миттєвої швидкості корозії*

4.4.1. Виведення основних рівнянь.

4.4.2. Константи в основному рівнянні методу поляризаційного опору. Теоретичні величини констант. Теоретичні поляризаційні криві для різних комбінацій постійних Тафеля.

Експериментальне визначення константи В. Помилки, зумовлені невизначеністю значень постійних Тафеля.

4.4.3. Причини розбіжності дослідних і теоретичних даних і шляхи розвитку теорії методу поляризаційного опору

##### *Тема 4.5. Засоби корозійного моніторингу в системах тепловодопостачання*

- 4.5.1. Мікропроцесорні корозметри нового покоління. Портативний індикатор корозії ІК-4п. Стаціонарний індикатор корозії ІК-4с.
- 4.5.2. Моніторинг швидкості корозії в системах гарячого водопостачання.
- 4.5.3. Застосування корозійного моніторингу для захисту від корозії котельного обладнання в системах опалення з контактними водонагрівачами.
- 4.5.4. Застосування корозиметрів нового покоління для корозійного моніторингу в теплових мережах. Корозійний моніторинг в умовах реагентної водопідготовки. Корозійний моніторинг в умовах традиційної водопідготовки.

#### РОЗДІЛ 5. Автоматизовані системи контролю навколишнього середовища

##### Тема 5.1. Автоматизовані системи контролю навколишнього середовища

- 5.1.1. Автоматизовані системи контролю навколишнього середовища.
- 5.1.2. Аерокосмічний моніторинг і дані дистанційного зондування.

#### 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 аспірант має ознайомитись самостійно, викладач зазначає на лекційних заняттях.

##### БАЗОВА:

1. Чвірук В.П. Електрохімічний моніторинг техногенних середовищ / В.П. Чвірук, С.Г. Поляков, Ю.С. Герасименко. – К. : Академперіодика, 2007. – 324 с.
2. Васильєв Г.С. Розвиток методу поляризаційного опору та побудова на його основі приладів корозійного контролю / Васильєв Г.С., Герасименко Ю.С. – Київ: Політехніка, 2019. – 288 с.

##### Інформаційні ресурси

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 навчальної дисципліни (освітнього компонента)

##### Лекційні заняття

Проведення лекцій з дисципліни проводиться паралельно з розглядом питань, що виносяться на самостійну роботу. При проведенні лекцій застосовуються засоби для відеоконференцій (Google Meet, Zoom тощо) 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.

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань
1	<p><u>Вступ до курсу.</u> Основні мета, задачі та загальний зміст курсу. Структура та сітка годин. Контрольні завдання, строки та вимоги до якості їх виконання. Значення курсу в системі підготовки доктора філософії. Вимоги до сучасного науковця.</p> <p><u>Моніторинг навколишнього середовища.</u> Загальні уявлення про моніторинг навколишнього середовища. Автоматизована інформаційна система моніторингу. Методи і засоби спостереження і контролю за</p>

	<p>станом навколишнього середовища. Контактні методи контролю навколишнього середовища. Дистанційні методи контролю навколишнього середовища. Біологічні методи контролю навколишнього середовища. Екологічний контроль.</p>
2	<p><u>Контроль забруднення атмосферного повітря.</u> Склад атмосферного повітря. Класифікація забруднювачів повітря. Стандарти якості атмосферного повітря. Організація спостережень за рівнем забруднення атмосфери. Відбір проб повітря. Апаратура і методика відбору проб. Стандартні суміші шкідливих речовин з повітрям. Сучасні методи контролю забруднення повітряного середовища. Вимірювання концентрацій шкідливих речовин індикаторними трубками. Індивідуальна активна і пасивна дозиметрія.</p>
3	<p><u>Електрохімічні газові сенсори для екологічного моніторингу.</u> Хімічні сенсори. Потенціометричні сенсори. Кондуктометричні, кулонометричні та вольтамперометричні сенсори. Електрохімічні газові сенсори амперометричного типу.</p>
4	<p><u>Контроль забруднення водних об'єктів.</u> Склад гідросфери. Джерела і забруднювачі гідросфери. Нормування якості води в водоймах. Організація контролю якості води. Відбір проб води. Типи відібраних проб. Види проб і види відбору проб. Способи відбору. Пристрої для відбору проб води. Підготовка проб до зберігання. Транспортування проб. Методи контролю забруднення гідросферних об'єктів.</p>
5	<p><u>Корозійний моніторинг обладнання в процесі експлуатації.</u> Принципи вибору методу корозійного моніторингу. Ультразвуковий контроль: вимірювання залишкової товщини металу. Хвилевідний ультразвуковий контроль. Надвисокочастотний корозійний моніторинг. Дослідження корозійних дефектів трубопроводів за допомогою роботизованого внутрішньо-трубного інспекційного снаряда-дефектоскопа. Безконтактний моніторинг трубопроводів методом магнітної томографії. Сторожові отвори. Організація бічної магістралі. Застосування флуоресцентних міток. Аналіз технологічних середовищ.</p>
6	<p><u>Експлуатаційні методи визначення швидкості корозії металу.</u> Випробування зразків-свідків. Переваги та недоліки експлуатаційних випробувань зразків-свідків. Характеристика та види тримачів зразків-свідків. Видалення продуктів корозії і визначення корозійної стійкості. Типи корозійних датчиків. Корозійний датчик вимірювання електричного опору. Корозійний діафрагмовий датчик. Корозійний датчик вимірювання поляризаційного опору. Корозійний датчик вимірювання імпедансу. Корозійний датчик вимірювання електрохімічного шуму. Багатоелектродний корозійний датчик локальної корозії. Датчик локальної корозії внаслідок мікробіологічної активності. Датчик вимірювання потенціалу корозії. Водневий корозійний датчик.</p>
7	<p><u>Метод поляризаційного опору для визначення миттєвої швидкості корозії</u> Виведення основних рівнянь. Константи в основному рівнянні методу поляризаційного опору. Теоретичні величини констант. Теоретичні поляризаційні криві для різних комбінацій постійних Тафеля. Експериментальне визначення константи В. Помилки, зумовлені невизначеністю значень постійних Тафеля. Причини розбіжності дослідних і теоретичних даних і шляхи розвитку теорії методу поляризаційного опору</p>
8	<p><u>Засоби корозійного моніторингу в системах тепловодопостачання.</u> Мікропроцесорні корозметри нового покоління. Портативний індикатор корозії ІК-4п. Стаціонарний індикатор корозії ІК-4с. Моніторинг швидкості корозії в системах гарячого водопостачання. Застосування корозійного моніторингу для захисту від корозії котельного обладнання в системах опалення з контактними водонагрівачами. Застосування корозиметрів нового покоління для корозійного моніторингу в теплових мережах. Корозійний моніторинг в умовах реагентної водопідготовки. Корозійний моніторинг в умовах традиційної водопідготовки.</p>
9	<p><u>Автоматизовані системи контролю навколишнього середовища.</u></p>

Автоматизовані системи контролю навколишнього середовища. Аерокосмічний моніторинг і дані дистанційного зондування.
---

### **Лабораторні заняття**

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	Лабораторна робота 1. Дозування реагенту на основі даних корозійного моніторингу методом поляризаційного опору.	7
2	Лабораторна робота 2. Калібрування газового сенсору амперометричного типу.	7
3	Лабораторна робота 3. Визначення концентрації аніонів іонів потенціометричним методом.	7
4	Лабораторна робота 4. Визначення концентрації катіонів полярографічним методом.	7
5	Лабораторна робота 5. Визначення концентрації органічних речовин у воді методом циклічної вольтамперометрії.	7

### **6. Самостійна робота аспіранта**

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

Вид CPA	Кількість годин на підготовку
Підготовка до аудиторних занять: повторення лекційного матеріалу, проведення розрахунків та оформлення звітів з лабораторних робіт; підготовка до модульної контрольної роботи.	5,5 годин на тиждень

## **Політика та контроль**

### **7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)**

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. Відвідування лекційних та лабораторних 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: виконання модульної контрольної роботи, відповіді на лекціях, виконання та захист лабораторних робіт.

### **Рейтингова система оцінювання результатів навчання**

Рейтинг аспіранта з кредитного модуля розраховується виходячи із 100-бальної шкали. Для допуску до екзамену рейтинг аспіранта повинен становити не менше 40 балів. Рейтинг протягом семестру складається з балів, що аспірант отримує за:

- відповіді на лекціях (в середньому 5 разів за семестр);
- виконання та захист 5 лабораторних робіт - в звичайному, змішаному та дистанційному режимах роботи Університету;
- виконання модульної контрольної роботи.

#### **Критерії нарахування балів:**

##### **1. Лабораторні роботи**

в звичайному, змішаному та дистанційному режимах роботи Університету

Ваговий бал – **35 балів**. Бали за лабораторну роботу розраховуються як сума балів за виконання окремих етапів роботи – допуск і власне виконання (3 балів), якість оформленого протоколу (1 бали) і захисту роботи (3 бали). Всього виконується 5 робіт.

##### **Виконання лабораторної роботи**

- виконання завдань ЛР в повному обсязі без зауважень з боку викладача щодо необґрунтованого відхилення від методичних вказівок або щодо додержання вимог техніки безпеки - 3 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 - 0 балів.

##### **Якість протоколу та захисту лабораторної роботи**

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

##### **2. Модульна контрольна робота**

в звичайному, змішаному та дистанційному режимах роботи Університету виконується у вигляді он-лайн тестування із застосуванням google-форм. Ваговий бал – **20 балів**. Передбачає тест із 20 питань. Вага кожного питання – 1 бал. Сумарний бал складається із суми набраних балів.

##### **3. Відповіді на лекціях**

в звичайному, змішаному та дистанційному режимах роботи Університету

Ваговий бал – **5 балів**. Визначається із розрахунку, що один аспірант дає відповіді на 5 лекціях за семестр, по 1 балу за кожну.

Календарний контроль: проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу. Умовою отримання позитивної оцінки з календарного контролю є рейтинг аспіранта 50 % від максимально можливого на час календарного контролю. На **першому календарному контролі** (8-й тиждень) аспірант отримує «атестований», якщо його поточний рейтинг не менше **15 балів**. На **другому календарному контролі** (14-й тиждень) студент отримує «атестований», якщо його поточний рейтинг не менше **40 балів**.

Семестровий контроль: екзамен.

Семестровий контроль: усний екзамен.

На екзамені студенти мають відповісти на питання екзаменаційного білета. Кожен білет містить два теоретичних питання і оцінюється у **40 балів**. Кожне із питань білету оцінюється у **20 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 - 16-20 балів (не менше 90 % потрібної інформації);
- повна і взагалі вірна відповідь на запитання з 1–3 незначними помилками або зауваженнями - 10-15 балів (не менше 75 % потрібної інформації);
- взагалі вірна відповідь на запитання з 5–9 незначними помилками та 1–2 зауваженнями принципового характеру, пов'язаного з неповнотою знань з фундаментальних основ – 10-13 балів (не менше 60 % потрібної інформації);
- незадовільна відповідь – 0-4 бали.

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

$$RC = r_{\text{мкр}} + r_{\text{лр}} + r_{\text{лк}} = 20 + 35 + 5 = 60 \text{ балів.}$$

Умовою допуску до екзамену є зарахування всіх лабораторних робіт, написання МКР та кількість рейтингових балів не менше 40.

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 дисципліни (освітнього компонента)

- Вимоги для підготовки до заліку наведені у Google Classroom «Корозійно-екологічний моніторинг повітряного і водного середовищ» (платформа Sikorsky-distance).
- Перелік матеріалів, якими дозволено користуватись під час екзамену – під час екзамену аспіранту заборонено використовувати будь-які допоміжні матеріали та літературу. За порушення вимог аспіранти усуваються від заліку.
- Під час захисту лабораторних робіт аспірант має право для уточнення відповідей скористатись власним протоколом лабораторної роботи.

## Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доцентом кафедри технології електрохімічних виробництв, к.т.н., доц. Васильєвим Георгієм Степановичем.

Ухвалено кафедрою технології електрохімічних виробництв (протокол № 10 від 30.06.2021 р.)

Погоджено Методичною комісією факультету (протокол № 10 від 23.06.2021 р.)