



**ТЕХНОЛОГІЯ ТЕПЛОНОСІЇВ**  
**Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)**

**Реквізити навчальної дисципліни**

<b>Рівень вищої освіти</b>	Перший (бакалаврський)
<b>Галузь знань</b>	Електрична інженерія
<b>Спеціальність</b>	143 Атомна енергетика
<b>Освітня програма</b>	Атомні електричні станції
<b>Статус дисципліни</b>	Вибіркова
<b>Форма навчання</b>	Очна, денна
<b>Рік підготовки, семестр</b>	III курс, весняний
<b>Обсяг дисципліни</b>	4 кредити (120 годин): лекції, 54 год., лабораторні роботи, 18 год., самостійна робота студентів, 48 год.
<b>Семестровий контроль/ контрольні заходи</b>	Залік, модульна контрольна робота.
<b>Розклад занять</b>	<a href="http://rozklad.kpi.ua/">http://rozklad.kpi.ua/</a>
<b>Мова викладання</b>	Українська
<b>Інформація про керівника курсу / викладачів</b>	Лектор: к.т.н., доц. Коньшин Валерій Іванович, email: <a href="mailto:vikonshin@meta.ua">vikonshin@meta.ua</a> , тел. 095 281 00 90 Лабораторні: к.т.н., доц. Коньшин Валерій Іванович
<b>Розміщення курсу</b>	Платформа Сікорський Moodle. <a href="https://www.sikorsky-distance.org/">https://www.sikorsky-distance.org/</a>

**Програма навчальної дисципліни**

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

Предмет навчальної дисципліни – методи, процеси, технологія та обладнання підготовки теплоносіїв для ядерних енергетичних установок.

Забезпечення безпечної експлуатації ядерних енергетичних установок багато в чому залежить від якості теплоносія, що відводить теплоту, яка виділяється в результаті ядерної реакції в реакторі. Підготовка якісного теплоносія є однією із заборук ефективної та безаварійної експлуатації таких ядерно- та радіаційнонебезпечних об'єктів критичної інфраструктури. Правильне розуміння впливу якості теплоносія на надійність роботи елементів ядерної енергетичної установки дозволить студентам при виконанні бакалаврських робіт і магістерських дисертацій приймати науковообгрунтовані технологічні та конструкторські рішення підвищення рівня безпечної експлуатації цих сучасних джерел електроенергії.

### 1.1 Мета та завдання навчальної дисципліни

Метою кредитного модулю є формування у студентів компетентностей:

ФК2. Здатність розробляти та впроваджувати заходи з підвищення надійності та ядерно радіаційної безпеки при проектуванні та експлуатації обладнання атомно-енергетичного комплексу.

ФК13. Здатність використовувати знання характеристик специфічних матеріалів, обладнання, процесів та продуктів у професійній діяльності в галузі атомної енергетики

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти після засвоєння навчальної дисципліни мають продемонструвати такі програмні результати навчання:

ПРН 1. Знання і розуміння математики, фізики, хімії та інженерних наук на рівні, необхідному для досягнення результатів освітньої програми, в тому числі певна обізнаність в останніх досягненнях в галузі.

ПРН 12. Знати і розуміти основні характеристики, сферу застосування та обмеження обладнання, матеріалів та інструментів, інженерних технологій і процесів, що використовуються при вирішенні професійних завдань.

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

Для засвоєння матеріалу дисципліни необхідні знання з: фізики ПО2, хімії ПО4, матеріалознавства, технології матеріалів ПО12, теорії ядерних реакторів ПО19, іноземної мови професійного спрямування ЗО5.

Дисципліни, які базуються на результатах навчання з даної дисципліни: переддипломна практика ПО25, дипломне проектування ПО26.

### 3. Зміст навчальної дисципліни

РОЗДІЛ 1. Роль теплоносія та робочого тіла на АЕС
<i>Тема 1.1.</i> Сфера технології теплоносіїв.
<i>Тема 1.2.</i> Пароводяний баланс АЕС.
РОЗДІЛ 2. Індивідуальні властивості водного теплоносія.
<i>Тема 2.1.</i> Будова води та її властивості.
РОЗДІЛ 3. Природні води. Домішки природних вод. Показники якості природних вод.
<i>Тема 3.1.</i> Природні води та їх домішки.
<i>Тема 3.2.</i> Показники якості природної води.
РОЗДІЛ 4. Методи попередньої обробки води на АЕС.
<i>Тема 4.1.</i> Попередня обробка води.
<i>Тема 4.2.</i> Коагуляція води.
<i>Тема 4.3.</i> Хімічні методи попередньої обробки води.
РОЗДІЛ 5. Обробка води на АЕС методом іонного обміну.

<i>Тема 5.1.</i> Загальні положення. <i>Тема 5.2.</i> Катіонування води. <i>Тема 5.3.</i> Аніонування води. <i>Тема 5.4.</i> Хімічне знесолення води.
РОЗДІЛ 6. Видалення з води розчинених у ній корозійноактивних та радіоактивних благородних газів.
<i>Тема 6.1.</i> Загальні положення. <i>Тема 6.2.</i> Термічна деаерація води. <i>Тема 6.3.</i> Декабронізація води. <i>Тема 6.4.</i> Хімічна дегазация води.
РОЗДІЛ 7. Утворення відкладень в парогенераторах і теплообмінниках та їх запобігання.
<i>Тема 7.1.</i> Утворення відкладень. <i>Тема 7.2.</i> Характеристика відкладень. <i>Тема 7.3.</i> Очистка поверхонь нагріву та активної зони від відкладень та накипів
РОЗДІЛ 8. Обробка високомінералізованих та радіоактивних вод на АЕС.
<i>Тема 8.1.</i> Дистиляція води. <i>Тема 8.2.</i> Електродіаліз та гіперфільтрація води.
РОЗДІЛ 9. Корозія металів та методи боротьби з нею.
<i>Тема 9.1.</i> Механізм корозії технічного металу. <i>Тема 9.2.</i> Корозія металу ядерної енергетичної установки.
РОЗДІЛ 10. Водно-хімічні режими АЕС.
<i>Тема 10.1.</i> Водно-хімічний режим АЕС з реакторами ВВЕР. <i>Тема 10.2.</i> Водно-хімічні режими інших АЕС.
РОЗДІЛ 11. Рідкометалевий теплоносій (РМТ).
<i>Тема 11.1.</i> Загальні положення. <i>Тема 11.2.</i> Характеристика РМТ. <i>Тема 11.3.</i> Безпека експлуатації реакторів з РМТ.
РОЗДІЛ 12. Органічні теплоносії (ОТ).
<i>Тема 12.1.</i> Загальні положення. <i>Тема 12.2.</i> Властивості ОТ. <i>Тема 12.3.</i> Фаулінг. <i>Тема 12.4.</i> Якість органічного теплоносія.
РОЗДІЛ 13. Газові теплоносії (ГТ)
<i>Тема 13.1.</i> Загальні положення. <i>Тема 13.2.</i> Технологія гелієвого теплоносія.

#### 4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова (підручники, навчальні посібники) література.

1. Кишневський В.П. Гібридні технології кондиціонування води в енергетиці: підручник / В.П. Кишневський. – 2-ге вид., виправ. і доп. – Одеса : Екологія, 2021. – 380 с.
  2. Кишневський В.П. Сучасні методи обробки води в енергетиці - Одеса: "ОГПУ", 1999 - 196 с.
- Додаткова (монографії, статті, документи, електронні ресурси) література.
1. Кардасевич, О. О. Водні режими теплових та атомних електростанцій : навч. посібник / О. О. Кардасевич. - Одеса : ОНПУ, 2003. - 147 с.
  2. Водопідготовка в енергетиці. Лабораторний практикум” : Навчальний посібник з дисциплін “ Водопідготовка котельних установок” та “ Технологія теплоносіїв” для студентів спеціальностей: 142 “Енергетичне машинобудування”, 143 “ Атомна енергетика”. / Укладач В.І. Коньшин; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 0,92 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 59 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/62664>

#### 4.3. Інформаційні ресурси

1. Кампус НТУУ “КПІ” – <http://login.kpi.ua>
2. Науково-технічна бібліотека НТУУ “КПІ” – <http://library.kpi.ua/>

#### Навчальний контент

#### 5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Згідно навчального плану для опанування матеріалу дисципліни передбачено лекційні заняття, лабораторні роботи.

#### 5.1. Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
<b>РОЗДІЛ 1. Роль теплоносія та робочого тіла на АЕС.</b>	
<b>Тема 1.1. Сфера технології теплоносіїв.</b>	
1.	<b>Лекція 1.</b> Стан та розвиток атомної енергетики на Україні та в світі. Класифікація
2.	<b>Лекція 2.</b> Роль і значення теплоносіїв. Типи теплоносіїв, Проблеми теплоносіїв
<b>Тема 1.2. Пароводяний баланс АЕС.</b>	
3.	<b>Лекція 3.</b> Пароводяний баланс одноконтурних АЕС. Пароводяний баланс двоконтурних АЕС. СРС: Пароводяний баланс одноконтурних АЕС.
<b>РОЗДІЛ 2. Індивідуальні властивості водного теплоносія.</b>	
<b>Тема 2.1. Будова води та її властивості.</b>	
4.	<b>Лекція 4.</b> Властивості води. Особливості побудови молекули води. Водневі зв'язки. Електричні властивості води. Показник концентрації водневих іонів. Електропровідність води. Ядерні властивості води. Радіоліз води та активність водного теплоносія СРС: Радіоліз води та активність водного теплоносія. Електричні властивості води. Індекс стабільності води.
<b>РОЗДІЛ 3. Природні води. Домішки природних вод. Показники якості природних вод.</b>	

	<b>Тема 3.1. Природні води та їх домішки.</b>
5.	<b>Лекція 5.</b> Класифікація природних вод. Характеристика домішок природних вод. СРС: Основні наслідки наявності у воді домішок і задачі водопідготовки та раціонального водного режиму.
	<b>Тема 3.2. Показники якості природної води.</b>
6.	<b>Лекція 6.</b> Показники якості природної води. Вміст зважених часток. Сухий залишок. Окислюваність води. Загальна жорсткість води та її складові. Загальна лужність води та її складові. СРС: Характеристика домішок кремнієвої кислоти.
РОЗДІЛ 4. Методи попередньої обробки води на АЕС.	
	<b>Тема 4.1. Попередня обробка води. Тема 4.2. Коагуляція води. Тема 4.3. Хімічні методи попередньої обробки води.</b>
7.	<b>Лекція 7.</b> Основні положення. Методи попередньої обробки води на АЕС. Коагуляція як метод попередньої обробки води. Фізико-хімічні основи коагуляції води СРС :
8.	<b>Лекція 8.</b> Застосування коагуляції та вапнування на АЕС. Видалення грубодисперсних часток та коагульованих колоїдних домішок води в прояснювачах. Будова і робота прояснювача. Вапнування води. Цілі і задачі вапнування. Магnezійне знекремлювання води.
РОЗДІЛ 5. Обробка води на АЕС методом іонного обміну.	
	<b>Тема 5.1. Загальні положення іонного обміну. Тема 5.2. Катіонування води</b>
9.	<b>Лекція 9.</b> Застосування іонного обміну для обробки води на АЕС. Сутність іонного обміну. Класифікація і характеристика іонообмінних матеріалів. Катіоніти та їх властивості.
10.	<b>Лекція 10.</b> Процеси катіонування. Процес Na-катіонування. Процес H-катіонування. Особливості застосування катіонітів на АЕС. Радіоліз та піроліз катіонітів
	<b>Тема 5.3. Аніонування води.</b>
11.	<b>Лекція 11.</b> Застосування аніонітів на АЕС. Аніоніти та їх властивості. Процеси аніонування води. Старіння аніонітів.
	<b>Тема 5.4. Хімічне знесолення води.</b>
12.	<b>Лекція 12.</b> Процеси хімічного знесолення води. Сутність хімічного знесолення води. Фільтр змішаної дії, будова, та принцип його роботи. Триступенева схема глибокого знесолення води.
РОЗДІЛ 6. Видалення з води розчинених у ній корозійно-активних та радіоактивних благородних газів (РБГ)	
	<b>Тема 6.1. Загальні положення дегазації води. Тема 6.2. Термічна деаерація води.</b>
13.	<b>Лекція 13.</b> Термічна деаерація води. Методи видалення розчинених у воді газів. Закон Генрі. Фізико-хімічні основи термічної деаерації. Принцип дії термічного деаератора. СРС: Фактори, які впливають на підвищенні ефекту термічної деаерації.

14.	<p align="center"><b>Тема 6.3. Декабронізація води.</b></p> <p align="center"><b>Тема 6.4. Хімічна дегазація води.</b></p> <p><b>Лекція 14.</b> Декарбонізація і хімічна дегазація води. Фізико-хімічні основи декарбонізації. Принцип дії декарбонізатора. Хімічне зв'язування вуглекислого газу, розчиненого у воді. СРС: Розчинність газів у воді.</p>
РОЗДІЛ 7. Утворення відкладень в парогенераторах і теплообмінниках та їх запобігання.	
15.	<p align="center"><b>Тема 7.1. Утворення відкладень.</b></p> <p align="center"><b>Тема 7.2. Характеристика відкладень.</b></p> <p><b>Лекція 15.</b> Утворення відкладень та їх характеристика. Надходження домішок у пароводяний тракт АЕС. Розчинність твердих домішок у воді. Утворення відкладень, накипів, шламів. Види накипів, відкладень та шламів в тракті парогенератора. Характеристика окремих видів відкладень та заходи по їх запобіганню.</p>
16.	<p align="center"><b>Тема 7.3. Очищення поверхонь нагріву та активної зони від відкладень та накипів.</b></p> <p><b>Лекція 16.</b> Очищення поверхонь від відкладень. Низькотемпературна хімічна промивка та дезактивація основного контуру разом з активною зоною. Високотемпературна промивка та очистка обладнання АЕС. Література: базова [3] с. 116 – 138; СРС базова [3], с. 255-269</p>
17.	<b>Модульна контрольна робота</b>
РОЗДІЛ 8. Обробка високомінералізованих та радіоактивних вод на АЕС.	
18.	<p align="center"><b>Тема 8.1. Дистиляція води.</b></p> <p><b>Лекція 17.</b> Обробка води методом дистиляції. Фізико-хімічні основи дистиляції. Будова та принцип дії випарного апарату.</p>
19.	<p align="center"><b>Тема 8.2. Електродіаліз та гіперфільтрація води.</b></p> <p><b>Лекція 18.</b> Знесолення води електродіалізом та гіперфільтрацією. Фізико-хімічні основи процесу електродіалізу. Будова та принцип дії електродіалізатора. Фізико-хімічні основи гіперфільтрації. Будова та принцип дії апаратів гіперфільтрації. СРС: Будова та принцип дії апаратів гіперфільтрації</p>
РОЗДІЛ 9. Корозія металів та методи боротьби з нею.	
20.	<p align="center"><b>Тема 9.1. Механізм корозії технічного металу.</b></p> <p><b>Лекція 19.</b> Механізм хімічної та електрохімічної корозії. Види і форми вияву корозії. Хімічна корозія, окисна плівка та її роль в процесі корозії. Механізм електрохімічної корозії. Деполяризація. Поляризація. СРС : Воднева корозія.</p>
21.	<p align="center"><b>Тема 9.2. Корозія металу ядерної енергетичної установки.</b></p> <p><b>Лекція 20.</b> Корозія контурів і трактів АЕС. Корозія конденсатно-живильного тракту одно- і двоконтурних АЕС. Корозія контуру багатократної примусової циркуляції.</p>
РОЗДІЛ 10. Водно-хімічні режими АЕС.	
22.	<p align="center"><b>Тема 10.1. Водно-хімічні режими АЕС з реакторами ВВЕР.</b></p> <p align="center"><b>Тема 10.2. Водно-хімічні режими інших АЕС.</b></p> <p><b>Лекція 21.</b> Водно-хімічні режими АЕС. Водно-хімічні режими першого контуру АЕС з реактором ВВЕР. Водно-хімічний режим другого контуру АЕС з реактором ВВЕР. Водно-хімічні режими АЕС з киплячими</p>

	реакторами та реакторами на швидких нейтронах. Література: базова [2] с. 216-220; СРС базова: [2], с. 136-150.
РОЗДІЛ 11. Рідкометалеві теплоносії (РМТ).	
23.	<p style="text-align: center;"><b>Тема 11.1. Загальні положення.</b></p> <p style="text-align: center;"><b>Тема 11.2. Характеристика РМТ.</b></p> <p style="text-align: center;"><b>Тема 11.3. Безпека експлуатації реакторів з РМТ.</b></p> <p><b>Лекція 22.</b> Характеристика й особливості РМТ. Застосування РМТ на АЕС. Фізико-хімічні властивості РМТ. Корозійні властивості РМТ. Домішки та їх розчинність в РМТ. Безпека експлуатації реакторів на швидких нейтронах. Джерела радіонуклідів в РМТ. Особливості їх поведінки в контурах з РМТ. Методи очистки натрієвого теплоносія. Забезпечення безпеки експлуатації реакторів з РМТ. СРС: Розчинність різних домішок у рідкометалевих теплоносіях (РМТ).</p>
РОЗДІЛ 12. Органічні теплоносії (ОТ).	
24.	<p style="text-align: center;"><b>Тема 12.1. Загальні положення.</b></p> <p style="text-align: center;"><b>Тема 12.2. Застосування ОТ в ядерній енергетиці. Властивості ОТ.</b></p> <p><b>Лекція 23.</b> Обґрунтування доцільності застосування ОТ в контурах ядерних енергетичних установок (ЯЕУ). Фізико-хімічні властивості ОТ. Термічний та радіаційний розклад ОТ. Корозія конструкційних матеріалів в ОТ. Поведінка продуктів корозії.</p>
25.	<p style="text-align: center;"><b>Тема 12.3. Фаулінг. Тема 12.4. Якість органічного теплоносія.</b></p> <p><b>Лекція 24.</b> Сутність фаулінгу. Фактори, які впливають на протікання фаулінгу. Нормування якості та методи очистки ОТ. Радіаційні обставини на ЯЕУ з ОТ. СРС: Вимоги до якості органічного теплоносія. Нормування якості органічного теплоносія. Контроль якості органічного теплоносія</p>
РОЗДІЛ 13. Газові теплоносії (ГТ).	
26.	<p style="text-align: center;"><b>Тема 13.1. Загальні положення. Тема 13.2. Технологія гелієвого теплоносія.</b></p> <p><b>Лекція 25.</b> Гелієвий теплоносій.</p> <p>Відомості про використання газового теплоносія в ЯЕУ. Загальна характеристика газових теплоносіїв. Вплив гелієвого теплоносія на матеріали контурів. Домішки в гелієвому теплоносії. Радіоактивність в ЯЕУ з гелієвим теплоносієм. Очистка гелієвого теплоносія. СРС: Одержання гелія та його властивості.</p>
27.	<b>ЗАЛІК.</b>

## 5.2. Лабораторні заняття

№ з/п	Назва теми заняття та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
<b>РОЗДІЛ 3. Природні води. Домішки природних вод. Показники якості природної води.</b>	
1.	<b>Тема 3.2. Показники якості природної води.</b> Визначення загальної жорсткості води.
2.	Визначення загальної лужності води.
3.	Визначення окислювальності води
4.	Визначення вмісту хлоридів у воді
<b>Розділ 4. Методи попередньої обробки води на АЕС.</b>	
5.	<b>Тема 4.2. Коагуляція води. Тема 4.3. Хімічні методи попередньої обробки води.</b> Видалення колоїдних домішок з води методом коагуляції

6.	Вапнування води
<b>Розділ 5. Обробка води на АЕС методом іонного обміну.</b>	
7.	<b>Тема 5.2. Катіонування води.</b> Пом'якшення води методом Na-катіонування
8.	<b>Захист лабораторних робіт</b>

## 6. Самостійна робота студента

### 6.1. Підготовка до аудиторних занять. Самостійне опрацювання тем і питань

№ з/п	Назва тем і питань, що виносяться на самостійне опрацювання
1.	Пароводяний баланс одноконтурних АЕС.
2.	Радіоліз води та активність водного теплоносія.
3.	Основні наслідки наявності у воді домішок і задачі водопідготовки та раціонального водного режиму.
4.	Електричні властивості води.
5.	Індекс стабільності води.
6.	Розчинність газів у воді.
7.	Характеристика домішок кремнієвої кислоти.
8.	Воднева корозія.
9.	Фактори, які впливають на підвищенні ефекту термічної деаерації.
10.	Будова та принц. іп дії апаратів гіперфільтрації
11.	Розчинність різних домішок у рідкометалевих теплоносіях (РМТ).
12.	Вимоги до якості органічного теплоносія
13.	Нормування якості органічного теплоносія
14.	Контроль якості органічного теплоносія.
15.	Одержання гелія та його властивості.
16.	Домішки у гелієвому теплоносії.
17.	Одержання газового теплоносія, що дисоціює (ГТНД).
18.	Домішки в ГТНД та нормування його якості.
19.	Очистка ГТНД від домишок.
20.	Безпека ядерних установок з ГТНД

## 7. Політика освітнього компонента

- Денна форма навчання передбачає обов'язкове відвідування аудиторних занять усіх видів.
- На заняттях студенти мають проявляти активність в діалозі з ініціативі викладача, доповідати про засвоєні матеріали тем, що були винесені на самостійну роботу. Засоби телекомунікації мають бути вимкнені.
- На захист лабораторної роботи студент повинен надати оформлений за правилами протокол з результатами розрахунків за первинними даними, відповіді на запитання по змісту лабораторної роботи.



- Відсутність студента на аудиторному занятті без поважних причин призводить до зняття одного балу від загального семестрового рейтингу.  
У разі недопущення до лабораторної роботи у зв'язку з незадовільним вхідним контролем нараховується штрафний (-1) бал.  
За проявлену активність на аудиторному занятті студенту нараховуються заохочувальні бали.
- Студенти повинні виконувати навчальні завдання, завдання поточного та підсумкового контролю результатів навчання самостійно.  
Якщо студент використовує ідеї, розробки, твердження, відомості інших авторів, то обов'язково повинен робити посилання на джерела інформації.

## **8. Система рейтингових балів та критерії оцінювання ("м'яка" РСО)**

### **1. Робота на заняттях**

#### **Лекційні заняття**

**Виконання СРС.** Ваговий бал — 1. Максимальна кількість балів студента за двадцять завдань (завдання СРС видаються після лекції, строк задачі завдання – не пізніше ніж через тиждень):  $r_{1л} = 1 \text{ бал} \times 20 = 20 \text{ балів}$ . Виконане завдання надається викладачу у вигляді конспекту, виконання завдань СРС обов'язкове.

*Критерії оцінювання:*

**1 бал** — в повному об'ємі і вчасно надане завдання; **0 балів** — не вчасно надане завдання.

*Штрафні бали:*

– несвоєчасне представлення виконаного завдання СРС без поважної причини (хвороба) — **1 бал**.

**Опитування.** П'ять відповідей в середньому кожного студента на лекційних заняттях (на одному занятті опитуються приблизно 4 студенти; при середній чисельності групи 20 осіб, двадцять п'ять лекцій:  $4 \cdot 25 / 20 \approx 5$  відповідей).

Ваговий бал — 1. Максимальна кількість балів студента:  $r_{1оп} = 1 \text{ бал} \times 5 = 5 \text{ балів}$ .

*Критерії оцінювання:*

**1 бал** — повна вірна відповідь на поставлене запитання; **0,5 бали** — відповідь має несуттєві помилки; **0 бали** — неповна відповідь або наявність несуттєвих помилок в неповній відповіді, або наявність суттєвих помилок в неповній відповіді.

#### **Лабораторні заняття**

Ваговий бал — 5. Максимальна кількість балів студента за сім лабораторних занять:  $r_{1лаб} = 5 \text{ балів} \times 7 = 35 \text{ балів}$ .

*Критерії оцінювання:*

**5 балів** — за умови гарного виконання роботи, правильно оформленого протоколу, гарного і своєчасного захисту роботи; за умови невиконання (зниження) показника хоча б з однієї позиції — **(-1) бал**.

*Штрафні бали:*

– у разі недопущення до лабораторної роботи у зв'язку з незадовільним вхідним контролем — **(-1) бал**.

### **2. Модульна контрольна робота (МКР)**

Проводиться одна МКР. Ваговий бал —  $r_{1мкр} = 40 \text{ балів}$ .

*Критерії оцінювання:*

**40...39 балів** — повна вірна відповідь на завдання; **38...35 балів** — відповідь має несуттєві помилки; **34...29 бали** — неповна відповідь; **27...21 балів** — неповна відповідь з несуттєвими недоліками; **20...0 балів** — наявність суттєвих помилок в неповній відповіді або відсутність відповіді, МКР не зараховано.

### **3. Залікова контрольна робота**

Залік проводиться у письмовій формі.

Залікова контрольна робота складається з чотирьох теоретичних питань (по 25 балів) Тобто, максимальна кількість балів за виконану залікову роботу становить **100 балів**.

*Критерії оцінювання:*

Кожне питання залікової роботи оцінюється згідно до системи оцінювання:

– повна відповідь на одне питання (не менше 90% потрібної інформації) — **25 балів**;

- достатньо повна відповідь на одне питання (не менше 70% потрібної інформації, або незначні неточності) – **20...23 бали**;
- неповна відповідь, з помилками (не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки) – **10...18 балів**;
- незадовільна відповідь, або її відсутність (менше 60% потрібної інформації та помилки) – менше **8 балів**.

**Розрахунок шкали рейтингу з дисципліни ( $R_c$ ):**

Сума вагових балів контрольних заходів в семестрі (стартовий рейтинг) складає:

$$R_c = r_1 = r_{1л} + r_{1оп} + r_{1лаб} + r_{1мкр} = 20 + 5 + 35 + 40 = 100 \text{ балів.}$$

де  $r_i$  — рейтингові або вагові бали за кожний вид робіт з дисципліни.

**Максимально можливий стартовий рейтинг:  $R_c = 100$  балів.**

Необхідною умовою допуску до заліку є відпрацювання і захист всіх лабораторних занять, виконання МКР з оцінкою не нижче «задовільно» і стартовий рейтинг не менше 45 балів.

Якщо впродовж семестру студент отримав 60 балів і більше, він має право отримати оцінку «автоматом» згідно таблиці відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою (див. нижче).

Студенти, які набрали в семестрі рейтинг з дисципліни менше, ніж 45 балів або не виконали умов допуску на залік, зобов'язані до початку екзаменаційної сесії підвищити його, інакше вони не допускаються до заліку з цієї дисципліни і мають академічну заборгованість.

Студенти, які виконали всі умови допуску до заліку та мають рейтингову оцінку 60 балів і більше, отримують відповідну до набраного рейтингу оцінку без додаткових випробувань.

Зі здобувачами, які виконали всі умови допуску до заліку та мають рейтингову оцінку менше 60 балів, а також з тими студентами, хто бажає підвищити свою рейтингову оцінку, на останньому за розкладом занятті з дисципліни в семестрі проводиться залікова контрольна робота. Після виконання залікової роботи, якщо оцінка за залікову контрольну роботу більша ніж за рейтингом, студент отримує оцінку за результатами залікової контрольної роботи.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою

<b>Кількість балів</b>	<b>Оцінка</b>
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

**Процедура оскарження результатів контрольних заходів**

Студенти мають право і можливість підняти будь-яке питання, яке стосується процедури контрольних заходів та очікувати, що воно буде розглянуто згідно із наперед визначеними процедурами (детальніше: [https://osvita.kpi.ua/2020\\_7-170](https://osvita.kpi.ua/2020_7-170), [https://document.kpi.ua/files/2020\\_7-170.pdf](https://document.kpi.ua/files/2020_7-170.pdf)).

Студенти мають право оскаржити результати контрольних заходів, але обов'язково аргументовано, пояснивши з яким критерієм не погоджуються відповідно до оціночного листа та/або зауважень.

Норми етичної поведінки студентів і працівників визначені у розділі 2 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» (детальніше: <https://kpi.ua/code>).

**9. Додаткова інформація з дисципліни**

**9.1. Перелік питань, що виносяться на модульну контрольну роботу.**

1. Класифікація природних вод .
2. Характеристика домішок природних вод.

3. Показники якості природних вод.
4. Методи попередньої обробки природної води.
5. Вапнування природної води.
6. Видалення грубо дисперсних та коагульованих колоїдних домішок з води за допомогою освітлювача. Будова та принцип дії освітлювача.
7. Контактна коагуляція води в освітлювальних фільтрах.
8. Сутність іонного обміну для обробки води на АЕС
9. Фізико-хімічні характеристики іонообмінних матеріалів, які застосовуються на АЕС.
10. Класифікація іонообмінних матеріалів, які застосовуються на АЕС.
11. Процес Na-катіонування.
12. Процес H-катіонування.
13. Особливості застосування іонообмінних матеріалів на АЕС. Радіоліз та термоліз кат іонів.
14. Аніонування водного теплоносія. Старіння аніонів.
15. Процес хімічного знесолення природної водо.
16. Фільтр змішаної дії. Будова конструкції та принцип роботи.
17. Триступенева схема глибокого знеселення природної води.
18. Засоби видалення та зв'язування  $O_2$ ,  $CO_2$ , та радіоактивних благородних газів.
19. Фізико-хімічні основи термічної деаерації.
20. Принцип дії термічного деаератора. Їх класифікація.
21. Фізико-хімічні основи декарбонізації.
22. Будова, робота і коротка характеристика декарбонізаторів.
23. Хімічне зв'язування кисню та вуглекислоти.

## **9.2. Перелік питань, що виносяться на залікову контрольну роботу:**

1. Класифікація АЕС та значення теплоносія.
2. Типи теплоносіїв. Проблеми теплоносіїв.
3. Пароводяний баланс двоконтурних АЕС.
4. Особливості будови молекули води.
5. Електричні властивості води: рН, електропровідність, ядерні властивості води.
6. Радіоліз води та активність водного теплоносія.
7. Класифікація природних вод і характеристика їх домішок.
8. Показники якості природної води.
9. Методи попередньої обробки води на АЕС.
10. Основи коагуляції води.
11. Вапнування природної води.
12. Видалення грубо дисперсних та коагульованих колоїдних домішок з води за допомогою освітлювача. Будова та принцип дії освітлювача.
13. Сутність іонного обміну для обробки води на АЕС
14. Фізико-хімічні характеристики іонообмінних матеріалів, які застосовуються на АЕС.
15. Класифікація іонообмінних матеріалів, які застосовуються на АЕС.
16. Процес Na-катіонування.
17. Процес H-катіонування.
18. Особливості застосування іонообмінних матеріалів на АЕС. Радіоліз та термоліз кат іонів.
19. Аніонування водного теплоносія. Старіння аніонів.
20. Процес хімічного знесолення природної водо.
21. Фільтр змішаної дії. Будова конструкції та принцип роботи.
22. Триступенева схема глибокого знеселення природної води.
23. Засоби видалення та зв'язування  $O_2$ ,  $CO_2$ , та радіоактивних благородних газів.

24. Фізико-хімічні основи термічної деаерації.
25. Принцип дії термічного деаератора. Їх класифікація.
26. Фізико-хімічні основи декарбонізації.
27. Будова, робота і коротка характеристика декарбонізаторів.
28. Хімічне зв'язування кисню та вуглекислоти.
29. Надходження домішок у пароводяний тракт АЕС.
30. Розчинність твердих домішок у воді.
31. Утворення відкладень, накипу та шламів у пароводяному тракті АЕС.
32. Види накипів і шламів у тракті парогенератора. Коротка характеристика окремих видів накипів і шламів.
33. Низькотемпературна хімічна промивка і дезактивація основного контуру циркуляції разом з активною зоною.
34. Високотемпературна експлуатаційна очистка і хімічна промивка обладнання АЕС.
35. Фізико-хімічні основи дистиляції.
36. Схема та принцип роботи випарного апарата.
37. Фізико-хімічні основи електродіаліза.
38. Будова і принцип дії електродіалізатора.
39. Фізико-хімічні основи гіперфільтрації (зворотний осмос).
40. Установка для знесолення методом зворотного осмосу.
41. Види і форми корозії.
42. Хімічна корозія, окисна плівка та її роль у процесі корозії.
43. Механізм електрохімічної корозії. Деполяризація і поляризація.
44. Вплив зовнішніх і внутрішніх факторів на швидкість корозії.
45. Корозія контура багатократної примусової циркуляції з різними реакторами.
46. Водно-хімічний режим першого контуру АЕС з реакторами ВВЕР.
47. Водно-хімічний режим другого контуру АЕС з реакторами ВВЕР.
48. Водно-хімічний режим другого контуру АЕС з реакторами на швидких нейтронах.
49. Застосування рідкометалевих теплоносіїв (РМТ) на АЕС.
50. Фізико-хімічні властивості РМТ.
51. Корозійні властивості РМТ.
52. Джерела радіонуклідів в контурах з РМТ. Особливості їх поведінки в контурах з РМТ.
53. Методи очистки натрієвого теплоносія.
54. Забезпечення безпеки експлуатації реакторів з РМТ.
55. Обґрунтування доцільності застосування органічних теплоносіїв (ОТ) в контурах ядерних енергетичних установок.
56. Фізико-хімічні властивості ОТ, які застосовуються в ядерних енергетичних установках.
57. Термічне та радіаційне розкладання ОТ.
58. Корозія конструкційних матеріалів в ОТ та поведінка продуктів корозії в контурі.
59. Фаулінг. Фактори, що впливають на протікання фаулінгу.
60. Методи очистки органічного теплоносія.
61. Відомості про застосування газових тепло-/носіїв (ГТ).
62. Загальна характеристика газових теплоносіїв.
63. Вплив гелієвого теплоносія (гелГТ) на конструкційні матеріали контуру.
64. Домішки гелієвого теплоносія.
65. Радіоактивність ЯЕУ з гелГТ.
66. Методи очистки гелієвого теплоносія.

**Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):**

**Складено** доцентом каф. АЕ, к.т.н., доц. Коньшиним В.І..

**Ухвалено** кафедрою АЕ (протокол № 20 від 12.06.2024 р.).

**Погоджено** Методичною радою ІАТЕ (протокол № 10 від 25.06.24 р.).