



Водопідготовка котельних установок

Робоча програма навчальної дисципліни (силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

| | |
|---|---|
| Рівень вищої освіти | <i>Перший (бакалаврський)</i> |
| Галузь знань | <i>14 Електрична інженерія</i> |
| Спеціальність | <i>142 Енергетичне машинобудування</i> |
| Освітня програма | <i>Інженерія і комп'ютерні технології теплоенергетичних систем</i> |
| Статус дисципліни | <i>вибіркова</i> |
| Форма навчання | <i>очна(денна)</i> |
| Рік підготовки, семестр | <i>IV курс, осінній</i> |
| Об'єм дисципліни | <i>4 кредити ЄКТС (120 годин), 36 години лекцій, 18 годин лабораторних робіт, 66 годин самостійна робота</i> |
| Семестровий контроль/ контрольні заходи | <i>залік/модульна контрольна робота</i> |
| Розклад занять | http://roz.kpi.ua/ |
| Мова викладання | <i>українська</i> |
| Інформація про керівника курсу / викладачів | Лектор: <i>к.т.н., доцент, Коньшин Валерій Іванович, vikonshin@meta.ua</i> Лабораторні роботи: <i>к.т.н., доцент, Рогачов Валерій Андрійович, valeriy_rogachov@ukr.net</i> |
| Розміщення курсу | https://campus.kpi.ua , https://www.sikorsky-distance.org/ , https://do.ipk.kpi.ua/ |

Програма навчальної дисципліни

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

Предмет навчальної дисципліни *методи, процеси та обладнання підготовки води для котельних установок.*

Забезпечення економічної та безаварійної експлуатації теплоенергетичних установок багато в чому залежить від якості робочого тіла. Підготовка якісного робочого тіла є однією із запорук ефективної та безаварійної експлуатації паротурбінних установок ТЕС. Правильне розуміння впливу якості робочого тіла на надійність роботи обладнання теплоенергетичної установки дозволить студентам при виконанні бакалаврських робіт і магістерських дисертацій приймати науково-обґрунтовані технологічні та конструкторські рішення підвищення рівня надійної експлуатації цих сучасних джерел електроенергії.

Метою навчальної дисципліни є формування здатностей (компетентностей), які студент набуде після вивчення дисципліни:

ЗК 3 Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК 5. Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово.

ЗК 9. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ЗК 16. Прагнення до збереження навколишнього середовища.

ФК 2. Здатність застосовувати свої знання і розуміння для визначення, формулювання і вирішення інженерних завдань з використанням методів електричної інженерії.

ФК 5. Здатність розробляти енергозберігаючі технології та енергоощадні заходи під час проектування та експлуатації енергетичного і теплотехнологічного обладнання.

ФК 7. Здатність брати участь у роботах з розробки і впровадження теплотехнологічних процесів у ході підготовки виробництва нової продукції, перевіряти якість монтажу й налагодження при випробуваннях і здачі в експлуатацію нових енергетичних об'єктів та систем.

ФК 13. Розуміння принципів технологічних процесів виробництв, які мають негативний вплив на довкілля та здатність запропонувати заходи, щодо зменшення цього впливу.

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

ПРН 1. Знання і розуміння математики та тепломасообміну, технічної термодинаміки, гідрогазодинаміки, трансформації (перетворення) енергії, технічної механіки, конструкційних матеріалів, систем автоматизованого проектування енергетичних машин на рівні, необхідному для досягнення результатів освітньої програми

ПРН 11 Розуміння застосовуваних методик проектування і дослідження, а також їх обмежень відповідно до спеціалізацій спеціальності 142 Енергетичне машинобудування.

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

Дисципліна базується на знаннях, отриманих при вивченні дисциплін: Фізика, Хімія, Технічна термодинаміка, Тепломасообмін, Парові та водогрійні котли.

Дисципліни, які базуються на результатах навчання з даної дисципліни: дипломне проектування, вибіркові компоненти ОП.

3. Зміст навчальної дисципліни

РОЗДІЛ 1. Роль води на тепловій станції.

Тема 1.1. Значення підготовки води та водних режимів. Роль води на ТЕС.

Тема 1.2. Вплив домішок на процеси в енергообладнанні.

РОЗДІЛ 2. Водні розчини та їх властивості.

Тема 2.1. Будова води та її властивості.

Тема 2.2. Властивості водних розчинів

РОЗДІЛ 3. Природні води. Домішки природних вод. Показники якості природної води.

Тема 3.1. Природні води та їх домішки.

Тема 3.2. Показники якості природної води.

РОЗДІЛ 4. Утворення відкладень та накипів у парових котлах та їх запобігання.

Тема 4.1. Утворення відкладень.

Тема 4.2. Запобігання відкладень накипів.

РОЗДІЛ 5. Методи одержання чистої пари.

Тема 5.1. Забруднення пари домішками. Основні шляхи переходу домішок у пару.

Тема 5.2. Боротьба із забрудненням пари.

РОЗДІЛ 6. Корозія металу паросилового устаткування та методи боротьби з нею.

Тема 6.1. Механізм корозії технічного металу.

Тема 6.2. Корозія металу паросилового устаткування.

РОЗДІЛ 7. Методи попередньої обробки води на ТЕС.

Тема 7.1. Попередня обробка води

РОЗДІЛ 8. Обробка води на ТЕС методом іонного обміну.

Тема 8.1. Загальні положення іонного обміну.

Тема 8.2. Катіонування води.

Тема 8.3. Аніонування води.

Тема 8.4. Хімічне знесолення води.

РОЗДІЛ 9. Видалення з води розчинених в ній корозійних газів.

Тема 9.1. Загальні положення дегазації води.

Тема 9.2. Термічна деаерація

Тема 9.3. Декарбонізація води.

Тема 9.4. Хімічна дегазація води.

РОЗДІЛ 10. Обробка високомінералізованих вод.

Тема 10.1. Дистиляція води.

Тема 10.2. Електродіаліз та гіперфільтрація води.

РОЗДІЛ 11. Водно-хімічні режими парових котлів.

Тема 11.1. Водно-хімічні режими барабаних котлів.

Тема 11.2. Водно-хімічні режими котлів надкритичних параметрів.

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.А. Сучасні методи обробки води в енергетиці - Одеса: "ОГПУ", 1999 - 196 с.

Додаткова (монографії, статті, документи, електронні ресурси) література.

1. Вихрев В.Ф., Шкроб М.С. Водоподготовка. – М.: Энергия, 1973., с. 416.
2. Стерман Л.С., Физические и химические методы обработки воды на ТЭС. – М.: Энергоатомиздат, 1991, 340 с.
3. Громогласов А.А. Водоподготовка. Процессы и аппараты – М.: Энергоатом-издат, 1990. – 500 с.
4. Маргулова Т.Х., Мартынова О.И. Водные режимы ТЭС и АЭС – М.: Высшая школа, 1990 – 370 с.
5. Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни «Водопідготовка та водний режим котельних агрегатів» /Укладач Коньшин В.І. – Київ, НТУУ «КПІ», 2013, – 54 с.
6. Химический контроль на тепловых и атомных электростанциях /Под ред. Мартыновой О.И. – М.: Энергия, 1980, 320 с.
7. Старыкович М.А., Мартынова О.И., Миропольский З.А. Процессы генерации пара на электростанциях. – М.: Энергия, 1979, с. 312 с.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Згідно навчального плану для опанування матеріалу дисципліни передбачено лекційні та лабораторні заняття

Лекційні заняття

| № з/п | Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС) |
|---|---|
| РОЗДІЛ 1. Роль води на тепловій електростанції. | |
| 1. | Тема 1.1. Значення підготовки води та водних режимів. Роль води на ТЕС. Лекція 1. Значення водопідготовки та водного режиму на теплових електричних станціях для забезпечення їх надійної та економічної експлуатації. Роль води на тепловій електричній станції. Обіг води у системі промислових ТЕС та ТЕЦ. Види вод на ТЕС та ТЕЦ. <i>Література:</i> додаткова [1], с. 1-5, с. 6-10. СРС Види вод у системі теплової станції. Втрати пари та конденсату на ТЕС. <i>Додаткова</i> [1], с.5-12. |
| 2. | Тема 1.2. Вплив домішок на процеси в енергоустановці. Лекція 2. Забруднення води на ТЕС домішками та наслідки їх наявності у воді. Джерела та шляхи забруднення води на ТЕС. Основні джерела втрат пари та води у пароводяному циклі. <i>Література:</i> додаткова[1], с.10-15; [2], с.13-16. СРС. Основні наслідки наявності у воді домішок і задачі водопідготовки та раціонального водного режиму. <i>Додаткова</i> [1], с.5-8. |
| РОЗДІЛ 2. Водні розчини та їх властивості. | |
| 3. | Тема 2.1. Властивості водних розчинів. Лекція 3. Розчинність різних домішок у воді. Дисоціація та гідроліз солей. Розчинення твердих речовин у воді. Розчинність твердих домішок у воді. Засоби вираження концентрацій розчинів. <i>Література:</i> додаткова [2], с.23-44; [1], с. 10-23. СРС. Розчинність газів у воді. <i>Додаткова</i> [2], с.115-118; |
| РОЗДІЛ 3. Природні води. Домішки природних вод. Показники якості природної води. | |
| 4. | Тема 3.1. Природні води та їх домішки. Лекція 4. Природні води. Характеристика домішок природних вод. <i>Література:</i> Основна [1], с. 9-21; с.16-26; [5] с. 7-15; додаткова: [2], с. 23-27. СРС. Характеристика домішок кремнієвої кислоти. |
| 5. | Тема 3.2. Показники якості природної води. |

| | |
|---|--|
| | <p>Лекція 5. Показники якості природної води: Вміст взважених часток. Сухий залишок. Окисленість води. Загальна жорсткість води та її складові. Загальна лужність води та її складові, Показник концентрації катіонів водню.</p> <p><i>Література:</i> Основна [1], с. 26-30; додаткова [2] с.23-26; [5] с. 16-29;</p> <p>СРС. Індекс стабільності води. Додаткова[2], с.21-23;</p> |
| РОЗДІЛ 4. Утворення відкладень в парових котлах і теплообмінниках та їх запобігання. | |
| 6. | <p style="text-align: center;">Тема 4.1. Утворення та запобігання відкладень та накипів.</p> <p>Лекція 6. Утворення відкладень та накипу. Склад, структура та фізичні властивості відкладень. Утворення лужно-земельних накипів. Утворення ферро- та алюмосилікатних накипів. Утворення залізоокисних та залізофосфатних накипів. Утворення мідних накипів. Запобігання відкладень та накипів.</p> <p><i>Література:</i> додаткова [1], с.68-80, с.93-107; [2], с. 90-94; [3], с. 143-152, с. 158-164, с. 294-298; додаткова [1], с. 32-46, с. 57-60</p> <p>СРС. Утворення відкладень легкорозчинних сполук. Основна [1], с.86-90; Запобігання відкладень на внутрішніх поверхнях прямоочних котлів. Додаткова [1], с. 90-93;</p> |
| РОЗДІЛ 5. Методи одержання чистої пари. | |
| 7. | <p style="text-align: center;">Тема 5.1. Забруднення пари домішками. Основні шляхи переходу домішок у пару.</p> <p>Лекція 7. Основні шляхи переходу домішок у пару. Забруднення пари крапельним виносом і фактори, які впливають на крапельний винос.</p> <p><i>Література:</i> додаткова [1], с.108-115; с.115-120; [3], с. 91-96;</p> <p>СРС. Шляхи зниження крапельного виносу. Додаткова [1], с.115-119;</p> |
| 8. | <p>Лекція 8. Забруднення пари вибірконим виносом. Коефіцієнт розподілу та його залежність від факторів.</p> <p><i>Література:</i> додаткова [1], с.108-115; с.115-120; [3], с. 91-96;</p> <p>СРС. Променева діаграма. Додаткова[1], с.119-127;</p> |
| 9. | <p style="text-align: center;">Тема 5.2. Боротьба із забрудненням пари.</p> <p>Лекція 9. Природна сепарація пари і фактори, які на неї впливають.</p> <p><i>Література:</i> додаткова [1], с.120-126; [3], с. 91-96;</p> <p>СРС. Шляхи зниження вологості за рахунок природної сепарації. Основна [1], с.115-119;</p> |
| 10. | <p>Лекція 10. Механічна сепарація пари. Засоби та конструктивні рішення механічної сепарації.</p> <p><i>Література:</i> додаткова[1], с.127-135; [3], с. 91-96;</p> <p>СРС. Схема сепарації з виносними циклонами.Основна [4], с.98-114;</p> |
| 11. | <p>Лекція 11. Технологічні методи боротьби із забрудненням пари.</p> <p>Продувка парових котлів. Промивка пари в парових котлах.</p> <p><i>Література:</i> додаткова [1], с.139-145.</p> |
| 12. | <p>Лекція 12. Ступеневе випарювання.</p> <p><i>Література:</i> додаткова [1], с. 164-172, ; [3], с. 91-96;</p> <p>СРС. Організація триступеневого випарювання. Основна [1],с. 164-172.</p> |
| РОЗДІЛ 6. Корозія металу паросилового устаткування та методи боротьби з нею. | |
| 13. | <p style="text-align: center;">Тема 6.1. Механізми корозії технічного металу.</p> <p>Лекція 13. Хімічна корозія. Види та форми вияву корозії. Вплив внутрішніх та зовнішніх факторів на швидкість корозії. Хімічна корозія. Електрохімічна корозія.</p> <p><i>Література:</i> додаткова [1], с.31-36, с.37-42 [3], с. 38-43; с. 44-50;</p> <p>СРС. Воднева корозія. Додаткова[1], с.34-36 Деполяризація і поляризація. Додаткова [1],с.37-41</p> |
| 14. | <p style="text-align: center;">Тема 6.2. Корозія металу паросилового устаткування.</p> <p>Лекція 14. Корозія металу паросилового устаткування. Корозія конденсатно-живильного тракту ТЕС. Корозія парових котлів: підшламова корозія; корозія під дією окислювачів (киснева, нітритна, нітратна).</p> <p><i>Література:</i> додаткова [1], с.42-68; [3], с. 51-56;</p> <p>СРС. Міжкристалітна корозія. Додаткова[1], с.56-58.</p> |
| РОЗДІЛ 7. Методи попередньої обробки води на ТЕС. | |
| 15. | <p style="text-align: center;">Тема 7.1. Попередня обробка води.</p> |

| | |
|--|---|
| | <p>Лекція 15. Методи попередньої обробки води. Основні положення. Методи попередньої обробки води на ТЕС. Фізико-хімічні основи коагуляції води. Видалення грубодисперсних часток і коагуляція води в освітлювачі. Будова та робота освітлювача. Вапнування води, цілі і задачі.</p> <p><i>Література:</i> основна [1], с.50 - 63; додаткова [2], с. 29-49; [5], с. 38-50;</p> <p>СРС. Магнезійне знекремніювання. Основна [1], с.63 - 67.</p> |
| РОЗДІЛ 8. Обробка води на ТЕС методом іонного обміну. | |
| 16. | <p style="text-align: center;">Тема 8.1. Загальні положення іонного обміну.</p> <p>Лекція 16. Сутність іонного обміну та іоннообмінні матеріали. Сутність іонного обміну для обробки води на ТЕС. Класифікація і характеристики іоннообмінних матеріалів.</p> |
| 17. | <p style="text-align: center;">Тема 8.2. Катіонування води. Тема 8.3. Аніонування води. Тема 8.4. Хімічне знесолення води.</p> <p>Лекція 17. Катіонування води. Катіоніти та їх властивості. Процес Na-катіонування води. Процес H-катіонування. Аніонування води. Аніоніти та їх властивості. Процес аніонування. Сутність хімічного знесолення води. Фільтр змішаної дії, будова та принцип його роботи. Триступенева схема глибокого знесолення води.</p> <p><i>Література:</i> основна [1], с.107 - 140; додаткова [2], с. 63-84; [5], с. 160-190;</p> <p>СРС. Сумісне H-Na-катіонування. Основна [2], с. 78-82;</p> |
| РОЗДІЛ 9. Видалення з води розчинених у ній корозійно активних газів. | |
| 18. | <p style="text-align: center;">Тема 9.1. Загальні положення дегазації води. Тема 9.2. Термічна деаерація води. Тема 9.3. Декарбонізація води. Тема 9.4. Хімічна дегазація води.</p> <p>Лекція 18. Методи видалення розчинених у воді газів. Методи видалення розчинених у воді газів. Закон Генрі. Термічна деаерація води. Будова та робота термічного деаератора. Фізико-хімічні основи декарбонізації води. Будова та принцип дії декарбонізатора. Хімічне зв'язування газів.</p> <p><i>Література:</i> додаткова [1], с.192-211; [2], с. 115-127; [5], с. 279-301;</p> <p>СРС. Фактори, які впливають на підвищення ефекту термічної деаерації. Додаткова [1], с.202-206.</p> |

Лабораторні заняття

| № з/п | Назва теми заняття та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС) |
|--|---|
| РОЗДІЛ 7. Методи попередньої обробки води на ТЕС. | |
| 1. | Тема 7.1. Попередня обробка води. <i>Визначення загальної жорсткості води.</i> |
| 2. | <i>Визначення загальної лужності води.</i> |
| 3. | <i>Визначення окислювальності води</i> |
| РОЗДІЛ 8. Обробка води на ТЕС методом іонного обміну. | |
| 4. | Тема 8.1. Загальні положення іонного обміну. <i>Визначення вмісту хлоридів у воді</i> |
| 5. | <i>Видалення колоїдних домішок з води методом коагуляції</i> |
| 6. | <i>Вапнування води</i> |
| 7. | Тема 8.2. Катіонування води. <i>Пом'якшення води методом Na-катіонування</i> |
| 8. | Модульна контрольна робота |
| 9. | ЗАЛІК |

6. Самостійна робота студента

Для опанування матеріалу дисципліни передбачено виконання певних теоретичних завдань СРС (видається після лекцій).

| № з/п | Назва теми, що виноситься на самостійне опрацювання |
|-------|---|
| 1. | Види вод у системі теплової станції. Втрати пари та конденсату на ТЕС. Додаткова [2], с.5-12. |
| 2. | Запобігання відкладень на внутрішніх поверхнях прямоочних котлів. Додаткова [1], с. 90-93; |
| 3. | Основні наслідки наявності у воді домішок і задач водопідготовки та раціонального водного режиму. Додаткова [1], с.5-8. |
| 4. | Електричні властивості води. Додаткова [1], с.16-18; |
| 5. | Розчинність газів у воді. Додаткова [2], с.115-118; |
| 6. | Характеристика домішок кремнієвої кислоти. Додаткова [1], с. 23; [2] с. 20-21; |
| 7. | Індекс стабільності води. Додаткова [2], с.21-23; |
| 8. | Утворення легкорозчинних з'єднань. Додаткова [1], с.86-90; |
| 9. | Запобігання відкладень на внутрішніх поверхнях прямоочних котлів. Додаткова [1], с. 90-93; |
| 10. | Шляхи зниження крапельного виносу. Додаткова [1], с.115-119; |
| 11. | Променева діаграма. Додаткова [1], с.119-127; |
| 12. | Шляхи зниження вологості за рахунок природної сепарації. Додаткова [1], с.115-119; |
| 13. | Воднева корозія. Додаткова[1], с.34-36. |
| 14. | Деполаризація і поляризація. Додаткова [1],с.37-41. |
| 15. | Міжкристалітна корозія. Додаткова [1], с.56-58. |
| 16. | Магnezіальне знекремніювання.Основна [1], с.63. |
| 17. | Сумісне Н-На-катіонування. Додаткова [2], с. 78-82; |
| 18. | Будова та принцип дії апаратів гіперфільтрації. Основна [1], с. 254 – 272. |
| 19. | Водно-хімічний режим прямоочних котлів до критичних параметрів. Додаткова [1], с.177-179; |
| 20. | Теплотехнічні особливості котлів НКП. Додаткова [4], с.124-127; |

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які викладач ставить перед студентом:

- готовність відповідей при опитуванні;
- активність, підготовка коротких доповідей чи текстів, відключення мобільних телефонів; відповідно до завдання викладача використання засобів зв'язку для пошуку інформації в Інтернеті;
- заохочувальні бали надаються у відповідності до «системи оцінювання результатів навчання», штрафні бали є засобом протидії плагіату та несвоечасному виконанню завдань;
- політика дедлайнів та перескладань полягає у виконанні поточних модульних робіт, завдань практичних занять і СРС до початку сесії;
- політика щодо академічної доброчесності відповідає загальним положенням, прийнятим у «КПІ ім. Сікорського» (детальніше: <https://kpi.ua/code>);
- політика навчальної дисципліни спрямована на розвиток індивідуальних здібностей в напрямку набуття компетентностей щодо створення та модернізації сучасних енергетичних систем, унікального обладнання в енергетичній галузі, а також в напрямку розширення сфер застосування отриманих знань, умінь і досвіду;
- за бажанням студентів, допускається вивчення матеріалу за допомогою онлайн-курсів за тематикою, яка відповідає тематиці конкретних занять.

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

Види контролю знань студента з дисципліни:

- опитування;

- виконання та захист звітів з лабораторних робіт;
- виконання МКР;
- відповідь на запитання.

Рейтинг студента з дисципліни складається з балів, які він отримує за:

- виконання модульної контрольної роботи;
- виконання лабораторних робіт (7 робіт);
- виконання тем, що виносяться на самостійну роботу студентів за лекційним курсом;
- відповідь на запитання.

Система рейтингових балів та критерії оцінювання

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): $r_{1л}=1 \text{ бал} \times 20 = \mathbf{20 \text{ балів}}$. 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 3 студенти; при середній чисельності групи 10 осіб, вісімнадцять лекцій: $3 \cdot 18/10 \approx 5$ відповідей).

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

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: $r_{1лаб} = 5 \text{ балів} \times 7 = \mathbf{35 \text{ балів}}$.

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 — $r_{1МКР} = \mathbf{40 \text{ балів}}$.

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 письмово-усній формі.

Залікова робота складається з чотирьох теоретичних питань (по 10 балів) Тобто, максимальна кількість балів за виконану залікову роботу становить **40 балів**.

Критерії оцінювання:

Кожне питання залікової роботи оцінюється згідно до системи оцінювання:

- повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) — **10 балів**;
- достатньо повна відповідь (не менше 70% потрібної інформації, або незначні неточності) — **8...9 балів**;
- неповна відповідь, з помилками (не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки) — **4...7 балів**;
- незадовільна відповідь, або її відсутність (менше 60% потрібної інформації та помилки) — **менше 3 балів**.

Штрафні бали:

- додаткове питання з тем лекційного курсу та практичних занять отримують студенти, які не брали участі у роботі певного заняття. Незадовільна відповідь з додаткового питання знижує загальну оцінку на **3 бали**.

Розрахунок шкали рейтингу з дисципліни (R_D):

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 25 балів.

Якщо в продовж семестру студент отримав більше 60 балів, він має право отримати оцінку «автоматом» згідно таблиці відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою (див. нижче). **Найвища оцінка «автоматом» не виставляється.**

Студенти, які набрали в семестрі рейтинг з дисципліни менше, ніж 25 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.

Залікова складова R_3 шкали дорівнює: **$R_3 = 40$ балів.**

Таким чином, максимальна кількість балів при здачі заліку (не враховуються бали за виконання завдань МКР) за рейтинговою шкалою з дисципліни складає

$$R_D = R_C + R_3 = 60 + 40 = 100 \text{ балів.}$$

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 |

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://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 (освітнього компонента)

1. Дистанційне навчання:

В умовах дистанційного режиму організація освітнього процесу здійснюється з використанням технологій дистанційного навчання: платформи дистанційного навчання «Сікорський» та «Електронний кампус». Навчальний процес у дистанційному режимі здійснюється відповідно до затвердженого розкладу навчальних занять. Заняття проходять з використанням сучасних ресурсів проведення онлайн-зустрічей (організація відео-конференцій на платформі Zoom).

2. Навчання в умовах правового режиму воєнного стану:

– передбачає проведення усіх видів занять дистанційно (з використанням синхронної або асинхронної моделі освітньої взаємодії), у відповідності до Регламенту організації освітнього процесу в дистанційному режимі та Положення про дистанційне навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського;

- кінцеві терміни виконання індивідуальних завдань і завдань самостійної роботи переносяться на кінець семестру (з обов'язковим виконанням і захистом);
- у рейтингову систему оцінювання вносяться зміни стосовно нарахування штрафних балів за не своєчасне виконання завдань: штрафні бали не нараховуються.

3. Для студентів існує можливість зарахування (у вигляді додаткових балів до рейтингу до 20 балів):

- сертифікатів проходження дистанційних чи онлайн курсів за тематикою дисципліни;
- сертифікатів, які підтверджують участь у науково–практичних і наукових конференціях за тематикою дисципліни;
- публікація статті у науковому журналі за тематикою дисципліни.

Додаток 1

Список теоретичних питань до модульної контрольної роботи

1. Значення водопідготовки та водного режиму теплових електричних станцій для забезпечення їх надійної та економічної експлуатації.
2. Схема обігу води у системі промислових ТЕС і ТЕЦ. Роль води на ТЕС і ТЕЦ.
3. Види вод у системі теплової станції.
4. Основні джерела втрат води і пари у пароводяному циклі станції.
5. Джерела та шляхи забруднення води на ТЕС.
6. Основні наслідки наявності у воді домішок і задачі водопідготовки і раціонального водного режиму на ТЕС.
7. Будова води та її властивості.
8. Дисоціація та гідроліз солей.
9. Вимірювання концентрацій розчинів.
10. Розчинність твердих домішок у воді.
11. Класифікація природних вод.
12. Характеристика домішок природних вод.
13. Показники якості природної води.
14. Склад, структура та фізичні властивості відкладень.
15. Утворення лужноземельних накипів.
16. Утворення феро- та алюмосилікатних накипів.
17. Утворення залізо окисних і залізофосфатних накипів.
18. Утворення мідних накипів.
19. Утворення відкладень легкорозчинних з'єднань.
20. Утворення відкладень на внутрішніх поверхнях прямоочних котлів докритичних параметрів.
21. Утворення відкладень на внутрішніх поверхнях прямоочних котлів надкритичного тиску.
22. Запобігання накипів, що складаються із з'єднань кальцію та магнію.
23. Запобігання виникнення безкальцієвих силікатних, залізних та мідних накипів.

Додаток 2

Список теоретичних питань до залікової роботи

1. Основні шляхи переходу домішок у пару.
2. Забруднення пари крапельним виносом і фактори, що впливають на крапельний винос. Шляхи зниження крапельного виносу.
3. Вибірчий винос. Коефіцієнт розподілу та його залежність від факторів. Променева діаграма.
4. Природна сепарація та фактори, що впливають на неї.
5. Способи та конструктивні рішення механічної сепарації.
6. Продувка парових котлів.
7. Промивка пари в парових котлах.
8. Види та форми проявлення корозії.

9. Вплив внутрішніх і зовнішніх факторів на швидкість корозії.
10. Хімічна корозія. Окисна плівка та її роль у процесі корозії.
11. Механізм електрохімічної корозії. Деполяризація і поляризація.
12. Підшламова корозія парових котлів.
13. Корозія парових котлів під дією окислювачів (киснева, нітритна та нітратна) 37. Межкристалітна корозія парових котлів.
14. Фізико-хімічні основи коагуляції.
15. Вапнування води.
16. Видалення грубодисперсних часток і коагульованих колоїдних домішок з води за допомогою прояснювачів.
17. Будова та принцип дії прояснювача.
18. Сутність іонного обміну для обробки води на ТЕС.
19. Коротка характеристика та властивості іонообмінних матеріалів.
20. Катіоніти та їх властивості.
21. Процес Na-катіонування.
22. Процес H-катіонування.
23. Аніоніти та їх властивості.
24. Процес аніонування.
25. Сутність хімічного знесолення води. Фільтр змішаної дії, принцип його дії.
26. Триступенева схема глибокого знесолення води.
27. Фізико-хімічні основи термічної деаерації. Принцип дії термічного деаератора.
28. Фізико-хімічні основи декарбонізації. Будова і робота декарбонізатора.
29. Хімічне зв'язування кисню та вуглекислоти, що розчинені у воді.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

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

Ухвалено: кафедрою АЕС і ІТФ (протокол № 15/а від 30.06. 2022 р.)

Погоджено: Методичною комісією ТЕФ (протокол № 9 від 30. 06. 2022 р.)