



Атомні та теплові електричні станції

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>14 Електрична інженерія</i>
Спеціальність	<i>143 «Атомна енергетика»</i>
Освітня програма	<i>ОПП «Атомні електричні станції»</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>Очна (денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>4 курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>4 кредити ECTS, 120 годин</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Практичні заняття, МКР, залік</i>
Розклад занять	<i>Згідно rozklad.kpi.ua</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: <i>к.т.н. Пешко Віталій Анатолійович, 067-176-5471, vapeshko@gmail.com</i> Практичні / Семінарські: <i>Беднарська Інна Станіславівна, 098-810-6001, innabednarska1@gmail.com</i>
Розміщення курсу	<i>Електронний кампус КПІ ім. Ігоря Сікорського</i>

Програма навчальної дисципліни

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

Атомні та теплові електричні станції є основою електрогенерації в енергосистемах багатьох країн світу. Знання основних процесів енергетичної конверсії, складу головного та допоміжного устаткування, а також особливостей його конструкції та функціонування є вкрай важливим для здобувачів, що навчаються за спеціальністю 143 «Атомна енергетика».

В дисципліні «Атомні та теплові електричні станції» розглядаються тенденції розвитку енергетики України та світу; особливості, технічні та економічні вимоги, типи та класифікація ТЕС та АЕС; енергетичні ресурси, графіки навантаження споживачів електричної та теплової енергії; технологічні схеми електростанцій; термодинамічні основи роботи ТЕС та АЕС; способи підвищення теплової економічності паротурбінних електростанцій (регенерація, проміжний перегрів, тощо); способи утилізації втрат пари та конденсату в контурах ТЕС та АЕС; термічна деаерація води на ТЕС та АЕС; складання та вдосконалення теплових схем енергоблоків ТЕС та АЕС; методика розрахунку теплових схем, вибір основного та допоміжного обладнання електростанцій; компоновання головних корпусів та генпланів ТЕС та АЕС.

Метою навчальної дисципліни є формування у студентів наступних компетентностей:

- ЗК 3. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.*
- ЗК 4. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.*
- ФК 1. Здатність продемонструвати систематичне розуміння ключових аспектів та концепції розвитку галузі атомної енергетики.*
- ФК 5. Здатність застосовувати стандартні методи розрахунку при проектуванні деталей і вузлів енергетичного і технологічного обладнання.*

- *ФК 11. Здатність розробляти плани і проекти для забезпечення досягнення поставленої мети з урахуванням всіх аспектів вирішуваної проблеми, включаючи виробництво, експлуатацію, технічне обслуговування та утилізацію обладнання атомно-енергетичного комплексу.*

Після засвоєння навчальної дисципліни студенти мають продемонструвати такі програмні результати навчання:

- *ПРН 2. Розуміння широкого міждисциплінарного контексту спеціальності 143 Атомна енергетика.*
- *ПРН 3. Обирати і застосовувати типові аналітичні, розрахункові та експериментальні методи для розв'язування складних спеціалізованих задач і практичних проблем у галузі атомної енергетики; правильно інтерпретувати результати виконаних досліджень та розрахунків.*
- *ПРН 7. Використовувати наукову і технічну літературу, бази даних та інші відповідні джерела інформації для розробки і обґрунтування технічних та управлінських рішень в атомній енергетиці.*
- *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.*
- *ПРН 18. Навички аналізу та прогнозування розвитку атомної енергетики та суміжних напрямів науки і техніки.*

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

Вимоги до початку вивчення – базові знання з математики, поглиблені знання з термодинаміки та теплообміну.

Дисципліна «Атомні та теплові електричні станції» забезпечується освітніми компонентами: «Тепломасообмін», «Технологія теплоносіїв», «Парові та газові турбіни», «Насосне та допоміжне обладнання АЕС».

Дисципліна «Атомні та теплові електричні станції» забезпечує освітні компоненти: «Переддипломна практика», «Дипломне проектування».

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Виробництво електричної та теплової енергії на електричній станції.

Тема 1. Електростанція як промислове підприємство.

Тема 2. Термодинамічні основи роботи АЕС та ТЕС.

Тема 3. Регенерація та деаерація живильної води на ТЕС та АЕС.

Тема 4. Втрати пари і конденсату та їх поповнення.

Розділ 2. Теплові схеми електричних станцій.

Тема 1. Теплові схеми енергоблоків ТЕС та ТЕЦ та трубопроводи ЕС.

Тема 2. Параметри та теплові схеми блоків АЕС.

Розділ 3. Вибір обладнання електричної станції.

Тема 1. Основи вибору обладнання АЕС та ТЕС.

Тема 2. Допоміжні господарства АЕС та ТЕС.

Розділ 4. Компонівка головного корпусу та генплан електричної станції.

Тема 1. Компонівка головного корпусу АЕС та ТЕС.

Тема 2. Генеральний план АЕС та ТЕС.

Розділ 5. Експлуатаційні та техніко-економічні показники електричної станції.

Тема 1. Основні показники енергообладнання ЕС.

Тема 2. Шляхи підвищення техніко-економічних та експлуатаційних показників ЕС.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література

1. Атомні і теплові електричні станції: Курс лекцій [Електронний ресурс] / О. Ю. Черноусенко. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 323 с. Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол № 6 від 31.01.2021 р.) за поданням Вченої ради теплоенергетичного факультету (протокол № 7 від 27.01.2021 р.)
2. Тепловые электрические станции: схемы и оборудование / А. А. Кудинов, под ред. Д. В. Кастреля. – Москва: ИНФРА-М, 2019. – 327 с. – ISBN 978-5-16-004731-7
3. Тепловые и атомные электрические станции: учебник для вузов / Л. С. Стерман, В. М. Лавыгин, С. Г. Тишин. – 4-е изд., перераб. и доп. – Москва: Издательский дом МЭИ, 2008. – 463 с.
4. Атомные электрические станции. Ч. 1: учеб. пособие / В. С. Киров. – Одес. нац. политехн. ун-т. – Одесса, 2018. – 201 с.
5. Атомные электрические станции. Ч. 2: учеб. пособие / В. С. Киров. – Одес. нац. политехн. ун-т. – Одесса, 2018. – 203 с.

Допоміжна література

1. Технічна експлуатація електричних станцій і мереж. Правила. МПЕ.ГКД 34.20.507-2003.
2. Національна енергетична компанія «Укренерго» [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Київ : НЕК «Укренерго», 2021. – Режим доступу: ua.energy (дата звернення 10.06.2021) – Назва з екрана.
3. Энергетика: история, современность и будущее. Кн. 3: Развитие теплоэнергетики и гидроэнергетики / Е. Т. Базеев, Б. Д. Білека, Е. П. Васильев, Г. Б. Варламов, І. А. Вольчин; Наук. ред. В. М. Клименко, Ю. О. Ландау, І. Я. Сігал. – 2013. – 399 с. – ISBN 978-966-8163-15-9
4. Энергетика: история, современность и будущее. Кн. 4: Развитие атомной энергетики и объединенных энергосистем / К. Б. Денисевич, Ю. О. Ландау, В. О. Нейман, В. М. Сулейманов, Б. А. Шильяев; Наук. ред. Ю. О. Ландау, І. Я. Сігал. – 2013. – 303 с. – ISBN 978-617-635-005-7
5. Тепловые и атомные электрические станции: Справочник. Книга 3 / В.А. Григорьев, В.М. Зорин – М.: Книга по Требованию, 2013. – 604 с. – ISBN 978-5-458-37558-0
6. Тепловые и атомные электрические станции. Проектирование тепловых схем: учебное пособие / А. М. Антонова, А. В. Воробьев. – Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ) Томск: Изд-во ТПУ, 2012. – 256 с.
7. Атомні електричні станції: Підручник для Вузів / М. В. Топольницький. – Львів: Видавництво «Бескид Біт», 2005. – 524 с.
8. Тепловые электрические станции. Учебник для системы подгот., переподг. и повыш. квалиф. персонала энергетич. компаний, для вузов, осущ. подгот. энергетиков / В. Д. Буров, Е. В. Дорохов, Д. П. Елизаров; под ред. В. М. Лавыгина, А. С. Седлова, С. В. Цанева. – 3-е изд., стереотип. – Москва: Издательский дом МЭИ, 2009. - 466 с.
9. Тепловые электрические станции: учебник для вузов / В. Я. Рыжкин; под ред. В. Я. Гиршфельда. – 4-е изд., стер. – Москва: АРИС, 2014. – 328 с.

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань
1	2
1	Сутність та мета курсу. Особливості енергетичної галузі виробництва електроенергії. Енергетичні ресурси, типи електростанцій, енергосистеми. <u>Завдання на СРС.</u> Умови використання блоків ТЕС в енергосистемах.
2	Споживання електричної та теплової енергії. Графіки енергетичного навантаження. Класифікація ТЕС та АЕС. <u>Завдання на СРС.</u> Умови використання блоків АЕС в енергосистемах.
3	Паливно-енергетичний комплекс України. Технологічний процес виробництва електричної та теплової енергії. <u>Завдання на СРС.</u> Технологічна схема ТЕС та АЕС. Технологічна схема ТЕЦ. Організаційна структура електричної станції.
4	Теплова економічність та енергетичні показники ТЕС та АЕС. <u>Завдання на СРС.</u> Вимоги до робочих тіл. Вимоги до блоків АЕС з боку навколишнього середовища. Вимоги до економічності блоків АЕС. Вимоги до надійності блоків АЕС.
5	Теплова економічність та енергетичні показники ТЕЦ. Газотурбінні та парогазові електричні станції. <u>Завдання на СРС.</u> Вимоги до блоків ТЕЦ з боку навколишнього середовища. Вимоги до економічності блоків ТЕС. Вимоги до надійності блоків ТЕС.
6	Залежність теплової економічності від початкових та кінцевих параметрів пару. Засоби підвищення теплової економічності ТЕС та АЕС. Проміжний перегрів пари на КЕС, АЕС, ТЕЦ. <u>Завдання на СРС.</u> Схемі проміжного перегріву пари на ТЕС та АЕС. Розширення та модернізація діючих електричних станцій (прибудова та надбудова).
7	Регенеративний підігрів живильної води на ЕС. Одноступеневий та багатоступеневий підігрів живильної води на ЕС. Схеми регенерації. <u>Завдання на СРС.</u> Регенеративні підігрівачі ТЕС, типи, конструкція.
8	Вибір схеми регенеративного підігріву живильної води на АЕС. Економічно обґрунтована температура живильної води на ЕС. Недогрів живильної води в поверхневих підігрівачах. <u>Завдання на СРС.</u> Регенеративні підігрівачі АЕС, типи, конструкція.
9	Деаераторні установки. Включення деаераторів у ПТС енергоблоків. Розрахунок деаераторів у ПТС. Живильні установки. <u>Завдання на СРС.</u> Конструкція деаераторів.
10	Втрати пари та конденсату. Засоби зменшення втрат. Підготовка додаткової води на ТЕС, АЕС та ТЕЦ. Термічна підготовка води на ТЕС. <u>Завдання на СРС.</u> Розрахунок розширювача та охолоджувача продувки. Типи випаровувачів, робота, конструкція. Розрахунок випаровувачів.
11	Теплові принципіві схеми енергоблоків ТЕС та ТЕЦ. Методика розрахунку ПТС ТЕС та ТЕЦ. Повна (розвернена) тепла схема ЕС <u>Завдання на СРС.</u> Теплові принципіві схеми енергоблоків ТЕЦ . Трубопроводи ЕС. Конструктивне виконання схеми трубопроводів. Компоновка трубопроводів турбоустановки.
12	Теплові принципіві схеми енергоблоків АЕС. Особливості трубопроводів та арматури блоків АЕС. <u>Завдання на СРС.</u> ПТС блоків АЕС з реакторами, що охолоджуються киплячою водою.

	<i>ПТС блоків АЕС з реакторами, що охолоджуються водою під тиском. ПТС блоків АЕС з реакторами - розмножувачами, що охолоджуються рідинними металами. ПТС блоків АЕС з газоохолоджувальними реакторами.</i>
13	<i>Види електричної потужності та резерву енергосистеми. Вибір резерву потужності обладнання ТЕС та енергосистеми. Вибір одиначної потужності агрегатів. Показники загальної економічності та надійності роботи електростанцій. <u>Завдання на СРС.</u> Вибір основного обладнання. Вибір допоміжного обладнання.</i>
14	<i>Паливне господарство ТЕС. Мазутне господарство ТЕС. Газове господарство ТЕС. Система золошлаковидалення. Очистка димових газів. Димові труби. Технічне водопостачання ТЕС. Прямоточні та оборотні схеми ТВП. <u>Завдання на СРС.</u> Допоміжні господарства АЕС.</i>
15	<i>Компоновка головного корпусу ТЕС. Типи компоновок головного корпусу ТЕС. Типова компоновка головного корпусу АЕС. <u>Завдання на СРС.</u> Типова компоновка головного корпусу КЕС. Типова компоновка головного корпусу ТЕЦ.</i>
16	<i>Вибір площадки ЕС. Компоновка генплану АЕС. Вимоги до комунікацій та транспортних мереж. <u>Завдання на СРС.</u> Компоновка генплану типової ТЕС. Компоновка генплану типової ТЕЦ.</i>
17	<i>Маневреність блоків ЕС. Надійність енергообладнання ЕС. Показники економічності блоків ЕС. <u>Завдання на СРС.</u> Показники маневреності, надійності та економічності блоків АЕС.</i>
18	<i>Основні відмови обладнання АЕС. Шляхи підвищення техніко-економічних та експлуатаційних показників ЕС. <u>Завдання на СРС.</u> Шляхи підвищення техніко-економічних та експлуатаційних показників ЕС.</i>

Практичні заняття

№ з/п	Назва теми заняття та перелік основних питань
1.	<i>Термодинамічні основи роботи АЕС та ТЕС. Ефективність регенеративного підігріву живильної води і вибір теплової схеми ПТУ АЕС. Складання ПТС АЕС з включенням основних елементів та комунікацій. <u>Завдання на СРС.</u> Складання ПТС ТЕС.</i>
2.	<i>Регенерація живильної води на АЕС. Розрахунок параметрів ПТС АЕС. Визначення підігріву живильної води у регенеративних підігрівачах. Визначення температури живильної води на вході та виході з кожного підігрівача. Визначення температури насиченої пари відповідного регенеративного відбору. Визначення тиску пари регенеративних відборів турбіни. Побудова в hS - діаграмі попереднього процесу розширення пари в турбіні. <u>Завдання на СРС.</u> Розрахунок параметрів ПТС ТЕС. Визначення параметрів пари та води в розрахункових точках ПТС.</i>
3.	<i>Деаерація живильної води АЕС. Розрахунок параметрів деаераторів ПТС АЕС. Розрахунок деаераційної установки АЕС. Конструкція деаераційної установки. Складання рівнянь матеріального та теплового балансу деаератора. Розрахунок витрати основного конденсату та граючої пари. <u>Завдання на СРС.</u> Розрахунок параметрів ПТС ТЕС.</i>
4.	<i>Втрати пари та конденсату та їх поповнення. Рівняння матеріального балансу по парі та воді на АЕС. <u>Завдання на СРС.</u> Втрати пари і конденсату та їх поповнення на АЕС. Перевірка</i>

	<i>матеріального балансу турбоустановки.</i>
5.	<i>Параметри та теплові схеми блоків АЕС. Визначення загальної витрати пари на турбіну з урахуванням регенеративних відборів. Визначення абсолютних витрат пари відповідних відборів турбіни. <u>Завдання на СРС.</u> Особливості складання ПТС енергоблоків АЕС.</i>
6.	<i>Потужність відсіків між регенеративними відборами ПТС блоків АЕС. Потужність ПТУ АЕС. <u>Завдання на СРС.</u> Розрахунок потужності ПТУ АЕС.</i>
7.	<i>Визначення показників теплової економічності турбоустановки. Вибір резерву потужності обладнання ТЕС та енергосистеми. Вибір основного обладнання. <u>Завдання на СРС.</u> Вибір площадки АЕС. Компонівка генплану типової АЕС.</i>
8.	<i>Компоновка головного корпусу електричної станції. Визначення показників теплової економічності атомної електростанції. <u>Завдання на СРС.</u> Типова компоновка головного корпусу АЕС. Типова компоновка головного корпусу КЕС. Типова компоновка головного корпусу ТЕЦ.</i>
9.	<i>Визначення ефективності регенеративного підігріву живильної води. Показники економічності блоків АЕС. <u>Завдання на СРС.</u> Маневреність блоків електричних станцій. Надійність енергетичного обладнання електричних станцій.</i>

6. Самостійна робота студента/аспіранта

<i>№ з/п</i>	<i>Назва теми, що виноситься на самостійне опрацювання</i>
1	<i>Умови використання блоків ТЕС в енергосистемах. Умови використання блоків АЕС в енергосистемах. Технологічна схема ТЕС та АЕС. Технологічна схема ТЕЦ. Організаційна структура електричної станції.</i>
2	<i>Вимоги до робочих тіл. Вимоги до блоків АЕС з боку навколишнього середовища. Вимоги до економічності блоків АЕС. Вимоги до надійності блоків АЕС. Вимоги до блоків ТЕЦ з боку навколишнього середовища. Вимоги до економічності блоків ТЕС. Вимоги до надійності блоків ТЕС. Схемі проміжного перегріву пари на ТЕС та АЕС. Розширення та модернізація діючих електричних станцій (прибудова та надбудова.</i>
3	<i>Регенеративні підігрівачі ТЕС, типи, конструкція. Регенеративні підігрівачі АЕС, типи, конструкція. Конструкція деаераторів.</i>
4	<i>Розрахунок розширювача та охолоджувача продувки. Типи випарювачів, робота, конструкція. Розрахунок випалювачів.</i>
5	<i>Теплові принципіві схеми енергоблоків ТЕЦ . Трубопроводи ЕС. Конструктивне виконання схеми трубопроводів. Компонівка трубопроводів турбоустановки.</i>
6	<i>ПТС блоків АЕС з реакторами, що охолоджуються киплячою водою. ПТС блоків АЕС з реакторами, що охолоджуються водою під тиском. ПТС блоків АЕС з реакторами - розмножувачами, що охолоджуються рідинними металами. ПТС блоків АЕС з газоохолоджувальними реакторами.</i>
7	<i>Вибір основного обладнання. Вибір допоміжного обладнання .</i>
8	<i>Допоміжні господарства АЕС.</i>
9	<i>Типова компоновка головного корпусу КЕС. Типова компоновка головного корпусу ТЕЦ.</i>
10	<i>Компоновка генплану типової ТЕС. Компонівка генплану типової ТЕЦ.</i>
11	<i>Показники маневреності, надійності та економічності блоків АЕС.</i>
12	<i>Шляхи підвищення техніко-економічних та експлуатаційних показників ЕС.</i>

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Вимоги викладача до студентів:

- Відвідувати лекційні, практичні та лабораторні заняття;
- Виконувати завдання, поставлені на практичних роботах, і вчасно їх здавати;
- Кожний тиждень прострочування здачі домашнього завдання зменшує оцінку на 1 бал;
- Максимальна кількість балів при невчасному складанні модульної контрольної роботи, без поважних причин, зменшується до 20;
- За ведення конспекту лекцій нараховуються додаткові 1-5 балів, однак сумарний стартовий рейтинг не може бути більше 60.

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

Поточний контроль: виконання завдань на практичних заняттях, домашніх завдань, модульна контрольна робота.

Календарний контроль: умовою отримання позитивної оцінки під час календарного контролю є здача всіх домашніх завдань.

Семестровий контроль: залік.

Умови допуску до семестрового контролю: здача модульної контрольної роботи, зарахування усіх домашніх завдань та семестровий стартовий рейтинг $R_c \geq 30$.

Вид поточного контролю	кількість	бали		сума балів
Практичні заняття	9	відповіді на занятті	1	30
	7	виконане д.з.	3	
МКР	1		30	30
Сума вагових балів контрольних заходів				60

Під час семестрового контролю студенти виконують залікову роботу. Кожне завдання містить два теоретичних питання і одне практичне завдання. Кожне теоретичне питання оцінюється по 10 балів, а задача – 20 балів.

Кожне питання екзаменаційної роботи оцінюється згідно до системи оцінювання:

- правильне раціональне рішення, або повна відповідь (не менше 90 % потрібної інформації) – 18-20 (9-10) балів;
- достатньо повна відповідь, правильне рішення (не менше 70 % потрібної інформації, або незначні неточності) – 14-17 (7-8) балів;
- неповна відповідь, рішення з помилками (не менше 60 % потрібної інформації та деякі помилки) – 13 (6) балів;
- незадовільна відповідь, або відсутність рішення (менше 60 % потрібної інформації та помилки) – менше 12 (5) балів.

Сума стартових балів і балів за залікову роботу переводиться до оцінки згідно з таблицею:

$R_D = R_C + R_E$	Оцінка ECTS
$95 \leq R_D \leq 100$	A - відмінно
$85 \leq R_D \leq 94$	B – дуже добре
$75 \leq R_D \leq 84$	C - добре
$65 \leq R_D \leq 74$	D - задовільно
$60 \leq R_D \leq 64$	E - достатньо
$R_D \leq 59$	F_X - незадовільно
Нездана МКР, або невиконане домашнє завдання, або $R_C < 30$	F – незадовільно (потрібна додаткова робота)

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доцентом, канд. техн. наук, Пешком Віталієм Анатолійовичем

Ухвалено кафедрою ТЕУТ та АЕС (протокол № 19 від 18.06.2021)

Погоджено Методичною радою теплоенергетичного факультету (протокол № 11 від 24.06.2021)