



Динаміка енергетичних об'єктів

Робоча програма навчальної дисципліни (силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	<i>G Інженерія, виробництво та будівництво</i>
Спеціальність	<i>G4 Енерговиробництво</i>
Спеціалізація	<i>G4.02 Теплоенергетика</i>
Освітня програма	<i>ОПП Інженерія енергогенеруючого обладнання та системи термостабілізації</i>
Статус дисципліни	<i>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>I курс, осінній</i>
Об'єм дисципліни	<i>4 кредити ЄКТС (120 годин), 46 годин лекцій, 74 години самостійної роботи</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>екзамен, модульна контрольна робота</i>
Розклад занять	http://roz.kpi.ua/
Мова викладання	<i>українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: д.т.н., професор, Туз Валерій Омелянович, valeriituz56@gmail.com Практичні, комп'ютерний практикум: <i>не передбачено</i> Лабораторні: <i>не передбачено</i>
Розміщення курсу	https://campus.kpi.ua , https://drive.google.com/drive/u/1/my-drive

Програма навчальної дисципліни

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

Предмет навчальної дисципліни *технологічні схеми і режими котельних установок, технологія керування основним і допоміжним обладнанням теплової електричної станції*

Пуск і наладка сучасного енергоблоку на надкритичні параметри після монтажу є відповідальною операцією, кінцевою метою якої є проведення комплексного випробування обладнання по штатній схемі при номінальних параметрах. Пусконаладкові роботи є завершальною стадією будівельних і монтажних робіт. Основним завданням пусконаладкових робіт є забезпечення здачі в експлуатацію обладнання енергоблоку в працездатному стані.

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

Здатність застосовувати спеціалізовані концептуальні знання, що включають сучасні наукові здобутки в сфері енергетичного машинобудування. ФК 1

Здатність проектувати та експлуатувати енергетичне і теплотехнологічне обладнання. ФК 6

Здатність приймати ефективні рішення з виробництва і експлуатації енергетичного та теплотехнологічного обладнання з урахуванням вимог щодо якості, екологічності, надійності, конкурентноздатності та охорони праці. ФК 7

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

Формулювати і розв'язувати складні інженерні, виробничі та/або дослідницькі ПРНЗ задачі під час проектування, виготовлення і експлуатації енергетичного обладнання та створення конкурентоспроможних розробок, втілення результатів у інноваційних проектах.

Управляти складними робочими процесами у галузі енергетичного машинобудування, ПРН13 у тому числі такими, що є непередбачуваними та потребують нових стратегічних підходів

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

Для успішного засвоєння матеріалу дисципліни необхідні знання з конструктивних характеристик енергетичних об'єктів, їх принципу дії; розуміння процесів, які протікають в енергетичних пристроях.

Дисципліни, які базуються на результатах навчання з даної дисципліни: Практика, вибіркові компоненти ОП

3. Зміст навчальної дисципліни

Частина1. Експлуатація котельних установок і реакторів

Розділ 1. Режими пусків і зупинок блоків електричних станцій

Тема 1.1. Вступ. Основні принципи організації режимів пуску блоків. Уніфікована технологія пусків прямотоків котлів.

Тема 1.2. Графіки-завдання на пуск і зупинку блоків в залежності від теплового стану обладнання. Розтопка котла, основні параметри, що знаходяться під контролем. Навантаження основного обладнання енергоблоку.

Тема 1.3. Підготовка обладнання блока до пуску. Особливості технології пуску енергетичних парових котлів з різних теплових станів.

Тема 1.4. Основні принципи організації режимів зупинки блоків.

Основні принципи організації режимів зупинки блоків. Зупинка блоку з розхолодженням турбіни і паропроводів. Режими, при яких обладнання повинно аварійно зупинено. Особливості зупинки блоку з розхолодженням котла і паропроводів.

Розділ 2. Робота блоку під навантаженням

Тема 2.1. Робота котлів в стаціонарних режимах.

Статичні характеристики котла.

Тема 2.2. Робота основного обладнання блоків в діапазоні допустимих навантажень.

Технології підвищення потужності блоку. Маневреність котла.

Тема 2.3. Особливості використання твердих палив погіршеної якості.

Розділ 3. Експлуатація котлів

Тема 3.1. Організація оптимального топкового режиму газомазутних котлів. Вплив параметрів і конструктивних характеристик топкової камери на економічність і умови експлуатації котла.

Тема 3.2. Високотемпературна і низькотемпературна корозія поверхонь нагріву газомазутних котлів.

Тема 3.3. Технологічні схеми систем підготовки мазуту і газу до спалювання.

Забезпечення вибухобезпечної експлуатації газомазутних топкових камер.

Тема 3.4. Особливості експлуатації пиловугільних енергетичних котлів.

Особливості конструкції пальників верхнього і нижнього ярусів.

Забезпечення умов шлаковидалення. Спільне спалювання твердого і рідкого або газоподібного палива.

Тема 3.5. Високотемпературна корозія поверхонь нагріву пиловугільних котлів.

Розділ 4. Особливості експлуатації котлів з природною циркуляцією.

Тема 4.1. Особливості технології пуску котлів з природною циркуляцією.

Розділ 5. Попередження аварій парових котлів

Тема 5.1. Попередження аварій і пошкодження парових котлів в процесі їх роботи.

Частина 2. Налагодження парових котлів

Розділ 6. Організація і порядок проведення пуско-налагоджувальних робіт

Тема 6.1. Структура пусконалагоджувальних організацій і їх завдання на етапі підготовки обладнання до експлуатації.

Розділ 7. Передпускове хімічне очищення обладнання енергоблоків

Тема 7.1. Технологія підготовки поверхонь нагріву котла до промислової експлуатації.

Тема 7.2. Схеми хімічних очисток енергоблоків.

Тема 7.3. Технологія обробки елементів пароводяного тракту котла різними реагентами.

Тема 7.4. Контроль за технологією хімічних очисток обладнання.

Розділ 8. Пускова наладка трубопроводів і арматури.

Тема 8.1. Передпускове Налагодження трубопроводів енергетичних котлів.

Тема 8.2. Передпускове налагодження арматури енергетичних котлів.

Розділ 9. Пуск і налагодження котельного обладнання.

Тема 9.1. Технологія першої розтопки котла.

Тема 9.2. Налагодження обладнання систем паливоприготування.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова (підручники, навчальні посібники) література.

1. Перспективи впровадження чистих вугільних технологій в енергетику України/ Вольчин І.А., Дунаєвська Н.І., Гапонич Л.С. та інш.– К.:ГНОЗІС, 2013. – 308с.
2. Сучасні розробки Інституту вугільних енерготехнологій НАН України для теплової енергетики/ Майстренко О.Ю., Корчевой Ю.П., Топал О.І., Чернявський М.В. та інш. – К.:ГНОЗІС, 2014. – 224с.
3. Заміщення природного газу альтернативними паливами/Карп І.М., Нікітін Є.Є., П'яних К.Є., П'яних К.К. – К.: Наукова думка, 2019. – 230с.

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

1. Степанов Д.В., Корженко Є.С., Боднар Л.А. Котельні установки промислових підприємств.: Навчальний посібник. – Вінниця : Внту, 2011. – 120 с.
2. Константинов С.М. Теплообмін: Підручник. - К.: ВПІ ВПК "Політехніка": Інрес, 2005. - 304 с. http://pdf.lib.vntu.edu.ua/books/2015/Konstantinov_2005_304.pdf
3. Шевель, Є. В. Теплообмін при фазових перетвореннях і випромінюванні [Електронний ресурс] : підручник для здобувачів ступеня бакалавра енергетичних спеціальностей / Шевель Євген Вікторович, Воробйов Микита Валерійович ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 9,94 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 134 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/48257>

Інформаційні ресурси

1. Кампус <http://login.kpi.ua>.
2. Науково-технічна бібліотека КПІ ім. Ігоря Сікорського <http://library.kpi.ua>.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

При вивченні дисципліни використовуються репродуктивний і евристичний методи навчання. Згідно навчального плану для опанування матеріалу дисципліни передбачено лекційні заняття

Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
Частина 1. Експлуатація котельних установок і реакторів	
Розділ 1. Організація і порядок проведення пуско-налагоджувальних робіт	
1.	Тема 1.1. <u>Вступ. Основні принципи організації режимів пуску блоків. Уніфікована технологія пусків прямотокових котлів.</u> Лекція 1. Техніко-економічні показники роботи енергетичного обладнання. Основні характеристики ПК, турбіни і блоку. Шляхи удосконалення експлуатаційних характеристик обладнання. Основні принципи організації режимів пуску блоків. Уніфікована технологія пусків прямотокових котлів. Принципові пускові схеми пусків енергетичних блоків. Особливості розтопного вузла ПК НКТ. Температурний стан обладнання. Пуск з холодного, неостившого і гарячого стану обладнання Лекція супроводжується показом відповідних таблиць і рисунків за допомогою проектора. Завдання на СРС: Особливості конструкцій ПК НКТ різної паропроодуктивності. Особливості конструкцій топкових екранів енергетичних ПК.
2.	Тема 1.2. <u>Графіки-завдання на пуск і зупинку блоків в залежності від теплового стану обладнання. Розтопка котла, основні параметри, що знаходяться під контролем. Навантаження основного обладнання енергоблоку.</u> Лекція 2. Розтопка котла, основні параметри, що знаходяться під контролем. Стартова витрата палива. Попередній прогрів товстостінних елементів ПК, турбіни і паропроводів. Вибір початкової температури гострої пари. Робота пускового вузла. Робота системи проміжного перегріву пари в період пуску ПК. Навантаження основного обладнання енергоблоку. Регулювання основних параметрів гострої пари і пари проміжного перегріву. Графіки-завдання на пуск і зупинку блоків в залежності від теплового стану обладнання. Основні і допоміжні показники, які впливають на надійність обладнання. Лекція супроводжується показом відповідних таблиць і рисунків за допомогою проектора. Завдання на СРС: причини виникнення термічних напружень в елементах топкової камери. Особливості конструкцій напіврадіаційних поверхонь нагріву. Вибір конструктивних матеріалів основних елементів обладнання.
3.	Тема 1.3. <u>Підготовка обладнання блока до пуску. Особливості технології пуску енергетичних парових котлів з різних теплових станів.</u> Лекція 3. Підготовка обладнання блока до пуску. Основні операції, які необхідно провести перед пуском. Контроль за роботою допоміжного обладнання. Вентиляція газоповітряного тракту котла. Розтопка котла. Випадки в яких забороняється пуск блоку. Основні операції по пуску блоку. Початкове тепловиділення в топковій камері і стартові характеристики обладнання. Навантаження основного обладнання блока. Особливості пуску ПК, який знаходиться в стані гарячого резерву. Особливості технології пуску дубль-блоків. Призначення і зміст режимних карт, пускових відомостей і сітьових графіків. Лекція супроводжується показом відповідних таблиць і рисунків за допомогою проектора. Завдання на СРС: процеси самозаймання органічного палива, особливості схеми живильного вузла ПК надкритичного тиску, технологічні схеми ТЕС з котлами середнього тиску і загальноцеховими зв'язками.
4.	Тема 1.4. <u>Основні принципи організації режимів зупинки блоків.</u> Лекція 5. Основні принципи організації режимів зупинки блоків. Зупинка блоку з розхолодженням турбіни і паропроводів. Режимы, при яких обладнання повинно аварійно

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
	зупинено. Особливості зупинки блоку з розхолодженням котла і паропроводів. Лекція супроводжується показом відповідних таблиць і рисунків за допомогою проектора. Завдання на СРС: визначити основні причини виникнення моноблочної схеми ТЕС.
Розділ 2. Робота блоку під навантаженням	
5.	Тема 2.1. <u>Робота котлів в стаціонарних режимах. Статичні характеристики котла.</u> Лекція 6. Робота котлів в стаціонарних режимах. Контроль основних показників роботи обладнання. Режимні карти котлів і системи пилоприготування. Шляхи забезпечення економічності і надійності роботи котла. Виникнення теплогідравличної розвірки в елементах котла. Статичні характеристики котла. Лекція супроводжується показом відповідних таблиць і рисунків за допомогою проектора. Завдання на СРС: Особливості підготовки твердого палива для спалювання в ПК.
6.	Тема 2.2. <u>Робота основного обладнання блоків в діапазоні допустимих навантажень.</u> <u>Технології підвищення потужності блоку. Маневреність котла.</u> Лекція 7. Робота блоків в діапазоні допустимих навантажень. Допустима швидкість зміни навантаження. Робота котлів на низьких навантаженнях. Фактори, які обмежують нижню границю навантаження котла. Робота блоку на підвищеному навантаженні. Фактори, які обмежують можливість перенавантаження обладнання. Використання можливості технологічної регенеративної схеми ТЕС для підвищення потужності блоку. Робота блоків на ковзаючому тиску. Заходи для зменшення теплогідравлических розвірок топкових екранів. Маневреність котла. Переваги роботи на ковзаючому тиску Лекція супроводжується показом відповідних таблиць і рисунків за допомогою проектора. Завдання на СРС: вплив фізико-хімічних властивостей твердого палива на топкові процеси;
7.	Тема 2.3. <u>Особливості використання твердих палив погіршеної якості.</u> Лекція 8. Робота блоку на твердих паливах погіршеної якості. Вплив баласту палива на роботу системи шлаковидалення. Зміна питомих втрат котла від погіршення якості палива. Спільне спалювання палив різних типів. Лекція супроводжується показом відповідних таблиць і рисунків за допомогою проектора. Завдання на СРС: особливості кінетики спільного горіння твердого і рідкого палива.
Розділ 3. Експлуатація котлів	
8.	Тема 3.1. <u>Організація оптимального топкового режиму газомазутних котлів. Вплив параметрів і конструктивних характеристик топкової камери на економічність і умови експлуатації котла.</u> Лекція 10. Особливості пальникових пристроїв газомазутних котлів. Організація оптимального топкового режиму газомазутних котлів. Вплив коефіцієнта надлишку повітря на питомі втрати котла. Особливості роботи газомазутних котлів з зустрічним і подовим розташуванням пальників. Досвід експлуатації газомазутних котлів з наддувом. Лекція супроводжується показом відповідних таблиць і рисунків за допомогою проектора, вплив тиску продуктів спалювання на інтенсивність теплообміну топкової камері. Завдання на СРС: методи визначення питомих втрат котла в процесі експлуатації.
9.	Тема 3.2. <u>Високотемпературна і низькотемпературна корозія поверхонь нагріву газомазутних котлів.</u> Лекція 11. Високотемпературна корозія поверхонь нагріву газомазутних котлів. Шляхи зниження інтенсивності високотемпературної корозії. Низькотемпературна корозія

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
	поверхонь нагріву газомазутних котлів. Методи захисту хвостових поверхонь нагріву. Лекція супроводжується показом відповідних таблиць і рисунків за допомогою проектора. Завдання на СРС: Інтенсивність пошкодження конструкційних матеріалів в залежності від умов експлуатації.
10.	Тема 3.3. <u>Технологічні схеми систем підготовки мазуту і газу до спалювання. Забезпечення вибухобезпечної експлуатації газомазутних топкових камер.</u> Лекція 12. Вибір оптимальної температури підігріву мазуту перед спалюванням. Технологічні схеми систем підготовки мазуту. Переваги і недоліки високотемпературного підігріву мазуту. Забезпечення вибухобезпечності газомазутних топкових камер. Спалювання сірчастих мазутів з малими надлишками повітря. Забезпечення вибухобезпечної експлуатації газомазутних топкових камер. Основні причини виникнення вибухів в топковій камері. Технологічні схеми підводу природного газу до пальників. Виникнення неконтрольованих процесів при спалюванні мазуту. Лекція супроводжується показом відповідних таблиць і рисунків за допомогою проектора, кінетика неконтрольованих процесів горіння високореакційних палив. Завдання на СРС: Фізико-хімічні властивості мазутів.
11.	Тема 3.4. <u>Особливості експлуатації пиловугільних енергетичних котлів. Особливості конструкції пальників верхнього і нижнього ярусів. Забезпечення умов шлаковидалення. Спільне спалювання твердого і рідкого або газоподібного палива.</u> Лекція 13. Вибір температури газів на вході в пароперегрівник. Особливості топкових камер і обладнання котлів, які працюють на слабореакційних паливах марки АШ і пісних вугіллях. Заходи по підвищенню економічності і надійності роботи. Повітряний баланс топкової камери. Схеми подачі первинного повітря в топку. Особливості конструкції пальників верхнього і нижнього ярусів. Забезпечення умов шлаковидалення. Особливості спалювання вугілля погіршеної якості. Спільне спалювання твердого і рідкого або газоподібного палива. Організація топкового режиму котлів, які працюють на вугіллях ГСШ і ДСШ при рідкому шлаковидаленні. Лекція супроводжується показом відповідних таблиць і рисунків за допомогою проектора. Завдання на СРС: Фізико-хімічні і механічні властивості антрацитів і кам'яного вугілля. Фізико-хімічні властивості шлаків, які утворюються при спалюванні АШ. Фізико-хімічні і механічні властивості вугілля марок ГСШ і ДСШ.
12.	Тема 3.5. <u>Високотемпературна корозія поверхонь нагріву пиловугільних котлів.</u> Лекція 12. Високотемпературна корозія екранів НРЧ при спалюванні сірчастих твердих палив. Заходи по зменшенню інтенсивності корозії топкових екранів. Особливості експлуатації пиловугільних котлів при спалюванні твердого палива з мазутом. Лекція супроводжується показом відповідних таблиць і рисунків за допомогою проектора. Завдання на СРС: визначення ресурсу термонапружених елементів топкової камери.
Розділ 4. Особливості експлуатації котлів з природною циркуляцією.	
13.	Тема 4.1. <u>Особливості технології пуску котлів з природною циркуляцією.</u> Лекція 13. Особливості пускових технологічних схем ТЕС з котлами з природною циркуляцією. Пуск барабанних котлів. Заповнення котла водою. Напруження, що виникають в барабані в період пуску. Розтопка котла. Прогрів барабану і парогенеруючих труб. Прогрів і захист пароперегрівачів в період пуску. Прогрів і охолодження водяного

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
	економізатора. Лекція супроводжується показом відповідних таблиць і рисунків за допомогою проектора. Завдання на СРС: технологічні схеми ТЕС з загальними зв'язками. Допоміжне обладнання пускових схем ТЕС.
14.	Тема 5.1. Попередження аварій і пошкодження парових котлів в процесі їх роботи. Лекція 14. Пошкодження барабанів і парових котлів. Термічні деформації барабанів і колекторів. Характерні пошкодження на циліндричній частині і днищах барабанів котлів високого тиску. Дефекти і пошкодження поверхонь нагріву і трубопроводів. Лекція супроводжується показом відповідних таблиць і рисунків за допомогою проектора. Завдання на СРС: технологія виготовлення і зборки товстостінних елементів котлів.
15.	Лекція 15. Аналіз пошкоджень і забезпечення надійності роботи пароперегрівачів. Основні причини пошкоджень пароперегрівачів. Заходи по підвищенню надійності роботи пароперегрівачів. Модульна контрольна робота. Частина I Лекція супроводжується показом відповідних таблиць і рисунків за допомогою проектора. Завдання на СРС: технологія виготовлення і зборки пароперегрівачів високого і надкритичного тиску
Частина 2. Налагодження парових котлів	
Розділ 6. Передпускове хімічне очищення обладнання енергоблоків.	
16.	Тема 6.1. Технологія підготовки поверхонь нагріву котла до промислової експлуатації. Лекція 16. Призначення основних етапів хімічних очищень. Водна промивка. Попередня обробка поверхонь нагріву розчинами лугів. Обробка розчинами кислоти. Нейтралізація залишків кислоти і пасивація поверхонь нагріву. Консервація. Лекція супроводжується показом відповідних таблиць і рисунків за допомогою проектора. Завдання на СРС: Контроль якості виготовлення елементів пароводяного тракту котла.
17.	Тема 6.2. Схеми хімічних очищень енергоблоків. Лекція 17. Вимоги до схем хімічних очищень. Основне обладнання, яке входить до схем хімічних очищень. Варіанти організації локальних контурів циркуляції. Вибір оптимальних параметрів процесів. Технологічна схема реагентного вузла. Лекція супроводжується показом відповідних таблиць і рисунків за допомогою проектора. Завдання на СРС: Хімічний склад відкладень і механізм їх утворень на внутрішніх поверхнях котла.
18.	Тема 6.3. Технологія обробки елементів пароводяного тракту котла різними реагентами. Лекція 18. Вибір способів і реагентів хімічних очищень. Особливості використання розчинів на основі неорганічних кислот. Переваги і недоліки використання соляної кислоти. Використання органічних кислот і комбінацій на основі комплексонів. Технологія і режими хімічних очищень. Підготовчі операції до проведення водно-хімічної обробки поверхонь нагріву. Технологія очистки соляною кислотою обладнання котлів надкритичного тиску. Визначення оптимальної концентрації розчину, терміну обробки і режимні параметри. Завдання на СРС: Хімічні властивості неорганічних кислот, які використовують для обробки обладнання. Хімічні властивості органічних кислот, які використовують для обробки обладнання.

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
19.	Лекція 19. Технологія обробки пароперегрівних поверхонь нагріву котлів надкритичного тиску органічними кислотами і композиціями на основі комплексонів. Хімічний склад композицій груп А, Б, і В. Особливості технології використання комплексонів. Лекція супроводжується показом відповідних таблиць і рисунків за допомогою проектора.
20.	Тема 6.4. <u>Контроль за технологією хімічних очисток обладнання.</u> Лекція 20. Контроль процесів хімічних очисток обладнання. Насиченість розчинів продуктами реакцій. Контроль теплового і гідравлічного режимів. Оцінка якості проведених робіт і аналіз стану поверхонь нагріву. Лекція супроводжується показом відповідних таблиць і рисунків за допомогою проектора. Завдання на СРС: Хімічні властивості трилона Б і ЕДТА, які використовують для обробки обладнання.
Розділ 7. Пускова наладка трубопроводів і арматури.	
21.	Тема 7.1. <u>Передпускове налагодження трубопроводів енергетичних котлів.</u> Лекція 21. Післямонтажна прийомка трубопроводів і арматури. Аналіз умов експлуатації і визначення термонапруженого стану. Особливості монтажу трубопроводів. Категорійність трубопроводів перегрітої пари і гарячої води. Регулювання пружинних кріплень трубопроводів. Контроль роботи трубопроводів високого тиску в режимах пуску і зупинки енергоблоків. Фактичні і розрахункові переміщення. Парова продувка трубопроводів. Спільна технологія водно-хімічної обробки паропроводів і їх парової продувки. Контроль ефективності проведення продувки. Завдання на СРС: Класифікація і призначення енергетичної арматури. Призначення і особливості конструкції енергетичної запірної арматури. Призначення і особливості конструкції енергетичної запобіжної арматури.
22.	Тема 7.2. <u>Передпускове налагодження арматури енергетичних котлів.</u> Лекція 22. Передпускове налагодження арматури. Ревізія і гідравлічні випробування арматури. Герметичність з'єднань елементів арматури. Призначення, конструкція основних елементів і налагодження імпульсно-запобіжних пристроїв енергетичних котлів. Основні операції при монтажу і налагоджуванні імпульсних клапанів. Лекція супроводжується показом відповідних таблиць і рисунків за допомогою проектора. Завдання на СРС: Призначення і особливості конструкції енергетичної регулювальної арматури.
23.	Тема 8.2. <u>Налагодження обладнання систем паливоприготування.</u> Лекція 23. Пуск і налагодження паливоприготувальних установок котлів, які працюють на твердому паливі. Основне обладнання системи паливоприготування. Модульна контрольна робота. Частина II Лекція супроводжується показом відповідних таблиць і рисунків за допомогою проектора. Завдання на СРС: Особливості розпалювання парового котла на рідкому паливі і газу.

6. Самостійна робота

Для опанування матеріалу дисципліни передбачено виконання завдань на самостійне опрацювання матеріалу. Завдання СРС видаються після кожної лекції, строк задачі завдання – не пізніше ніж через тиждень.

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які викладач ставить перед студентом:

- відвідування лекцій, а також готовність відповідей при опитуванні;
- необхідне виконання таких вимог: 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», штрафні бали є засобом протидії плагіату та несамостійному виконанню робіт;
- політика дедлайнів та перескладань полягає у виконанні поточних модульних робіт і реферату 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 англomовних онлайн-курсів за тематикою, яка відповідає тематиці конкретних занять.

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

Види контролю знань студентів з дисципліни:

- відповіді на лекційних заняттях;
- виконання МКР (дві частини);
- календарний контроль (проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог PCO);
- відповідь на екзамені.

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

- 1) п'ять відповідей в середньому кожного студента на лекційних заняттях (на одному занятті опитуються приблизно 2 студенти; при середній чисельності групи 10 осіб і 23 заняття: $2 \cdot 23 / 10 \approx 5$ відповідей);
- 2) виконання завдань СРС;
- 3) виконання однієї МКР;
- 4) відповідь на екзамені при виконанні умов допуску.

За результатами навчальної роботи за перші 7 тижнів «ідеальний студент» має набрати 12 балів. На першій атестації (8-й тиждень) студент отримує «атестовано», якщо його поточний рейтинг не менше 7 балів.

За результатами 13 тижнів навчання «ідеальний студент» має набрати 40 балів. На другій атестації (14-й тиждень) студент отримує «атестовано», якщо його поточний рейтинг не менше 24.

Система рейтингових балів та критерії оцінювання

1. Відповіді на лекційних заняттях

Ваговий бал — 4. Максимальна кількість балів студента на всіх заняттях: $r_1 = 4 \text{ балів} \times 5 = 20$ балів.

Критерії оцінювання:

4 бали — повна вірна відповідь на поставлене запитання; **3 бали** — відповідь має несуттєві неточності; **2 бали** — неповна відповідь; **1 бал** — наявність несуттєвих помилок в неповній відповіді, **0 балів** — наявність суттєвих помилок в неповній відповіді, **0 балів** — відсутність відповіді.

2. Виконання завдань СРС

Ваговий бал — 1. Максимальна кількість балів студента за двадцять завдань (завдання СРС видаються після кожної лекції): $r_2 = 1 \text{ бал} \times 20 = \mathbf{20 \text{ балів}}$. 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.

Заохочувальні бали

- участь у наукових та/або науково-практичних конференціях, семінарах, симпозіумах по тематиці дисципліни — **5 балів**.

3. Модульна контрольна робота (МКР)

Проводиться дві частини МКР по тематиці лекційного матеріалу. Ваговий бал кожної частини — 5. Максимальна кількість балів за МКР дорівнює $r_3 = 5 \times 2 = \mathbf{10 \text{ балів}}$.

Критерії оцінювання:

5 балів — повна вірна відповідь на питання; **4 бали** — відповідь має несуттєві помилки; **3 бали** — неповна відповідь; **0...2 балів** — наявність суттєвих помилок в неповній відповіді або відсутність відповіді, МКР не зараховано.

4. Відповіді на екзамені

Екзамен проводиться у письмово-усній формі. Екзаменаційний білет складається з трьох теоретичних питань. Перелік питань наведений у додатку до силабусу дисципліни. Перші два теоретичних питання оцінюються по 15 балів, а третє — 20 балів. Тобто, максимальна кількість балів за виконане завдання $\mathbf{15+15+20 = 50 \text{ балів}}$.

Критерії оцінювання:

Кожне питання екзаменаційної роботи оцінюється згідно до системи оцінювання:

- або повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) — **13...15 балів (18...20 балів)**;
- достатньо повна відповідь (не менше 70% потрібної інформації, або незначні неточності) — **10...12 балів (14...17 балів)**;
- неповна відповідь, рішення з помилками (не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки) — **5...9 балів (10...13 балів)**;
- незадовільна відповідь (менше 60% потрібної інформації та суттєві помилки) — **менше 6 балів (9 балів)**;
- відсутність відповіді — **0 балів**.

Штрафні бали:

- додаткове питання з тем лекційного курсу 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:

$$R_i = r_1 + r_2 + r_3.$$

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

Максимально можливий стартовий рейтинг: $R_c = 20+20+10 = \mathbf{50 \text{ балів}}$.

Необхідною умовою допуску до екзамену є позитивна оцінка з виконання всіх завдань СРС, та стартовий рейтинг не менше $0,5 \times R_c = 25 \text{ балів}$.

Студенти, які набрали у семестрі рейтинг з дисципліни менше, ніж 25 балів або не виконали умов допуску на екзамен, зобов'язані до початку екзаменаційної сесії підвищити його, інакше вони не допускаються до екзамену з цієї дисципліни і мають академічну заборгованість.

Екзаменаційна складова R_E шкали дорівнює: $R_E = 50$ балів

Таким чином, максимальна кількість балів при здачі заліку за рейтинговою шкалою з дисципліни складає

$$R_D = R_C + R_3 = 50 + 50 = 100 \text{ балів.}$$

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

За рішенням кафедри, згідно Тимчасового регламенту проведення семестрового контролю в дистанційному режимі (Наказ № 7/86 від 08.05 2020 року), допускається застосувати підхід щодо виставлення оцінки з кредитного модуля «автоматом» шляхом пропорційного перерахунку стартових балів у підсумкові за 100-бальною шкалою. При цьому обов'язковим залишається виконання студентом умов допуску до екзамену. Аспірантам, які набрали фактичний стартовий рейтинг не менший, ніж 0,9 від максимально можливого (тобто $R_c \geq 45$), екзаменатор може запропонувати виставити оцінку «Дуже добре». Найвища оцінка «автоматом» не виставляється.

Переведення стартових балів у підсумкові здійснюється за формулою

$$R = 50 + \frac{50 \cdot (R_i - R_D)}{(R_c - R_D)},$$

де R – оцінка за 100-бальною шкалою;

R_i – сума балів, набраних студентом продовж семестру;

R_c – максимальна сума вагових балів контрольних заходів продовж семестру;

R_D – бал допуску до екзамену.

Студенти, які хочуть підвищити оцінку з кредитного модуля, виконують екзаменаційну роботу. При цьому переведення стартових балів у підсумкові не здійснюється.

Процедура оскарження результатів контрольних заходів

Студенти мають можливість підняти будь-яке питання, яке стосується процедури контрольних заходів та очікувати, що воно буде розглянуто згідно із наперед визначеними процедурами.

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 аспірантів 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 на екзамен

1. Основні принципи організації режимів пуску блоків.
2. Пуск блоку з холодного стану.
3. Пуск блоку з неостиглого стану.
4. Пуск блоку з гарячого стану.
5. Навантаження блоку і регулювання параметрів пари.
6. Основні операції при пуску блоку.
7. Принципи організації режимів зупину блоку.
8. Фактори, що впливають на економічність роботи котла в стаціонарному режимі.
9. Робота блоку в діапазоні допустимих навантажень.
10. Робота блоку на знижених навантаженнях.
11. Робота блоку на підвищених навантаженнях.
12. Робота блоку на ковзному тиску.
13. Робота блоку на паливах погіршеної якості.
14. Організація топкового режиму газомазутних котлів.
15. Особливості роботи газомазутних топкових камер із зустрічним розташуванням пальників.
16. Високотемпературна корозія поверхонь нагріву газомазутних котлів.
17. Низькотемпературна корозія поверхонь нагріву газомазутних котлів.
18. Вибір оптимальних параметрів підготовки палива і топкового режиму газомазутних котлів.
19. Особливості експлуатації пиловугільних котлів. Вибір оптимального режиму топкового процесу.
20. Особливості топкових пристроїв котлів, що працюють на слабореакційних паливах.
21. Експлуатація котлів на високореакційних твердих паливах.
22. Пуск барабанного котла.
23. Прогрів і захист ПП при пусках барабанних і прямотокових котлів.
24. Пошкодження барабанів і колекторів котлів.
25. Пускова наладка і структура налагоджувальних організацій. Основні вимоги і задачі пусконалагоджувальних робіт. Комплекс робіт на підготовчому етапі виробництва. Мета режимно-налагоджувальних експрес-випробувань.
26. Підготовка до проведення пусконалагоджувальних робіт. Сітьові графіки. Підготовка оперативного персоналу, основні етапи. Контроль якості проектних і монтажних робіт.

27. Завдання, відповідальність і взаємовідношення організацій, які приймають участь в будівництві і пусковій наладці енергоблоків. Організація комплексного випробування і прийомки енергоблоків в промислову експлуатацію.
28. Типові схеми пароводяного тракту енергетичних котлів. Пускові схеми прямотокових котлів і котлів з природною циркуляцією. Парові котли типу ТГМП-314, ТГМП-324А, ТГМП-204, їх основні технічні характеристики і конструктивні особливості.
29. Призначення основних етапів хімічних очисток. Водна промивка. Попередня обробка поверхонь нагріву розчинами лугів. Обробка розчинами кислоти. Нейтралізація залишків кислоти і пасивація поверхонь нагріву. Консервація.
30. Вимоги до схем хімічних очисток. Основне обладнання, яке входить до схем хімічних очисток. Варіанти організації локальних контурів циркуляції. Вибір оптимальних параметрів процесів. Технологічна схема реагентного вузла.
31. Вибір способів і реагентів хімічних очисток. Особливості використання розчинів на основі неорганічних кислот. Переваги і недоліки використання соляної кислоти. Використання органічних кислот і комбінацій на основі комплексонів.
32. Технологія і режими хімічних очисток. Підготовчі операції до проведення водно-хімічної обробки поверхонь нагріву. Технологія очистки соляною кислотою обладнання котлів надкритичного тиску. Визначення оптимальної концентрації розчину, терміну обробки і режимні параметри.
33. Технологія обробки пароперегрівних поверхонь нагріву котлів надкритичного тиску органічними кислотами і композиціями на основі комплексонів. Хімічний склад композицій груп А, Б, і В. Особливості технології використання комплексонів.
34. Контроль процесів хімічних очисток обладнання. Насиченість розчинів продуктами реакцій. Контроль теплового і гідравлічного режимів. Оцінка якості проведених робіт і аналіз стану поверхонь нагріву.
35. Післямонтажна прийомка трубопроводів і арматури. Аналіз умов експлуатації і визначення термонапруженого стану. Вхідний контроль арматури. Особливості монтажу трубопроводів. Категорійність трубопроводів перегрітої пари і гарячої води.
36. Регулювання пружинних кріплень трубопроводів. Визначення розрахункових навантажень на елементи трубопроводу. Контроль роботи трубопроводів високого тиску в режимах пуску і зупинки енергоблоків. Фактичні і розрахункові переміщення.
37. Парова продувка трубопроводів. Технологічні схеми і допоміжне обладнання для продувки власною парою і парою від пускорезервної котельні. Спільна технологія водно-хімічної обробки паропроводів і їх парової продувки. Контроль ефективності проведення продувки.
38. Парова продувка трубопроводів. Технологічні схеми і допоміжне обладнання для продувки власною парою і парою від пускорезервної котельні. Спільна технологія водно-хімічної обробки паропроводів і їх парової продувки. Контроль ефективності проведення продувки.
39. Передпускове налагодження арматури. Ревізія і гідравлічні випробування арматури. Герметичність з'єднань елементів арматури. Призначення, конструкція основних елементів і налагодження імпульсно-запобіжних пристроїв енергетичних котлів. Основні операції при монтажу і налагоджуванні імпульсних клапанів.
40. Рекомендації по прийомці парових котлів з монтажу. Особливості конструкції амбразури і запальних поясів. Призначення і принцип роботи захисто-запальних пристроїв. Налаштування і контроль за роботою ЗЗУ. Перевірка газощільності трактів котла. Гідравлічні випробування пароводяного тракту котла.
41. Технологія першої розтопки котла. Випробування технологічних захистів і блокувань. Запобіжні операції. Технологія заповнення котла водою і підготовка до роботи допоміжного обладнання. Контроль топкових процесів і алгоритм включення паликових пристроїв.
42. Допустимі швидкості прогріву товстостінних елементів обладнання котла. Налаштування топкового режиму парового котла. Визначення оптимальних режимів і характеристик роботи топкової камери і допоміжного обладнання. Шляхи зменшення втрат від хімічного і

механічного недопалу. Регулювання топкового режиму. Температурні розвірки в топці і газоходах котла. Тимчасова режимна карта.

43. Пуск і налагодження паливоприготувальних установок котлів, які працюють на твердому паливі. Основне обладнання системи паливоприготування. Пуск і налагодження роботи пилоприготувальних установок з ШБМ. Оптимізація роботи обладнання.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено *д.т.н., професором, Тузом Валерієм Омеляновичем*

Ухвалено: кафедрою АЕ (протокол № 26 від 23.06. 2025 р.)

Погоджено: Методичною комісією НН ІАТЕ (протокол № 9 від 27. 06. 2025 р.)