



Екологія енергетичних об'єктів

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	<i>14 Електрична інженерія</i>
Спеціальність	<i>144 «Теплоенергетика»</i>
Освітня програма	<i>«Теплоенергетика та теплоенергетичні установки електростанцій»</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркові компоненти циклу професійної підготовки</i>
Форма навчання	<i>Очна (денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>I курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>4 кредити ECTS, 120 годин</i>
Семестровий контроль / контрольні заходи	<i>Практичні заняття, МКР, ДКР, залік</i>
Розклад занять	<i>У відповідності з rozklad.kpi.ua</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: <i>к.т.н., доц., Нікуленкова Тетяна Володимирівна, 067-375-54-44, Tetyana.nikulenkova@gmail.com</i> Практичні / Семінарські: <i>к.т.н., доц., Нікуленкова Тетяна Володимирівна, 067-375-54-44, Tetyana.nikulenkova@gmail.com</i> Лабораторні: <i>не заплановано</i>
Розміщення курсу	Посилання на дистанційний ресурс (Moodle, Google classroom, тощо) E-Campus КПІ: https://campus.kpi.ua/tutor/index.php?mode=mob&show&irid=240083

Програма навчальної дисципліни

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

Дисципліна «Екологія енергетичних об'єктів» тісно пов'язана з дисциплінами базової і фахової підготовки спеціалістів та є основою спеціалізованої підготовки теплоенергетиків.

При виконанні контрольних робіт приділяється увага до глибини засвоєння лекційного матеріалу і матеріалу СРС.

Приділяється увага роботі студента на лекціях, у розв'язанні задач кожним студентом самостійно – це активізує творчу активність студентів, а також дозволяє протягом всього семестру контролювати якість засвоєння навчального матеріалу.

Метою навчальної дисципліни є формування у студентів наступних **компетентностей**:

- ЗК1 Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності
- ЗК2 Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.
- ЗК3 Вміння виявляти, ставити та вирішувати проблеми.
- ЗК4 Здатність спілкуватися з представниками інших професійних груп різного рівня (з експертами з інших галузей знань/видів економічної діяльності).
- ЗК5 Здатність діяти соціально відповідально та свідомо.

ФК 2 Здатність аналізувати та комплексно інтегрувати сучасні знання з природничих, інженерних, суспільно-економічних та інших наук для розв'язання складних задач і проблем теплоенергетики.

ФК 4 Здатність управляти робочими процесами та приймати ефективні рішення у сфері теплоенергетики, беручи до уваги соціальні, економічні, комерційні, правові, та екологічні аспекти.

ФК 5 Здатність розробляти, реалізовувати, впроваджувати і супроводжувати проекти з урахуванням всіх аспектів проблеми, яка вирішується, включаючи етапи проектування, виробництва, експлуатації, технічного обслуговування та утилізації теплоенергетичного обладнання.

ФК 6 Здатність приймати рішення щодо матеріалів, обладнання, процесів в теплоенергетиці з урахуванням їх властивостей та характеристик.

ФК 7 Здатність здійснювати інноваційну діяльність в теплоенергетиці.

ФК 8 Здатність здійснювати монтаж, випробування, експлуатацію та ремонт тепловикористовуючого обладнання.

ФК 10 Здатність до визначення потреби виробництва в паливно-енергетичних ресурсах, обґрунтуванню заходів по економії енергоресурсів, розробленні норм їх витрат, розрахунку потреб виробництва в енергоресурсах

Основні завдання навчальної дисципліни.

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

ПРН 1 Аналізувати, застосовувати та створювати складні інженерні технології, процеси, системи і обладнання відповідно до обраного напрямку теплоенергетики.

ПРН 2 Аналізувати і обирати ефективні аналітичні, розрахункові та експериментальні методи розв'язання складних задач теплоенергетики.

ПРН 3 Розробляти і реалізовувати проекти у сфері теплоенергетики з урахуванням цілей, прогнозів, обмежень та ризиків і беручи до уваги технологічні, законодавчі, соціальні, економічні, екологічні та інші аспекти.

ПРН 4 Відшукувати необхідну інформацію з різних джерел, оцінювати, обробляти та аналізувати цю інформацію.

ПРН 6 Приймати ефективні рішення, використовуючи сучасні методи та інструменти порівняння альтернатив, оцінювання ризиків та прогнозування.

ПРН 7 Знати, розуміти і застосовувати у практичній діяльності ключові концепції, сучасні знання та кращі практики в теплоенергетичній галузі, технології виробництва, передачі, розподілу і використання енергії.

ПРН 8 Обґрунтовувати вибір та застосовування матеріалів, обладнання та інструментів, інженерних технологій і процесів з урахуванням їх характеристик і властивостей, вимог до кінцевого продукту, а також нетехнічних аспектів.

ПРН 9 Вільно спілкуватися державною мовою з професійних питань, обговорювати результати виробничої, наукової та інноваційної діяльності з фахівцями та нефаківцями.

ПРН 10 Розуміти стратегію і цілі підприємства (установи) з урахуванням забезпечення позитивного внеску до розвитку суспільства і держави, створення і впровадження інноваційних технологій, розвитку персоналу.

ПРН 11 Оцінювати і забезпечувати якість об'єктів і процесів теплоенергетики.

ПРН 12 Доносити зрозуміло і недвозначно власні висновки з проблем теплоенергетики, а також знання та пояснення, що їх обґрунтовують, до фахівців і нефаківців.

ПРН 13 Знати основні положення вітчизняного і міжнародного законодавства і практик міжнародної діяльності у сфері теплоенергетики.

ПРН 14 Планувати і реалізовувати заходи з підвищення енергоефективності теплоенергетичних об'єктів і систем з урахуванням наявних обмежень, включаючи ті, що пов'язані з проблемами охорони природи, сталого розвитку, здоров'я і безпеки та оцінками ризиків в теплоенергетиці, оцінювати ефективність таких заходів.

ПРН 15 Розуміння професійних і етичних стандартів діяльності, застосування їх під час діяльності у сфері теплоенергетики.

ПРН 16 Аналізувати і оцінювати проблеми теплоенергетики, пов'язані із розвитком нових технологій, науки, суспільства та економіки.

ПРН 17 Ефективно співпрацювати з колегами, беручи відповідальність за певний напрям і свій внесок до спільних результатів діяльності, а також власний розвиток і розвиток колективу.

ПРН 18 Розраховувати шкідливі викиди в навколишнє середовище, розробляти методи та обирати обладнання для боротьби з забрудненням навколишнього середовища об'єктами енергетики та промисловості.

ПРН 19 Розробляти проектно-конструкторську документацію на основі вимог енерго- та ресурсозбереження і екологічної безпеки; оцінювати техніко-економічний стан теплоенергетичного об'єкту з точки зору його енергетичної ефективності.

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

Успішному освоєванню дисципліни в значній мірі буде сприяти та обставина, що цей курс викладається, коли студенти вже вивчали такі дисципліни як "Екологічний менеджмент", "Інженерна екологія енергетики", "Промислова екологія", "Охорона праці і цивільний захист", "Котельні установки теплових електричних станцій", "Теплові та атомні електростанції та установки", "Матеріалознавство та технологія матеріалів" та інші, які заклали фундамент для вивчення цієї дисципліни. Все це дасть змогу підготувати на високому рівні спеціалістів-теплоенергетиків, які знаються на еко-технологіях енерговиробництва.

3. Зміст навчальної дисципліни

ВСТУП. Предмет та задачі курсу. Рекомендована література. Сучасний стан застосування екологічних технологій на електростанціях України.

Розділ 1. ЗАГАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕКОЛОГІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕС

Тема 1.1. Енергоекологічна ефективність ТЕС. Основні поняття, нормативні документи. Структура паливного балансу та викидів ТЕС України.

Тема 1.2. Фактори, параметри і показники екологічної безпеки енергетичних об'єктів.

Розділ 2. НАПРЯМКИ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕКОЛОГІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ОБ'ЄКТІВ ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКИ

Тема 2.1. Тенденції підвищення коефіцієнту корисної дії теплових електростанцій.

Тема 2.2. Екологічні аспекти горіння вуглеводневих палив. Технологічні заходи з придушення утворення оксидів азоту в топках котлів.

Тема 2.3. Застосування фізико-хімічних методів денітрифікації димових газів.

Тема 2.4. Застосування фізико-хімічних методів десульфурізації димових газів.

Тема 2.5. Організаційно-економічні методи та заходи підвищення екологічної безпеки

енергетичних об'єктів та систем.

Розділ 3. ВПЛИВ НА ОТОЧУЮЧЕ ПРИРОДНЕ СЕРЕДОВИЩЕ АЕС, ГЕС ТА ЛЕП

Тема 3.1. Вплив на оточуюче природне середовище АЕС, ГЕС (ГАЕС) та ВЕС.

Тема 3.2. Екологічні аспекти передавання електроенергії.

Розділ 4. СТИЧНІ ВОДИ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ.

Тема 4.1. Стічні води електростанцій і їхній вплив на водойми.

Тема 4.2. Обробка стічних вод ТЕС.

Тема 4.3. Очищення стічних вод АЕС.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література:

1. Варламов Г.Б., Любчик Г.М., Маляренко В.А. Теплоенергетичні установки та екологічні аспекти виробництва енергії: Підручник. – К.: ІВЦ “Видавництво «Політехніка»”, 2003.– 232 с. іл.
2. Екологічна безпека інженерної діяльності: підручник / Ю.В. Носачова, О.І. Іваненко, В.В. Вембер / Київ: Видавничий дім «Кондор», 2020.– 212 с. Обкладинка м'яка.
3. Промислова екологія / Бедрій Я.І., Білінський Б.О., Івах Р.М., Козяр М.М.: Навч. пос. – К.: Кондор, 2016.– 374 с. Формат 60x84/16. ISBN 978-966-351-314-0. Код 291261.
4. ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ ТА АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ТЕС. Навчальний посібник до виконання розрахунків у магістерських дисертаціях за освітньо-професійною програмою для здобувачів ступеня магістр за професійною програмою підготовки «Теплоенергетика та теплоенергетичні установки електростанцій» за спеціальністю 144 «Теплоенергетика» П. П. Меренгер, Т. В. Нікуленкова. – КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 4 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022.– 123 с.

Допоміжна література:

5. ЗАКОН УКРАЇНИ «Про охорону навколишнього природного середовища» (Відомості Верховної Ради України (ВВР), 1991, № 41, ст.546).
6. Збірник законодавчих актів України про охорону навколишнього середовища: В 3-х томах.–Чернівці: Зелена Буковина, 1996.
7. Постанова Верховної Ради України "Про основні напрямки державної політики України у галузі охорони довкілля, використання природних ресурсів та забезпечення екологічної безпеки України" від 5 березня 1998 р.
8. Любчик Г.М., Кравчук О.Є., Варламов Г.Б. Екологічні аспекти термодинамічного аналізу циклів ГТУ // Наукові вісті НТУУ "КПІ". Серія теплоенергетики.– 1997.– С.101–106.
9. Integrated Pollution Prevention and Control Reference / Document on Best Available Techniques for Large Combustion Plants / Directive 2010/75/EU of European Commission, July 2006, 618 p.
10. Теплова енергетика – нові виклики часу / за заг. ред. П. Омеляновського, Й. Мисака; [упоряд. А. Акімов]. – Л: Українські технології, 2009.– 658 с. – ISBN 978-966-345-194-7.
11. Гранично допустима концентрація // Словник-довідник з екології : навч.-метод. посіб. / уклад. О. Г. Лановенко, О. О. Остапшина. — Херсон : ПП Вишемирський В. С., 2013. — С. 54.
12. Нормативи гранично допустимих концентрацій // Словник-довідник з екології : навч.-метод. посіб. / уклад. О. Г. Лановенко, О. О. Остапшина. — Херсон : ПП Вишемирський В. С., 2013. — С. 130.
13. Поріг шкідливої дії речовини // Словник-довідник з екології : навч.-метод. посіб. / уклад. О. Г. Лановенко, О. О. Остапшина. — Херсон : ПП Вишемирський В. С., 2013. — С. 142.

14. Теплові електричні станції: Навчально-методичний посібник для студентів ЗДІА спеціальності 6.050601 «Теплоенергетика» денної та заочної форм навчання / О.Є. Машанова. – Запоріжжя, ЗДІА, 2011.– 166 с.

Інформаційні ресурси:

1. Кампус НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського» <http://login.kpi.ua/>
2. Науково-технічна бібліотека НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського» <http://library.kpi.ua/>
3. <http://teplota.org.ua>.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
Розділ 1. ЗАГАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕКОЛОГІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕС	
Лекція 1	<p>Вступ. Предмет та задачі курсу, основні поняття, нормативні документи. Рекомендована література. Сучасний стан застосування екологічних технологій на електростанціях України. Енергоекологічна ефективність ТЕС. Структура паливного балансу та викидів ТЕС України. Основні нормативні документи, які спрямовані на зниження викидів забруднюючих речовин від котлів ТЕС. Механізм взаємодії ТЕС з навколишнім середовищем. Існуючий рівень вмісту забруднюючих речовин у димових газах ТЕС України. Зміна структури паливного балансу. Взаємозв'язок між енергоблоком та оточенням. Причинно-наслідковий взаємозв'язок системи «людина – оточуюче середовище». Література – 2, 3, 5, 6.</p>
Лекція 2.	<p>Екологічна безпека енергетичних об'єктів. Проблема підвищення енергетичної ефективності і екологічної безпеки енергетичних об'єктів, її багатоцільова направленість (проектування, експлуатація, експертиза, аудит, прогнозування, моніторинг і ін.) і багатозначність (визначення рівня використання паливно-енергетичних ресурсів, технічного стану устаткування енергетичних об'єктів, рівня їхньої експлуатації, застосування природоохоронних заходів і т.п.). Література –1, 10, 13.</p>
Лекція 3.	<p>Фактори, параметри і показники екологічної безпеки енергетичних об'єктів. Критерії екологічної безпеки. Термодинамічний, паливний, технологічний та експлуатаційний фактори впливу екологічної небезпеки ТЕС. Використання показника екологічної безпеки для оцінки впливу енергетичних об'єктів на оточуюче середовище. Література – 1, 3, 12.</p>
Розділ 2. НАПРЯМКИ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕКОЛОГІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ОБ'ЄКТІВ ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКИ	
Лекція 4	<p>Тенденції підвищення коефіцієнту корисної дії теплових електростанцій. Комплексні методи підвищення екологічної безпеки ТЕС. Вплив термодинамічного фактору на питомий показник теплових викидів енергетичного об'єкта. Основні тенденції поліпшення енергоекологічної ефективності ГТУ: підвищення початкової температури циклу; застосування регенеративних ГТУ, а також ГТУ з проміжним підведенням теплоти. Можливості та ефективність використання нетрадиційних циклів. Сучасні тенденції підвищення економічності паротурбінних установок на</p>

	<p>прикладі фірми Siemens і консорціуму (ME/GA): підвищення початкових параметрів пари; застосування подвійного проміжного перегріву пари; реалізація розвинутої системи регенеративного підігріву живильної води (до десятих нерегульованих відборів пари); підвищення вакууму за рахунок зниження тиску в конденсаторі до 2,3 кПа.</p> <p>Література – 1, 8.</p>
Лекція 5	<p>Екологічні аспекти горіння вуглеводневих палив.</p> <p>Узагальнене рівняння горіння. Продукти повного та неповного горіння. Проміжні продукти реакцій горіння. Вплив експлуатаційних факторів на викиди вуглеводнів $C_xH_yO_z$, CO, а також оксидів азоту NO_x. Механізм утворення оксидів азоту (термічні, паливні, "швидкі" та каталітичні).</p>
Лекція 6	<p>Технологічні заходи з придушення утворення оксидів азоту в топках котлів.</p> <p>Організації процесу спалювання палива в топках таким чином, щоб знизити швидкість протікання реакцій утворення NO_x. Методи прогнозування емісії оксидів азоту в енергетичних установках. Методика оцінки емісії NO_x в енергетичних котлах (методика САФ ВНДПромгаз, нормативна методика ВТІ, методика ІГ НАН України, методика Інституту вугільних енерготехнологій).</p> <p>Рециркуляція димових газів. Подача вологи в зону горіння. Комплексна схема – рециркуляція димових газів та ін'єкція вологи в топку.</p> <p>Література – 1, 4.</p>
Лекція 7	<p>Технологічні заходи з придушення утворення оксидів азоту в топках котлів (продовження теми лекції 6).</p> <p>Нестехіометричне спалювання. Двоступеневе спалювання. Трьохступеневе спалювання з частковим відновленням оксидів азоту в топковій камері (reburning). Використання малотоксичних пальників.</p> <p>Література – 1, 4, 9.</p>
Лекція 8	<p>Технологічні заходи з придушення утворення оксидів азоту в камерах згорання ГТУ, котлах ЦКШ, топках піролізних котлів та ін.</p> <p>Пилоподача високою концентрацією як засіб зниження емісії NO_x. Попередній підігрів вугільного палива. Переведення котла з рідкого на тверде шлаковилучення.</p> <p>Література – 1, 4, 8.</p>
Лекція 9	<p>Застосування фізико-хімічних методів денітрифікації димових газів. Селективно-каталітичне відновлення (СКВ) та селективне некаталітичне відновлення (СНКВ) до двоатомного азоту.</p> <p>Хімічні основи денітрифікації димових газів. СКВ та СНКВ – два основні способи відтворення двоатомних кисню та азоту з NO_x. Розміщення реакторів СКВ в газовому тракті котельної установки. Каталізатори, що використовуються при СКВ.</p> <p>Література – 1, 4.</p>
Лекція 10	<p>Застосування фізико-хімічних методів денітрифікації димових газів (продовження теми лекції 9).</p> <p>Схема вдосконаленого реборнінгу (СНКВ). Рідкофазний методи денітрації димових газів. Економічні аспекти очищення димових газів від NO_x.</p> <p>Література – 1, 2, 4.</p>
Лекція 11	<p>Застосування фізико-хімічних методів десульфурізації димових газів.</p> <p>Очищення палива від сірки. Хімічні основи десульфурізації димових газів. Вапняковий, сульфідний та аміачно-циклічний спосіб очищення димових газів від SO_2. Схема очищення димових газів котлів від SO_2 окисленням його в SO_3. Сухе очищення димових газів від SO_2 за допомогою активованого окису марганцю.</p> <p>Література – 1, 2, 4.</p>
Лекція 12	<p>Система золошлаковидалення.</p> <p>Основні фізико-механічні властивості золи. Апарати для очищення димових газів від золи. Інерційні золовловлювачі. Батарейні циклони. Золовловлювачі зі змоченою поверхнею. Електрофільтри. Системи транспортування золи та шлаку на</p>

	<p>золошлаковідвал. Література – 14.</p>
Лекція 13	<p>Стічні води електростанцій і їхній вплив на водойми. Процеси, що протікають у водоймах і умови скидання стічних вод. Класифікація промислових стічних вод. Теплове забруднення води. Стічні води: водопідготовчі установки, конденсатоочистки; забрудненні нафтопродуктами; від обмивок зовнішніх поверхонь котлів, що працюють на сірчистих мазутах; від хімічних промивань, консервації устаткування; систем гідрозоловидалення на ТЕС, що працюють на твердому паливі. Література – 2, 3.</p>
Лекція 14	<p>Обробка стічних вод ТЕС. Класифікація методів очищення стічних вод. Обробка стічних вод водоподготовчих установок і конденсатоочисток. Очищення стічних вод обмивок поверхонь нагрівання котлів, хімічних промивань і консервації устаткування. Знешкодження стічних вод систем гідрозоловидалення. Література – 10, 14.</p>
Лекція 15	<p>Стічні води АЕС. Очищення стічних вод АЕС. Література – 10.</p>
Лекція 16	<p>Організаційно-економічні методи та заходи підвищення екологічної безпеки енергетичних об'єктів та систем. Література – 1, 2, 10, 12.</p>
<p>Розділ 3. ВПЛИВ НА ОТОЧУЮЧЕ ПРИРОДНЕ СЕРЕДОВИЩЕ АЕС, ГЕС ТА ЛЕП.</p>	
Лекція 17	<p>Вплив на оточуюче природне середовище АЕС, ГЕС (ГАЕС), вітрові електростанції (ВЕС), сонячні електростанції (СЕС). Скидання та викиди АЕС до оточуючого середовища. Екологічні наслідки будівництва та експлуатації ВЕС, ГЕС та ГАЕС. Шумовий вплив об'єктів теплоенергетики на навколишнє середовище. Фотовольтаїка, геліотермальна та геотермальна енергетика. Література – 2, 3, 10.</p>
Лекція 18	<p>Заключна лекція. Стисле підведення підсумків курсу. Перспективні нетрадиційні джерела енергії. Література – 1, 2, 3, 10.</p>

№ з/п	Назва теми практичного заняття та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
Заняття 1	Методика прогнозування емісії токсичних оксидів азоту в камерах згорання ГТУ.
Заняття 2	Визначення емісії оксидів азоту в камері згорання ГТУ на підставі даних банку NO _x .
Заняття 3	Нормативна методика оцінки розсіювання димової хмари та розподілу приземних концентрацій викидів з димової труби.
Заняття 4	Екологічні проблеми альтернативної енергетики.
Заняття 5	Контрольна робота.
Заняття 6	Конверсія органічного палива, як засіб зниження шкідливих викидів при спалюванні вугілля різних марок.
Заняття 7	Альтернативна енергетика.
Заняття 8	Організаційно-економічні методи та заходи підвищення екологічної безпеки енергетичних об'єктів та систем.
Заняття 9	Залікова контрольна робота.

6. Самостійна робота магістранта

№ з/п	Вид самостійної роботи	Кількість годин СРС
1	Підготовка до лекцій і практичних	15
2	Робота над темами, що винесені на самостійне опрацювання	33
3	Підготовка до МКР	12
4	Підготовка до заліку	6

№ з/п	Назва тем, що виносяться на самостійне опрацювання	Кількість годин СРС
1.	Вплив сірчистих з'єднань на якість мазутів і їхній вплив на мазутне господарство та устаткування електростанцій.	2
2.	Знепилювання повітря в помешканнях паливостачання. Властивості пилу, осередки пилоутворення. Визначення запилення повітря. Гранично-допустимі концентрації пилюки. Міри запобігання запилення повітря. Аспіраційні установки, циклони, пристрої для паро- і гідрознепилення. Піногенеруючі установки. Складання осілого пилу.	4
3.	Основні положення «Кіотського протоколу»	3
4.	Норми ГДК основних викидів.	3
5.	Комбіновані золовловлювачі.	3
6.	Методи придушення утворення оксидів азоту в топках котлів.	3
7.	Фізико-механічні властивості золи і шлаку.	3
8.	Очищення вентиляційного повітря на АЕС.	3
9.	Обмеження кількості і скидання стічних вод.	3
10.	Очищення стічних вод від нафтопродуктів.	3
11.	Досвід країн заходу щодо зниження шкідливих викидів об'єктами енергетики.	3

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

На першому занятті коротко викладаються основи академічної доброчесності, а заходи з підтримки принципів академічної доброчесності використовуються протягом вивчення дисципліни (на основі курсу «Академічна доброчесність: онлайн-курс для викладачів», Prometheus).

Вимоги викладача до студентів:

- Відвідувати лекційні і практичні заняття.
- Виконувати завдання, поставлені на практичних роботах, і вчасно їх здавати.
- Доопрацювання завдань з урахуванням результатів перевірки і зроблених зауважень.
- Максимальна кількість балів при невчасному складанні модульних контрольних зменшується вдвічі.

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

1. Рейтинг студента з кредитного модуля розраховується зі 100 балів, з них 60 балів складає стартова шкала. Стартовий рейтинг (протягом семестру) складається з балів, що студент отримує за:

- самостійну роботу;
- модульну контрольну роботу;
- домашню контрольну роботу;
- роботу на практичних та лекційних заняттях;

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

- 1) дев'ять відповідей в середньому кожного студента на лекційних заняттях (на одному занятті опитуються приблизно п'ять студентів; при середній чисельності групи 10 осіб і вісімнадцяти лекційних заняттях (36 годин) отримуємо: $5 \cdot 18 / 10 \approx 9$ відповідей);
- 2) чотири відповіді в середньому кожного студента на практичних заняттях (на одному занятті опитуються приблизно чотири студенти; при середній чисельності групи 10 осіб і дев'яти практичних заняттях (18 годин) отримуємо: $4 \cdot 9 / 10 \approx 4$ відповіді);
- 3) виконання ДКР;
- 4) виконання шести завдань СРС (див. п.6);
- 5) виконання МКР (дві частини);

Система рейтингових балів та критерії оцінювання

1. Робота на лекційних заняттях

Ваговий бал – 1. Максимальна кількість балів студента на всіх заняттях: $r_1 = 1 \text{ бал} \times 9 = 9 \text{ балів}$.

Критерії оцінювання:

1 бал – повна вірна відповідь на поставлене запитання; 0 балів — наявність суттєвих помилок в неповній відповіді або відсутність відповіді.

2. Робота на практичних заняттях

Ваговий бал – 2. Максимальна кількість балів студента на всіх заняттях: $r_2 = 2 \text{ бали} \times 4 = 8 \text{ балів}$.

Критерії оцінювання:

1 бал – повна вірна відповідь на поставлене запитання; 0 балів — наявність суттєвих помилок в неповній відповіді або відсутність відповіді.

3. Виконання індивідуальних завдань з практичних занять

Ваговий бал – 5. Максимальна кількість балів студента – 45 (індивідуальні завдання видаються за темами практичних занять, строк здачі завдання – не пізніше ніж через тиждень після отримання: $r_3 = 5 \text{ балів} \times 9 = 45 \text{ балів}$. Виконане завдання надається викладачу у вигляді оформлених розрахунків, виконання індивідуальних завдань обов'язкове.

Критерії оцінювання:

5 балів – виконання завдання вчасно та у повному об'ємі, відсутні помилки у розрахунках, охайне оформлення; 3...4 балів – у розрахунках наявні незначні помилки та неточності, неохайне оформлення; 1...2 бали – у розрахунках наявні деякі помилки та неточності, неохайне оформлення; 0 балів – завдання виконано не у повному об'ємі, наявність суттєвих помилок або відсутність виконаного завдання.

Заохочувальні бали:

використання програмних продуктів (Mathcad, Matlab тощо) та онлайн ресурсів (CoolProp, Air duct calculators тощо) під час виконання завдань – до 5 балів.

4. Виконання завдань ДКР

Ваговий бал – 18. Максимальна кількість балів студента – 18 (завдання ДКР видається після проходження відповідної теми лекційного заняття): $r_4 = 3 \text{ бал} \times 6 = 18 \text{ балів}$. Виконане завдання надається викладачу у вигляді оформленого тексту у конспекті лекцій, виконання завдань СРС обов'язкове.

Критерії оцінювання:

18 балів – виконання завдання ДКР вчасно та у повному об'ємі, охайне оформлення; 10...17 балів – відповідь має несуттєві помилки, неохайне оформлення; 1...9 балів – відповідь має грубі помилки, завдання виконано не у повному об'ємі; 0 балів – завдання СРС не виконано.

Штрафні бали:

несвоєчасне виконання завдання ДКР без поважної причини (хвороба) – мінус 1 бал за кожний тиждень прострочення.

Заохочувальні бали:

участь у наукових та/або науково-практичних конференціях, семінарах, симпозіумах, виставках – 5 балів.

5. Модульна контрольна робота (МКР)

Проводиться дві частини МКР. Кожна частина МКР складається з двох завдань. Ваговий бал кожної частини – 10. Максимальна кількість балів за МКР дорівнює $r_5 = 10 \times 2 = 20 \text{ балів}$.

Критерії оцінювання:

10 балів – повна вірна відповідь на всі завдання; 9...1 бали – наявність неповних та/або невірних відповідей на завдання; 0 балів – відсутність відповіді, МКР не зараховано.

Розрахунок шкали рейтингу з дисципліни (R_d):

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

$$R_i = r_1 + r_2 + r_3 + r_4 + r_5.$$

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

Максимально можливий стартовий рейтинг: $R_c = 9+8+45+18+20 = 100$ 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

Здобувачі, які виконали всі умови допуску до заліку та мають рейтингову оцінку 60 і більше балів, 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 здобувачами, хто бажає підвищити свою рейтингову оцінку, на останньому за розкладом занятті з дисципліни в семестрі проводиться семестровий контроль у вигляді залікової контрольної роботи.

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Залікова контрольна робота.

1. Мета курсу «Екологія електростанцій»
2. Економічні аспекти очищення димових газів від NO_x
3. Фактори взаємодії енергоблоків ТЕС з навколишнім середовищем
4. Основні вимоги, що пред'являються до каталізаторів СКВ
5. Встановлення зв'язків між енергоблоком та оточенням
6. Вплив термодинамічного фактору на питомий показник теплових викидів енергетичного об'єкта
7. Причинно-наслідковий взаємозв'язок системи «людина - довкілля»
8. Питомі показники екологічної безпеки
9. Ознаки негативного впливу енерговиробництва на всі компоненти біосфери (атмосферу, гідросферу і літосферу)
10. Тенденція зміни ККД енергетичних установок і показника емісії CO_2 в димових газах
11. Газові і аерозольні забруднюючі викиди і їх шкідливий вплив
12. Технологічний метод придушення утворення оксидів азоту – комплексна схема «рециркуляція охолоджених димових газів і введення в топку додаткової вологи»
13. Показники та критерії екологічної безпеки енергетичних об'єктів
14. Технологічні методи придушення утворення оксидів азоту – нестехіометричне спалювання
15. Фактори впливу і параметри екологічної небезпеки ТЕС
16. Чинники негативного впливу оксидів азоту на навколишнє середовище

17. Технологічні методи придушення утворення оксидів азоту – застосування малотоксичних пальників, що забезпечують поступове змішання вторинного повітря з паливом (раціональний розподіл продуктів згоряння)
18. Вплив термодинамічного фактору на показники екологічної безпеки ТЕС
19. Екологічні аспекти горіння вуглеводневих палив
20. Технологічний метод придушення утворення оксидів азоту – двоступеневе спалювання палива з подачею повітря в кінцеву частину факела
21. Технологічні методи придушення утворення оксидів азоту – тріступеневе спалювання з частковим відновленням оксидів азоту в котельній камері
22. Технологічний метод придушення утворення оксидів азоту – подача в топку через пальники аеросуміші з високою концентрацією пилу (ППВК)
23. Вплив термодинамічного фактору на питомий показник теплових викидів енергетичного об'єкта
24. Технологічні методи придушення утворення оксидів азоту – попередній підігрів вугільного пилу
25. Можливі місця відбору димових газів і введення газів рециркуляції. Порівняння способів подачі газів рециркуляції в топку
26. Можливі схеми тріступінчатого спалювання палива
27. Принципова відмінність технологій селективно-каталітичного відновлення (СКВ) і селективно-некаталітичного відновлення (СНКВ)
28. Основні способи очищення димових газів від оксидів азоту (СКВ, СНКВ)
29. Механізми утворення оксидів азоту при згорянні органічних палив
30. Технології селективно-каталітичного відновлення (СКВ) і селективно-некаталітичного відновлення (СНКВ), – переваги і недоліки однієї щодо іншої
31. Екологічні проблеми експлуатації атомних електростанцій
32. Утворення термічних оксидів азоту
33. Способи екологічного спалювання низькорекційного вугілля
34. Вплив коефіцієнта надлишку повітря на умови утворення оксидів азоту
35. Вплив гідроелектростанцій на природне середовище
36. Утворення «швидких» оксидів азоту
37. Вплив концентрації кисню на ступінь перетворення NO. Вплив на швидкість відновлення NOx до N₂ співвідношення в газі NO/NO₂. (При СКВ)
38. Можливі місця розміщення реакторів СКВ в газовому тракті котельної установки.
39. Технологічний метод придушення утворення оксидів азоту – подача вологи в зону горіння.
40. Хімічні основи очищення димових газів від оксидів сірки
41. Утворення паливних оксидів азоту
42. Сутність технологічних методів придушення утворення оксидів азоту
43. Технологічна схема системи очищення димових газів від NOx
44. Схема утворення оксидів азоту в факелі
45. Оксиди сірки
46. Схема утворення NOx при різних температурах в котлах електростанцій і промислових топкових пристроях
47. Напрями розвитку альтернативної енергетики
48. Екологічні аспекти передачі електроенергії
49. Ефективність різних технологічних методів придушення утворення оксидів азоту
50. Технологічний метод придушення утворення оксидів азоту – рециркуляція димових газів (внутрішня, зовнішня)
51. Екологічні проблеми експлуатації атомних електростанцій
52. Вплив гідроелектростанцій на природне середовище

53. Екологічні аспекти передачі електроенергії.

54. Технологія селективно-некаталітичного відновлення (СНКВ) до молекулярного азоту

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доц. к.т.н., Нікуленкова Т.В.

Ухвалено кафедрою ТАЕ (протокол № 17 від 12.04.2023 р.)

Погоджено Методичною радою факультету (протокол № 8 від 08.05.2023 р.)