Національна академія наук України

ІНСТИТУТ ГАЗУ

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Директор Інституту газу
НАН України
член-кореспондент НАН України,
д.т.н., проф.
_____ Г.В. Жук
«30» вересня 2026 р.

Екологічні проблеми теплоенергетики

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

підготовки _____доктора філософії_____
(назва освітньо-кваліфікаційного рівня)

спеціальності __144 “Теплоенергетика ”_____
(шифр і назва)

та

спеціальності _G4 Енерговиробництво (за спеціалізацією)_____
(шифр і назва)

спеціалізація _G4.02 Теплоенергетика_____
(шифр і назва)

Ухвалено Вченою радою Інституту газу НАН України

Протокол № 11 від 30 вересня 2026 року

Голова _____ Г.В. Жук
(підпис) (ініціали, прізвище)

30.09.2026 року

Вводиться в дію з « 01 » жовтня 2026 року.

КИЇВ – 2026

Робоча програма навчальної дисципліни «Екологічні проблеми теплоенергети-ки» (силабус) для аспірантів за спеціальністю 144 «Теплоенергетика», галузі знань 14 «Електрична інженерія», третього освітньо-наукового рівня доктор філософії в галузі електричної інженерії, за денною/заочною формою навчання.

Робоча програма навчальної дисципліни «Екологічні проблеми теплоенергетики» (силабус) для аспірантів за спеціальністю G4 Енерговиробництво (за спеціалізацією), спеціалізація G4.02 «Теплоенергетика» в галузі знань G Інженерія, виробництво та будівництво, третього освітньо-наукового рівня доктор філософії, за денною/заочною формою навчання.

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ:

Провідний наук. співр., д-р. техн. наук, проф. Ісаак Якович Сігал
(посада, наукова ступінь, вчене звання, ПІБ)

Завідувач відділу,
к.т.н. Анатолій Володимирович Сміхула
(посада, наукова ступінь, вчене звання, ПІБ)

1. Опис кредитного модуля

<table>
<tr><th>Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень</th><th>Загальні показники</th><th>Характеристика кредитного модуля</th></tr>
<tr><td>Галузь знань:
14 «Електрична інженерія»
G «Інженерія, виробництво та будівництво»</td><td>Назва навчальної дисципліни, до якої належить кредитний модуль «Екологічні проблеми теплоенергетики»</td><td>Форма навчання
денна / заочна</td></tr>
<tr><td>Спеціальність:
144 «Теплоенергетика»
G4 Енерговиробництво (за спеціалізацією)</td><td>Кількість кредитів ECTS – 6</td><td>Статус кредитного модуля
Вибіркова частина підготовки</td></tr>
<tr><td>Спеціалізація:
G4.02 Теплоенергетика</td><td>Кількість розділів – 1</td><td>Цикл, до якого належить кредитний модуль
немає</td></tr>
<tr><td rowspan="4">Освітньо-науковий рівень: доктор філософії</td><td></td><td>Рік підготовки: 3-й
Семестр: 6-й</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Загальна кількість 180 год.</td><td>Лекції 15 год.</td></tr>
<tr><td>Практичні (семінарські) 15 год.</td></tr>
<tr><td rowspan="2"></td><td>Самостійна робота 150 год.</td></tr>
<tr><td>Вид та форма семестрового контролю:
Екзамен</td></tr>
</table>

Кредитний модуль «Екологічні проблеми теплоенергетики» входить до вибіркової частини підготовки та має важливе значення у підготовці більш спеціалізованого фахівця з теплоенергетики. У структурно-логічній схемі програми підготовки з даного напряму навчальна дисципліна «Екологічні проблеми теплоенергетики» забезпечує інші навчальні дисципліни у програмі підготовки фахівця, які потребують знань, щодо екологічних проблем теплоенергетики.

Загальний курс кредитного модуля «Екологічні проблеми теплоенергетики» становить важливу складову наукової та інженерної освіти спеціалістів з теплоенергетики, які здійснюють науково-технічну діяльність у цьому напрямку.

2. Мета та завдання кредитного модуля.

2.1. Метою кредитного модуля є формування у аспірантів здатностей:

- виконувати розрахунки викидів шкідливих речовин до атмосферного повітря, що здійснюють теплоенергетичні підприємства, а саме: твердих частинок, оксидів азоту, оксидів сірки та інших забруднювачів, а також парникових газів;
- порівнювати еколого-економічну ефективність застосування різних технологій зниження шкідливих викидів до навколишнього середовища підприємствами теплоенергетичного комплексу;
- самостійно аналізувати літературу щодо екологічних проблем теплоенергетики з розробленням відповідних рекомендацій для удосконалення роботи ТЕС, ТЕЦ та котельних.

2.2.Основні завдання кредитного модуля.

Згідно з вимогами програми навчальної дисципліни аспіранти після засвоєння кредитного модуля мають продемонструвати такі результати навчання:

КОМПЕТЕНТНІСТЬ: в здійсненні аналізу процесів та теплоенергетичного обладнання з огляду на утворення шкідливих викидів і парникових газів та в прийнятті рішень спрямованих на скорочення забруднення навколишнього середовища, насамперед атмосферного повітря;

ЗНАННЯ: основних властивостей забруднювачів атмосфери, що утворюються в процесах спалювання та викиди яких регламентуються національними стандартами та міжнародними нормативами. Знання нормативів викидів токсичних речовин до атмосфери в Україні та ЄС. Знання методів та технологій зниження утворення та очищення продуктів згорання палива від оксидів сірки, твердих частинок та оксидів азоту; методів розрахунку та скорочення викидів діоксиду вуглецю, метану та інших парникових газів до атмосфери.

УМІННЯ: виконувати відповідно до конкретних умов використання палива розрахунки викидів оксидів азоту, твердих частинок, оксидів сірки та парникових газів до атмосфери; розробляти рекомендації щодо скорочення шкідливих викидів до навколишнього середовища, що здійснюють теплоенергетичні підприємства.

Інтегральна компетентність: Здатність продукувати нові ідеї, розв'язувати комплексні проблеми у теплоенергетичній галузі професійної та/або дослідницько-інноваційної діяльності, застосовувати методологію наукової та педагогічної діяльності, а також проводити власне наукове дослідження, результати якого мають наукову новизну, теоретичне та практичне значення.

Загальні компетентності, яких набуває здобувач:

ЗК01. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

ЗК03. Здатність розв'язувати комплексні проблеми у сфері теплоенергетики на основі системного наукового світогляду та загального культурного світогляду із дотриманням принципів професійної етики та академічної доброчесності.

Спеціальні (фахові) компетентності, яких набуває здобувач:

С(Ф)К01. Здатність виконувати оригінальні дослідження, досягати наукових результатів, які створюють нові знання у сфері теплоенергетики та дотичних до неї міждисциплінарних напрямах

С(Ф)К04. Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми дослідницького характеру у сфері теплоенергетики, оцінювати та забезпечувати якість виконуваних досліджень

С(Ф)К05. Здатність ініціювати, розробляти і реалізовувати комплексні інноваційні проекти в теплоенергетиці та дотичні до неї міждисциплінарні проєкти, проявляти лідерство під час їх реалізації.

С(Ф)К06. Здатність розуміти сучасні проблеми науково-технічного та екологічного аспектів розвитку енергетики, знати сучасні технології енерго-, еколого- та ресурсозбереження.

Програмні результати навчання (ПРН):

ПРН01. Мати передові концептуальні та методологічні знання з теплоенергетики і на межі предметних галузей, а також дослідницькі навички, достатні для проведення наукових і прикладних досліджень на рівні останніх світових досягнень з теплоенергетики, отримувати нові знання та/або здійснювати інновації.

ПРН05. Планувати і виконувати експериментальні та/або теоретичні дослідження з теплоенергетики та дотичних міждисциплінарних напрямів із використанням сучасних інструментів, критично аналізувати результати власних досліджень і результати інших дослідників у контексті усього комплексу сучасних знань щодо досліджуваної проблеми.

ПРН06. Розробляти та реалізовувати наукові та/або інноваційні інженерні проєкти, які дають можливість переосмислити наявне та створити нове цілісне знання та/або професійну практику і розв'язувати значущі наукові та технологічні проблеми теплоенергетики з дотриманням норм академічної етики і врахуванням соціальних, економічних, екологічних та правових аспектів.

ПРН09. Проводити критичний аналіз різних інформаційних джерел конкретних освітніх, наукових та професійних текстів в сфері обраної спеціальності; вміння виявляти теоретичні та практичні проблеми, а також дискусійні питання в конкретних освітніх, наукових та професійних текстах в сфері теплоенергетики, критич-

но сприймати та аналізувати чужі думки та ідеї, шукати власні шляхи вирішення проблеми.

Програмні результати навчання професійного спрямування вибіркових дисциплін:

1. Знати основні властивості забруднювачів атмосфери в процесах спалювання, викиди яких регламентуються національними стандартами та міжнародними нормативами; нормативи викидів токсичних речовин до атмосфери в Україні та ЄС; механізми утворення токсичних речовин в топкових процесах та методи і технології очищення продуктів згорання палива від оксидів сірки, азоту та твердих частинок; методи та способи пригнічення утворення токсичних речовин в топкових процесах; методи розрахунку та скорочення викидів діоксиду вуглецю, метану та інших парникових газів до атмосфери.
Вміти виконувати відповідно до конкретних умов використання палива розрахунки викидів оксидів азоту, сірки, твердих частинок та парникових газів до атмосфери; розробляти методи та технології скорочення шкідливих викидів до атмосферного повітря.

3. Структура кредитного модуля.

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин*				
	Всього	у тому числі			
		Лекції	Практ. (семін.)	Лаборант. (комп.пр.)	СРА
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
Екологічні проблеми теплоенергетики					
Змістовий модуль 1.					
Лекція 1. Вступна лекція. Сучасний стан проблеми забруднення атмосферного повітря.	22	1	1		20
Лекція 2. Викиди до атмосферного повітря шкідливих речовин теплоенергетичними підприємствами.	24	2	2		20
Лекція 3. Методи та технології зниження утворення чи вилучення з димових газів оксидів азоту.	24	2	2		20
Лекція 4. Методи та технології вилучення з димових газів оксидів сірки.	24	2	2		20
***Разом** за розділом:*	94	7	7	0	80
Змістовий модуль 2.					
Лекція 5. Методи та технології вилучення з димових газів твердих частинок.	24	2	2		20
Лекція 6. Обладнання для уловлення оксидів сірки.	24	2	2		20
Лекція 7. Сучасне обладнання для уловлення твердих частинок.	24	2	2		20
Лекція 8. Вплив підприємств теплоенергетики на парниковий ефект, парникові гази.	14	2	2		10
***Разом** за розділом:*	86	8	8	0	70
ВСЬОГО:	**180**	**15**	**15**	**0**	**150**

4.Лекційні заняття.

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (посилання на літературу)
1.	**Лекція 1.** Вступна лекція. Сучасний стан проблеми забруднення атмосферного повітря. **Питання:** 1. Назвіть основні забруднювачі, які викидаються теплоенергетичними підприємствами до атмосферного повітря? 2. Допустимі норми викидів основних забруднювачів теплосиловими установками від 50 МВт в атмосферу України відповідно до Наказу Міністерства охорони навколишнього середовища України №541 від 22.10.2008 зі змінами. 3. Визначення ГДК, сутність ГДК. **Література:** 1. Directive 2010/75/EU of the European parliament and of the council of 24 November 2010 on industrial emissions (integrated pollution prevention and control) : Official Journal of the European Union. 2010. 17 December. 119 p. 2. American Conference of Governmental Industrial Hygienists (2025) TLV Chemical Substances Introduction. URL: https://www.acgih.org/science/tlv-bei-guidelines/tlv-chemical-substances-introduction. 3. Про затвердження технологічних нормативів допустимих викидів забруднюючих речовин із теплосилових установок, номінальна теплова потужність яких перевищує 50 МВт : Наказ Міністерства охорони навколишнього природного середовища України від 22.10.2008 р. №541. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1110-08 4. Про затвердження державних медико-санітарних нормативів допустимого вмісту хімічних і біологічних речовин в атмосферному повітрі населених місць (2024) Наказ Міністерства охорони здоров'я України від 10.05.2024 №. 813. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0763-24#n9. 5. Про затвердження державних медико-санітарних нормативів допустимого вмісту хімічних і біологічних речовин у повітрі робочої зони (2024) Наказ Міністерства охорони здоров'я України від 07.09.2024 № 1192. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1107-24#Text. 6. The European Parliament and of the Council (2008) Directive (EU) 2008/50/EC of 21 May 2008 on ambient air quality and cleaner air for Europe Official Journal of the European Union, 152, 11.6.2008, p. 1–44. URL: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008L0050.
2.	**Лекція 2.** Викиди до атмосферного повітря шкідливих речовин теплоенергетичними підприємствами. **Питання:** 1. Шляхи утворення і надходження до атмосфери формальдегіду (HCHO),

	оксиду вуглецю (CO), діоксиду сірки (SO_2), оксидів азоту (NO та NO_2) та канцерогенних речовин ($C_{20}H_{12}$ тощо). 2. Назвіть питомі поточні викиди від ТЕС, ТЕЦ та потужних котельних України на твердому, рідкому та газоподібному паливі до атмосферного повітря? 3. Напишіть реакції в які вступають а атмосферному повітрі монооксид азоту та вуглецю, а також закису азоту N_2O? **Література:** 1. Thierry Lecomte et al. Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Large Combustion Plants, Publications Office of the European Union, 2017. 986 p. 2. Сігал І.Я., Сміхула А.В., Марасін О.В., Лавренцов Є.М., Домбровська Е.П. Модернізація газових котлів ТЕС, ТЕЦ та котелень до вимог екологічних директив ЄС // Енерготехнології та ресурсозбереження – 2017. - №4. - С. 61-70. DOI: 10.33070/etars.4.2017.09. 3. Warnatz J., Maas U., Dibble R.W. Combustion: Physical and Chemical Fundamentals, Modeling and Simulation, Experiments, Pollutant Formation, Berlin: Springer Science & Business Media, 2006. 4. Сміхула А.В., Сігал І.Я., Бондаренко Б.І., Семенюк Н.І. Технології зниження шкідливих викидів до атмосфери тепловими електростанціями та котельними великої і середньої потужності України. Київ : ФОП Маслаков, 2019. 108 с.
3.	**Лекція 3.** Методи та технології зниження утворення чи вилучення з димових газів оксидів азоту. **Питання:** 1. Як утворюється та потрапляє до атмосфери оксид азоту (NO)? Напишіть хімічні реакції та механізми утворення оксидів азоту під час горіння. 2. Що Ви знаєте про рівні утворення оксидів азоту при спалюванні різних палив в котлах: природного газу, вугілля, рідкого палива (зокрема, в двигунах внутрішнього згорання)? 3. Які методи зниження утворення оксидів азоту під час спалювання Вам відомі? Назвіть топкові методи зниження утворення оксидів азоту в котлах. Пальникові пристрої зі зниженим утворенням оксидів азоту. 4. Які хімічні методи очистки димових газів від оксидів азоту Ви знаєте? Які методи використовуються на закордонних електростанціях? **Література:** 1. Сміхула А.В., Сігал І.Я., Бондаренко Б.І., Семенюк Н.І. Технології зниження шкідливих викидів до атмосфери тепловими електростанціями та котельними великої і середньої потужності України. Київ : ФОП Маслаков, 2019. 108 с. 2. Warnatz J., Maas U., Dibble R.W. Combustion: Physical and Chemical Fundamentals, Modeling and Simulation, Experiments, Pollutant Formation, Berlin: Springer Science & Business Media, 2006.

	3. Thierry Lecomte et al. Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Large Combustion Plants, Publications Office of the European Union, 2017. 986 p. 4. Сігал І.Я., Сміхула А.В., Марасін О.В., Лавренцов Є.М., Домбровська Е.П. Модернізація газових котлів ТЕС, ТЕЦ та котелень до вимог екологічних директив ЄС // Енерготехнології та ресурсозбереження – 2017. - №4. - С. 61-70. DOI: 10.33070/etars.4.2017.09.
4.	**Лекція 4.** Методи та технології вилучення з димових газів оксидів сірки. **Питання:** 1. Оксиди сірки SO_2 і SO_3, шляхи їх надходження до атмосферного повітря. Кислотні дощі. 2. Методи очистки димових газів від SO_2 та SO_3 на електростанціях. Написати рівняння реакції. 3. Розкажіть про мокрі, напівсухі та сухі технології очистки димових газів від оксидів сірки. **Література:** 1. Сміхула А.В., Сігал І.Я., Бондаренко Б.І., Семенюк Н.І. Технології зниження шкідливих викидів до атмосфери тепловими електростанціями та котельними великої і середньої потужності України. Київ : ФОП Маслаков, 2019. 108 с. 2. Thierry Lecomte et al. Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Large Combustion Plants, Publications Office of the European Union, 2017. 986 p. 3. Вольчин І.А., Дунаєвська Н.І., Гапонич Л.С., Чернявський М.В., Топал О.І., Засядько Я.І. Перспективи впровадження чистих вугільних технологій в енергетику України : К. : ГНОЗІС, 2013. 308 с.
5.	**Лекція 5.** Методи та технології вилучення з димових газів твердих частинок. **Питання:** 1. Тверді частинки, їх утворення на теплоенергетичних підприємствах та потрапляння до атмосфери. Золовідвали. 2. Принципи дії електрофільтрів, скруберів, циклонів, рукавних фільтрів. 3. Методи зниження та уловлювання основних твердих забруднювачів атмосфери. Склад твердих частинок. **Література:** 1. Сміхула А.В., Сігал І.Я., Бондаренко Б.І., Семенюк Н.І. Технології зниження шкідливих викидів до атмосфери тепловими електростанціями та котельними великої і середньої потужності України. Київ : ФОП Маслаков, 2019. 108 с. 2. Thierry Lecomte et al. Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Large Combustion Plants, Publications Office of the European Union, 2017. 986 p.

	3. Вольчин І.А., Дунаєвська Н.І., Гапонич Л.С., Чернявський М.В., Топал О.І., Засядько Я.І. Перспективи впровадження чистих вугільних технологій в енергетику України : К. : ГНОЗІС, 2013. 308 с.
	Лекція 6. Обладнання для уловлення оксидів сірки. **Питання:** 1. Конструкції мокрих скруберів з трубами Вентурі для уловлення оксидів сірки на ТЕС та ТЕЦ. 2. Принципові схеми напівсухих методів уловлення оксидів сірки на ТЕС та ТЕЦ. 3. Принципові схеми сухих методів уловлення оксидів сірки на ТЕС та ТЕЦ. **Література:** 1. Сміхула А.В., Сігал І.Я., Бондаренко Б.І., Семенюк Н.І. Технології зниження шкідливих викидів до атмосфери тепловими електростанціями та котельними великої і середньої потужності України. Київ : ФОП Маслаков, 2019. 108 с. 2. Thierry Lecomte et al. Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Large Combustion Plants, Publications Office of the European Union, 2017. 986 p. 3. Вольчин І.А., Дунаєвська Н.І., Гапонич Л.С., Чернявський М.В., Топал О.І., Засядько Я.І. Перспективи впровадження чистих вугільних технологій в енергетику України : К. : ГНОЗІС, 2013. 308 с.
	Лекція 7. Сучасне обладнання для уловлення твердих частинок. **Питання:** 1. Принципова конструкція рукавного фільтру для ТЕС та ТЕЦ. 2. Принципова конструкція електрофільтру для ТЕС та ТЕЦ. 3. Принципова конструкція циклону для малих твердопаливних котлів. **Література:** 1. Сміхула А.В., Сігал І.Я., Бондаренко Б.І., Семенюк Н.І. Технології зниження шкідливих викидів до атмосфери тепловими електростанціями та котельними великої і середньої потужності України. Київ : ФОП Маслаков, 2019. 108 с. 2. Thierry Lecomte et al. Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Large Combustion Plants, Publications Office of the European Union, 2017. 986 p. 3. Вольчин І.А., Дунаєвська Н.І., Гапонич Л.С., Чернявський М.В., Топал О.І., Засядько Я.І. Перспективи впровадження чистих вугільних технологій в енергетику України : К. : ГНОЗІС, 2013. 308 с.
	Лекція 8. Вплив підприємств теплоенергетики на парниковий ефект, парникові гази. **Питання:** 1. Розкажіть про парниковий ефект та назвіть домішки в атмосферному по-

	вітрі, що на нього впливають? 2. Які парникові гази викидають до атмосфери теплоенергетичні підприємства? Розкажіть про вплив таких газів на парниковий ефект як CO_2, CH_4 та N_2O. Коефіцієнти перерахунку. 3. Кіотський протокол та Паризька кліматична угода. Які абсолютні викиди парникових газів здійснюються Україною і які ставляться цілі до 2050 року? **Література:** 1. BP Statistical Review of World Energy 2025 / Energy Institute, London 2025, 74th edition, 72 p. https://www.energyinst.org/statistical-review. 2. Ukraine's Greenhouse Gas Inventory 1990-2020 / Ministry of Ecology and Natural Resources of Ukraine, Kyiv, 2022. - 599 p. https://unfccc.int/documents/476868. 3. Про схвалення Енергетичної стратегії України на період до 2050 року / Розпорядження Кабінет Міністрів України від 21 квітня 2023 р. № 373-р. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/373-2023-%D1%80#Text. 4. Energy Roadmap 2050 / Communication from the commission to the European parliament, the council, the European economic and social committee and the committee of the regions - Brussels, 15.12.2011. – 20 P. http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX:52011DC0885 5. EU taxonomy: Complementary Climate Delegated Act to accelerate decarbonization – Brussels // European Commission. 2022. 02 February. 3 p. URL: https://finance.ec.europa.eu/publications/eu-taxonomy-complementary-climate-delegated-act-accelerate-decarbonisation_en. 6. ГКД 34.02.305–2002. Викиди забруднювальних речовин у атмосферу від енергетичних установок : методика визначення. К. : Видавництво “КВІЦ”, 2002. 44 с.

5. Практичні заняття.

Основні завдання циклу практичних занять: навчитися застосовувати отримані знання при розв’язуванні практичних задач щодо проведення розрахунків викидів шкідливих речовин підприємствами ТЕС, ТЕЦ та котельних, проводити розрахунки хіміко-технологічних процесів, здійснювати підбір обладнання для зменшення екологічних викидів та моделювання технологічних процесів.

№ з/п	Назва теми заняття та перелік основних питань (посилання на літературу).
1.	Ознайомлення з лабораторним обладнанням щодо вимірювання концентрацій шкідливих речовин в атмосфері. Газоаналізатори.
2.	Ознайомлення з наявними газоаналізаторами Testo, Eco-Line, Окси 5м та ін. та принципами їх роботи.
3.	Практична робота з газоаналізаторами Testo-350, Eco-Line-4000, Окси 5м та ін.

4.	Ознайомлення з газовим хроматографом Agilent 6890N, технічні можливості.
5.	Ознайомлення з методичним посібником з проведення комплексних еколого-теплотехнічних випробувань котлів, працюючих на газі та мазуті Інститут газу НАН України.
6.	Практична робота з газовим хроматографом Agilent 6890N.
7.	Приведення роздруківок газоаналізаторів з показниками викидів шкідливих речовин до нормальних умов (сухі гази) та різних коефіцієнтів надлишку повітря.
8.	Киснева та азотна формула визначення коефіцієнта надлишку повітря. Де і коли застосовуються. Приклади розрахунків.
9.	Приклад розрахунку викидів до атмосфери парникових газів різними типами котлоагрегатів при їх роботі на вугіллі, газі та мазуті.
10.	Проведення розрахунків викидів відповідно до ГКД 34.02.305–2002.
	Література: 1. ГКД 34.02.305–2002. Викиди забруднювальних речовин у атмосферу від енергетичних установок : методика визначення. К. : Видавництво “КВІЦ”, 2002. 44 с. 2. Warnatz J., Maas U., Dibble R.W. Combustion: Physical and Chemical Fundamentals, Modeling and Simulation, Experiments, Pollutant Formation, Berlin: Springer Science & Business Media, 2006.

6. Рекомендований перелік лабораторних робіт (комп’ютерних практикумів)

Не передбачено.

7. Самостійна робота.

Самостійна робота повинна бути спрямована на огляд наукової літератури щодо сучасного стану технологій зниження шкідливих та парникових викидів до навколишнього середовища підприємствами теплоенергетичного комплексу.

Обов’язковим питанням до кожного аспіранта під час заліків буде перелік десяти наукових статей за останні 3 роки які б він рекомендував до ознайомлення щодо найбільш передових технологій зниження викидів до атмосфери на ТЕС, ТЕЦ чи котельних.

8. Індивідуальні завдання.

Індивідуальне завдання (як правило, одне) визначається під час роботи на практичних (семінарських) заняттях і складається з розрахункової задачі по одній з тем, що розглядаються на практичних заняттях.

9. Засоби діагностики успішності навчання.

Екзамен з навчальної дисципліни проводиться на останньому практичному занятті курсу і є усно-письмовим. Білети екзамену складаються з одного теоретичного та одного практичного завдання. Здобувачу не дозволяється користуватися ніякими додатковими матеріалами чи обладнанням, окрім ручки та паперу, який проштамповується і з якого здобувач може зачитувати відповіді.

До екзамену допускається здобувач, якій виконав необхідні умови допуску до екзамену (див.розділ 10).

10. Рейтингова система оцінювання (РСО).

Рейтинг аспіранта з кредитного модуля складається з балів, що він отримує за поточну роботу на практичних семінарських заняттях та за виконання індивідуального завдання (з врахуванням штрафних та заохочувальних балів), всього максимально 100 балів:

Робота на практичних (семінарських) заняттях:

Ваговий бал – 10. Максимальна кількість балів на всіх практичних заняттях дорівнює 10 балів х 7 відповідей – 70 балів.

Критерії оцінювання

- «Відмінно», повна і вичерпна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 10 балів.
- «Добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації) – 8 балів.
- «Задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) – 6 балів.
- «Незадовільно», в усіх інших випадках – 0 балів.

Виконання індивідуального завдання:

Максимальна кількість балів складає – 30 балів.

Штрафні бали: знімається по 1 балу за відсутність без поважної причини на практичних заняттях або непідготовленість до них (максимально 5 балів).

Заохочувальні бали: додається по 1 балу за удосконалення дидактичного матеріалу, що відповідає одній лекції (практичному заняттю) курсу або активну участь у роботі на практичному занятті (максимально 5 балів). За участь у наукових конференціях додається 1 бал, виступу із доповіддю – 3 бали, публікацію статті – 5 балів (якщо загальна кількість балів рейтингу аспіранта з кредитного модуля вже досягла 100 балів, то заохочувальні бали не нараховуються).

Допуск до екзамену:

Аспірант допускається до екзамену у випадку, якщо за курс дисципліни на практичних семінарських заняттях набрано не менше 60 балів (з врахуванням штрафних та заохочувальних балів).

Максимальна кількість балів за складання екзамену складає – 100 балів.

Фінальний рейтинг (оцінка) за дисципліну складається з суми балів набраних за поточну роботу на практичних семінарських заняттях та за виконання індивідуального завдання (з врахуванням штрафних та заохочувальних балів) помножених на ваговий коефіцієнт 0,5 та оцінки за екзамен (за 100 бальною шкалою) помноженим на ваговий коефіцієнт 0,5 (всього максимально 100 балів).

Відповідність між балами шкали ECTS та традиційними оцінками:

Рейтинг	**Оцінка ECTS**	**Традиційна оцінка**
Від 95 до 100	A – відмінно	відмінно
Від 85 до 94	B – дуже добре	добре
Від 75 до 84	C – добре	
Від 65 до 74	Д – задовільно	задовільно
Від 60 до 64	E – достатньо	
Від 40 до 59	FX – незадовільно	незадовільно
Від 0 до 39	F – незадовільно, потрібна додаткова робота	Не допущено

11. Методичні рекомендації.

Послідовність вивчення тем та їх розподіл узгоджуються із викладачами суміжних дисциплін. Строгість та детальність викладання розділів та тем навчальної програми вирішується відділом.

11.1 Методика вивчення кредитного модуля

На початку викладання лекційного матеріалу з нової теми бажано дати цілісну і повну характеристику розділу і теми, навести ключові слова і основні поняття, які розглядатимуться. Далі деталізувати матеріал, навести строгі означення, сформулювати принципи та положення з даної теми і, по можливості, обґрунтувати. Запропонувати аспірантам деякі факти обґрунтувати самостійно. Проілюструвати теоретичний матеріал прикладами. Звернути особливу увагу на ключові моменти обґрунтування.

11.2. Рекомендації, щодо забезпечення наочності навчальних занять

11.2.1. Для забезпечення наочності лекцій можливо навести приклади відповідних практичних застосувань стосовно матеріалу, що вивчається. Використовувати знаково-символічні засоби – формули, графіки, рисунки, що дає змогу виокремити суть предмета вивчення, тобто сприяє розвитку мислення й уяви.

11.2.2. На початку практичних занять необхідно повторити ключові означення і поняття з теоретичного матеріалу, користуючись конспектом лекцій, підручником чи посібником. Спираючись на приклади, наведені у лекціях, індивідуально розв’язувати задачі, які пропонує викладач зі збірників або методичних рекомендацій до практичних робіт. На початку або вкінці практичного заняття можливо провести невелику самостійну роботу. Результати оголосити на наступному занятті.

11.3. Застосування нових технологій навчання

Використання комп'ютерних технологій допоможе аспіранту у перевірці правильності виконання задач, а також пошуку додаткової інформації для їх розв'язування.

11.4. Використання методичних прийомів і засобів, рекомендацій щодо методики проведення занять

Доречно пропонувати аспірантам самостійно розглянути деякі питання теми лекції, вказати підручники та інформаційні ресурси, де можливо поглиблено ознайомитись з введеними поняттями, навести історичні факти, які призвели до появи нових понять.

Кожне практичне заняття проводиться тільки після розгляду відповідної теми на лекції. За спільного бажання аспірантів і лектора можливе проведення проблемної лекції або лекції у формі наукового диспута.

12.Рекомендована література.

1. Directive 2010/75/EU of the European parliament and of the council of 24 November 2010 on industrial emissions (integrated pollution prevention and control) : Official Journal of the European Union. 2010. 17 December. 119 p.
2. Сміхула А.В., Сігал І.Я., Бондаренко Б.І., Семенюк Н.І. Технології зниження шкідливих викидів до атмосфери тепловими електростанціями та котельними великої і середньої потужності України. Київ : ФОП Маслаков, 2019. 108 с.
3. American Conference of Governmental Industrial Hygienists (2025) TLV Chemical Substances Introduction. URL: https://www.acgih.org/science/tlv-bei-guidelines/tlv-chemical-substances-introduction.
4. Про затвердження технологічних нормативів допустимих викидів забруднюючих речовин із теплосилових установок, номінальна теплова потужність яких перевищує 50 МВт : Наказ Міністерства охорони навколишнього природного середовища України від 22.10.2008 р. №541. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1110-08
5. Про затвердження державних медико-санітарних нормативів допустимого вмісту хімічних і біологічних речовин в атмосферному повітрі населених місць (2024) Наказ Міністерства охорони здоров'я України від 10.05.2024 №. 813. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0763-24#n9.
6. Про затвердження державних медико-санітарних нормативів допустимого вмісту хімічних і біологічних речовин у повітрі робочої зони (2024) Наказ Міністерства охорони здоров'я України від 07.09.2024 № 1192. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1107-24#Text.
7. The European Parliament and of the Council (2008) Directive (EU) 2008/50/EC of 21 May 2008 on ambient air quality and cleaner air for Europe Official Journal of the European Union, 152, 11.6.2008, p. 1–44. URL: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008L0050.
8. Thierry Lecomte et al. Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Large Combustion Plants, Publications Office of the European Union, 2017. 986 p.

9. Сігал І.Я., Сміхула А.В., Марасін О.В., Лавренцов Є.М., Домбровська Е.П. Модернізація газових котлів ТЕС, ТЕЦ та котелень до вимог екологічних директив ЄС // Енерготехнології та ресурсозбереження – 2017. - №4. - С. 61-70. DOI: 10.33070/etars.4.2017.09.
10. Warnatz J., Maas U., Dibble R.W. Combustion: Physical and Chemical Fundamentals, Modeling and Simulation, Experiments, Pollutant Formation, Berlin: Springer Science & Business Media, 2006.
11. BP Statistical Review of World Energy 2025 / Energy Institute, London 2025, 74th edition, 72 p. https://www.energyinst.org/statistical-review.
12. Ukraine's Greenhouse Gas Inventory 1990-2020 / Ministry of Ecology and Natural Resources of Ukraine, Kyiv, 2022. - 599 p. https://unfccc.int/documents/476868.
13. Про схвалення Енергетичної стратегії України на період до 2050 року / Розпорядження Кабінет Міністрів України від 21 квітня 2023 р. № 373-р. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/373-2023-%D1%80#Text.
14. Energy Roadmap 2050 / Communication from the commission to the European parliament, the council, the European economic and social committee and the committee of the regions - Brussels, 15.12.2011. – 20 P. http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX:52011DC0885
15. EU taxonomy: Complementary Climate Delegated Act to accelerate decarbonization – Brussels // European Commission. 2022. 02 February. 3 p. URL: https://finance.ec.europa.eu/publications/eu-taxonomy-complementary-climate-delegated-act-accelerate-decarbonisation_en.
16. ГКД 34.02.305–2002. Викиди забруднювальних речовин у атмосферу від енергетичних установок : методика визначення. К. : Видавництво “КВІЦ”, 2002. 44 с.