



## Екологічні аспекти теплоенергетики

### Низьковуглецева теплоенергетика

### Воднева енергетика

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Третій (освітньо-науковий)</i>
Галузь знань	<i>14 Електронна інженерія</i>
Спеціальність	<i>144 Теплоенергетика</i>
Освітня програма	<i>Технічна теплофізика та промислова теплоенергетика</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)/дистанційна/змішана</i>
Рік підготовки, семестр	<i>2 курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>150 годин / 5 кредитів ЄКТС (лекційні заняття – 20 год., практичні заняття – 10 год., СРС – 120 год.)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Диф. залік</i>
Розклад занять	
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектори: к.т.н. акад. АБ України Сігал Олександр Ісакович, <a href="mailto:sigal@engecology.com">sigal@engecology.com</a> чл.-кор. НАН України, д.т.н., проф. Басок Борис Іванович, <a href="mailto:borys.basok@gmail.com">borys.basok@gmail.com</a> чл.-кор. НАН України, д.т.н., Гелетука Георгій Гергієвич, <a href="mailto:georgii.geletukha@gmail.com">georgii.geletukha@gmail.com</a> Семінарські: к.т.н. акад. АБ України Сігал Олександр Ісакович
Розміщення курсу	<i>Посилання на дистанційний ресурс (Moodle, Google classroom, тощо)</i>

### Програма навчальної дисципліни

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

Основною метою навчальної дисципліни «Екологічні аспекти теплоенергетики. Низьковуглецева теплоенергетика. Воднева енергетика» є отримання аспірантами знань з екологічних проблем теплоенергетики та шляхи їх розв'язань. Прослухавши курс аспірантури будуть вміти самостійно формулювати, аналізувати і вирішувати задачі низько вуглецевої та вогневої теплоенергетики з пригнічення утворення токсичних речовин в паливосталюючому обладнанні, методів та технічних засобів пило газоочищення, методів та засобів вимірювання. А також, виконувати дослідження і розрахунки, робити обґрунтовані висновки при дослідженні екологічних процесів в енергетичних установках та системах та нових джерелах енергії.

Програма навчальної дисципліни «Екологічні аспекти теплоенергетики. Низьковуглецева теплоенергетика. Воднева енергетика» складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки для здобувачів третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти з галузі знань 14 «Електрична інженерія» за спеціальністю 144 «Теплоенергетика».

**Метою** навчальної дисципліни «Екологічні аспекти теплоенергетики. Низьковуглецева теплоенергетика. Воднева енергетика» є ознайомлення аспірантів з загальними основами досліджень процесів утворення шкідливих речовин при спалюванні, методами розрахунку їх обсягів, розроблення та впровадження заходів з енергоефективності та енергозбереження.

#### **ЗДАТНІСТЬ:**

- формулювати, аналізувати та вирішувати екологічні задачі в елементах енергетичного устаткування: котли, пальники, газові турбіни, газопоршневі двигуни;
  - розраховувати процеси утворення токсичних речовин в сучасних та перспективних енергетичних установках;
  - ЗК 1 Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях;
  - ЗК 2 Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.
  - ФК1 Здатність брати участь у плануванні та виконанні наукових та науково-технічних проектів;
  - ФК 2 Здатність брати участь у плануванні і виконанні експериментів та лабораторних досліджень властивостей фізичних та хіміко-фізичних явищ і процесів, обробленні й презентації їхніх результатів;
  - ФК 5 Здатність до постійного розвитку компетентностей у сфері хімії горіння, прикладної фізики, інженерії та комп'ютерних технологій.
- Після засвоєння навчальної дисципліни аспіранти мають продемонструвати такі результати навчання:
- УМІННЯ:
    - самостійно формулювати, аналізувати і вирішувати екологічні задачі в енергетичному устаткуванні.
  - ПРН 9 Вміння застосовувати фізичні, математичні та комп'ютерні моделі для дослідження хіміко-фізичних явищ і наукоємних технологій.
  - ПРН 11 Вміння знаходити науково-технічну інформацію з різних джерел з використанням сучасних інформаційних технологій;
  - ПРН 12 Вміння класифікувати, аналізувати та інтерпретувати науково-технічну інформацію в галузі прикладної фізики;
  - ПРН 13 Вміння організовувати результативну професійну діяльність індивідуально і як член команди.

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

Вивчення курсу «Екологічні аспекти теплоенергетики» базується, на таких курсах: «Неорганічна хімія», «Фізика», «Теорія горіння», «Хімічна фізика». Отримані практичні навички та засвоєні теоретичні знання під час вивчення навчальної дисципліни «Екологічні аспекти теплоенергетики» можна використовувати в подальшому під час навчання спеціалізованих дисциплін фізико-енергетичного циклу, що забезпечує індивідуальну наукову роботу аспірантів.

### **3. Зміст навчальної дисципліни**

*Надається перелік розділів і тем всієї дисципліни.*

#### **Розділ 1 Екологічне законодавство ЄС та України.**

*Тема 1.1 Імплементация Україною стратегії та планів екологічного законодавства ЄС*

*Тема 1.2 Національний план скорочення викидів (НПСВ)*

#### **Розділ 2 Зміна клімату та кліматичне законодавство.**

*Тема 2.1 СТВ*

*Тема 2.2 СВМ*

#### **Розділ 3 Екологія енергетики.**

*Тема 3.1 Сонячної*

*Тема 3.2 Вітряної*

*Тема 3.3 Геотермальної*

*Тема 3.4 Біомаса*

*Тема 3.5 Біогаз та штучні гази*

*Тема 3.6 Вугільна*

*Тема 3.7 Газ та мазут*

*Тема 3.8 Паливо з ТПВ*

#### **Розділ 4 Екологія теплоенергетики.**

##### **Тема 4.1 Основні забруднюючі речовини та їх утворення.**

*4.1.1. Оксиди азоту (механізм утворення оксидів азоту при горінні)*

*4.1.2. Оксиди сірки*

*4.1.3. Пил та зола*

##### **Тема 4.2 Воднева енергетика**

#### **Розділ 5. Методи запобігання утворенню оксидів азоту.**

#### **Розділ 6. Методи приладного контролю.**

#### **Розділ 7. Методи газоочищення.**

#### **Розділ 8. Водогрійні, парові котли, газові турбіни, газопоршневі двигуни, викиди та методи зниження.**

#### **Розділ 9. Основи енергетичного та енерго-екологічного аудиту в теплоенергетиці.**

#### **Розділ 10. Екологічна безпека.**

#### 4. Навчальні матеріали та ресурси

##### Базова

1. ДБН В. 2.5-77:2014 Котельні. (2015). Чинний від 2015-01-01. Видавництво офіц. Київ. Мінрегіон.
2. В.М. Клименко, А.І. Мазур, П.П. Сабашук. (2008). Когенераційні системи з тепловими двигунами.- В ч1. Загальні питання когенераційних технологій.- Київ ІПЦ АЛКОН НАН України, С. 371-390.
3. Басок Б.І., Базеев Є.Т., Дубовський С.В.. Енергетика і глобальне потепління. Київ. Наукова думка. 2023. 170 с. ISBN 978-966-00-1841-9
4. За заг. ред. С.О. Кудрі. (2020). Відновлювані джерела енергії. Монографія. – Київ: Інститут відновлюваної енергетики НАНУ. 392 с
5. Енергетична стратегія України на період до 2035 року. URL: [http://mpe.kmu.gov.ua/minuqol/control/uk/publish/article?art\\_id=245239564&cat\\_id=245239555](http://mpe.kmu.gov.ua/minuqol/control/uk/publish/article?art_id=245239564&cat_id=245239555)
6. Національний план скорочення викидів від великих спалювальних установок. (2017). Розпорядження Кабінету Міністрів України від 08.11.2017 № 796-р. Урядовий кур'єр від 30.11.2017 –№ 226.
7. Hydrogen Strategy. A for a climate neutral Europe (2020). URL:[https://ec.europa.eu/commission/presscorner/api/files/attachment/865942/EU\\_Hydrogen\\_Strategy.pdf.pdf](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/api/files/attachment/865942/EU_Hydrogen_Strategy.pdf.pdf)
8. Г. Б. Варламов, Г. М. Любчик, В. А. Маляренко Теплоенергетичні установки та екологічні аспекти виробництва енергії. Підручник. – К.: ІВЦ “Видавництво «Політехніка»”, 2003. – 232 с.

##### Додаткова література:

9. Басок Б.І., Базеев Є.Т., Костогриз К.П., Ільєнко Б.К. Воднева енергетика і не тільки: «pro» та «contra». Енерготехнології та ресурсозбереження. 2024. Т. 79. №2. С. 110-125.
10. Басок Б.І., Дубовський С.В., Пастушенко Е.П., Мороз М.В., Веремійчук Г.М. Активна утилізація теплоти димових газів біопаливного котла. Енерготехнології та ресурсозбереження. 2023. №4. С. 67-80.
11. Крижанівський Є. І. Екологічні проблеми енергетики / Є. І. Крижанівський, Г. В. Кошлак // Нафтогазова енергетика. - 2016. - № 1. - С. 80-90.
12. Долінський А. А. Енергозбереження та екологічні проблеми енергетики / А. А. Долінський // Вісник Національної академії наук України. - 2006. - № 2. - С. 24-32.
13. I. Dubovkina, O. Sigal, V. Rikhte, N. Nizhnyk. (2022). Toxic substances formation in co-incineration process for food production. Ukrainian Food Journal Issue 4. P. 828-839.

14. S. Pryiomov, V. Shybetskyi, S. Plashykhin, S. Kostyk, A. Safiants, K. Romanova, N. Nizhnyk. (2022). Increasing the energy efficiency of cyclone dust collectors. *International Journal of Energy for a Clean Environment*. Issue 1 (24). P. 81-96.
15. I. Tyshchenko, O. Sigal, N. Nizhnyk, A. Safiants. (2023). Prospects for the development of hydrogen energy. *AIP Conference Proceedings Journal*. V. 2684, Issue 1. P. 105-116.
16. Н.А. Ніжник, О.І. Сігал, С.В. Плашихін, А.С. Сафьянц. (2021). Проблематика використання водню в якості палива на підприємствах комунальної теплоенергетики України. *Monograph-USA-Technical research and development*. P. 474-480, Boston (USA).
17. О.І. Сігал, Н.А. Ніжник. (2020). Перспективи використання водню у промислових процесах спалювання. *Теплофізика та теплоенергетика*. – Т.42–№3. – С.68–75.
18. EC (2018). *Heat Roadmap Europe 4 (Low-carbon Heating and Cooling strategies)* <https://heatroadmap.eu>
19. Закон України Про охорону навколишнього природного середовища <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12#Text>
20. КД 34.02.305-2002 Викиди забруднювальних речовин у атмосферу від енергетичних установок. *Методика визначення*
21. Паризька угода [https://unfccc.int/sites/default/files/English\\_paris\\_agreement.pdf](https://unfccc.int/sites/default/files/English_paris_agreement.pdf)  
[https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995\\_161#Text](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_161#Text)
22. EU Emissions Trading System (EU ETS)
23. [https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets\\_en](https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets_en) <https://mepr.gov.ua/diyalnist/napryamky/zmina-klimatu/vprovadzhennya-systemy-torgivli-kvotamy-na-vykydy-parnykovykh-gaziv-stv/zagalna-informatsiya-pro-stv/>
24. The European Green Deal <https://www.eea.europa.eu/policy-documents/com-2019-640-final>.
25. Розпорядження КМУ від 7 грудня 2016 р. № 932-р «Про схвалення Концепції реалізації державної політики у сфері зміни клімату на період до 2030 року»
26. Стратегія низьковуглецевого розвитку України на період до 2050 року.

27. Концепція реалізації державної політики у сфері зміни клімату на період до 2030 року.

28. Закон України від 12.12.2019 №337-IX «Про засади моніторингу, звітності та верифікації викидів парникових газів».

29. І.М. Карп, Є.Є. Нікітін, К.Є. П'яних, К.К. П'яних Заміщення природного газу альтернативними паливами / К. Наук. Думка, 2019, 232 с.

#### Навчальний контент

#### 4. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів на СРА з посиланням на літературу)
	<p><b>Розділ 1 Екологічне законодавство ЄС та України.</b></p> <p>Тема 1.1 Імплементация Україною стратегії та планів екологічного законодавства ЄС</p> <p>Тема 1.2 Національний план скорочення викидів (НПСВ)</p> <p>Література: [5], [6], [7], [18], [19], [20].</p> <p>-</p>
	<p><b>Розділ 2 Зміна клімату та кліматичне законодавство.</b></p> <p>Тема 2.1 СТВ</p> <p>Тема 2.2 СВМ</p> <p>Література: [3], [9], [21], [22], [23], [24], [25], [26], [27], [28].</p>
	<p><b>Розділ 3 Екологія енергетики.</b></p> <p>Тема 3.1 Сонячної</p> <p>Тема 3.2 Вітряної</p> <p>Тема 3.3 Геотермальної</p>

	<p><i>Тема 3.4 Біомаса</i></p> <p><i>Тема 3.5 Біогаз та штучні гази</i></p> <p><i>Тема 3.6 Вугільна</i></p> <p><i>Тема 3.7 Газ та мазут</i></p> <p><i>Тема 3.8 Паливо з ТПВ</i></p> <p><i>Література: [3], [4], [11], [12]</i></p>
	<p><b><i>Розділ 4 Екологія теплоенергетики.</i></b></p> <p><i>Література: [1], [4], [11], [7], [13], [14], [15], [16], [17], [29]</i></p>
	<p><b><i>Розділ 5. Методи запобігання утворенню оксидів азоту.</i></b></p> <p><i>Література: [2], [4], [13]</i></p>
	<p><b><i>Розділ 6. Методи приладного контролю.</i></b></p> <p><i>Література: [8], [13]</i></p>
	<p><b><i>Розділ 7. Методи газоочищення.</i></b></p> <p><i>Література: [8], [9], [10]</i></p>
	<p><b><i>Розділ 8. Водогрійні, парові котли, газові турбіни, газопоршневі двигуни, викиди та методи зниження.</i></b></p> <p><i>Література: [2], [8]</i></p>
	<p><b><i>Розділ 9. Основи енергетичного та енерго-екологічного аудиту в теплоенергетиці.</i></b></p>

	<i>Література: [9], [10]</i>
	<b>Розділ 10. Екологічна безпека.</b> <i>Література: [5], [6], [7]</i>

## 5. Самостійна робота аспіранта

Завданням самостійної роботи аспірантів є навчити аспірантів самостійно працювати з літературою, творчо сприймати навчальний матеріал і осмислювати його.

На самостійну роботу відводяться наступні види завдань:

- обробка і осмислення інформації, отриманої безпосередньо на заняттях;
- робота з відповідними підручниками та особистим конспектом лекцій;
- підготовка до складання заліку.

## Політика та контроль

### 6. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які викладач ставить перед аспірантом:

- відвідування лекцій та практичних занять
- активність на практичних та лекційних заняттях, регулярна самостійна робота
- дотримання стандартів академічної доброчесності.
- відвідування лекцій та практичних занять, а також відсутність на них, не оцінюється. Однак, аспірантам рекомендується відвідувати усі види занять (як лекцій, так і практичних та лабораторні заняття);
- Moodle та інші інтернет ресурси, що надає викладач, тощо.

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

*Вказуються всі види контролю та бали за кожен елемент контролю, наприклад:*

*Поточний контроль: експрес-опитування, опитування за темою заняття*

*Контроль на практичних заняттях: оцінка якості виконання практичних завдань*

*Семестровий контроль: залік*

*Поточний контроль: опитування за темою лекції. Максимальна кількість балів – 20.*

*Контроль на практичних заняттях.*

*Максимальна кількість балів – 32.*

*Лабораторні заняття.*

*Максимальна кількість балів – 8.*

*Семестровий контроль.:*

*Залік – 40 балів.*

<i>Кількість балів</i>	<i>Оцінка</i>
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



#### **8. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)**

- *перелік питань, які виносяться на семестровий контроль (наприклад, як додаток до силабусу);*
- *можливість зарахування сертифікатів проходження дистанційних чи онлайн курсів за відповідною тематикою;*
- *інша інформація для аспірантів щодо особливостей опанування навчальної дисципліни.*

#### **Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):**

##### **Складено:**

*к.т.н. акад. АБ України **Сігал Олександр Ісакович***

**Ухвалено** Вченою радою ІТТФ НАН України \_\_\_\_\_ (протокол № \_\_\_\_ від \_\_\_\_\_)