



## Силабус освітнього компонента

Програма навчальної дисципліни



# Захист докiлля на ТЕС i АЕС

Шифр та назва спеціальності

142 – Енергетичне машинобудування

Інститут

ІНІ енергетики, електроніки, електромеханіки

Освітня програма

Енергетика

Кафедра

Парогенераторобудування (121)

Рівень освіти

Магістр

Тип дисципліни

Профільна, вибіркова

Семестр

1

Мова викладання

Українська

## Викладачі, розробники



**Тютюник Лариса Іванівна**

[Larysa.Tiutiunyk@khpі.edu.ua](mailto:Larysa.Tiutiunyk@khpі.edu.ua)

Кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри Парогенераторобудування

Досвід роботи – 27 років. Автор більше 100 наукових та навчально-методичних праць. Провідний лектор з дисциплін: «Тепломасообмін в котлах та реакторах», «Основи теплообміну», «Енергозбереження та екологічність в енергетичному машинобудуванні»,

[Детальніше про викладача на сайті кафедри](#)

## Загальна інформація

### Анотація

На сучасному етапі розвитку енергетики дуже важливою стає проблема її взаємодії з навколишнім середовищем. Екологічні умови функціонування енергетики пов'язані з унікальними масштабами матеріальної і теплової взаємодії з біосферою (атмосферою, гідросферою, літосферою). Це обумовлено тим, що, споживаючи величезну кількість первинних ресурсів у вигляді твердого, рідкого і газоподібного палив, енергетика разом з виробництвом електричної енергії і теплоти викидає в навколишнє середовище велику кількість відходів у вигляді газоподібних і твердих продуктів згорання. Відповідно до існуючих термодинамічних циклів ТЭС в навколишнє середовище поступає більше 60% потенційної енергії палива: фізична теплота, що втрачається з відхідними газами, теплота нагрітої води. Окрім цього, вироблені на ТЕС і АЕС електроенергія і теплота в процесах їх передачі і споживання також поступають в навколишнє середовище. Слід зазначити також, що у зв'язку з розвитком ядерної енергетики відбулася зміна у взаємодії енергетики з навколишнім середовищем у бік зниження забруднення навколишнього середовища продуктами згорання і золошлаковими відходами, але при цьому виникли викиди АЕС, не менш небезпечні за впливом на біосферу, чим викиди ТЕС. Оскільки органічне паливо поки є основним джерелом виробництва електроенергії і теплоти, то для запобігання збільшенню викидів шкідливих домішок необхідні істотні витрати засобів і сил для розробки і впровадження економічно прийнятних способів охорони навколишнього середовища. Важливою стороною проблеми взаємодії енергетики і навколишнього середовища є і все більш зростаючий зворотний вплив – навколишнє середовище диктує умови ухвалення технічних рішень при проектуванні

підприємств енергетики: вибір типу і одиничних потужностей енергетичного устаткування, вибір місця будівництва ТЕС, ГЕС, АЕС і т.п.

## **Мета та цілі дисципліни**

Енергетика є основним рушійним чинником розвитку всіх галузей промисловості, комунального і сільського господарства, служить базою підвищення продуктивності і добробуту населення. Вона має найбільш високі темпи розвитку і масштаби виробництва. Саме тому темпи науково-технічного прогресу і поліпшення умов праці значною мірою визначаються станом енергетики і у всіх країнах світу їй приділяється величезна увага.

На сучасному етапі розвитку енергетики дуже важливою стає проблема її взаємодії з навколишнім середовищем. Екологічні умови функціонування енергетики пов'язані з унікальними масштабами матеріальної і теплової взаємодії з біосферою (атмосферою, гідросферою, літосферою). Це обумовлено тим, що, споживаючи величезну кількість первинних ресурсів у вигляді твердого, рідкого і газоподібного палив, енергетика разом з виробництвом електричної енергії і теплоти викидає в навколишнє середовище велику кількість відходів у вигляді газоподібних і твердих продуктів згорання. Відповідно до існуючих термодинамічних циклів ТЭС в навколишнє середовище надходить більше 60 % потенційної енергії палива: фізична теплота, що втрачається з відхідними газами, теплота нагрітої води. Крім цього, вироблені на ТЕС і АЕС електроенергія і теплота в процесі їх передачі і споживання також надходять у навколишнє середовище.

Слід зазначити також, що у зв'язку з розвитком ядерної енергетики відбулася зміна у взаємодії енергетики з навколишнім середовищем у бік зниження забруднення навколишнього середовища продуктами згорання і золошлаковими відходами, але при цьому виникли викиди АЕС, не менш небезпечні за впливом на біосферу, ніж викиди ТЕС.

Оскільки органічне паливо поки що є основним джерелом виробництва електроенергії і теплоти, то для запобігання збільшенню викидів шкідливих домішок необхідні істотні витрати засобів і сил для розробки і впровадження економічно прийнятних способів охорони навколишнього середовища.

Важливою стороною проблеми взаємодії енергетики і навколишнього середовища є і все більш зростаючий зворотний вплив – навколишнє середовище диктує умови ухвалення технічних рішень при проектуванні підприємств енергетики: вибір типу і одиничних потужностей енергетичного устаткування, вибір місця будівництва ТЕС, ГЕС, АЕС та ін.

Необхідно відзначити, що проблема захисту навколишнього середовища від шкідливих викидів енергетики а також інших галузей промисловості за своїми масштабами є як національною, так глобальною, оскільки поширення викидів не має меж. Тому при ООН, МІРЕК і інших міжнародних організаціях створені спеціальні органи для вивчення, обговорення, аналізу екологічних проблем і укладення міжнародних договорів.

Таким чином, на сучасному етапі розвитку енергетики проблема її взаємодії з навколишнім середовищем є вельми гострою, багатобічною і вимагає особливої уваги. Надзвичайно гостро стоїть ця проблема в енергетиці України, сучасний стан і перспективи розвитку

Вивчення дисципліни «Захист довкілля на ТЕС та АЕС» є важливим етапом підготовки фахівців в області парогенераторобудування. Мета вивчення – підготовка студентів до використання одержаних знань і навичок на стадії дипломного проектування і в подальшій професійній діяльності. Завдання вивчення дисципліни – знайомство студентів з проблемами охорони навколишнього середовища, що виникають в теплоенергетиці, із законодавством України і нормативами в області захисту навколишнього середовища, з основними сучасними методами і способами зниження шкідливих викидів в навколишнє середовище, придбання умінь і навичок в проведенні розрахунків концентрацій шкідливих речовин і рішенні практичних задач по їх зниженню.

## **Формат занять**

Лекції, практичні заняття, індивідуальне завдання, екзамен.

## **Компетентності**

СК 02. Здатність критично осмислювати проблем і перспектив розвитку у сфері енергетичного машинобудування та дотичних міждисциплінарних проблем.

СК 03. Здатність аналізувати та комплексно інтегрувати сучасні знання з природничих, інженерних, суспільно-економічних та інших наук для розв'язання складних задач і проблем, пов'язаних з проектуванням та експлуатацією енергетичного і теплотехнологічного обладнання.

СК 04. Здатність аналізувати, оцінювати та застосовувати науково-технічну інформацію в галузі енергетичного машинобудування.

СК 07. Здатність приймати ефективні рішення з виробництва і експлуатації енергетичного та теплотехнологічного обладнання з урахуванням вимог щодо якості, екологічності, надійності, конкурентоздатності та охорони праці.

## **Результати навчання**

- РН 1. Застосовувати спеціалізовані концептуальні знання, що включають сучасні наукові здобутки, а також критичне осмислення сучасних проблем у галузі енергетичного машинобудування для розв'язування складних задач професійної діяльності.
- РН 2. Здійснювати пошук необхідної інформації у науково-технічній і патентній літературі, базах даних, інших джерелах з технологій і процесів у галузі енергетичного машинобудування, на їх основі, систематизувати, аналізувати та оцінювати відповідну інформацію.
- РН 3. Формулювати і розв'язувати складні інженерні, виробничі та/або дослідницькі задачі під час проектування, виготовлення і експлуатації енергетичного обладнання та створення конкурентоспроможних розробок, втілення результатів у інноваційних проектах.
- РН 4. Розробляти і реалізовувати проекти у галузі енергетичного машинобудування та пов'язані з нею міждисциплінарні проекти з урахуванням технічних, економічних, правових, соціальних та екологічних аспектів.
- РН 5. Створювати новітні технології та процеси і обґрунтовувати вибір обладнання та інструментів, з урахуванням обмежень в енергетичному машинобудуванні на основі сучасних знань в енергетичній та суміжних галузях.
- РН 7. Приймати ефективні рішення з інженерних та управлінських питань у галузі енергетичного машинобудування в складних і непередбачуваних умовах, у тому числі із застосуванням сучасних методів та засобів оптимізації, прогнозування та прийняття рішень.
- РН 8. Розробляти, обирати та застосовувати ефективні розрахункові методи розв'язання складних задач енергетичного машинобудування.
- РН 9. Формулювати та вирішувати інноваційні задачі галузі енергетичного машинобудування з урахуванням вимог до результатів, технічних стандартів, а також нетехнічних (суспільство, здоров'я і безпека, інтелектуальна власність, навколишнє середовище, економіка і виробництво) аспектів.
- РН 10. Вільно спілкуватися державною та іноземною мовами усно і письмово для обговорення професійних проблем і результатів досліджень та інновацій.
- РН 11. Презентувати результати досліджень та інновацій, зрозуміло і недвозначно доносити власні знання, висновки та аргументацію до фахівців і нефахівців.
- РН 12. Здійснювати ефективний захист інтелектуальної власності у галузі енергетичного машинобудування.
- РН 13. Управляти складними робочими процесами у галузі енергетичного машинобудування, у тому числі такими, що є непередбачуваними та потребують нових стратегічних підходів.
- РН 14. Обирати і застосовувати сучасні технології, спеціалізовані пакети програм, інструменти і методи дослідження, формулювати і перевіряти гіпотези, аргументувати висновки, за результатами досліджень надавати практичні рекомендації.
- РН 15. Використовувати та аналізувати методи оптимізації для розв'язання складних інженерних задач в галузі енергетичного машинобудування.

## **Обсяг дисципліни**

Загальний обсяг дисципліни 120 год. (4 кредита ECTS): лекції – 32 год., практичні роботи – 16 год., самостійна робота – 72 год.

## **Передумови вивчення дисципліни (пререквізити)**

Для успішного проходження даного курсу необхідні знання та навички, що були надбані у результаті навчання за першим (бакалаврським) рівнем ВО спеціальностей енергетичного профілю.

## Особливості дисципліни, методи та технології навчання

Вивчення матеріалу відбувається в процесі лекційних занять за допомогою мультимедійних технологій (тематичні фільми, презентації), практичних занять (вирішення задач), виконання розрахункової роботи.

## Програма навчальної дисципліни

### Теми лекційних занять

Тема 1 Вступ

Тема 2 Технологічні і хімічні методи зниження викидів оксидів азоту

Тема 3 Утворення оксидів азоту при спалюванні енергетичних палив на ТЕС

Тема 4 Технологічні і режимні (топкові) методи зниження концентрацій оксидів азоту ( $C_{NO_x}$ )

Тема 5 Очищення продуктів згорання палива від оксидів азоту

Тема 6 Метод селективного некаталітичного відновлення  $NO_x$  (СНКВ)

Тема 7 Метод селективного каталітичного відновлення  $NO_x$  (СКВ)

Тема 8 Методи неселективного каталітичного відновлення  $NO_x$  (НСКВ) і розкладання  $NO_x$  гетерогенними відновниками

Тема 9 Зниження викидів оксидів сірки в атмосферу

Тема 10 Проблеми і задачі, що виникають при захисті навколишнього середовища від викидів сірчистих з'єднань. Методи сіркоочищення палив до їх використання в котлах

Тема 11 Сіркоочищення димових газів

Тема 12 Мокрі методи сіркоочищення

Тема 13 Мокро-сухі і сухі методи сіркоочищення

Тема 14 Каталітичні методи сіркоочищення димових газів

Тема 15 Методи, що дозволяють одночасно знижувати викиди оксидів азоту і діоксидів сірки

### Теми практичних занять

Тема 1. Виконати розрахунок концентрації оксидів азоту, що утворюються при спалюванні різних видів палива в енергетичних котлах, і здійснити оцінку ефективності застосування технологічних і режимних заходів щодо зниження викидів оксидів азоту в навколишнє середовище.

Тема 2. Виконати розрахунок концентрацій  $C_{NO_2}$  при номінальному навантаженні котла  $D_{ном}$ , відсутності рециркуляції продуктів згорання в топку ( $r = 0$ ) і відсутності ступінчатого згорання палива ( $\bar{B}_1 = 1,0; \beta_H = 0$ ). Оцінити, як зміниться концентрація  $NO_2$  при часткових навантаженнях, рівних:  $D = 0,6 D_{ном}$ ,  $D = 0,8 D_{ном}$  і подати графічну залежність  $C_{NO_2} = f(D)$ .

Тема 3. Оцінити вплив ступеня рециркуляції продуктів згорання палива, прийнявши  $r = 0,1$  і  $r = 0,15$  при  $D_{ном}$  і відсутності ступінчатого спалювання палива ( $\bar{B}_1 = 1,0; \beta_H = 0$ ). Побудувати графік залежності  $C_{NO_2} = f(r)$ .

Тема 4. Оцінити вплив двоступінчатого спалювання палива в котлі на  $C_{NO_2}$  при  $D_{ном}$ ,  $r = 0$ , прийнявши в якості вихідних даних  $\bar{B}_1$  з таблиці 4.2 і  $\beta_H = 0,21$ .

Тема 5. Оцінити спільний вплив рециркуляції продуктів згорання палива і двоступінчатого спалювання палива на  $C_{NO_2}$  при  $D_{ном}$ , прийнявши  $r = 0; r = 0,1; r = 0,15$ ,  $\bar{B}_1$  за таблицею 4.2 і  $\beta_H = 0,21$ . Побудувати графік залежності  $C_{NO_2} = f(r, \text{ступ. згор.})$ .

Тема 6. Для твердого палива:

Визначити температуру точки роси при спалюванні палива у паровому котлі; долю виносу золи із газами прийняти  $\alpha_{ун} = 0,95$  – для топок з твердим шлаковидаленням та  $\alpha_{ун} = 0,8$  – для топок з рідким шлаковидаленням.

Тема 7. Для малосірчаного, сірчаного та високосірчаного мазуту:

Визначити концентрацію  $SO_2$ , температуру крапки роси та масовий викид  $SO_2$  при спалюванні палива у паровому котлі та відносному навантаженні (1; 0,8; 0,7; 0,6; 0,5) $N_0$ .

## Теми лабораторних робіт

Лабораторні роботи в рамках дисципліни не передбачені.

## Самостійна робота

Курс передбачає виконання індивідуального завдання у вигляді розрахункової роботи. Студентам також рекомендуються додаткові матеріали на сайті ЦДН НТУ "ХПІ" (Moodle):

«SteamGeneratorBulding », " Енергетичні, промислові та малопотужні котли", " Реактори і парогенератори АЕС".

## Література та навчальні матеріали

1. Програма, методичні вказівки та контрольні завдання до курсу «Захист навколишнього середовища в теплоенергетиці» для студентів спеціальності 7.090505 «Котли і реактори» усіх форм навчання / Уклад.: Гончаренко Л.В., Тютюник Л. І. – Харків: НТУ «ХПІ», 2010. – 44 с.
2. Програма, методичні вказівки, контрольні завдання з курсу «Теплоенергетичні процеси і об'єкти виробництва електроенергії та теплоти» для студентів спеціальності 7.05020202 «Комп'ютерно-інтегровані технологічні процеси та виробництва» усіх форм навчання /Уклад.: Тютюник Л. І., Касілов В.Й., Іванова Л.А. – Х.: НТУ «ХПІ», 2014. –40с
3. Тютюник Л.І., Касілов В.И., Іванова Л.А. Програма, методичні вказівки, контрольні завдання та лабораторні роботи з курсу «Основи проектування об'єктів виробництва електроенергії та теплоти» ТОВ «ДРУКАРНЯ МАДРИД» Харків 2014, с.40
4. І.В. Плачков та ін. Сучасний стан і перспективи розвитку електроенергетики України// „Енергетика і електрифікація”– 1999 – №5.
6. Програма, методичні вказівки, контрольні завдання з курсу «ДВВ. Енергогенеруючі установки» для студентів спеціальності 142 «Енергетичне машинобудування» спеціалізації 142-01 «Теплові та ядерні енергоустановки і комп'ютерні технології техногенної енергобезпеки» усіх форм навчання/Уклад.: Тютюник Л.І., Касілов В.Й., Іванова Л.А., Редько І.О. / Віддруковано у ТОВ «Друкарня Мадрид» через ФОП Гобельовська Л.П. Харків 2022р

## Система оцінювання

### Критерії оцінювання успішності студента та розподіл балів

Критерії та система оцінювання знань та вмінь студентів.

Розподіл балів для оцінювання успішності студента :

контрольна робота - 10 балів

індивідуальне завдання№1 - 30 балів

індивідуальне завдання №2 - 30 балів

розрахункова робота - 10 балів

екзамен - 20 балів

Сума 100.

### Шкала оцінювання

Сума балів	Національна оцінка	ECTS
90–100	Відмінно	A
82–89	Добре	B
75–81	Добре	C
64–74	Задовільно	D
60–63	Задовільно	E
35–59	Незадовільно (потрібне додаткове вивчення)	FX
1–34	Незадовільно (потрібне повторне вивчення)	F

## Норми академічної етики і політика курсу

Студент повинен дотримуватися «Кодексу етики академічних взаємовідносин та добросовісності НТУ «ХПІ»: виявляти дисциплінованість, вихованість, доброзичливість, чесність, відповідальність. Конфліктні ситуації повинні відкрито обговорюватися в навчальних групах з викладачем, а при неможливості вирішення конфлікту – доводитися до відома співробітників дирекції інституту.

Нормативно-правове забезпечення впровадження принципів академічної доброчесності НТУ «ХПІ» розміщено на сайті: <http://blogs.kpi.kharkov.ua/v2/nv/akademichna-dobrochesnist/>

## Погодження

Силабус погоджено

30.08.23.



Завідувач кафедри ПГБ  
Олександр ЄФІМОВ

Силабус погоджено

30.08.23.



Гарант ОП  
Олена АВДЕЄВА