



Системи та установки знешкодження промислових викидів

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Другий (магістерський)
Галузь знань	14 Електрична інженерія
Спеціальність	144 Теплоенергетика
Освітня програма	ОПП Теплоенергетика та теплоенергетичні установки електростанцій
Статус дисципліни	Вибіркова
Форма навчання	очна (денна)
Рік підготовки, семестр	1 курс, весняний семестр
Обсяг дисципліни	5 кредитів, 150 годин
Семестровий контроль/ контрольні заходи	екзамен
Розклад занять	Лекційні заняття – один раз на тиждень; практичні заняття – один раз на два тижні
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: укр.мова - к.т.н, доц. Притула Наталя Олександрівна, prytula.natalia@iit.kpi.ua Практичні: к.т.н, доц. Притула Наталя Олександрівна, prytula.natalia@iit.kpi.ua
Розміщення курсу	https://campus.kpi.ua/ https://classroom.google.com/c/NTkxNjU2OTQyOTcw?cjc=rkplvqf

Програма навчальної дисципліни

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

Предметом навчальної дисципліни «Системи та установки знешкодження промислових викидів» є сукупність різноманітних забруднень, які мають місце при виробничій діяльності промислових підприємств, та методів їх знешкодження. Захист навколишнього середовища від шкідливих викидів є однією з найгостріших проблем сучасності. Для теплоенергетики це питання має особливе значення, тому що енергетичні промислові об'єкти (теплові електростанції, котельні) є найбільшими джерелами пилогазових викидів в атмосферу. У зв'язку з цим при проектуванні та експлуатації енергетичних установок слід знати інформацію про можливості зниження шкідливих викидів в атмосферу і володіти знаннями для використання пилоуловлюючого обладнання на практиці: розрахунок, вибір обладнання та експлуатація. Розглянуті основні методи та апарати, які

дозволяють істотно зменшити кількість аерозолів та газоподібних шкідливих речовин, що зможе зменшити забруднення повітря.

Метою вивчення та засвоєння студентами освітнього компонента «Системи та установки знешкодження промислових викидів» є формування у студента таких компетентностей:

Компетентності (К)

- 1 Здатність правильно оцінювати спроможність організації технологічних процесів систем та установок знешкодження промислових викидів, їх ефективного ведення;
- 2 Здатність аналізувати та самостійно приймати рішення для успішного проведення процесу знешкодження промислових викидів, коли змінюються зовнішні фактори;
- 3 Здатність прогнозувати вплив технологічних процесів в теплоенергетиці на навколишнє середовище.
- 4 Здатність розв'язувати проблеми у сфері захисту навколишнього середовища із застосуванням загальноприйнятих та/або стандартних підходів та міжнародного і вітчизняного досвіду.

Програмні результати навчання

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти після засвоєння освітнього компонента мають продемонструвати такі результати навчання:

- 1 Вміти застосувати знання з контролю та оцінювання стану забруднення і промислових викидів, з аналізу динаміки їх зміни залежно від умов та технологій очищення компонентів довкілля.
- 2 Виконувати основні технологічні та конструкційні розрахунки промислових процесів, апаратів, систем та установок знешкодження промислових викидів для зменшення або виключення їх утворення;
- 3 Вміти економічно обґрунтувати впровадження нових технологій, які направлені на створення безвідходних виробництв.
- 4 Вміти проводити пошук інформації з використанням відповідних джерел для прийняття обґрунтованих рішень

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

Для вивчення кредитного модуля «Системи та установки знешкодження промислових викидів» необхідні знання в області технічної термодинаміки, тепломасообміну, гідрогазодинаміки, хімії, теплотехнологічні процеси та установки, паливо та обладнання для його спалювання, використання вторинних енергоресурсів. В свою чергу, знання в області високотемпературних теплотехнологічних процесів та установок використовуються далі при виконанні магістерської дисертації.

3. Зміст навчальної дисципліни

Тема 1. Загальні проблеми захисту довкілля.

Тема 2. Основні властивості промислового пилу і газів

Тема 3. Обезпилювання промислових газів в сухих інерційних апаратах

Тема 4. Очищення газів фільтруванням

Тема 5. Мокре очищення газів

Тема 6. Електричне очищення газів

Тема 7. Очищення викидів від паро- і газоподібних забруднень

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базовими матеріалами для вивчення дисципліни є навчальні посібники і монографії:

1. Водогрійні котельні для систем децентралізованого та помірно-централізованого теплопостачання. Дипломне проектування [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студентів спеціальності 144 «Теплоенергетика» / М.Ф. Боженко; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 4,534 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 170 с.

2. Хилько М.І. Екологічна безпека України: Навчальний посібник. – К., 2017.– 267 с.

3. Варламов Г.Б., Любчик Г.М., Маляренко В.А. Теплоенергетика та екологія: Підручник. – Х.: “Видавництво САГА”, 2008. – 234 с.

4. Апостолюк С.О., Джигирей В.С., Апостолюк А.С. Промислова екологія. Навчальний посібник. – К.: Знання, 2005. – 474 с.

5. Ріхтер Л.Л., Волков Е.П. та ін. Охорона водного та повітряного басейнів від викидів ТЕС.- М.:Енерговидав, 1981.-246с.

6. Кузнєцов І.Е. Захист повітряного басейну від забруднень шкідливими речовинами хімічних підприємств.-М.: Хімія, 1979.-344с.

Допоміжні джерела:

1. Верховна Рада України (1991), «Про охорону навколишнього природного середовища», Закон України N 41, Відомості Верховної Ради України, N 41, 1991, Київ, ст. 546.

2. Верховна Рада України (1992), «Про охорону атмосферного повітря», Закон України N 50, Відомості Верховної Ради України, 1992, N 50, Київ, ст. 678.

3. Верховна Рада України (2001), «Про внесення змін до Закону України "Про охорону атмосферного повітря"», Закон України N 48, Відомості Верховної Ради України, 2001, N 48, Київ, ст. 252.

4. Державні санітарні правила охорони атмосферного повітря населених місць (від забруднення хімічними та біологічними речовинами) (ДСП-201-97).

5. Джигирей В.С. Екологія та охорона навколишнього природного середовища: навч. посібник. – 5-те вид., випр. і доп. – К. : Знання, 2007. – 422 с.

6. Величко О.М., Зеркалов Д.В. Екологічний моніторинг. Навчальний посібник. – К.: Науковий світ, 2001. – 205 с.

7. Войцицький А.П., Рибак М.Ф., Шваб С.Б. Екологічна стандартизація та нормування антропогенного навантаження на природне середовище: теоретичні основи і розрахунковий практикум: навч. посібник для студ. вищих навч. закл. / Житомирський національний агроекологічний ун-т. – Житомир : Видавництво ЖДУ ім. І.Франка, 2009. – 260 с

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Опанування навчальної дисципліни базується на попередньому опрацюванню матеріалу кожної лекції, що надсилається викладачем заздалегідь, з подальшим опитуванням і детальним розглядом окремих питань під час проведення лекції або зустрічі при дистанційному режимі навчання. Крім того, в рамках проведення практичних занять, студентам видаються індивідуальні завдання для

попереднього їх вирішення і обговорення в рамках часу, передбаченого розкладом практичних занять.

5.1.Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції, перелік основних питань та завдання на СРС
Тема 1. Загальні проблеми захисту довкілля.	
1	Загальна характеристика шкідливих викидів та їх вплив на довкілля. Забруднення атмосфери внаслідок діяльності людини виникає при спалюванні вуглецево вміщувальних речовин. Нарівні з газоподібним забрудненням велику проблему при очищенні газів і охороні повітряного басейну створюють дрібні частинки твердих речовин та краплини туману. Наведено методи очистки та знешкодження відхідних газів. Завдання на СРС: Підготовка до лекції. Ознайомлення з нормативною базою.
Тема 2. Основні властивості промислового пилю і газів	
2	Основні властивості пилю і ефективність їх уловлення. Основні властивості частинок пилю: щільність; дисперсність; адгезійні/сипучість; абразивність; змочування; гігроскопічність; електрична провідність шару пилю. Завдання на СРС: Підготовка до лекції. Ознайомлення з основними властивостями газів: густина і в'язкість; вологість; питома теплоємність та ентальпія.
Тема 3. Обезпилювання промислових газів в сухих інерційних апаратах	
3	Апарати сухого механічного очищення газів. Пилоосаджувальні камери. Інерційні пиловловлювачі. Жалюзійний пиловіддільник. Циклони. Групові і батарейні циклони. Технологічні розрахунки батарейних циклонів. Завдання на СРС: Підготовка до лекції.
4	Вихрові пиловловлювачі. Динамічні пиловловлювачі. Завдання на СРС: Підготовка до лекції.
Тема 4. Очищення газів фільтруванням	
5	Тканинні фільтри. Волокнисті фільтри Завдання на СРС: Підготовка до лекції. Принцип роботи та сфери застосування зернистих фільтрів.
6	Волокнисті фільтри. Зернисті фільтри. Завдання на СРС: Підготовка до лекції.
Тема 5. Мокре очищення газів	
7	Фізичні основи мокрої пиловловлювання. Порожнисті газопромивачі. Насадкові газопромивачі. Завдання на СРС: Підготовка до лекції.
8	Тарілчасті газопромивачі (барботажні, пінні). Пінні пиловловлювачі. Механічні газопромивачі. Ударно-інерційні газопромивачі. Газопромивачі (скрубери) відцентрової дії. Швидкісні газопромивачі (скрубери Вентурі). Завдання на СРС: Підготовка до лекції.
Тема 6. Електричне очищення газів	
9	Типи і конструкції електрофільтрів. Конструктивні елементи електрофільтрів. Завдання на СРС: Підготовка до лекції.
10	Сухі та мокрі електрофільтри. Розрахунок сухого пластинчастого електрофільтра. Завдання на СРС: Підготовка до лекції.

11	Вловлення туманів. Тумани утворюються внаслідок термічної конденсації парів або внаслідок хімічної взаємодії речовин, що знаходяться в аеродисперсній системі. Для уловлювання туманів застосовують волокнисті та сіткові фільтри-туманоуловлювачі та мокрі електрофільтри. Завдання на СРС: Підготовка до лекції.
Тема 7. Очищення викидів від паро- і газоподібних забруднень	
12	Сучасні методи очищення промислових викидів від газоподібних домішок. Абсорбційні методи. Завдання на СРС: Підготовка до лекції. Організація спостережень та контролю за забрудненням атмосферного повітря. Автоматизовані системи спостережень і контролю за атмосферним повітрям
13	Абсорбційні методи очистки відхідних газів. Очищення газів від діоксиду сірки. Вапнякові та вапняні методи. Завдання на СРС: Підготовка до лекції.
14	Хемосорбційні методи очищення промислових викидів від газоподібних домішок. Адсорбційні методи очищення промислових викидів від газоподібних домішок Завдання на СРС: Підготовка до лекції.
15	Термічне знешкодження газів. Схеми термічних нейтралізаторів промислових газових відходів без теплообмінника і з теплообмінником. Схема відкритої факельної установки зі знешкодженням всього об'єму технологічних газів. Завдання на СРС: Підготовка до лекції.
16	Каталітичне очищення газів. Апарати з фільтрувальним шаром каталізатора. Апарати з завислим (киплячим) шаром каталізатора. Апарати з пиловидним каталізатором. Завдання на СРС: Підготовка до лекції.
17	Біохімічні реактори. Пристрої для біохімічного очищення газів діляться на дві групи: біологічні фільтри і біоскрубери. Завдання на СРС: Підготовка до лекції.
18	Гідрофільтри різної конструкції: форсункові, каскадні та ударно-струминні. Завдання на СРС: Підготовка до лекції.

5.2. Практичні заняття

№ з/п	Назва теми заняття та завдання на СРС
1	Основні залежності та розрахункові формули осадження Завдання на СРС: Підготовка до наступного практичного заняття.
2	Приклади вибору і розрахунку сухих інерційних пиловловлювачів Завдання на СРС: Підготовка до наступного практичного заняття.
3	Розрахунок батарейних циклонів Завдання на СРС: Підготовка до наступного практичного заняття.
4	Розрахунок скрубера Вентурі Завдання на СРС: Підготовка до наступного практичного заняття.
5	Розрахунок тканинного рукавного фільтру. Розрахунок фільтра з металоткани для очищення газів перед котлом-утилізатором. Розрахунок фільтра з металотканини. Завдання на СРС: Підготовка до наступного практичного заняття.

6	Розрахунок тканинного рукавного фільтру. Вибрати фільтр зі зворотною продувкою. Визначити фільтрувальну площу, гідравлічний опір і тривалість циклу фільтрування для очищення газу від пилу. <i>Завдання на СРС: Підготовка до наступного практичного заняття.</i>
7	Розрахунок та вибір електрофільтр типу ЕГА. <i>Завдання на СРС: Підготовка до наступного практичного заняття.</i>
8	Визначити коефіцієнт масопередачі для газової фази у насадковому абсорбері, в якому у плівковому режимі відбувається поглинання аміаку з повітря під атмосферним тиском <i>Завдання на СРС: Підготовка до наступного практичного заняття.</i>
9	Визначення екологічних показників та плати за забруднення навколишнього середовища. <i>Завдання на СРС: Підготовка до наступного практичного заняття.</i>

6. Самостійна робота студента

№ з/п	Назва теми, що виноситься на самостійне опрацювання	Кількість годин СРС
1	Ознайомлення з основними властивостями газів: густина і в'язкість; вологість; питома теплоємність та ентальпія.	7
2	Принцип роботи та сфери застосування зернистих фільтрів.	7
3	Організація спостережень та контролю за забрудненням атмосферного повітря. Автоматизовані системи спостережень і контролю за атмосферним повітрям	7
4	Підготовка до лекційних та практичних занять	16
5	Підготовка до модульних контрольних робіт	8
6	Виконання РР	15
7	Підготовка до екзамену	36
8	Всього	96

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

При вивченні курсу студенту необхідно під'єднатися до створеного Google Classroom. В ньому буде викладатися в електронному вигляді вся необхідна базова література, методичні вказівки.

На початку вивчення дисципліни видається індивідуальне завдання на Розрахунково роботу. Студент виконує РР протягом семестру і надсилає виконану роботу до встановленого терміну (ближче до кінця семестру) в електронному вигляді в Google Classroom. Після перевірки РР відбувається її захист.

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

Система вимог до студентів:

- обов'язкова присутність на лекціях і практичних заняттях за розкладом;
- попереднє опрацювання матеріалу лекцій;
- самостійне вирішення індивідуальних завдань;

- доопрацювання завдань з урахуванням результатів перевірки і зроблених зауважень.

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

Види контролю знань студентів з дисципліни:

- відповіді на лекційних та практичних заняттях;
- виконання і захист РР;
- виконання завдань СРС;
- виконання МКР (дві частини);
- відповідь на екзамені – максимальньо 40 балів.

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) дев'ять відповідей в середньому кожного студента на практичних заняттях (на одному занятті опитуються приблизно п'ять студентів; при середній чисельності групи 10 осіб і дев'яти практичних заняттях (18 годин) отримуємо: $5 \cdot 9 / 10 \approx 5$ відповідей);

3) виконання РГР;

4) виконання трьох завдань СРС (див. п.6);

5) виконання МКР (дві частини);

6) відповідь на екзамені – максимальньо 40 балів.

Система рейтингових балів та критерії оцінювання

1. Робота на лекційних заняттях

Ваговий бал – 1. Максимальна кількість балів студента на всіх заняттях: $r_1 = 1 \text{ бал} \times 9 = 9$ 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: $r_2 = 2 \text{ бал} \times 5 = 10$ балів.

Критерії оцінювання:

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

3. Виконання завдань СРС

Ваговий бал – 3. Максимальна кількість балів студента – 9 (завдання СРС видаються після проходження відповідної теми лекційного заняття, строк задачі завдання – не пізніше ніж через тиждень): $r_4 = 3 \text{ бал} \times 3 = 9$ балів. Виконане завдання надається викладачу у вигляді конспекту, виконання завдань СРС обов'язкове.

Критерії оцінювання:

3 бали – виконання завдання СРС вчасно та у повному об'ємі, охайне оформлення; 2 бали – текст відповідь має несуттєві помилки, неохайне оформлення; 1 бал – відповідь має деякі помилки, завдання СРС виконано не у повному об'ємі; 0 балів – завдання СРС не виконано.

Заохочувальні бали:

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

4. Виконання завдань РР

Ваговий бал – 12. Максимальна кількість балів студента – 12 (завдання РГР видається після проходження відповідної теми лекційного заняття). Виконане завдання надається викладачу у вигляді звіту.

Критерії оцінювання:

12 балів – виконання завдання РГР вчасно та у повному об'ємі, охайне оформлення; 11...7 балів – відповідь має несуттєві помилки, неохайне оформлення; 6...1 балів – відповідь має грубі помилки, завдання виконано не у повному об'ємі; 0 балів – завдання РР не виконано.

Заохочувальні бали:

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

5. Модульна контрольна робота (МКР)

Проводиться дві частини МКР. Кожна частина МКР складається із десяти тестових завдань. Ваговий бал кожної частини – 10. Максимальна кількість балів за МКР дорівнює $r_5=10 \times 2 = 20$ балів.

Критерії оцінювання:

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

6. Відповіді на екзамені

Екзамен проводиться у письмово-усній формі. Екзаменаційний білет складається з двох теоретичних питань і задачі. Перелік питань наведений у додатку до силабусу дисципліни. Два теоретичних питання оцінюються по 10 балів, а задача – 20 балів. Тобто, максимальна кількість балів за виконане завдання $10+10+20 = 40$ балів.

Критерії оцінювання:

Кожне питання екзаменаційної роботи оцінюється згідно до системи оцінювання:

правильне раціональне рішення, або повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 9...10 (18...20) балів;

достатньо повна відповідь, правильне рішення (не менше 70% потрібної інформації, або незначні неточності) – 7...8 (14...17) балів;

неповна відповідь, рішення з помилками (не менше 50% потрібної інформації та деякі помилки) – 5...6 (11...13) балів;

незадовільна відповідь, або відсутність рішення (менше 50% потрібної інформації та помилки) – менше 5 (10) балів.

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: $R_C = 9+10+9+12+20 = 60$ балів.

Необхідною умовою допуску до екзамену є позитивна оцінка з виконання всіх завдань СРС, захист розрахункової роботи та стартовий рейтинг не менше $0,4 \times R_C = 24$ балів.

Студенти, які набрали в семестрі рейтинг з дисципліни менше, ніж 24 бали, зобов'язані до початку екзаменаційної сесії підвищити його, інакше вони не допускаються до екзамену з цієї дисципліни і мають академічну заборгованість.

Екзаменаційна складова R_E шкали дорівнює: $R_E = 40$ балів.

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

$$R_D = R_C + R_E = 60 + 40 = 100 \text{ балів.}$$

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре

84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

За рішенням кафедри, згідно Тимчасового регламенту проведення семестрового контролю в дистанційному режимі (Наказ № 7/86 від 08.05 2020 року), допускається застосувати підхід щодо виставлення оцінки з кредитного модуля «автоматом» шляхом пропорційного перерахунку стартових балів у підсумкові за 100–бальною шкалою. При цьому обов'язковим залишається виконання студентом умов допуску до екзамену. Студентам, які набрали фактичний стартовий рейтинг не менший, ніж 0,9 від максимально можливого (тобто $R_c \geq 54$), екзаменатор може запропонувати виставити оцінку «Дуже добре». Найвища оцінка «автоматом» не виставляється.

Переведення стартових балів у підсумкові здійснюється за формулою

$$R = 60 + \frac{40 \cdot (R_i - R_D)}{(R_c - R_D)},$$

де R – оцінка за 100–бальною шкалою;

R_i – сума балів, набраних студентом продовж семестру;

R_c – максимальна сума вагових балів контрольних заходів продовж семестру;

R_D – бал допуску до екзамену.

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

Робочу програму освітнього компонента (силабус):

Складено к.т.н., доц. Притула Наталя Олександрівна

Ухвалено кафедрою теплової та альтернативної енергетики (протокол № 17 від 12.04.23 р.)

Погоджено Методичною комісією Навчально-науковий інститут атомної та теплової енергетики (протокол № 8 від 08.05.2023 р.).