



Основи процесів очищення промислових викидів від парів та газів

**Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)**

**Реквізити навчальної дисципліни**

<b>Рівень вищої освіти</b>	<b>Перший (освітньо-професійний)</b>
<b>Галузь знань</b>	16 Хімічна та біоінженерія
<b>Спеціальність</b>	161 Хімічні технології та інженерія
<b>Освітня програма</b>	Промислова екологія та ресурсоефективні чисті технології
<b>Статус дисципліни</b>	Вибіркова
<b>Форма навчання</b>	очна(денна)/дистанційна/змішана
<b>Рік підготовки, семестр</b>	2курс/ осінній семестр
<b>Обсяг дисципліни</b>	4 кредити ЕКТС (120 годин)
<b>Семестровий контроль/ контрольні заходи</b>	Залік
<b>Розклад занять</b>	4 години на тиждень (1 година лекційних та 2 години лабораторних занять, 1 година практичних занять)
<b>Мова викладання</b>	Українська
<b>Інформація про керівника курсу / викладачів</b>	Лектор: <a href="https://eco-paper.kpi.ua/pro-kafedru/vykladachi/ivanenko-olena-ivanivna.html">https://eco-paper.kpi.ua/pro-kafedru/vykladachi/ivanenko-olena-ivanivna.html</a> Практичні: <a href="https://eco-paper.kpi.ua/pro-kafedru/vykladachi/ivanenko-olena-ivanivna.html">https://eco-paper.kpi.ua/pro-kafedru/vykladachi/ivanenko-olena-ivanivna.html</a> Лабораторні: <a href="https://eco-paper.kpi.ua/pro-kafedru/vykladachi/ivanenko-olena-ivanivna.html">https://eco-paper.kpi.ua/pro-kafedru/vykladachi/ivanenko-olena-ivanivna.html</a>
<b>Розміщення курсу</b>	<a href="https://eco-paper.kpi.ua/navchannia/sylabusy.html">https://eco-paper.kpi.ua/navchannia/sylabusy.html</a>

**Програма навчальної дисципліни**

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

Для запобігання негативних наслідків господарської діяльності людини і покращення стану атмосферного повітря з точки зору наявності токсичних парів та газів необхідно постійно вдосконалювати технології захисту атмосфери. Лише за допомогою знань з очистки газових викидів, а також налаштування роботи з приладами оцінки стану атмосферного повітря від техногенних парів та газів вдається захистити довкілля від негативного антропогенного навантаження на повітряний простір планети.

**Предмет навчальної дисципліни «Основи процесів очищення промислових викидів від парів та газів»** – одним із головних напрямків реалізації природоохоронних технологій, спрямованих на захист атмосфери, є очистка газоподібних відходів від парів та газів перед їх викидом в атмосферу.

У значній мірі вирішення даної проблеми буде визначатись рівнем підготовки фахівців, які працюють у галузі охорони навколишнього середовища, включаючи установи управління екологічною безпекою держави, наукові установи та організації, підприємства.

Для успішного вирішення завдань захисту та збереження атмосфери фахівці мають вільно володіти інформацією, вміти вирішувати складні проблеми захисту повітря від забруднення на високому професійному рівні.

**Мета навчальної дисципліни** «Основи процесів очищення промислових викидів від парів та газів»

Метою вивчення даної дисципліни є формування у студентів комплексу знань в області сучасних методів очищення відхідних газів, комплексу умінь та навиків, необхідних для проведення наукових досліджень в даному напрямку, для створення сучасних технологій газоочистки та для кваліфікованого управління існуючими технологічними процесами. Відповідно до мети підготовка бакалаврів вимагає посилення сформованих у студентів компетентностей:

- Здатність використовувати сучасні матеріали, технології і конструкції апаратів в хімічній інженерії
- Здатність проектувати та реалізовувати технології очищення та переробки вихідних газів, стічних вод та твердих відходів.

Згідно з вимогами програми навчальної дисципліни «Основи процесів очищення промислових викидів від парів та газів», студенти після її засвоєння мають продемонструвати такі програмні результати навчання:

- Розробляти і реалізовувати проекти, що стосуються технологій та обладнання хімічних виробництв, беручи до уваги цілі, ресурси, наявні обмеження, соціальні та економічні аспекти та ризики
- Розробляти проектну документацію, враховуючи вимоги стандартів

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

Вивчення дисципліни «Основи процесів очищення промислових викидів від парів та газів» базується на засадах інтеграції різноманітних знань, отриманих студентами протягом бакалаврату при вивченні дисциплін природничого та інженерно-технічного спрямування: "Загальна та неорганічна хімія", "Інженерна графіка", "Комп'ютерна графіка".

Дисципліна «Основи процесів очищення промислових викидів від парів та газів» є фундаментальною основою для вивчення наступних дисциплін: «Загальна хімічна технологія», «Контроль та керування хіміко-технологічними процесами», «Екологічна безпека виробництва», та забезпечує виконання бакалаврського проекту.

## **3. Зміст навчальної дисципліни дисципліни** «Основи процесів очищення промислових викидів від парів та газів»

### **Розділ 1. Абсорбційні методи очищення від парів та газів.**

**Тема 1.** Рівновага в системах газ-рідина. Кінетичні закономірності процесу абсорбції. Системи газ-рідина, що використовуються в промисловості. Абсорбційне обладнання. Трубчасті плівкові абсорбери. Насадкові абсорбери, характеристики насадок. Тарілчасті абсорбери з провальними та переливними тарілками, абсорбери з рухомою насадкою.

### **Розділ 2. Очищення газів від оксиду сірки (II).**

**Тема 1.** Утворення викидів оксидів сірки (II). Схема контактного виробництва сірчаної кислоти. Схема процесів одержання сірчаної кислоти із топкових газів. Очистка газів від оксиду сірки (II). Абсорбція водою. Вапняковий і вапняний методи. Магnezитовий, цинковий, аміачний методи. Схема установки очищення газу від оксиду сірки (II) з отриманням нітрат-фосфат амонію. Сульфід-бісульфідні методи з використанням соди та гідроксиду натрію.

### **Розділ 3. Очищення газів від сірководню.**

**Тема 1.** Утворення викидів сірководню. Вакуум-карбонатний та фосфатний методи. Етаноламіновий та залізо-содовий методи. Рекуперація сірководню методом Клауса.

#### **Розділ 4. Очищення газів від оксидів азоту.**

**Тема 1.** Утворення викидів оксидів азоту. Схема виробництва азотної кислоти. Абсорбція водою з добавками пероксиду водню. Абсорбція лугами та селективними сорбентами. Очищення з використанням сечовини та нітрозилсірчаної кислоти. Знешкодження регенованих нітрозних газів шляхом каталітичного відновлення.

#### **Розділ 5. Очищення газів від сполук фтору.**

**Тема 1.** Утворення викидів фтористого водню та тетрафториду кремнію. Схема виробництва простого суперфосфату. Абсорбція водою, вапняним молоком. Уловлення фтористих газів розчином, що містять амонійні солі. Утилізація фтористих газів.

#### **Розділ 6. Очищення газів від сполук хлору.**

**Тема 1.** Утворення викидів хлору та хлористого водню. Абсорбція водою та водними розчинами лугів. Використання тетрахлориду вуглецю та титану. Утилізація хлорвмісних газів.

#### **Розділ 7. Очищення газів від оксидів вуглецю.**

**Тема 1.** Утворення викидів оксидів вуглецю. Абсорбція оксиду вуглецю (II) мідь-алюміній-хлоридним та мідноаміачним розчинами. Очищення від оксиду вуглецю (II) промиванням рідким азотом. Метод гідрування залишкових кількостей оксидів вуглецю. Очищення газів від оксиду вуглецю (IV) водною абсорбцією. Етаноламінове очищення. Очищення гарячим розчином поташу.

#### **Розділ 8. Адсорбційні методи очищення від парів та газів.**

**Тема 1.** Кінетичні закономірності процесу адсорбції. Десорбція поглинених речовин. Характеристика промислових адсорбентів. Вимоги до адсорбентів в процесах газоочищення. Адсорбційне обладнання з рухомим та нерухомим шаром адсорбенту.

#### **Розділ 9. Каталітичні методи очищення від парів та газів.**

**Тема 1.** Каталітичне очищення газів. Сутність і види каталізу. Промислові каталізатори. Конструкції контактних апаратів. Апарати з киплячим шаром каталізатора. Очищення каталітичним методом від органічних сполук. Схема установки каталітичного допалювання відхідних газів.

### **Навчальні матеріали та ресурси**

#### **Базова література**

1. Бекетов В. Є., Євтухова Г. П. Джерела та процеси забруднення атмосфери. Харків : ХНУМГ ім. О. Н. Бекетова, 2019. 113 с. <https://core.ac.uk/download/pdf/228030186.pdf>
2. Сарапіна М. В. Процеси та апарати пилогазоочищення: курс лекцій. Харків: НУЦЗУ, 2018. 125 с.
3. Крусір Г. В., Мадані М. М., Гаркович О. Л. Техніка та технології очищення газових викидів. Одеса: ОНАХТ-Одеса, 2017. 207 с.
4. Конспект лекцій з дисципліни «Технології очистки та утилізації промислових стоків та викидів» (Частина I) для студентів напряму підготовки 6.051301 - «Хімічна технологія», 6.040106 «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування» та 6.051401 - «Промислова біотехнологія», Укладач: Олійник М.А. – Кам'янське: ДДТУ, 2016. - 56 стор.
5. Методи розрахунку систем комплексного пило- та газоочищення. Монографія/ М.І. Шляєв, Є.М. Хромова. М: Видавництво АСВ, 2018. 196 с.
6. Іваненко О.І. Методичні вказівки до виконання курсових проектів з курсу «Технологія та обладнання захисту атмосфери» для студентів напряму підготовки 6.040106 «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування». -К.: ТОВ «Інфодрук», -2012. -107 с.
7. Основи процесів очищення промислових викидів від парів та газів. Лабораторний практикум: навчальний посібник для студентів спеціальності 101 Екологія, 161 Хімічні

технології та інженерія / КПІ імені Ігоря Сікорського; уклад.: Іваненко О.І., Оверченко Т.А., Носачова Ю.В., Твердохліб М.М. – Київ: КПІ імені Ігоря Сікорського, 2021. – 34 с.

#### **Додаткова література**

8. Промислові технології та очищення технологічних і вентиляційних викидів: навч. посіб. / Ю. С. Юркевич, О. Т. Возняк, В. М. Желих ; МОНМС України, НУ «Львівська Політехніка». 2012. 120 с.

9. Северин Л. І., Петрук В. Г., Безвозюк І. І., Васильківський І. В. Природоохоронні технології (захист атмосфери) / Ч.І: Навчальний посібник. Вінниця : УНІВЕРСУМ–Вінниця, 2010.

[https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/iebm/severin\\_priodoohoronni\\_tehnologii/dop-m.html](https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/iebm/severin_priodoohoronni_tehnologii/dop-m.html)

10. Ратушняк Г.С., Лялюк О. Г. Засоби очищення газових викидів. Навчальний посібник. Вінниця : УНІВЕРСУМ–Вінниця, 2008. 207 с.

11. Джигирей В. С. Екологія та охорона навколишнього природного середовища: навчальний посібник. Київ : Знання, 2007. 422 с.

12. Кузнецов І. Е., Шмат К. І., Кузнецов С. І. Обладнання для санітарної очистки газів. Довідник. Київ: Техніка, 1989. 204 с.

13. Охорона навколишнього природного середовища. Під ред. Дуганова Г. В. Київ : Вища школа, 1991. 320 с.

14. Кундро Н. В., Давиденко Н. В. Очистка вентвипусків. <http://elib.psu.by:8080/handle/123456789/3181>

15. Бекетов В. Є. Конспект лекцій із курсу «Прикладна аероекологія». Модуль 1 «Атмосфера. Основні терміни та визначення» (для студентів 2 курсу денної форми навчання за напрямом 6.040106 «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування») / Харк. нац. акад. міськ. госп-ва; В. Є. Бекетов, Г. П. Євтухова, Ю. Л. Коваленко. Х.: ХНАМГ, 2011. 44 с.

16. Бекетов В. Е. Конспект лекцій з розділу «Методи і прилади контролю концентрацій пилогазових домішок в атмосфері і в промислових викидах» з дисципліни «Методи і прилади контролю стану атмосферного повітря» (для студентів 5 курсу денної і 6 курсу заочної форм навчання спеціальності 7.070801 (7.04010601) - «Екологія і охорона навколишнього середовища») / Бекетов В. Е., Євтухова Г. П., Коваленко Ю. Л.; Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. Х.: ХНАМГ, 2011. 40 с.

17. Экология міста. Під ред. Ф.В. Стольберга. -К. : Лібра, -2000. - 464 с.

18. КД 52.9.4.01–09. Методичні вказівки щодо прогнозування метеорологічних умов формування рівнів забруднення повітря в містах України. Київ: Державна гідрометеорологічна служба, 2010. 78 с.

19. Рижков С. С. Апарати для очищення повітря від забруднень : метод. вказівки / С. С. Рижков, Ю. М. Харитонов, В. В. Благодатний. - Миколаїв : УДМТУ, 2002. - 36 с.

#### **Інформаційні ресурси в Інтернеті**

20. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України / [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://mep.gov.ua/>

21. Електронний архів наукових та освітніх матеріалів КПІ ім. Ігоря Сікорського / [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ela.kpi.ua/>

22. Професійна Асоціація Екологів України / [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://pae.com.ua/>

23. Науково-технічна бібліотека ім. Г.І. Денисенка / [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://library.kpi.ua>

24. Національна бібліотека ім. В.І. Вернадського / [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.nbuv.gov.ua/>

**5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)**

**Лекційні заняття**

Лекційні заняття спрямовані на:

надання сучасних, цілісних, взаємозалежних знань з дисципліни «Основи процесів очищення промислових викидів від парів та газів», рівень яких визначається цільовою установкою до кожної конкретної теми;

- забезпечення в процесі лекції творчої роботи студентів спільно з викладачем;
- виховання у студентів професійно-ділових якостей і розвиток у них самостійного творчого мислення;
- формування у студентів необхідного інтересу та визначенні напрямку для самостійної роботи;
- визначення на сучасному рівні розвитку науки в області сучасних методів та процесів очищення газів, прогнозування розвитку на найближчі роки;
- відображення методичної обробки матеріалу (виділення головних положень, висновків, рекомендацій, чітке і адекватне їх формулювання)
- використання для демонстрації наочних матеріалів, поєднання, по можливості їх з демонстрацією результату і зразків;
- викладання матеріалів досліджень чіткою і якісною мовою з дотриманням структурно-логічних зв'язків, роз'яснення всіх нововведених термінів і понять;
- доступність для сприйняття даною аудиторією.

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)	Годин
1	<p><b>Абсорбційні методи очищення від парів та газів.</b> Рівновага в системах газ-рідина. Кінетичні закономірності процесу абсорбції. Системи газ-рідина, що використовуються в промисловості. Абсорбційне обладнання. Трубчасті плівкові абсорбери. Насадкові абсорбери, характеристики насадок. Тарілчасті абсорбери з провальними та переливними тарілками, абсорбери з рухомою насадкою. Література: [2, 3, 4, 5]. Завдання на СРС. Недоліки абсорбційних методів очищення від парів та газів. Література: [10, 12, 14].</p>	2
2	<p><b>Очищення газів від оксиду сірки (II).</b> Утворення викидів оксидів сірки (II). Схема контактного виробництва сірчаної кислоти. Схема процесів одержання сірчаної кислоти із топкових газів. Очистка газів від оксиду сірки (II). Абсорбція водою. Вапняковий і вапняний методи. Магнетитовий, цинковий, аміачний методи. Схема установки очищення газу від оксиду сірки (II) з отриманням нітрат-фосфат амонію. Сульфід-бісульфідні методи з використанням соди та гідроксиду натрію. Література: [2, 3, 4, 5]. Завдання на СРС. Очистка газових сумішей від сірковуглецю. Література: [8, 9, 10].</p>	2
3	<p><b>Очищення газів від сірководню.</b> Утворення викидів сірководню. Вакуум-карбонатний та фосфатний методи. Етаноламіновий та залізо-содовий методи. Рекуперація сірководню методом Клауса. Література: [2, 3, 4, 5]. Завдання на СРС. Очистка газових сумішей від меркаптанів.</p>	2

	<i>Література: [8, 9, 10].</i>	
4	<p><b>Очищення газів від оксидів азоту.</b>  Утворення викидів оксидів азоту. Схема виробництва азотної кислоти. Абсорбція водою з добавками пероксиду водню. Абсорбція лугами та селективними сорбентами. Очищення з використанням сечовини та нітрозилсірчаної кислоти. Знешкодження регенованих нітрозних газів шляхом каталітичного відновлення.  Література: [2, 3, 4, 5].  Завдання на СРС. Шляхи зменшення викидів оксидів азоту.  Література: [1, 9, 11, 13].</p>	2
5	<p><b>Очищення газів від сполук фтору.</b>  Утворення викидів фтористого водню та тетрафториду кремнію. Схема виробництва простого суперфосфату. Абсорбція водою, вапняним молоком. Уловлення фтористих газів розчином, що містять амонійні солі. Утилізація фтористих газів.  Література: [2, 3, 4, 5].  Завдання на СРС. Шляхи використання уловлених фтористих газів в промисловості.  Література: [1, 9, 11, 13].</p>	1
6	<p><b>Очищення газів від сполук хлору.</b>  Утворення викидів хлору та хлористого водню. Абсорбція водою та водними розчинами лугів. Використання тетрахлориду вуглецю та титану. Утилізація хлорвмісних газів.  Література: [2, 3, 4, 5].  Завдання на СРС. Шляхи використання уловлених хлорвмісних газів в промисловості.  Література: [1, 9, 11, 13].</p>	1
7	<p><b>Очищення газів від оксидів вуглецю.</b>  Утворення викидів оксидів вуглецю. Абсорбція оксиду вуглецю (II) мідь-алюміній-хлоридним та мідноаміачним розчинами. Очищення від оксиду вуглецю (II) промиванням рідким азотом. Метод гідрування залишкових кількостей оксидів вуглецю. Очищення газів від оксиду вуглецю (IV) водною абсорбцією. Етаноламінове очищення. Очищення гарячим розчином поташу.  Література: [2, 3, 4, 5].  Завдання на СРС. Шляхи зменшення викидів парникових газів.  Література: [1, 9, 15, 17].</p>	2
8	<p><b>Адсорбційні методи очищення від парів та газів.</b>  Кінетичні закономірності процесу адсорбції. Десорбція поглинених речовин. Характеристика промислових адсорбентів. Вимоги до адсорбентів в процесах газоочищення. Адсорбційне обладнання з рухомим та нерухомим шаром адсорбенту.  Література: [2, 3, 4, 5].  Завдання на СРС. Шляхи поводження з відпрацьованими адсорбентрами.  Література: [8, 9, 10, 12].</p>	2
9	<p><b>Каталітичні методи очищення від парів та газів.</b>  Каталітичне очищення газів. Сутність і види каталізу. Промислові каталізатори. Конструкції контактних апаратів. Апарати з киплячим шаром каталізатора. Очищення каталітичним методом від органічних сполук. Схема установки каталітичного допалювання відхідних газів.  Література: [2, 3, 4, 5].</p>	2

	<i>Завдання на СРС. Шляхи поводження з відпрацьованими каталізаторами. Література: [8, 9, 10, 12].</i>	
10	<b>МКР</b>	2
	<b>Всього</b>	<b>18</b>

### Лабораторні заняття

У системі професійної підготовки студентів лабораторні заняття займають 50 % аудиторного навантаження. Будучи доповненням до лекційного курсу, вони закладають і формують основи кваліфікації бакалавра з екології. Метою лабораторно-практичних занять є розвиток у студентів експериментальних навичок, дослідницького підходу до вивчення предмету, закріплення теоретичного матеріалу.

№ з/п	Назва лабораторної роботи	Кількість аудиторних годин
1	<i>Вступ. Інструктаж з техніки безпеки, ознайомлення з програмою лабораторних робіт, видача методичної літератури</i>	1
2	<i>Визначення концентрації токсичних речовин у повітрі за допомогою газоаналізатора УГ-2</i>	5
3	<i>Визначення концентрації соляної кислоти у повітрі</i>	5
4	<i>Визначення вмісту аміаку в атмосфері довкілля</i>	4
5	<i>Визначення забрудненості атмосферного повітря за допомогою ліхеноіндикації</i>	4
6	<i>Експрес-метод визначення вуглекислого газу у повітрі</i>	5
7	<i>Визначення вмісту радіонуклідів цезію та калію у витяжці листового опаду методом гамма-радіометрії</i>	5
8	<i>Визначення бета-активності продукції листового походження шляхом радіометрії її зольних залишків</i>	5
	<i>Залік</i>	2
	<b>Всього годин</b>	<b>36</b>

### Практичні заняття

У системі професійної підготовки бакалаврів по даній дисципліні практичні заняття займають 25 % аудиторного навантаження. Будучи доповненням до лекційного курсу, вони закладають і формують основи кваліфікації бакалавра в галузі екології, а саме захисту атмосфери від антропогенного впливу. Зміст цих занять і методика їх проведення повинні забезпечувати розвиток творчої активності особистості. Вони розвивають наукове мислення і здатність користуватися спеціальною термінологією, дозволяють перевірити знання, тому даний вид роботи виступає важливим засобом оперативного зворотного зв'язку. Практичні заняття повинні виконувати не тільки пізнавальну і виховну функції, але й сприяти зростанню бакалаврів як творчих працівників в області охорони навколишнього природного середовища.

Основні завдання циклу практичних занять:

- допомогти бакалаврам систематизувати, закріпити і поглибити знання теоретичного характеру в області фундаментальних методів та технологій очищення повітря;

- навчити бакалаврів прийомам вирішення практичних завдань, сприяти оволодінню навичками та вміннями виконання розрахунків, графічних та інших завдань;
- навчити їх працювати з науковою та довідковою літературою і схемами;
- формувати вміння вчитися самостійно, тобто опановувати методами, способами і прийомами самонавчання, саморозвитку і самоконтролю.

№ з/п	Назва теми практичного заняття та перелік основних питань (перелік дидактичного забезпечення, посилання на літературу та завдання на СРС)	Годин
1	<b>Розрахунок матеріального балансу процесу газоочищення.</b> Література: [6].	2
2	<b>Розрахунок відцентрового скрубера для видалення хлору.</b> Література: [6].	2
3	<b>Розрахунок відцентрового скрубера для видалення хлористого водню.</b> Література: [6].	3
4	<b>Розрахунок відцентрового скрубера для охолодження газового потоку.</b> Література: [6].	3
5	<b>Розрахунок відцентрового скрубера як краплевловлювача скрубера Вентурі.</b> Література: [6].	2
6	<b>Розрахунок відцентрового скрубера як краплевловлювача скрубера Вентурі.</b> Література: [6].	3
7	<b>Розрахунок скрубера Вентурі для видалення оксиду сірки (II).</b> Література: [6].	3
	<b>Всього</b>	<b>18</b>

## 6. Самостійна робота студента/аспіранта

Самостійна робота займає 40 % часу вивчення кредитного модуля, включаючи і підготовку до заліку. Головне завдання самостійної роботи студентів – це опанування наукових знань в областях, що не увійшли у перелік лекційних питань шляхом особистого пошуку інформації, формування активного інтересу до творчого підходу у навчальній роботі. У процесі самостійної роботи в рамках освітнього компоненту студент повинен навчатися глибоко аналізувати сучасні підходи до розробки та впровадження новітніх технологій очищення забруднених відхідних газів, виходячи із концентрацій забруднюючих домішок і нормативів викидів газової суміші. Студент повинен вміти створювати найбільш ефективні методи очищення забруднених газів.

№ з/п	Назва теми, що виноситься на самостійне опрацювання	Кількість годин СРС
<b>Абсорбційні методи очищення від парів та газів.</b>		
1	Рівновага в системах газ-рідина. Кінетичні закономірності процесу абсорбції. Системи газ-рідина, що використовуються в промисловості. Абсорбційне обладнання. Трубчасті плівкові абсорбери. Насадкові абсорбери, характеристики насадок. Тарілчасті абсорбери з провальними та переливними тарілками, абсорбери з рухомою насадкою. Література: [2, 3, 4, 5].	6



	<p><i>Завдання на СРС. Недоліки абсорбційних методів очищення від парів та газів.</i></p> <p><i>Література: [10, 12, 14].</i></p>	
<b>Очищення газів від оксиду сірки (II).</b>		
2	<p><i>Утворення викидів оксидів сірки (II). Схема контактного виробництва сірчаної кислоти. Схема процесів одержання сірчаної кислоти із топкових газів. Очистка газів від оксиду сірки (II). Абсорбція водою. Вапняковий і вапняний методи. Магnezитовий, цинковий, аміачний методи. Схема установки очищення газу від оксиду сірки (II) з отриманням нітрат-фосфат амонію. Сульфiт-бісульфiтні методи з використанням соди та гідроксиду натрію.</i></p> <p><i>Література: [2, 3, 4, 5].</i></p> <p><i>Завдання на СРС. Очистка газових сумішей від сірковуглецю.</i></p> <p><i>Література: [8, 9, 10].</i></p>	6
<b>Очищення газів від сірководню.</b>		
3	<p><i>Утворення викидів сірководню. Вакуум-карбонатний та фосфатний методи. Етаноламіновий та залізо-содовий методи. Рекуперація сірководню методом Клауса.</i></p> <p><i>Література: [2, 3, 4, 5].</i></p> <p><i>Завдання на СРС. Очистка газових сумішей від меркаптанів.</i></p> <p><i>Література: [8, 9, 10].</i></p>	6
<b>Очищення газів від оксидів азоту.</b>		
4	<p><i>Утворення викидів оксидів азоту. Схема виробництва азотної кислоти. Абсорбція водою з добавками пероксиду водню. Абсорбція лугами та селективними сорбентами. Очищення з використанням сечовини та нітрозилсірчаної кислоти. Знешкодження регенованих нітрозних газів шляхом каталітичного відновлення.</i></p> <p><i>Література: [2, 3, 4, 5].</i></p> <p><i>Завдання на СРС. Шляхи зменшення викидів оксидів азоту.</i></p> <p><i>Література: [1, 9, 11, 13].</i></p>	5
5	<b>Очищення газів від сполук фтору.</b>	
	<p><i>Утворення викидів фтористого водню та тетрафториду кремнію. Схема виробництва простого суперфосфату. Абсорбція водою, вапняним молоком. Уловлення фтористих газів розчином, що містять амонійні солі. Утилізація фтористих газів.</i></p> <p><i>Література: [2, 3, 4, 5].</i></p> <p><i>Завдання на СРС. Шляхи використання уловлених фтористих газів в промисловості.</i></p> <p><i>Література: [1, 9, 11, 13].</i></p>	5
6	<b>Очищення газів від сполук хлору.</b>	
	<p><i>Утворення викидів хлору та хлористого водню. Абсорбція водою та водними розчинами лугів. Використання тетрахлориду вуглецю та титану. Утилізація хлорвмісних газів.</i></p> <p><i>Література: [2, 3, 4, 5].</i></p> <p><i>Завдання на СРС. Шляхи використання уловлених хлорвмісних газів в промисловості.</i></p> <p><i>Література: [1, 9, 11, 13].</i></p>	4
7	<b>Очищення газів від оксидів вуглецю.</b>	
	<p><i>Утворення викидів оксидів вуглецю. Абсорбція оксиду вуглецю (II) мідь-алюміній-хлоридним та мідноаміачним розчинами. Очищення від оксиду вуглецю (II) промиванням рідким азотом. Метод гідрування залишкових кількостей оксидів вуглецю. Очищення газів від оксиду</i></p>	4

	вуглецю (IV) водною абсорбцією. Етаноламінове очищення. Очищення гарячим розчином поташу. Література: [2, 3, 4, 5]. Завдання на СРС. Шляхи зменшення викидів парникових газів. Література: [1, 9, 15, 17].	
8	<b>Адсорбційні методи очищення від парів та газів.</b>	
	Кінетичні закономірності процесу адсорбції. Десорбція поглинених речовин. Характеристика промислових адсорбентів. Вимоги до адсорбентів в процесах газоочищення. Адсорбційне обладнання з рухомим та нерухомим шаром адсорбенту. Література: [2, 3, 4, 5]. Завдання на СРС. Шляхи поводження з відпрацьованими адсорбентами. Література: [8, 9, 10, 12].	4
9	<b>Каталітичні методи очищення від парів та газів.</b>	
	Каталітичне очищення газів. Сутність і види каталізу. Промислові каталізатори. Конструкції контактних апаратів. Апарати з киплячим шаром каталізатора. Очищення каталітичним методом від органічних сполук. Схема установки каталітичного допалювання відхідних газів. Література: [2, 3, 4, 5]. Завдання на СРС. Шляхи поводження з відпрацьованими каталізаторами. Література: [8, 9, 10, 12].	4
	Підготовка до МКР	2
	Підготовка до заліку	2
	Всього годин	48

### Забезпечення програмних результатів складовими освітнього компоненту

Програмний результат	Лекційні заняття	Практичні та лабораторні заняття, індивідуальні завдання
Розробляти і реалізовувати проекти, що стосуються технологій та обладнання хімічних виробництв, беручи до уваги цілі, ресурси, наявні обмеження, соціальні та економічні аспекти та ризику	<u>Лекція 2. Очищення газів від оксиду сірки (II).</u> <u>Лекція 3. Очищення газів від сірководню.</u> <u>Лекція 4. Очищення газів від оксидів азоту.</u> <u>Лекція 5. Очищення газів від сполук фтору.</u> <u>Лекція 6. Очищення газів від сполук хлору.</u> <u>Лекція 7. Очищення газів від оксидів вуглецю.</u> <u>Лекція 9. Каталітичні методи очищення від парів та газів.</u>	<u>Практичне заняття 1.</u> <u>Розрахунок матеріального балансу процесу газоочищення.</u>
Розробляти проектну документацію, враховуючи вимоги стандартів	<u>Лекція 1. Абсорбційні методи очищення від парів та газів.</u> <u>Лекція 8. Адсорбційні методи очищення від парів та газів.</u> <u>Лекція 9. Каталітичні методи</u>	<u>Практичне заняття 2.</u> <u>Розрахунок відцентрового скрубера для видалення хлору.</u> <u>Практичне заняття 3.</u>

	очищення від парів та газів.	<p>Розрахунок відцентрового скрубера для видалення хлористого водню.</p> <p><u>Практичне заняття 4.</u></p> <p>Розрахунок відцентрового скрубера для охолодження газового потоку.</p> <p><u>Практичне заняття 5.</u></p> <p>Розрахунок відцентрового скрубера як краплевловлювача скрубера Вентурі.</p> <p><u>Практичне заняття 6.</u></p> <p>Розрахунок відцентрового скрубера як краплевловлювача скрубера Вентурі.</p> <p><u>Практичне заняття 7.</u></p> <p>Розрахунок скрубера Вентурі для видалення оксиду сірки (II).</p>
--	------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

## Політика та контроль

### 7. Політика навчальної дисципліни

#### Правила відвідування занять та поведінки на заняттях

Студенти зобов'язані брати активну участь в навчальному процесі, не спізнюватися на заняття та не пропускати їх без поважної причини, не заважати викладачу проводити заняття, не відволікатися на дії, що не пов'язані з навчальним процесом.

#### Правила призначення заохочувальних та штрафних балів

- заохочувальні бали можуть нараховуватись викладачем виключно за виконання творчих робіт з дисципліни або додаткового проходження он-лайн профільних курсів з отриманням відповідного сертифікату:

<https://www.coursera.org/learn/climate-change-mitigation>

<https://www.coursera.org/learn/earth-climate-change>

<https://www.coursera.org/learn/act-on-climate>

Але їхня сума не може перевищувати 10 % від рейтингової шкали.

- штрафні бали в рамках навчальної дисципліни не передбачені.

#### Політика дедлайнів та перескладань

У разі виникнення заборгованостей з навчальної дисципліни або будь-яких форс-мажорних обставин, студенти мають зв'язатися з викладачем по доступних (наданих викладачем) каналах зв'язку для розв'язання проблемних питань та узгодження алгоритму дій для відпрацювання.

#### Політика академічної доброчесності

Плагіат та інші форми недоброчесної роботи неприпустимі. До плагіату відноситься відсутність посилань при використанні друкованих та електронних матеріалів, цитат, думок інших авторів. Неприпустимі підказки та списування під час написання тестів, проведення

занять; здача заліку за іншого студента; копіювання матеріалів, захищених системою авторського права, без дозволу автора роботи.

Політика та принципи академічної доброчесності визначені у розділі 3 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>

#### **Політика академічної поведінки і етики**

Студенти мають бути толерантним, поважати думку оточуючих, заперечення формулювати в коректній формі, конструктивно підтримувати зворотний зв'язок на заняттях.

Норми етичної поведінки студентів і працівників визначені у розділі 2 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>

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

Розподіл навчального часу за видами занять і завдань з дисципліни згідно з робочим навчальним планом:

Семестр	Навчальний час		Розподіл навчальних годин				Контрольні заходи		
	Кредити	акад. год.	Лекції	Практичні	Лаб. роб.	СРС	МКР	РГР	Семестровий контроль
3	4	120	18	18	36	48	1	–	залік

#### **Рейтинг студента з дисципліни складається з балів, що він отримує за:**

Рейтинг студента з кредитного модуля складається з балів, що він отримує за роботу на лабораторних роботах та за написання модульної контрольної роботи.

Семестровим контролем є залік.

#### **Система рейтингових (вагових) балів та критерії оцінювання**

Система рейтингових балів та критерії оцінювання:

#### Виконання лабораторних робіт.

Ваговий бал за лабораторні роботи складає 9 балів. Максимальна кількість балів за всі лабораторні роботи дорівнює:

$$9 \text{ балів} \times 7 \text{ робіт} = 49 \text{ балів}$$

Критерії оцінювання виконання лабораторного завдання

<b>Повнота та ознаки виконання завдання</b>	<b>Бали</b>
Завдання виконане в повній мірі	9
Незначні недоліки за пунктом 1	8
Несвоєчасне виконання завдання	7
Несвоєчасне виконання завдання, недоліки за п. 1	3-6
Неякісне виконання завдання	1-2
Невиконання завдання	0

#### Модульна контрольна робота

Ваговий бал – 51 бал. Максимальна кількість балів за контрольну роботу дорівнює:

$$51 \text{ бал} \times 1 \text{ роботу} = 51 \text{ балів}$$

### Критерії оцінювання контрольних робіт

<b>Повнота та ознаки відповіді</b>	<b>Бали</b>
Повна відповідь	45-51
У відповіді не наведено другорядні чи залежні від основних параметри (матеріали)	35-44
У відповіді не наведено половину основних і кілька другорядних параметрів чи матеріалів	25-34
Відповідь поверхнева без аналізу параметрів, умов, матеріалів, фактів, неповні висновки	11-24
Контрольна робота не захищена	0-10

Таким чином рейтингова семестрова шкала з кредитного модуля складає:

$$R = 7 \times 9 + 51 = 100 \text{ балів}$$

За результатами навчальної роботи за перші 7 тижнів «ідеальний студент» має набрати 40 балів. На першій атестації (8-й тиждень) студент отримує «зараховано», якщо його поточний рейтинг не менше 20 балів.

За результатами навчальної роботи за 13 тижнів навчання «ідеальний студент» має набрати 90 балів. На другій атестації (14-й тиждень) студент отримує «зараховано», якщо його поточний рейтинг не менше 45 балів.

Максимальна сума балів складає 100. Для отримання заліку з дисципліни «автоматом» потрібно мати рейтинг не менше 60 балів. Необхідною умовою допуску до заліку є здача всіх лабораторних робіт і написання модульної контрольної роботи.

Студенти, які наприкінці семестру мають рейтинг менше 60 балів, а також ті, хто хоче підвищити оцінку в системі ECTS, виконують залікову контрольну роботу без стартової оцінки. Завдання контрольної роботи складається з 100 тестових питань різних розділів робочої програми дисципліни. Кожне питання контрольної роботи оцінюється в 1 бал.

Якщо оцінка за залікову контрольну роботу менша ніж за рейтингом, здобувач отримує більшу з оцінок, що отримані за результатами залікової контрольної роботи або за рейтингом.

Сума балів за контрольних заходів продовж семестру та за залікову контрольну роботу переводиться до залікової оцінки згідно з таблицею.

<b>Кількість балів</b>	<b>Оцінка</b>
95...100	відмінно
85...94	дуже добре
75...84	добре
65...74	задовільно
60...64	достатньо
RD < 60	незадовільно
Не виконані умови допуску	не допущено

## 9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

### Приблизний перелік питань, які виносяться на семестровий контроль

1. Опишіть уловлювання туманів.
2. Опишіть рівновагу в системах газ-рідина. Назвіть кінетичні закономірності.
3. Визначте основи процесу абсорбції та абсорбційне обладнання.
4. Охарактеризуйте очистку газів від оксиду сірки (II).
5. Охарактеризуйте очистку газів від сірководню.
6. Охарактеризуйте очистку газових сумішей від сірковуглецю та меркаптанів.
7. Охарактеризуйте очистку газів від оксидів азоту.

8. Охарактеризуйте очистку газів від фторвмісних сполук.
9. Наведіть кінетичні закономірності адсорбції.
10. Опишіть десорбцію поглинених речовин.
11. Визначте основи процесу адсорбційних та хемосорбційних методів.
12. Охарактеризуйте адсорбцію парів летючих розчинників.
13. Визначте сутність і види каталізу.
14. Що таке лімітуюча стадія процесу?
15. Які промислові каталізатори використовують в процесах очистки?
16. Наведіть конструкції контактних апаратів та апаратів з киплячим шаром каталізатора.
  17. Як відбувається очищення каталітичним методом від органічних сполук?
  18. Наведіть схему очищення забруднених газів виробництва кухонних покриттів.
  19. Обґрунтуйте очищення газових викидів від оксиду сірки (II) за допомогою вапняку: фізико-хімічні основи методу, опис технологічної схеми, переваги та недоліки методу.
  20. Обґрунтуйте магнезитовий метод очищення газових викидів від оксиду сірки (II): фізико-хімічні основи методу, опис технологічної схеми, переваги і недоліки методу, область використання.
  21. Охарактеризуйте CO, його абсорбцію мідь - алюміній - хлоридними розчинами.
  22. Проаналізуйте поглинання оксиду вуглецю (II) мідно-аміачним розчином.
  23. Метод метанування. Уловлювання CO рідким азотом.
  24. Дайте оцінку методів очищення газів від діоксиду вуглецю.
  25. Вкажіть коротку характеристику сірководню. Наведіть класифікацію засобів очищення газів від сірководню.
  26. Обґрунтуйте залізно-содовий метод очищення газів від сірководню: фізико-хімічні основи методу, опис технологічної схеми.
  27. Проаналізуйте методи очищення газів від оксидів азоту.
  28. Дайте оцінку відновних методів очищення газів від оксидів азоту.
  29. Проаналізуйте каталітичні методи очищення газів від оксидів азоту. Фізико-хімічні основи каталітичного відновлення оксидів азоту.
  30. Проаналізуйте високотемпературний метод каталітичного відновлення оксидів азоту монооксидом вуглецю, метаном, воднем: фізико-хімічні основи методу, опис технологічної схеми, область використання.
  31. Аміачно-каталітичний метод очищення газів від оксидів азоту: фізико-хімічні основи методу, опис технологічної схеми.
  32. Проаналізуйте селективні методи очищення газів від оксидів азоту. Фізико-хімічні основи методів.
  33. Які існують джерела утворення та методи очищення газів від галогенів та їх сполук?
  34. Охарактеризуйте метод очищення газових викидів від фтору та сполук при виробництві суперфосфату, наведіть фізико-хімічні основи методу, дайте опис технологічної схеми.
  35. Як відбувається поглинання хлору у виробництві хлорного вапна. Дайте фізико-хімічні основи, опис методу, область використання.
  36. Опишіть очищення від HCl газів у виробництві соляної кислоти.

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

**Складено** д.т.н., професором Іваненко О. І.

**Ухвалено** кафедрою Е та ТРП (протокол № 14 від 18.05.2023 р.)

**Погоджено** методичною комісією ІХФ ( протокол № 10 від 26.05.2023 р.)