



Основи процесів очищення промислових викидів від парів та газів

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (освітньо-професійний)</i>
Галузь знань	<i>10 Природничі науки</i>
Спеціальність	<i>101 Екологія</i>
Освітня програма	<i>Екологічна безпека</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>Заочна</i>
Рік підготовки, семестр	<i>2курс/ осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>4 кредити ЕКТС (120 годин)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік</i>
Розклад занять	<i>4 години лекційних. 2 години практичних та 2 години лабораторних занять</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: https://eco-paper.kpi.ua/pro-kafedru/vykladachi/ivanenko-olena-ivanivna.html Практичні: https://eco-paper.kpi.ua/pro-kafedru/vykladachi/ivanenko-olena-ivanivna.html Лабораторні: https://eco-paper.kpi.ua/pro-kafedru/vykladachi/ivanenko-olena-ivanivna.html
Розміщення курсу	<i>https://eco-paper.kpi.ua/navchannia/sylabusy.html</i>

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 до оцінки впливу процесів техногенезу на стан навколишнього середовища та виявлення екологічних ризиків, пов'язаних з виробничою діяльністю
- Здатність до опанування міжнародного та вітчизняного досвіду вирішення регіональних та транскордонних екологічних проблем
- Здатність розробляти проектну та робочу технічну документацію у галузі природоохоронних технологій, складати конструктивні схеми з елементами обладнання та промислових будівель, оформляти завершені проектно-конструкторські розробки
- Здатність вдосконалювати, проектувати, реалізовувати та експлуатувати технології та обладнання очищення та переробки вихідних газів, стічних вод та твердих відходів
- Здатність застосовувати сучасні методи та засоби контролю стану атмосферного повітря, природних вод, ґрунтів та біоти, визначати рівень забрудненості природних та промислових матеріалів радіоактивними елементами, володіти методиками оцінки впливу несприятливих факторів на живі організми, визначати адаптивні можливості людського організму в умовах середовища
- Здатність розрізняти технологічні процеси виробництв, визначати джерела і шляхи надходження у навколишнє природне середовище шкідливих компонентів, оцінювати їх вплив на стан здоров'я людини та якість довкілля

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:

- Проводити лабораторні дослідження із застосуванням сучасних приладів, забезпечувати достатню точність вимірювання та достовірність результатів, обробляти отримані результати
- Застосовувати методології та технології проектування, реалізації та впровадження природоохоронних технологій та обладнання, здійснювати проектно-конструкторську діяльність
- Розробляти технології, використовувати процеси та апарати, що забезпечують ефективне розділення, концентрування, вилучення, деструкцію шкідливих домішок у водних системах і газових середовищах, переробку та утилізацію відходів.

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 екологія”, “Спеціальні розділи біогеохімії”, “Хімія з основами біогеохімії”.

Дисципліна «Основи процесів очищення промислових викидів від парів та газів» є фундаментальною основою для вивчення наступних дисциплін: «Моніторинг довкілля», «Моделювання і прогнозування стану довкілля», «Нормування антропогенного навантаження на навколишнє середовище», «Екологічна та природно-техногенна безпека», «Техноекологія», 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 регенерованих 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.
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. Методи розрахунку систем комплексного пило- та газоочищення. Монографія/ М.І. Шиляєв, Є.М. Хромова. М: Видавництво АСВ, 2018. 196 с.
5. Основи процесів очищення промислових викидів від пилу. 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.
6. 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

7. 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.
8. Северин Л. І., Петрук В. Г., Безвозюк І. І., Васильківський І. В. Природоохоронні технології (захист атмосфери) / Ч.І: Навчальний посібник. Вінниця : УНІВЕРСУМ–Вінниця, 2010.
9. Ратушняк Г.С., Лялюк О. Г. Засоби очищення газових викидів. Навчальний посібник. Вінниця : УНІВЕРСУМ–Вінниця, 2008. 207 с.
10. Джигирей В. С. Екологія та охорона навколишнього природного середовища: навчальний посібник. Київ : Знання, 2007. 422 с.

Інформаційні ресурси в Інтернеті

11. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України / [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://mep.gov.ua/>
12. Електронний архів наукових та освітніх матеріалів КПІ ім. Ігоря Сікорського / [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ela.kpi.ua/>
13. Професійна Асоціація Екологів України / [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://pae.com.ua/>
14. Науково-технічна бібліотека ім. Г.І. Денисенка / [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://library.kpi.ua>
15. Національна бібліотека ім. В.І. Вернадського / [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.nbuv.gov.ua/>

5. Методика опанування навчальної дисципліни

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>Абсорбційні методи очищення від парів та газів. 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]. Завдання на СРС. Недоліки абсорбційних методів очищення від парів та газів. Література: [9].</p>	0,3
2	<p>Очищення газів від оксиду сірки (II). 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. Сульфит-бісульфитні методи з використанням соди та гідроксиду натрію. Література: [2, 3, 4]. Завдання на СРС. Очистка газових сумішей від сірковуглецю. Література: [7, 8, 9].</p>	0,2
3	<p>Очищення газів від сірководню. Утворення викидів сірководню. Вакуум-карбонатний та фосфатний методи. Етаноламіновий та залізо-содовий методи. Рекуперація сірководню методом Клауса. Література: [2, 3, 4]. Завдання на СРС. Очистка газових сумішей від меркаптанів.</p>	0,2

	<i>Література: [7, 8, 9].</i>	
4	<p>Очищення газів від оксидів азоту. 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]. Завдання на СРС. Шляхи зменшення викидів оксидів азоту. Література: [1, 8, 10].</p>	0,2
5	<p>Очищення газів від сполук фтору. 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]. Завдання на СРС. Шляхи використання уловлених фтористих газів в промисловості. Література: [1, 8, 10].</p>	0,2
6	<p>Очищення газів від сполук хлору. Утворення викидів хлору та хлористого водню. Абсорбція водою та водними розчинами лугів. Використання тетрахлориду вуглецю та титану. Утилізація хлорвмісних газів. Література: [2, 3, 4]. Завдання на СРС. Шляхи використання уловлених хлорвмісних газів в промисловості. Література: [1, 8, 10].</p>	0,2
7	<p>Очищення газів від оксидів вуглецю. 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]. Завдання на СРС. Шляхи зменшення викидів парникових газів. Література: [1, 8].</p>	0,2
8	<p>Адсорбційні методи очищення від парів та газів. Кінетичні закономірності процесу адсорбції. Десорбція поглинутих речовин. Характеристика промислових адсорбентів. Вимоги до адсорбентів в процесах газоочищення. Адсорбційне обладнання з рухомим та нерухомим шаром адсорбенту. Література: [2, 3, 4]. Завдання на СРС. Шляхи поводження з відпрацьованими адсорбентрами. Література: [7, 8, 9].</p>	0,2
9	<p>Каталітичні методи очищення від парів та газів. 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].</p>	0,3

	<i>Завдання на СРС. Шляхи поводження з відпрацьованими каталізаторами. Література: [7, 8, 9].</i>	
10	МКР	2
	Всього	4

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.

<i>№ з/п</i>	<i>Назва лабораторної роботи</i>	<i>Кількість аудиторних годин</i>
1	<i>Вступ. Інструктаж з техніки безпеки, ознайомлення з програмою лабораторних робіт, видача методичної літератури</i>	0,1
2	<i>Визначення концентрації токсичних речовин у повітрі за допомогою газоаналізатора УГ-2</i>	0,6
3	<i>Визначення концентрації соляної кислоти у повітрі</i>	0,6
4	<i>Визначення вмісту аміаку в атмосфері довкілля</i>	0,7
Всього годин		2

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	Розрахунок матеріального балансу процесу газоочищення. Література: [4].	0,5
2	Розрахунок скрубера Вентурі для видалення оксиду сірки (II). Література: [4].	1,5
	Всього	2

6. Самостійна робота студента

Самостійна робота займає 93 % 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
Абсорбційні методи очищення від парів та газів.		
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. Завдання на СРС. Недоліки абсорбційних методів очищення від парів та газів. Література: [9].	12
Очищення газів від оксиду сірки (II).		
2	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. Завдання на СРС. Очистка газових сумішей від сірковуглецю. Література: [7, 8, 9].	12
Очищення газів від сірководню.		
3	Утворення викидів сірководню. Вакуум-карбонатний та фосфатний методи. Етаноламіновий та залізо-содовий методи. Рекуперація сірководню методом Клауса. Завдання на СРС. Очистка газових сумішей від меркаптанів. Література: [7, 8, 9].	12
Очищення газів від оксидів азоту.		

4	<p>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.</p> <p>Завдання на СРС. Шляхи зменшення викидів оксидів азоту.</p> <p>Література: [1, 8, 9].</p>	12
5	<p>Очищення газів від сполук фтору.</p> <p>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.</p> <p>Завдання на СРС. Шляхи використання уловлених фтористих газів в промисловості.</p> <p>Література: [1, 8, 10].</p>	12
6	<p>Очищення газів від сполук хлору.</p> <p>Утворення викидів хлору та хлористого водню. Абсорбція водою та водними розчинами лугів. Використання тетрахлориду вуглецю та титану. Утилізація хлорвмісних газів.</p> <p>Завдання на СРС. Шляхи використання уловлених хлорвмісних газів в промисловості.</p> <p>Література: [1, 8, 10].</p>	12
7	<p>Очищення газів від оксидів вуглецю.</p> <p>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.</p> <p>Завдання на СРС. Шляхи зменшення викидів парникових газів.</p> <p>Література: [1, 8].</p>	12
8	<p>Адсорбційні методи очищення від парів та газів.</p> <p>Кінетичні закономірності процесу адсорбції. Десорбція поглинених речовин. Характеристика промислових адсорбентів. Вимоги до адсорбентів в процесах газоочищення. Адсорбційне обладнання з рухомим та нерухомим шаром адсорбенту.</p> <p>Завдання на СРС. Шляхи поводження з відпрацьованими адсорбентрами.</p> <p>Література: [7, 8, 9].</p>	12
9	<p>Каталітичні методи очищення від парів та газів.</p> <p>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.</p> <p>Завдання на СРС. Шляхи поводження з відпрацьованими каталізаторами.</p> <p>Література: [7, 8, 9].</p>	12
	Підготовка до МКР	2
	Підготовка до заліку	2
	Всього годин	112

Забезпечення програмних результатів складовими освітнього компоненту

Програмний результат	Лекційні заняття	Практичні та лабораторні заняття, індивідуальні завдання
Проводити лабораторні дослідження із застосуванням сучасних приладів, забезпечувати достатню точність вимірювання та достовірність результатів, обробляти отримані результати		<p><u>Лабораторне заняття 1. Визначення концентрації токсичних речовин у повітрі за допомогою газоаналізатора УГ-2.</u></p> <p><u>Лабораторне заняття 2. Визначення концентрації соляної кислоти у повітрі.</u></p> <p><u>Лабораторне заняття 3. Визначення вмісту аміаку в атмосфері довкілля.</u></p>
Застосовувати методології та технології проектування, реалізації та впровадження природоохоронних технологій та обладнання, здійснювати проектно-конструкторську діяльність	<p><u>Лекція 2. Очищення газів від оксиду сірки (II).</u></p> <p><u>Лекція 3. Очищення газів від сірководню.</u></p> <p><u>Лекція 4. Очищення газів від оксидів азоту.</u></p> <p><u>Лекція 5. Очищення газів від сполук фтору.</u></p> <p><u>Лекція 6. Очищення газів від сполук хлору.</u></p> <p><u>Лекція 7. Очищення газів від оксидів вуглецю.</u></p> <p><u>Лекція 9. Каталітичні методи очищення від парів та газів.</u></p>	<p><u>Практичне заняття 1. Розрахунок матеріального балансу процесу газоочищення.</u></p>
Розробляти технології, використовувати процеси та апарати, що забезпечують ефективне розділення, концентрування, вилучення, деструкцію шкідливих домішок у водних системах і газових середовищах, переробку та утилізацію відходів.	<p><u>Лекція 1. Абсорбційні методи очищення від парів та газів.</u></p> <p><u>Лекція 8. Адсорбційні методи очищення від парів та газів.</u></p> <p><u>Лекція 9. Каталітичні методи очищення від парів та газів.</u></p>	<p><u>Практичне заняття 2. Розрахунок скрубера Вентурі для видалення оксиду сірки (II).</u></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	4	2	2	112	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 практичних заняттях, за написання модульної та залікової контрольних робіт.

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 7 балів. Максимальна кількість балів за всі лабораторні роботи дорівнює:

$$7 \text{ балів} \times 3 \text{ роботи} = 21 \text{ бал}$$

Критерії оцінювання виконання лабораторного завдання

Повнота та ознаки виконання завдання	Бали
Завдання виконане в повній мірі	7
Незначні недоліки за пунктом 1	6-5
Несвоєчасне виконання завдання, недоліки за п. 1	4-3
Невиконання завдання	0

Робота на практичних заняттях.

Ваговий бал за роботу на практичних заняттях складає 2 бали. Максимальна кількість балів за всі практичні роботи дорівнює:

$$2 \text{ бали} \times 2 \text{ роботи} = 4 \text{ бали}$$

Критерії оцінювання роботи на практичних заняттях

Повнота та ознаки виконання роботи	Бали
Активна творча робота	2
Плідна робота	1
Невиконання роботи	0

Модульна контрольна робота

Ваговий бал – 15 балів. Максимальна кількість балів за контрольну роботу дорівнює:

$$15 \text{ балів} \times 1 \text{ роботу} = 15 \text{ балів}$$

Критерії оцінювання контрольних робіт

Повнота та ознаки відповіді	Бали
Повна відповідь	14-15
Достатньо повна відповідь з деякими неточностями	12-13
У відповіді не наведено другорядні чи залежні від основних параметри (матеріали)	10-11
У відповіді не наведено половину основних і кілька другорядних параметрів чи матеріалів	7-9
Відповідь поверхнева без аналізу параметрів, умов, матеріалів, фактів, неповні висновки	3-6
Контрольна робота не зарахована	0-2

Залікова контрольна робота

Завдання контрольної роботи складається з 60 тестових питань різних розділів робочої програми дисципліни. Кожне питання контрольної роботи оцінюється в 1 бал.

Необхідною умовою допуску до заліку є здача всіх лабораторних робіт і написання модульної контрольної роботи.

Таким чином рейтингова семестрова шкала з дисципліни складає:

$$R = 7 \times 3 + 2 \times 2 + 15 + 60 = 100 \text{ балів}$$

Максимальна сума балів складає 100. Для отримання заліку з дисципліни «автоматом» потрібно мати рейтинг не менше 60 балів. 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 складової. 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.

Кількість балів	Оцінка
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

Перелік питань, які виносяться на модульну контрольну роботу

1. Розрахувати матеріальний баланс та зобразити блок-схему газоочисних споруд з такими вхідними параметрами:

об'ємна витрата газу $V_f = 27000 \text{ м}^3/\text{год}$;

концентрація H_2S в газах $C_{\text{H}_2\text{S}} = 0,003 \text{ кг/м}^3 = 0,3 \text{ г/м}^3$;

ГДК_{р.з.} $\text{H}_2\text{S} = 0,008 \text{ мг/м}^3$;

ефективність видалення в відцентровому скрубєрі $\eta_1 = 79,27\% = 0,7927$;

ефективність видалення в скрубєрі Вентурі $\eta_2 = 99,67\% = 0,9967$.

2. Розрахувати матеріальний баланс та зобразити блок-схему газоочисних споруд з такими вхідними параметрами:

об'ємна витрата газу $V_f = 40000 \text{ м}^3/\text{год}$;

Концентрація SO_2 в газах $C_{\text{SO}_2} = 0,05 \text{ кг/м}^3 = 50 \text{ г/м}^3$;

ГДК_{р.з.} $\text{SO}_2 = 0,5 \text{ мг/м}^3$;

ефективність видалення в першому скрубєрі Вентурі $\eta_1 = 73,89\% = 0,7389$;

ефективність видалення в другому скрубєрі Вентурі $\eta_2 = 98\% = 0,98$.

3. Розрахувати матеріальний баланс та зобразити блок-схему газоочисних споруд з такими вхідними параметрами:

об'ємна витрата газу $V_f = 50000 \text{ м}^3/\text{год}$;

концентрація NO_2 в газах $C_{\text{NO}_2} = 0,003 \text{ кг/м}^3 = 3 \text{ г/м}^3$;

ГДК_{р.з.} $\text{NO}_2 = 0,2 \text{ мг/м}^3$;

ефективність видалення в відцентровому скрубєрі $\eta_1=92,4\%=0,924$;

ефективність видалення в скрубєрі Вєнтурі $\eta_2= 83,3\%=0,833$.

4. Розрахувати матерiальний баланс та зобразити блок-схему газоочисних споруд з такими вхiдними параметрами:

Об'ємна витрата газу $V_r = 17000 \text{ м}^3/\text{год}$;

концентрацiя SO_2 в газах $C_{\text{SO}_2} = 0,01 \text{ кг}/\text{м}^3 = 10 \text{ г}/\text{м}^3$;

ГДК_{р.з.} $\text{SO}_2 = 0,5 \text{ мг}/\text{м}^3$;

ефективність видалення в скрубєрі Вєнтурі $\eta_1 = 99\% = 0,99$;

ефективність видалення в пiнно-барботажному скрубєрі $\eta_2 = 63,3\% = 0,633$.

5. Розрахувати матерiальний баланс та зобразити блок-схему газоочисних споруд з такими вхiдними параметрами:

Об'ємна витрата газу $V_r = 20000 \text{ м}^3/\text{год}$;

концентрацiя NO в газах $C_{\text{NO}} = 0,0025 \text{ кг}/\text{м}^3 = 2,5 \text{ г}/\text{м}^3$;

ГДК_{р.з.} $\text{NO} = 0,4 \text{ мг}/\text{м}^3$;

ефективність видалення в скрубєрі Вєнтурі $\eta_1 = 90,67\%$;

ефективність видалення в відцентровому скрубєрі $\eta_2 = 99,799\%$.

6. Об'ємна витрата газу $V_r = 45000 \text{ м}^3/\text{год}$;

Концентрацiя Cl_2 в газах $C_{\text{Cl}_2} = 0,005 \text{ кг}/\text{м}^3 = 5 \text{ г}/\text{м}^3$;

ГДК_{р.з.} $\text{Cl}_2 = 0,1 \text{ мг}/\text{м}^3$;

ефективність видалення в першому скрубєрі Вєнтурі $\eta_1=84,135\% = 0,84235$;

ефективність видалення в другому скрубєрі Вєнтурі $\eta_2= 90,9\% = 0,909$.

7. Розрахувати матерiальний баланс та зобразити блок-схему газоочисних споруд з такими вхiдними параметрами:

Об'ємна витрата газу $V_r = 17000 \text{ м}^3/\text{год}$;

концентрацiя SO_2 в газах $C_{\text{SO}_2} = 0,96 \text{ г}/\text{м}^3 = 960 \text{ мг}/\text{м}^3$;

ГДК_{р.з.} $\text{SO}_2 = 0,5 \text{ мг}/\text{м}^3$;

ефективність видалення в відцентровому скрубєрі $\eta_1=98,48\%=0,9848$;

ефективність видалення в скрубєрі Вєнтурі $\eta_2= 60\%=0,6$.

8. Розрахувати матерiальний баланс та зобразити блок-схему газоочисних споруд з такими вхiдними параметрами:

Об'ємна витрата газу $V_r = 50000 \text{ м}^3/\text{год}$;

концентрацiя SO_2 в газах $C_{\text{SO}_2} = 120 \text{ г}/\text{м}^3$;

ГДК_{р.з.} $\text{SO}_2 = 0,5 \text{ мг}/\text{м}^3$;

ефективність видалення в першому скрубєрі Вєнтурі $\eta_1 = 38,27\%=0,3827$;

ефективність видалення в другому скрубєрі Вєнтурі $\eta_2 = 98\%=0,98$;

ефективність видалення в третьому скрубєрі Вєнтурі $\eta_3=99,75\%=0,9975$.

9. Розрахувати матеріальний баланс та зобразити блок-схему газоочисних споруд з такими вхідними параметрами:

Об'ємна витрата газу $V_r = 13000 \text{ м}^3/\text{год}$;

Концентрація NH_3 в газах $C_{\text{NH}_3} = 4,3 \text{ г}/\text{м}^3$;

ГДК_{р.з.} $\text{NH}_3 = 0,2 \text{ мг}/\text{м}^3$;

ефективність видалення в першому відцентровому скрубєрі $\eta_1 = 77,5\% = 0,775$;

ефективність видалення в другому відцентровому скрубєрі $\eta_2 = 99,5\% = 0,995$.

10. Розрахувати матеріальний баланс та зобразити блок-схему газоочисних споруд з такими вхідними параметрами:

Об'ємна витрата газу $V_r = 24500 \text{ м}^3/\text{год}$;

Концентрація SO_2 в газах $C_{\text{SO}_2} = 7 \text{ г}/\text{м}^3$;

ГДК_{р.з.} $\text{SO}_2 = 0,5 \text{ мг}/\text{м}^3$;

ефективність видалення в скрубєрі Вентурі $\eta_1 = 59,5\% = 0,595$;

ефективність видалення в пінно-барботажному скрубєрі $\eta_2 = 99,99\% = 0,9999$.

11. Розрахувати матеріальний баланс та зобразити блок-схему газоочисних споруд з такими вхідними параметрами:

Об'ємна витрата газу $V_r = 72000 \text{ м}^3/\text{год}$;

концентрація H_2S в газах $C_{\text{H}_2\text{S}} = 0,99 \text{ г}/\text{м}^3 = 990 \text{ мг}/\text{м}^3$;

ГДК_{р.з.} $\text{H}_2\text{S} = 10 \text{ мг}/\text{м}^3$;

ефективність видалення в відцентровому скрубєрі $\eta_1 = 76,72\%$;

ефективність видалення в скрубєрі Вентурі $\eta_2 = 99,99\%$.

12. Розрахувати матеріальний баланс та зобразити блок-схему газоочисних споруд з такими вхідними параметрами:

Об'ємна витрата газу $V_r = 22000 \text{ м}^3/\text{год}$;

концентрація SO_2 в газах $C_{\text{SO}_2} = 2,4 \text{ г}/\text{м}^3$;

ГДК_{р.з.} $\text{SO}_2 = 0,5 \text{ мг}/\text{м}^3$;

ефективність видалення в першому відцентровому скрубєрі $\eta_1 = 64,08\% = 0,6408$;

ефективність видалення в другому відцентровому скрубєрі $\eta_2 = 99\% = 0,99$.

13. Розрахувати матеріальний баланс та зобразити блок-схему газоочисних споруд з такими вхідними параметрами:

Об'ємна витрата газу $V_r = 120000 \text{ м}^3/\text{год}$;

концентрація SO_2 в газах $C_{\text{SO}_2} = 0,3 \text{ г}/\text{м}^3$;

ГДК_{р.з.} $\text{SO}_2 = 0,5 \text{ мг}/\text{м}^3$;

ефективність видалення в першому скрубєрі Вентурі $\eta_1 = 45,28\% = 0,4528$;

ефективність видалення в другому скрубєрі Вентурі $\eta_2 = 99,996\% = 0,99996$.

14. Розрахувати матеріальний баланс та зобразити блок-схему газоочисних споруд з такими вхідними параметрами:

Об'ємна витрата газу $V_r = 270000 \text{ м}^3/\text{год}$;

концентрація HCl в газах $C_{\text{HCl}} = 7 \text{ г}/\text{м}^3$;

ГДК_{р.з.} HCl = 0,2 мг/м³;

ефективність видалення в першому скрубєрі Вентурі $\eta_1 = 86\%$;

ефективність видалення в другому скрубєрі Вентурі $\eta_2 = 98\%$.

15. Розрахувати матеріальний баланс та зобразити блок-схему газоочисних споруд з такими вхідними параметрами:

Об'ємна витрата газу $V_r = 20000 \text{ м}^3/\text{год}$;

концентрація H₂SO₄ в газах $C_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 3 \text{ г}/\text{м}^3$;

ГДК_{р.з.} H₂SO₄ = 0,3 мг/м³;

ефективність видалення в першому відцентровому скрубєрі $\eta_1 = 86\%$;

ефективність видалення в другому відцентровому скрубєрі $\eta_2 = 98\%$.

16. Розрахувати матеріальний баланс та зобразити блок-схему газоочисних споруд з такими вхідними параметрами:

Об'ємна витрата газу $V_r = 40000 \text{ м}^3/\text{год}$;

концентрація HCl в газах $C_{\text{вх HCl}} = 70 \text{ г}/\text{м}^3$;

ГДК_{р.з.} HCl = 0,2 мг/м³;

ефективність видалення в відцентровому скрубєрі $\eta_1 = 82,9\% = 0,829$;

ефективність видалення в скрубєрі Вентурі $\eta_2 = 99,99\% = 0,9999$.

17. Розрахувати матеріальний баланс та зобразити блок-схему газоочисних споруд з такими вхідними параметрами:

Об'ємна витрата газу $V_r = 25000 \text{ м}^3/\text{год}$;

концентрація NaF в газах $C_{\text{вх NaF}} = 4 \text{ г}/\text{м}^3$;

ГДК_{р.з.} NaF = 0,03 мг/м³;

ефективність видалення в першому скрубєрі Вентурі $\eta_1 = 99,75\%$;

ефективність видалення в другому скрубєрі Вентурі $\eta_2 = 98\%$.

18. Розрахувати матеріальний баланс та зобразити блок-схему газоочисних споруд з такими вхідними параметрами:

Об'ємна витрата газу $V_r = 280000 \text{ м}^3/\text{год}$;

концентрація HF в газах $C_{\text{вх HF}} = 0,04 \text{ г}/\text{м}^3$;

ГДК_{р.з.} HF = 0,02 мг/м³;

ефективність видалення в першому скрубєрі Вентурі $\eta_1 = 77,32\% = 0,7732$;

ефективність видалення в другому скрубєрі Вєнтурі $\eta_2 = 68\% = 0,68$;

ефективність видалення в третьому скрубєрі Вєнтурі $\eta_3 = 59,75\% = 0,5975$.

19. Розрахувати матерiальний баланс та зобразити блок-схему газоочисних споруд з такими вхiдними параметрами:

Об'ємна витрата газу $V_r = 25000 \text{ м}^3/\text{год}$;

концентрація SiF_4 в газах $C_{\text{SiF}_4} = 2,75 \text{ г}/\text{м}^3$;

ГДК_{р.з.} $\text{SiF}_4 = 0,02 \text{ мг}/\text{м}^3$;

ефективність видалення в першому скрубєрі $\eta_1 = 86\%$;

ефективність видалення в другому скрубєрі $\eta_2 = 98\%$.

20. Розрахувати матерiальний баланс та зобразити блок-схему газоочисних споруд з такими вхiдними параметрами:

Об'ємна витрата газу $V_r = 5000 \text{ м}^3/\text{год}$;

концентрація Na_2SiF_6 в газах $C_{\text{Na}_2\text{SiF}_6} = 0,275 \text{ г}/\text{м}^3$;

ГДК_{р.з.} $\text{Na}_2\text{SiF}_6 = 0,03 \text{ мг}/\text{м}^3$;

ефективність видалення в першому вiдцентровому скрубєрі $\eta_1 = 90\%$;

ефективність видалення в другому вiдцентровому скрубєрі $\eta_2 = 97\%$.

21. Розрахувати матерiальний баланс та зобразити блок-схему газоочисних споруд з такими вхiдними параметрами:

Об'ємна витрата газу $V_r = 50000 \text{ м}^3/\text{год}$;

концентрація SO_2 в газах $C_{\text{SO}_2} = 0,9 \text{ кг}/\text{м}^3$;

ГДК_{р.з.} $\text{SO}_2 = 0,5 \text{ мг}/\text{м}^3$;

ефективність видалення в першому скрубєрі Вєнтурі $\eta_1 = 86\%$;

ефективність видалення в другому скрубєрі Вєнтурі $\eta_2 = 61,3\%$.

22. Розрахувати матерiальний баланс та зобразити блок-схему газоочисних споруд з такими вхiдними параметрами:

Об'ємна витрата газу $V_r = 15000 \text{ м}^3/\text{год}$;

концентрація NO в газах $C_{\text{NO}} = 0,0093 \text{ г}/\text{м}^3 = 9,3 \text{ мг}/\text{м}^3$;

ГДК_{р.з.} $\text{NO} = 0,4 \text{ мг}/\text{м}^3$;

ефективність видалення в скрубєрі Вєнтурі $\eta_1 = 90,1\%$;

ефективність видалення в вiдцентровому скрубєрі $\eta_2 = 98\%$.

23. Розрахувати матерiальний баланс та зобразити блок-схему газоочисних споруд з такими вхiдними параметрами:

Об'ємна витрата газу $V_r = 30000 \text{ м}^3/\text{год}$;

концентрація NO_2 в газах $C_{\text{NO}_2} = 0,0014 \text{ кг}/\text{м}^3 = 1,4 \text{ г}/\text{м}^3$;

ГДК_{р.з.} $\text{NO}_2 = 0,2 \text{ мг}/\text{м}^3$;

ефективність видалення в відцентровому скрубєрі $\eta_1=98,99\%$;

ефективність видалення в скрубєрі Вєнтурі $\eta_2=99\%$.

24. Розрахувати матерiальний баланс та зобразити блок-схему газоочисних споруд з такими вхiдними параметрами:

Об'ємна витрата газу $V_r=7000\text{ м}^3/\text{год}$;

концентрацiя H_2S в газах $C_{\text{H}_2\text{S}}=0,0046\text{ г}/\text{м}^3=4,6\text{ мг}/\text{м}^3$;

ГДК_{р.з.} $\text{H}_2\text{S}=0,008\text{ мг}/\text{м}^3$;

ефективність видалення в першому скрубєрі Вєнтурі $\eta_1=89,67\%=0,8967$;

ефективність видалення в другому скрубєрі Вєнтурі $\eta_2=99,7\%=0,997$.

25. Розрахувати матерiальний баланс та зобразити блок-схему газоочисних споруд з такими вхiдними параметрами:

Об'ємна витрата газу $V_r=13000\text{ м}^3/\text{год}$;

концентрацiя SO_2 в газах $C_{\text{SO}_2}=4,3\text{ г}/\text{м}^3$;

ГДК_{р.з.} $\text{SO}_2=0,5\text{ мг}/\text{м}^3$;

ефективність видалення в першому скрубєрі Вєнтурі $\eta_1=99,5\%=0,995$;

ефективність видалення в другому скрубєрі Вєнтурі $\eta_2=99,89\%=0,9989$.

Робочу програму навчальної дисциплiни (силабус):

Складєно д.т.н., профєсором Иваненко О. І.

Ухвалєно кафедрою Е та ТРП (протокол № 14 вiд 18.05.2023 р.)

Погоджєно методичною комiсiєю IXФ (протокол № 10 вiд 26.05.2023 р.)