Національний технічний університет України
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Екології та технології рослинних полімерів

Захист атмосфери

Робоча програма освітнього компонента (Силабус)

Реквізити освітнього компонента

Рівень вищої освіти	***Перший (освітньо-професійний)***
Галузь знань	*10 Природничі науки*
Спеціальність	*101 Екологія*
Освітня програма	*Екологічна безпека*
Статус освітнього компонента	*нормативна*
Форма навчання	*очна(денна)/дистанційна/змішана*
Рік підготовки, семестр	*2курс/ осінній семестр*
Обсяг освітнього компонента	*6 кредитів ЕКТС (180 годин)*
Семестровий контроль/ контрольні заходи	*Екзамен*
Розклад занять	
Мова викладання	*Українська*
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	*https://eco-paper.kpi.ua/navchannia/sylabusy.html*

Програма освітнього компонента

1. Опис освітнього компонента, її мета, предмет вивчання та результати навчання

Для запобігання негативних наслідків господарської діяльності людини і покращення стану атмосферного повітря з точки зору наявності твердих пилоподібних часток, 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 вдається захистити довкілля від негативного антропогенного навантаження на повітряний простір планети.

Предмет освітнього компонента «Захист атмосфери» *– одним із головних напрямків реалізації природоохоронних технологій, спрямованих на захист атмосфери, є очистка газоподібних відходів від пилу, 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 освітнього компонента «Захист атмосфери»

Метою вивчення освітнього компонента є формування у студентів комплексу знань в області сучасних методів очищення 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 освітнього компонента «**Захист атмосфери**», 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 освітнього компонента (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

*Вивчення освітнього компонента «**Захист атмосфери**» базується на засадах інтеграції різноманітних знань, отриманих студентами протягом бакалаврату при вивченні освітніх компонентів природничого та інженерно-технічного спрямування: "Загальна екологія", "Спеціальні розділи біогеохімії ", "Хімія з основами біогеохімії".*

*Освітній компонент «**Захист атмосфери**» є фундаментальною основою для вивчення наступних освітніх компонентів: «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 освітнього компонента «Захист атмосфери»

Розділ 1. Сучасний стан, напрямки і перспективи розвитку захисту повітряного басейну від забруднень.

Тема 1. *Склад, будова, властивості та функції атмосфери.*

Тема 2. *Характеристика забруднюючих атмосферу речовин і класифікація джерел забруднення.*

Тема 3. *Нормування якості атмосферного повітря.*

Тема 4. *Основні джерела утворення викидів забруднюючих атмосферу речовин по галузям промисловості.*

Тема 5. *Трансформація домішок в атмосфері.*

Тема 6. *Розсіювання забруднюючих речовин в атмосфері.*

Розділ 2. Очищення вихідних газів від пилу.

Тема 1. *Основні властивості пилу.*

Тема 2. *Пиловловлення. Параметри процесу пиловловлення.*

Розділ 3. Апарати сухого механічного очищення газів.

Тема 1. *Пилоосаджувальні камери та інерційні пиловловлювачі.*

Тема 2. *Жалюзійні апарати, циклони.*

Тема 3. *Вихрові пиловловлювачі.*

Розділ 4. Апарати мокрого механічного очищення газів.

Тема 1. *Форсунковий, насадковий скрубер, скрубер з рухомою насадкою.*

Тема 2. *Відцентровий скрубер, скрубер Вентурі, апарат ударно-інерційного типу, барботажно-пінний апарат.*

Розділ 5. Апарати для очищення газів фільтрацією.

Тема 1. *Волокнисті, зернисті фільтри.*

Тема 2. *Тканинні фільтри.*

Розділ 6. Апарати для очищення газів в електричному полі.

Тема 1. *Класифікація електрофільтрів та їх конструктивні елементи.*

Тема 2. *Сухі та мокрі електрофільтри.*

Розділ 7. 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 8. 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. Магнезитовий, цинковий, аміачний методи. Схема установки очищення газу від оксиду сірки (II) з отриманням нітрат-фосфат амонію. Сульфіт-бісульфітні методи з використанням соди та гідроксиду натрію.*

Розділ 9. Очищення газів від сірководню.

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

Розділ 10. 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 11. 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 12. 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 13. 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 14. 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 15. 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. Бєкєтов 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.
11. 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.
12. 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
13. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України / [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://mepr.gov.ua/
14. Промислова екологія. Спільнота фахівців-екологів / [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.eco.com.ua/
15. Професійна Асоціація Екологів України / [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://paeu.com.ua/
16. Науково-технічна бібліотека ім. Г.І. Денисенка / [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://library.kpi.ua
17. Національна бібліотека ім. В.І. Вернадського / [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.nbuv.gov.ua/
18. Електронний архів наукових та освітніх матеріалів КПІ ім. Ігоря Сікорського / [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://ela.kpi.ua/

Навчальний контент

5. Методика опанування освітнього компонента

Лекційні заняття

Лекційні заняття спрямовані на:

надання сучасних, цілісних, взаємозалежних знань з освітнього компонента ***«Захист атмосфери», 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 результаті 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.*

Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)	***Годин***
Сучасний стан, напрямки і перспективи розвитку захисту повітряного басейну від забруднень *Склад, будова, властивості та функції атмосфери. Антропогенний вплив на стан атмосфери.* *Література: [1, 10]* *Завдання на СРС. Напрямки та цілі створення маловідходних виробництв.* *Література: [8].*	*1*
Сучасний стан, напрямки і перспективи розвитку захисту повітряного басейну від забруднень *Характеристика забруднюючих атмосферу речовин від промислових підприємств і класифікація джерел забруднення.* *Література: [1, 10]* *Завдання на СРС. Забруднення атмосфери рухомими джерелами автомобільного транспорту.* *Література: [1].*	*1*
Сучасний стан, напрямки і перспективи розвитку захисту повітряного басейну від забруднень *Нормування якості атмосферного повітря.* *Література: [1, 8].* *Завдання на СРС. Міста України з найбільшими викидами шкідливих речовин в атмосферу та розподіл забруднень по джерелах утворення.* *Література: [8].*	*1*
Сучасний стан, напрямки і перспективи розвитку захисту повітряного басейну від забруднень *Основні джерела утворення викидів забруднюючих атмосферу речовин по галузям промисловості*	*1*

Література: [1]. *Завдання на СРС. Транскордонний перенос забруднюючих речовин.* *Література: [1].*	
Сучасний стан, напрямки і перспективи розвитку захисту повітряного басейну від забруднень *Трансформація домішок в атмосфері.* *Література: [1, 8]* *Завдання на СРС. Фізичні забруднювачі атмосфери.* *Література: [1].*	*1*
Сучасний стан, напрямки і перспективи розвитку захисту повітряного басейну від забруднень *Розсіювання забруднюючих речовин в атмосфері.* *Література: [1, 11].* *Завдання на СРС. Вміст і коливання концентрацій шкідливих домішок у повітрі міст в залежності від таких факторів, як опади та тумани.* *Література: [11].*	*1*
Очищення вихідних газів від пилу *Основні властивості пилу.* *Література: [1, 2, 3, 8].* *Завдання на СРС. Основні властивості газів.* *Література: [8].*	*2*
Очищення вихідних газів від пилу *Пиловловлення. Параметри процесу пиловловлення.* *Література: [4, 8, 9].* *Завдання на СРС. Методи і прилади контролю концентрацій пилових домішок в атмосфері та промислових викидах.* *Література: [8].*	*1*
Апарати сухого механічного очищення газів *Пилоосаджувальні камери та інерційні пиловловлювачі.* *Література: [2, 3, 4].* *Завдання на СРС. Зрошувальні газоходи.* *Література: [2, 3, 4].*	*1*
Апарати сухого механічного очищення газів *Жалюзійні апарати, циклони.* *Література: [2, 3, 4].* *Завдання на СРС. Ротаційні пиловловлювачі.* *Література: [12].*	*1*
Апарати сухого механічного очищення газів *Вихрові пиловловлювачі.* *Література: [2, 3, 4].* *Завдання на СРС. Динамічні пиловловлювачі.* *Література: [8].*	*1*
Апарати мокрого механічного очищення газів *Форсунковий, насадковий скрубер, скрубер з рухомою насадкою.* *Література: [2, 3, 4].* *Завдання на СРС. Механічний дисковий скрубер.* *Література: [12].*	*1*
Апарати мокрого механічного очищення газів *Відцентровий скрубер, скрубер Вентурі, апарат ударно-інерційного типу, барботажно-пінний апарат.* *Література: [2, 3, 4].*	*1*

Завдання на СРС. Швидкісний скрубер Дойля. *Література: [12].*	
Апарати для очищення газів фільтрацією. *Волокнисті, зернисті фільтри.* *Література: [2, 3, 4].* *Завдання на СРС. Керамічні та металокерамічні фільтри.* *Література: [8].*	*1*
Апарати для очищення газів фільтрацією *Тканинні фільтри.* *Література: [2, 3, 4].* *Завдання на СРС. Фільтри-тумановловлювачі.* *Література: [12].*	*1*
Апарати для очищення газів в електричному полі *Класифікація електрофільтрів та їх конструктивні елементи.* *Література: [2, 3, 4].* *Завдання на СРС. Магнітне очищення газів.* *Література: [7, 8].*	*1*
Апарати для очищення газів в електричному полі *Сухі та мокрі електрофільтри.* *Література: [2, 3, 4].* *Завдання на СРС. Рекуперація уловленого пилу.* *Література: [7, 8].*	*1*
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].*	*2*
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. Магнезитовий, цинковий, аміачний методи. Схема установки очищення газу від оксиду сірки (II) з отриманням нітрат-фосфат амонію. Сульфіт-бісульфітні методи з використанням соди та гідроксиду натрію.* *Література: [2, 3, 4].* *Завдання на СРС. Очистка газових сумішей від сірковуглецю.* *Література: [7, 8, 9].*	*2*
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 сумішів від меркаптанів.* *Література: [7, 8, 9].*	*2*

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 регенерованих нітрозних газів шляхом каталітичного відновлення.* *Література: [2, 3, 4].* *Завдання на СРС. Шляхи зменшення викидів оксидів азоту.* *Література: [1, 8, 10].*	*2*
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].*	*2*
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].*	*2*
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].*	*2*
Адсорбційні методи очищення від парів та газів. *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].* *Завдання на СРС. Шляхи поводження з відпрацьованими адсорбентрами.* *Література: [7, 8, 9].*	*2*
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].*	*2*

Завдання на СРС. Шляхи поводження з відпрацьованими каталізаторами. *Література: [7, 8, 9].*	
Всього	***36***

Лабораторні заняття

У системі професійної підготовки студентів лабораторні заняття займають 40 % *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.

Назва лабораторної роботи	*Кількість аудиторних годин*
Вступ. Інструктаж з техніки безпеки, ознайомлення з програмою лабораторних робіт, видача методичної літератури	*2*
Визначення кількості пилу у повітрі	*3*
Визначення радіоактивності пилу в повітрі	*3*
Визначення фізичних властивостей промислового пилу	*3*
Визначення ефективності очищення пилу в циклонах	*4*
Визначення ефективності очищення пилу в рукавних фільтрах	*4*
Визначення концентрації токсичних речовин у повітрі за допомогою газоаналізатора УГ-2	*3*
Визначення вмісту аміаку в атмосфері довкілля	*3*
Визначення забрудненості атмосферного повітря за допомогою ліхеноіндикації	*3*
Експрес-метод визначення вуглекислого газу у повітрі	*3*
Визначення концентрації соляної кислоти у повітрі	*3*
Залік	*2*
Всього годин	*36*

Практичні заняття

У системі професійної підготовки бакалаврів по освітньому компоненту практичні заняття займають 20 % 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.*

Назва теми практичного заняття та перелік основних питань (перелік дидактичного забезпечення, посилання на літературу та завдання на СРС)	***Годин***
Розрахунок матеріального балансу процесу пилогазоочищення. *Література: [4].*	***2***
Розрахунок сухого пиловловлювача гравітаційного типу за спрощеною ускладненою методиками. *Література: [4].*	***2***
Розрахунок сухого пилоуловлювача відцентрового типу. *Література: [4].*	***2***
Розрахунок безнасадкового скруберу. *Література: [4].*	***2***
Розрахунок тканинного рукавного фільтру. *Література: [4].*	***2***
Розрахунок електрофільтру. *Література: [4].*	***2***
Розрахунок відцентрового скрубера для видалення газів. *Література: [4].*	***2***
Розрахунок скрубера Вентурі для видалення пилу. *Література: [4].*	***2***
Розрахунок скрубера Вентурі для видалення газу. *Література: [4].*	***2***
Всього	***18***

6. Самостійна робота студента

Самостійна робота займає 50 % часу вивчення освітнього компонента, включаючи і підготовку до іспиту. 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 компонента 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.

	Назва теми, що виноситься на самостійне опрацювання	*Кількість годин СРС*
Розділ 1. Сучасний стан, напрямки і перспективи розвитку захисту повітряного басейну від забруднень		

	Тема 1. Склад, будова, властивості та функції атмосфери. Антропогенний вплив на стан атмосфери. *Склад, будова, властивості та функції атмосфери. Антропогенний вплив на стан атмосфери.* *Завдання на СРС. Напрямки та цілі створення маловідходних виробництв. Література: [8].* *Тема 2. Характеристика забруднюючих атмосферу речовин від промислових підприємств і класифікація джерел забруднення.* *Завдання на СРС. Забруднення атмосфери рухомими джерелами автомобільного транспорту.* *Література: [1].* *Тема 3. Нормування якості атмосферного повітря.* *Завдання на СРС. Міста України з найбільшими викидами шкідливих речовин в атмосферу та розподіл забруднень по джерелах утворення.* *Література: [8].* *Тема 4. Основні джерела утворення викидів забруднюючих атмосферу речовин по галузям промисловості* *Завдання на СРС. Транскордонний перенос забруднюючих речовин.* *Література: [1].* *Тема 5. Трансформація домішок в атмосфері.* *Завдання на СРС. Фізичні забруднювачі атмосфери.* *Література: [1].* *Тема 6. Розсіювання забруднюючих речовин в атмосфері.* *Завдання на СРС. Вміст і коливання концентрацій шкідливих домішок у повітрі міст в залежності від таких факторів, як опади та тумани.* *Література: [11].*	*4*
Розділ 2. Очищення вихідних газів від пилу		
	Тема 1. Основні властивості пилу. *Завдання на СРС. Основні властивості газів.* *Література: [8].* *Тема 2. Пиловловлення. Параметри процесу пиловловлення.* *Завдання на СРС. Методи і прилади контролю концентрацій пилових домішок в атмосфері та промислових викидах.* *Література: [8].*	*4*
Розділ 3. Апарати сухого механічного очищення газів		
	Тема 1. Пилоосаджувальні камери та інерційні пиловловлювачі. *Завдання на СРС. Зрошувальні газоходи.* *Література: [2, 3, 4].* *Тема 2. Жалюзійні апарати, циклони.* *Завдання на СРС. Ротаційні пиловловлювачі.* *Література: [12].* *Тема 3.Вихрові пиловловлювачі.* *Завдання на СРС. Динамічні пиловловлювачі.* *Література: [8].*	*4*
Розділ 4. Апарати мокрого механічного очищення газів		
	Тема 1. Форсунковий, насадковий скрубер, скрубер з рухомою насадкою. *Завдання на СРС. Механічний дисковий скрубер.* *Література: [12].*	*4*

	Тема 2. Відцентровий скрубер, скрубер Вентурі, апарат ударно-інерційного типу, барботажно-пінний апарат. *Завдання на СРС. Швидкісний скрубер Дойля.* *Література: [12].*	
	Розділ 5. Апарати для очищення газів фільтрацією	
	Тема 1. Волокнисті, зернисті фільтри. *Завдання на СРС. Керамічні та металокерамічні фільтри.* *Література: [8].* *Тема 2. Тканинні фільтри.* *Завдання на СРС. Фільтри-тумановловлювачі.* *Література: [12].*	*4*
	Розділ 6. Апарати для очищення газів в електричному полі	
	Тема 1. Класифікація електрофільтрів та їх конструктивні елементи. *Завдання на СРС. Магнітне очищення газів.* *Література: [7, 8].* *Тема 2. Сухі та мокрі електрофільтри.* *Завдання на СРС. Рекуперація уловленого пилу.* *Література: [7, 8].*	*4*
	Розділ 7. 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. *Завдання на СРС. Недоліки абсорбційних методів очищення від парів та газів.* *Література: [9].*	*4*
	Розділ 8. 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. Магнезитовий, цинковий, аміачний методи. Схема установки очищення газу від оксиду сірки (II) з отриманням нітрат-фосфат амонію. Сульфіт-бісульфітні методи з використанням соди та гідроксиду натрію. *Завдання на СРС. Очистка газових сумішей від сірковуглецю.* *Література: [7, 8, 9].*	*4*
	Розділ 9. Очищення газів від сірководню.	
	Тема 1. 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].*	*4*
	Розділ 10. 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. *Завдання на СРС. Шляхи зменшення викидів оксидів азоту.*	*4*

	Література: [1, 8, 9].	
	Розділ 11. 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. *Завдання на СРС. Шляхи використання уловлених фтористих газів в промисловості.* *Література: [1, 8, 10].*	*4*
	Розділ 12. 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. *Завдання на СРС. Шляхи використання уловлених хлорвмісних газів в промисловості.* *Література: [1, 8, 10].*	*4*
	Розділ 13. 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. *Завдання на СРС. Шляхи зменшення викидів парникових газів.* *Література: [1, 8].*	*4*
	Розділ 14. 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. *Завдання на СРС. Шляхи поводження з відпрацьованими адсорбентрами.* *Література: [7, 8, 9].*	*4*
	Розділ 15. 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. *Завдання на СРС. Шляхи поводження з відпрацьованими каталізаторами.* *Література: [7, 8, 9].*	*4*
	Підготовка до екзамену	*30*
	Всього годин	*90*

Забезпечення програмних результатів складовими освітнього компонента

Назва ОК	*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		*Лабораторне заняття.* ***Визначення кількості пилу у повітрі.*** *Лабораторне заняття.* ***Визначення радіоактивності пилу в повітрі.*** *Лабораторне заняття.* ***Визначення фізичних властивостей промислового пилу.*** *Лабораторне заняття.* ***Визначення ефективності очищення пилу в циклонах.*** *Лабораторне заняття.* ***Визначення ефективності очищення пилу в рукавних фільтрах.*** *Лабораторне заняття.* ***Визначення концентрації токсичних речовин у повітрі за допомогою газоаналізатора УГ-2.*** *Лабораторне заняття.* ***Визначення концентрації соляної кислоти у повітрі.*** *Лабораторне заняття.* ***Визначення вмісту аміаку в атмосфері довкілля.***
Застосовувати методології та технології проектування, реалізації та впровадження природоохоронних технологій та обладнання, здійснювати проектно-конструкторську діяльність	*Лекція.* ***Нормування якості атмосферного повітря.*** *Лекція.* ***Пиловловлення. Параметри процесу пиловловлення.*** *Лекція.* ***Очищення газів від оксиду сірки (II).*** *Лекція.* ***Очищення газів від сірководню.*** *Лекція.* ***Очищення газів від оксидів азоту.*** *Лекція* ***Очищення газів від сполук фтору.*** *Лекція.* ***Очищення газів від сполук хлору.*** *Лекція.* ***Очищення газів від оксидів вуглецю.*** *Лекція.* ***Каталітичні методи***	*Практичне заняття.* ***Розрахунок матеріального балансу процесу пилогазоочищення.***
Розробляти технології, використовувати процеси та апарати, що забезпечують ефективне	*Лекція.* ***Апарати сухого механічного очищення газів. Пилоосаджувальні камери та інерційні пиловловлювачі.***	*Практичне заняття.* ***Розрахунок сухого пиловловлювача гравітаційного типу за***

розділення, концентрування, вилучення, деструкцію шкідливих домішок у водних системах і газових середовищах, переробку та утилізацію відходів.	*Лекція.* ***Апарати сухого механічного очищення газів. Жалюзійні апарати, циклони.*** *Лекція.* ***Апарати сухого механічного очищення газів. Жалюзійні апарати, циклони.*** *Лекція.* ***Апарати мокрого механічного очищення газів. Форсунковий, насадковий скрубер, скрубер з рухомою насадкою.*** *Лекція.* ***Апарати мокрого механічного очищення газів. Відцентровий скрубер, скрубер Вентурі, апарат ударно-інерційного типу, барботажно-пінний апарат.*** *Лекція.* ***Апарати для очищення газів фільтрацією. Волокнисті, зернисті фільтри.*** *Лекція.* ***Апарати для очищення газів фільтрацією. Тканинні фільтри.*** *Лекція.* ***Апарати для очищення газів в електричному полі. Класифікація електрофільтрів та їх конструктивні елементи.*** *Лекція.* ***Апарати для очищення газів в електричному полі. Сухі та мокрі електрофільтри.*** *Лекція.* ***Абсорбційні методи очищення від парів та газів.*** *Лекція.* ***Адсорбційні методи очищення від парів та газів.*** *Лекція.* ***Каталітичні методи очищення від парів та газів.***	***спрощеною та ускладненою методикою.*** *Практичне заняття.* ***Розрахунок сухого пилоуловлювача відцентрового типу.*** *Практичне заняття.* ***Розрахунок безнасадкового скруберу.*** *Практичне заняття.* ***Розрахунок тканинного рукавного фільтру.*** *Практичне заняття.* ***Розрахунок електрофільтру.*** *Практичне заняття.* ***Розрахунок відцентрового скрубера для видалення газів.*** *Практичне заняття.* ***Розрахунок скрубера Вентурі для видалення газів.*** *Практичне заняття.* ***Розрахунок скрубера Вентурі для видалення пилу.***

Політика та контроль

7. Політика освітнього компонента

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/fire-effect
https://www.coursera.org/learn/global-warming
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 освітнього компонента не передбачені.*

Політика дедлайнів та перескладань
У разі виникнення заборгованостей з освітнього компонента 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 (РСО)

Розподіл навчального часу за видами занять і завдань з освітнього компонента 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	*6*	*180*	*36*	*18*	*36*	*90*	*-*	*–*	*екзамен*

Рейтинг студента з освітнього компонента складається з балів, що він отримує за:
Рейтинг студента з освітнього компонента складається з балів, що він отримує за роботу на лабораторних роботах та практичних заняттях, за написання екзаменаційної контрольної роботи.

Семестровим контролем є екзамен.

Система рейтингових (вагових) балів та критерії оцінювання
Система рейтингових балів та критерії оцінювання:
Виконання лабораторних робіт.
Ваговий бал за лабораторні роботи складає 4 бали. Максимальна кількість балів за всі лабораторні роботи дорівнює:

4 бали х 10 робіт = 40 балів

Критерії оцінювання виконання лабораторного завдання

Повнота та ознаки виконання завдання	***Бали***
Завдання виконане в повній мірі	*4*
Незначні недоліки за пунктом 1	*3*
Несвоєчасне виконання завдання	*2*
Несвоєчасне виконання завдання, недоліки за п. 1	*1*
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 бали х 10 робіт = 20 балів

Критерії оцінювання роботи на практичних заняттях

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

Екзаменаційна контрольна робота

Завдання контрольної роботи складається з 40 тестових питань різних розділів силабусу. Кожне питання контрольної роботи оцінюється в 1 бал.

Необхідною умовою допуску до заліку є здача всіх лабораторних робіт.

Таким чином рейтингова семестрова шкала з дисципліни складає:

R = 4 х 10 + 2 х 10 + 40 = 100 балів

На першій атестації за результатами навчальної роботи «ідеальний студент» має набрати 28 балів, студент отримує «зараховано», якщо його поточний рейтинг не менше 15 балів.

На другій атестації за результатами навчальної роботи «ідеальний студент» має набрати 40 балів, студент отримує «зараховано», якщо його поточний рейтинг не менше 25 балів.

Сума балів за контрольні заходи продовж семестру та за екзаменаційну 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 завдань, які виносяться на екзамен

1. Розрахувати матеріальний баланс та зобразити блок-схему пилоочисних споруд з такими вхідними параметрами:
об'ємна витрата газу $V_г$= 27000 м^3/год;

запиленість газового потоку $С_{вх.пилу}$= 4,1 г/м^3;

$ГДК_{р.з.пилу}$= 10 мг/м^3;

ефективність очищення від пилу в електрофільтрі η_1=26,89%=0,2689;

ефективність очищення від пилу на тканинному фільтрі η_2=99,67%=0,9967.

2. Розрахувати матеріальний баланс та зобразити блок-схему пилоочисних споруд з такими вхідними параметрами:
об'ємна витрата газу $V_г$= 40000 м^3/год;

запиленість газового потоку $С_{вх.пилу}$= 2,1 г/м^3;

$ГДК_{р.з.пилу}$= 1,5 мг/м^3;

ефективність очищення від пилу в циклоні η_1=73,89%=0,7389;

ефективність очищення від пилу на електрофільтрі η_2=75,8 %=0,758.

3. Розрахувати матеріальний баланс та зобразити блок-схему пилоочисних споруд з такими вхідними параметрами:
об`ємна витрата газу $V_г$= 50000 м^3/год;

запиленість газового потоку $С_{вх\ пилу}$=5 г/м^3;

$ГДК_{р.з.пилу}$= 10 мг/м^3;

ефективність очищення від пилу у циклоні η_1=82,8%=0,828;

ефективність очищення від пилу на електрофільтрі η_2=92,4 %=0,924.

4. Розрахувати матеріальний баланс та зобразити блок-схему пилоочисних споруд з такими вхідними параметрами:
об`ємна витрата газу $V_г$=48000 м^3/год;

запиленість газового потоку $С_{вх\ пилу}$=4,4 г/м^3;

$ГДК_{р.з.\ пилу}$ = 0,8 мг/м^3;

ефективність очищення від пилу у циклоні $\eta_1 = 31\%$=0,31;

ефективність очищення від пилу на електрофільтрі $\eta_2 = 78\%$=0,78.

5. Розрахувати матеріальний баланс та зобразити блок-схему пилоочисних споруд з такими вхідними параметрами:
Об'ємна витрата газу $V_г$ = 17000 м^3/год;

Запиленість газового потоку $С_{вх.пилу}$ = 61 г/м^3;

$ГДК_{р.з.\ пилу}$ = 1мг/м^3;

Ефективність очищення від пилу у рукавному фільтрі η_1= 98,36 % = 0,9836;

Ефективність очищення від пилу на скрубері η_2 = 63,3% = 0,633;

Ефективність очищення від пилу на електрофільтрі η_3 = 99,5 % = 0,995.

6. Розрахувати матеріальний баланс та зобразити блок-схему пилоочисних споруд з такими вхідними параметрами:
Об'ємна витрата газу $V_г$ = 15000 м^3/год;

Запиленість газового потоку $С_{вх.пилу}$ = 100 г/м^3;

$ГДК_{р.з.\ пилу}$ = 1 мг/м^3;

Ефективність очищення від пилу в циклоні η_1= 86,25 % = 0,8625;

Ефективність очищення від пилу на електрофільтрі η_2 = 84,9 % = 0,849;

Ефективність очищення від пилу на рукавному фільтрі η_3 = 52 % = 0,52.

7. Розрахувати матеріальний баланс та зобразити блок-схему пилоочисних споруд з такими вхідними параметрами:
Об'ємна витрата газу $V_г$ = 20000 м^3/год;

Запиленість газового потоку $С_{вх.пилу}$ = 25 г/м^3;

$ГДК_{р.з.\ пилу}$ = 1, 5 мг/м^3;

Ефективність очищення від пилу в пилоосаджувальній камері $\eta_{пк}$ = 70,55%

Ефективність очищення від пилу в скрубері $\eta_с$ = 90,67 %

Ефективність очищення від пилу в електрофільтрі $\eta_ф$ = 99,799%.

8. Розрахувати матеріальний баланс та зобразити блок-схему пилоочисних споруд з такими вхідними параметрами:
Об'ємна витрата газу $V_г$ = 450000 м^3/год;

Запиленість газового потоку $С_{вх.пилу}$ = 15,1 г/м^3;

$ГДК_{р.з.пилу}$ = 1 мг/м^3;

Ефективність очищення від пилу у циклоні η_1 = 84,135% = 0,84235;

Ефективність очищення від пилу на електрофільтрі η_2 = 95,48% = 0,9548;

Ефективність очищення від пилу у рукавному фільтрі η_3 = 90,9% = 0,909.

9. Розрахувати матеріальний баланс та зобразити блок-схему пилоочисних споруд з такими вхідними параметрами:
Об'ємна витрата газу $V_г$ = 17000 м^3/с;

Запиленість газового потоку $С_{вх.пилу}$ = 1000 мг/м^3;

$ГДК_{р.з.пилу}$ = 1 мг/м^3;

Ефективність очищення від пилу у циклоні η_1 = 60%=0,6;

Ефективність очищення від пилу на електрофільтрі η_2 = 98,48%=0,9848.

10. Розрахувати матеріальний баланс та зобразити блок-схему пилоочисних споруд з такими вхідними параметрами:
Об'ємна витрата газу $V_г$ = 50000 м^3/год;

Запиленість газового потоку $С_{вх.пилу}$ = 40 г/м^3;

$ГДК_{р.з.пилу}$ = 3 мг/м^3;

Ефективність очищення від пилу у циклоні η_1 = 38,27%=0,3827;

Ефективність очищення від пилу на електрофільтрі η_2 = 99,99%=0,9999.

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

Об'ємна витрата газу $V_г$ = 13000 м^3/с;

Запиленість газового потоку $С_{вх.пилу}$ = 7 г/м^3;

$ГДК_{р.з.пилу}$ = 6 мг/м^3;

Ефективність очищення від пилу у циклоні η_1 = 31 % =0,31;

Ефективність очищення від пилу на електрофільтрі η_2 = 99,89%=0,9989.

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

Об'ємна витрата газу $V_г$ = 24500 м^3/год;

Запиленість газового потоку $С_{вх.пилу}$ = 1,5 г/м^3;

$ГДК_{р.з.пилу}$ = 0,5 мг/м^3;

Ефективність очищення від пилу у циклоні $\eta_ц$ = 59,5% = 0,595;

Ефективність очищення від пилу на електрофільтрі $\eta_ф$ = 99,96% = 0,9996.

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

Об'ємна витрата газу $V_г$ = 22000 м^3/год;

Запиленість газового потоку $С_{вх.пилу}$ = 3,3 г/м^3;

$ГДК_{р.з.пилу}$ = 1,1 мг/м^3;

Ефективність очищення від пилу у циклоні $\eta_ц$ = 64,08 % = 0,6408;

Ефективність очищення від пилу на електрофільтрі $\eta_ф$ = 99,95% = 0,9995.

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

Об'ємна витрата газу $V_г$ = 120000 м^3/год;

Запиленість газового потоку $С_{вх.пилу}$ = 2,15 г/м^3;

$ГДК_{р.з.пилу}$ = 6 мг/м^3;

Ефективність очищення від пилу у циклоні $\eta_ц$ = 45,28 % = 0,4528;

Ефективність очищення від пилу на електрофільтрі $\eta_ф$ = 99,996% = 0,99996.

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

Об'ємна витрата газу $V_г$ = 270000 м^3/рік;

Запиленість газового потоку $С_{вх.пилу}$ = 6 г/м^3;

$ГДК_{р.з.пилу}$ = 0,6 мг/м^3;

Ефективність пилоосаджувальної камери $\eta_п$ = 24,7%;

Ефективність циклона $\eta_ц$ = 97,25%;

Ефективність електрофільтра $\eta_е$ = 99,99%.

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

Об'ємна витрата газу $V_г$ = 20000 м^3/год;

Запиленість газового потоку $С_{вх.пилу}$ = 70 г/м^3;

$ГДК_{р.з.пилу}$ = 1 мг/м^3

Ефективність циклона $\eta_ц$ = 92,5%;

Ефективність електрофільтра $\eta_е$ = 99,998%.

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

Об'ємна витрата газу $V_г$ = 40000 м^3/год;

Запиленість газового потоку $С_{вх\ пилу}$ = 50 г/м^3;

$ПДК_{р.з.пыли}$ = 1 мг/м^3;

Ефективність циклона $\eta_ц$ = 82,9 % = 0,829;

Ефективність електрофільтра $\eta_е$ = 99,99% = 0,9999.

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

Об'ємна витрата газу $V_г$ = 5000 м^3/с

Запиленість газового потоку $С_{вх\ пилу}$ = 20 г/м^3;

$ГДК_{р.з.пилу}$ = 0,15 мг/м^3;

Ефективність пилоосаджувальної камери $\eta_п$ = 77 %;

Ефективність циклона $\eta_ц$ = 90 %;

Ефективність тканинного фільтра $\eta_ф$= 97 %.

19. Розрахувати матеріальний баланс та зобразити блок-схему пилоочисних споруд з такими вхідними параметрами:

Об'ємна витрата газу $V_г$ = 50000 м^3/год;

Запиленість газового потоку $С_{вх\ пилу}$ = 60 г/м^3;

$ГДК_{р.з.пилу}$ = 25 мг/м^3;

Ефективність циклона $\eta_ц$ = 61,3 %;

Ефективність електрофільтру $\eta_е$ = 99,99 %.

20. Розрахувати матеріальний баланс та зобразити блок-схему пилоочисних споруд з такими вхідними параметрами:

Об'ємна витрата газу $V_г$ = 15000 м^3/год;

Запиленість газового потоку $С_{вх\ пилу}$ = 40 г/м^3;

$ГДК_{р.з.пилу}$ = 20 мг/м^3;

Ефективність пилоосаджувальної камери $\eta_п$ = 80%;

Ефективність циклона $\eta_ц$ = 90,1%;

Ефективність тканинного фільтра $\eta_ф$ = 98%.

21. Розрахувати матеріальний баланс та зобразити блок-схему пилоочисних споруд з такими вхідними параметрами:

Об'ємна витрата газу $V_г$ = 30000 м^3/год;

Запиленість газового потоку $С_{вх\ пилу}$ = 130 г/м^3;

$ГДК_{р.з.пилу}$ = 5 мг/м^3;

Ефективність циклона $\eta_ц$ = 63%;

Ефективність електрофільтра $\eta_е$= 99,99%.

22. Розрахувати матеріальний баланс та зобразити блок-схему пилоочисних споруд з такими вхідними параметрами:
об'ємна витрата газу $V_г$= 27000 м^3/год;

запиленість газового потоку $С_{вх.пилу}$= 4,1 г/м^3;

$ГДК_{р.з.пилу}$= 10 мг/м^3;

ефективність очищення від пилу в електрофільтрі η_1=26,89%=0,2689;

ефективність очищення від пилу на тканинному фільтрі η_2=99,67%=0,9967.

23. Розрахувати матеріальний баланс та зобразити блок-схему пилоочисних споруд з такими вхідними параметрами:
об`ємна витрата газу $V_г$=40000 м^3/год;

запиленість газового потоку $С_{вх\ пилу}$=44 г/м^3;

$ГДК_{р.з.пилу}$= 10 мг/м^3;

ефективність очищення від пилу у циклоні $\eta_1 = 31\%$=0,31;

ефективність очищення від пилу на електрофільтрі $\eta_2 = 78\%$=0,78;

ефективність очищення від пилу на рукавному фільтрі $\eta_3 = 99{,}9\%$=0,999.

24. Розрахувати матеріальний баланс та зобразити блок-схему пилоочисних споруд з такими вхідними параметрами:
Об'ємна витрата газу $V_г$ = 13000 м^3/год;

Запиленість газового потоку $С_{вх.пилу}$ = 7 г/м^3;

$ГДК_{р.з.пилу}$ = 6 мг/м^3;

Ефективність очищення від пилу у циклоні η_1 = 31 % =0,31;

Ефективність очищення від пилу на електрофільтрі η_2 = 99,89%=0,9989.

25. Розрахувати матеріальний баланс та зобразити блок-схему пилоочисних споруд з такими вхідними параметрами:

Об'ємна витрата газу $V_г$ = 24500 м^3/год;

Запиленість газового потоку $C_{вх.пилу}$ = 1,5 г/м^3;

$ГДК_{р.з.пилу}$ = 1 мг/м^3;

Ефективність очищення від пилу у циклоні $\eta_ц$ = 59,5% = 0,595;

Ефективність очищення від пилу на електрофільтрі $\eta_ф$ = 99,96% = 0,9996.

Перелік питань, які виносяться на модульну контрольну роботу

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

об'ємна витрата газу Vг= 27000 м3/год;

концентрація H2S в газах CH2S= 0,003 кг/м3 = 0,3 г/м3;

ГДКр.з.H2S= 0,008 мг/м3;

ефективність видалення в відцентровому скрубері η1=79,27%=0,7927;

ефективність видалення в скрубері Вентурі η2= 99,67%=0,9967.

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

об'ємна витрата газу Vг= 40000 м3/год;

Концентрація SO2 в газах CSO2 = 0,05 кг/м3 = 50 г/м3;

ГДКр.з. SO2 = 0,5 мг/м3;

ефективність видалення в першому скрубері Вентурі η1=73,89%=0,7389;

ефективність видалення в другому скрубері Вентурі η2= 98%=0,98.

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

об`ємна витрата газу Vг= 50000 м3/год;

концентрація NO2 в газах CNO2 = 0,003 кг/м3 = 3 г/м3;

ГДКр.з. NO2 = 0,2 мг/м3;

ефективність видалення в відцентровому скрубері η1=92,4%=0,924;

ефективність видалення в скрубері Вентурі η2= 83,3%=0,833.

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

Об'ємна витрата газу Vг = 17000 м3/год;

концентрація SO2 в газах CSO2 = 0,01 кг/м3 = 10 г/м3;

ГДКр.з. SO2 = 0,5 мг/м3;

ефективність видалення в скрубері Вентурі η1 = 99% = 0,99;

ефективність видалення в пінно-барботажному скрубері η2 = 63,3% = 0,633.

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

Об’ємна витрата газу Vг = 20000 м3/год;

концентрація NO в газах CNO = 0,0025 кг/м3 = 2,5 г/м3;

ГДКр.з. NO = 0,4 мг/м3;

ефективність видалення в скрубері Вентурі η1 = 90,67 %;

ефективність видалення в відцентровому скрубері η2 = 99,799%.

31. Об’ємна витрата газу Vг = 45000 м3/год;

Концентрація Cl2 в газах CCl2 = 0,005 кг/м3 = 5 г/м3;

ГДКр.з. Cl2 = 0,1 мг/м3;

ефективність видалення в першому скрубері Вентурі η1=84,135% = 0,84235;

ефективність видалення в другому скрубері Вентурі η2= 90,9% = 0,909.

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

Об’ємна витрата газу Vг = 17000 м3/год;

концентрація SO2 в газах CSO2 = 0,96 г/м3 = 960 мг/м3;

ГДКр.з. SO2 = 0,5 мг/м3;

ефективність видалення в відцентровому скрубері η1=98,48%=0,9848;

ефективність видалення в скрубері Вентурі η2= 60%=0,6.

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

Об’ємна витрата газу Vг = 50000 м3/год;

концентрація SO2 в газах CSO2 = 120 г/м3;

ГДКр.з. SO2 = 0,5 мг/м3;

ефективність видалення в першому скрубері Вентурі η1 = 38,27%=0,3827;

ефективність видалення в другому скрубері Вентурі η2 = 98%=0,98;

ефективність видалення в третьому скрубері Вентурі η3=99,75%=0,9975.

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

Об’ємна витрата газу Vг = 13000 м3/год;

Концентрація NH3 в газах CNH3 = 4,3 г/м3;

ГДКр.з. NH3 = 0,2 мг/м3;

ефективність видалення в першому відцентровому скрубері η1 =77,5%=0,775;

ефективність видалення в другому відцентровому скрубері η2 = 99,5%=0,995.

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

Об’ємна витрата газу Vг = 24500 м3/год;

Концентрація SO_2 в газах C_{SO_2} = 7 г/м3;

ГДКр.з. SO_2 = 0,5 мг/м3;

ефективність видалення в скрубері Вентурі η1 = 59,5% = 0,595;

ефективність видалення в пінно-барботажному скрубері η2 = 99,99% = 0,9999.

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

Об'ємна витрата газу Vг = 72000 м3/год;

концентрація H_2S в газах C_{H_2S}= 0,99 г/м3 = 990 мг/м3;

ГДКр.з.H_2S= 10 мг/м3;

ефективність видалення в відцентровому скрубері η1=76,72%;

ефективність видалення в скрубері Вентурі η2= 99,99%.

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

Об'ємна витрата газу Vг = 22000 м3/год;

концентрація SO_2 в газах C_{SO_2} = 2,4 г/м3;

ГДКр.з. SO_2 = 0,5 мг/м3;

ефективність видалення в першому відцентровому скрубері η1 = 64,08% = 0,6408;

ефективність видалення в другому відцентровому скрубері η2 = 99%=0,99.

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

Об'ємна витрата газу Vг = 120000 м3/год;

концентрація SO_2 в газах C_{SO_2} = 0,3 г/м3;

ГДКр.з. SO_2 = 0,5 мг/м3;

ефективність видалення в першому скрубері Вентурі η1 = 45,28 % = 0,4528;

ефективність видалення в другому скрубері Вентурі η2 = 99,996% = 0,99996.

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

Об'ємна витрата газу Vг = 270000 м3/год;

концентрація HCl в газах C HCl = 7 г/м3;

ГДКр.з. HCl = 0,2 мг/м3;

ефективність видалення в першому скрубері Вентурі η1 = 86%;

ефективність видалення в другому скрубері Вентурі η2 = 98%.

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

Об'ємна витрата газу Vг = 20000 м3/год;

концентрація H_2SO_4 в газах С H_2SO_4 = 3 г/м3;

ГДКр.з. H_2SO_4= 0,3 мг/м3;

ефективність видалення в першому відцентровому скрубері η1 = 86%;

ефективність видалення в другому відцентровому скрубері η2 = 98%.

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

Об'ємна витрата газу Vг = 40000 м3/год;

концентрація HCl в газах Свх HCl = 70 г/м3;

ГДКр.з. HCl = 0,2 мг/м3;

ефективність видалення в відцентровому скрубері η1= 82,9 % = 0,829;

ефективність видалення в скрубері Вентурі η2= 99,99% = 0,9999.

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

Об'ємна витрата газу Vг = 25000 м3/год;

концентрація NaF в газах Свх NaF = 4 г/м3;

ГДКр.з. NaF = 0,03 мг/м3;

ефективність видалення в першому скрубері Вентурі η1 = 99,75%;

ефективність видалення в другому скрубері Вентурі η2 = 98%.

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

Об'ємна витрата газу Vг = 280000 м3/год;

концентрація HF в газах Свх HF = 0,04 г/м3;

ГДКр.з. HF = 0,02 мг/м3;

ефективність видалення в першому скрубері Вентурі η1 = 77,32%=0,7732;

ефективність видалення в другому скрубері Вентурі η2 = 68%=0,68;

ефективність видалення в третьому скрубері Вентурі η3=59,75%=0,5975.

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

Об'ємна витрата газу Vг = 25000 м3/год;

концентрація SiF_4 в газах $CSiF_4$ = 2,75 г/м3;

ГДКр.з. SiF_4 = 0,02 мг/м3;

ефективність видалення в першому скрубері η1 = 86%;

ефективність видалення в другому скрубері η2 = 98%.

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

Об’ємна витрата газу Vг = 5000 м3/год;

концентрація Na2SiF6 в газах С Na2SiF6 = 0,275 г/м3;

ГДКр.з. Na2SiF6 = 0,03 мг/м3;

ефективність видалення в першому відцентровому скрубері η1 = 90%;

ефективність видалення в другому відцентровому скрубері η2 = 97%.

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

Об’ємна витрата газу Vг = 50000 м3/год;

концентрація SO2 в газах CSO2 = 0,9 кг/м3;

ГДКр.з. SO2 = 0,5 мг/м3;

ефективність видалення в першому скрубері Вентурі η1 = 86%;

ефективність видалення в другому скрубері Вентурі η2 = 61,3%.

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

Об’ємна витрата газу Vг = 15000 м3/год;

концентрація NO в газах CNO = 0,0093 г/м3 = 9,3 мг/м3;

ГДКр.з. NO = 0,4 мг/м3;

ефективність видалення в скрубері Вентурі η1 = 90,1%;

ефективність видалення в відцентровому скрубері η2 = 98%.

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

Об`ємна витрата газу Vг= 30000 м3/год;

концентрація NO2 в газах CNO2 = 0,0014 кг/м3 = 1,4 г/м3;

ГДКр.з. NO2 = 0,2 мг/м3;

ефективність видалення в відцентровому скрубері η1=98,99%;

ефективність видалення в скрубері Вентурі η2= 99%.

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

Об’ємна витрата газу Vг= 7000 м3/год;

концентрація H2S в газах CH2S= 0,0046 г/м3 =4,6 мг/м3;

ГДКр.з.H2S= 0,008 мг/м3;

ефективність видалення в першому скрубері Вентурі η1 = 89,67%=0,8967;

ефективність видалення в другому скрубері Вентурі η2 = 99,7%=0,997.

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

Об’ємна витрата газу Vг = 13000 м3/год;

концентрація SO2 в газах CSO2 = 4,3 г/м3;

ГДКр.з. SO2 = 0,5 мг/м3;

ефективність видалення в першому скрубері Вентурі η1 = 99,5%=0,995;

ефективність видалення в другому скрубері Вентурі η2 = 99,89%=0,9989.

Робочу програму освітнього компонента (силабус):

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

Ухвалено *кафедрою Е та ТРП (протокол № 17 від 29.05.2025 р.)*

Погоджено *методичною радою ІХФ (протокол № 11 від 27.06.2025 р.)*