

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний авіаційний університет
 Факультет екологічної безпеки, інженерії та технологій
 Кафедра екології



Система менеджменту якості

НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНИЙ КОМПЛЕКС
навчальної дисципліни
«Техноекологія»

Освітньо-професійна програма: «Екологія та охорона навколишнього середовища»

Галузь знань: 10 «Природничі науки»

Спеціальність: 101 «Екологія»

Форма навчання	Сем.	Усього (год. / кредитів ECTS)	ЛКЦ	ПРЗ	ЛЗ	СРС	ДЗ / РГР / К.р	КР / КП	Форма сем. контролю
Денна	8	120 / 4,0	30	30	-	60	РГР	-	екзамен – 8 с.
Заочна	8,9	120 / 4,0	8	6	-	106	К.р.	-	екзамен - 9 с.

Індекс: НБ-3-101/21 - 2.1.31

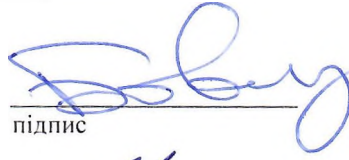
Індекс: НБ-3-101 з/21 - 2.1.31

СМЯ НАУ РП 10.02.03-01-2023



Навчально-методичний комплекс розробили:

доцент кафедри екології, к.т.н., доцент


підпис

Бовсуновський Є.О.
П.І.Б.

доцент кафедри екології, к.т.н., доцент
підпис


підпис

Черняк Л.М.
П.І.Б.

посада, науковий ступінь, вчене звання

підпис

П.І.Б.

Навчально-методичний комплекс обговорено та схвалено на засіданні випускової кафедри освітньо-професійної програми «Екологія та охорона навколишнього середовища» спеціальності 101 «Екологія» – кафедри екології, протокол № 16 від «20» 12 2023р.

Гарант освітньо-професійної програми



Радомська М.М.

Завідувач кафедри



Дудар Т.В.

Навчально-методичний комплекс обговорено та схвалено на засіданні науково-методично-редакційної ради факультету екологічної безпеки, інженерії та технологій, протокол № 5 від «21» 12 2023р.

Голова НМРР



Гроза В.А.

Рівень документа – 3б

Плановий термін між ревізіями – 1 рік

Контрольний примірник



ЗМІСТ НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНОГО КОМПЛЕКСУ

Дисципліна: «Техноекологія»
Освітньо-професійна програма: «Екологія та охорона навколишнього середовища»
Галузь знань: 10 «Природничі науки»
Спеціальність: 101 «Екологія»

№ пор.	Складова комплексу*	Позначення електронного файлу ¹⁾	Наявність	
			друкований вигляд	електронний вигляд
1	Робоча програма навчальної дисципліни	РП Техноекологія_2023_виправлено.doc	+	+
2	Тематичний план лекційного курсу	ТехнЕко_Тематичний план.docx	-	+
3	Конспект лекцій (<i>стислий виклад курсу лекцій чи окремих розділів навчальної дисципліни, форма надається</i>)	ТехнЕко_Конспект_лекцій.docx	-	
4	Тематичні матеріали (<i>методичні рекомендації</i>) з підготовки здобувачів до лабораторних/практичних занять (<i>розробляється викладачем</i>) *	ТехнЕко_Практичні pdf	-	+
5	Тематики ДЗ/РГР/КР/КП/К.р(ЗФН) (<i>форма надається</i>)*	ТехнЕко_Теми_КР_КП_ДЗ_РГР_Кр(ЗФН).docx	-	+
6	Модульні контрольні роботи (<i>перелік питань та завдань, форма надається</i>)	ТехнЕко Завдання_МКР.docx	-	+

*За видами діяльності у робочому плані



(Ф 03.02 – 01)

АРКУШ ПОШИРЕННЯ ДОКУМЕНТА

№ прим.	Куди передано (підрозділ)	Дата видачі	П.І.Б. отримувача	Підпис отримувача	Примітки

(Ф 03.02 – 02)

АРКУШ ОЗНАЙОМЛЕННЯ З ДОКУМЕНТОМ

№ пор.	Прізвище ім'я по-батькові	Підпис ознайомленої особи	Дата ознайомлення	Примітки

(Ф 03.02 – 04)

АРКУШ РЕЄСТРАЦІЇ РЕВІЗІЇ

№ пор.	Прізвище ім'я по-батькові	Дата ревізії	Підпис	Висновок щодо адекватності

(Ф 03.02 – 03)

АРКУШ ОБЛІКУ ЗМІН

№ зміни	№ листа (сторінки)				Підпис особи, яка внесла зміну	Дата внесення зміни	Дата введення зміни
	Зміненого	Заміненого	Нового	Анульованого			

(Ф 03.02 – 32)

УЗГОДЖЕННЯ ЗМІН

	Підпис	Ініціали, прізвище	Посада	Дата
Розробник				
Узгоджено				
Узгоджено				
Узгоджено				

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний авіаційний університет
Факультет екологічної безпеки, інженерії та технологій
Кафедра екології

УЗГОДЖЕНО
В.о. декана ФЕБІТ

ЗАТВЕРДЖУЮ
Проректор з навчальної роботи

_____ Сергій ЗОЗУЛЯ

_____ Анатолій ПОЛУХІН

«__» _____ 2023 р.

«__» _____ 2023 р.



Система менеджменту якості

РОБОЧА ПРОГРАМА
навчальної дисципліни
«Техноекологія»

Освітньо-професійна програма: «Екологія та охорона навколишнього середовища»

Галузь знань: 10 «Природничі науки»

Спеціальність: 101 «Екологія»

Форма навчання	Сем.	Усього (год. / кредитів ECTS)	ЛКЦ	ПРЗ	Л.З	СРС	ДЗ / РГР / К.р	КР / КП	Форма сем. контролю
Денна	8	120 / 4,0	30	30	-	60	РГР	-	екзамен – 8 с.
Заочна	8,9	120 / 4,0	8	6	-	106	К.р.	-	екзамен – 9 с.

Індекс: НБ-3-101/21 - 2.1.31

Індекс: НБ-3-101 з/21 - 2.1.31



Система менеджменту якості.
Робоча програма
навчальної дисципліни
«Техноекологія»

Шифр
документа

СМЯНАУ
РНП 10.02.03 – 01-2023

стор. 2 з 14

Робочу програму навчальної дисципліни «Техноекологія» розроблено на основі освітньо-професійної програми «Екологія та охорона навколишнього середовища», навчальних та робочих навчальних планів №НБ-3-101/21, №РБ-3-101/23 та №НБ-3-101з/21, №РБ-3-101з/23 підготовки здобувачів вищої освіти освітнього ступеня «Бакалавр» за спеціальністю 101 «Екологія» та відповідних нормативних документів.

Робочу програму розробили:

Доцент кафедри екології, доц., к.т.н. _____ Лариса ЧЕРНЯК

Доцент кафедри екології, доц., к.т.н. _____ Євген БОВСУНОВСЬКИЙ

Робочу програму обговорено та схвалено на засіданні випускової кафедри освітньо-професійної програми «Екологія та охорона навколишнього середовища»), спеціальності 101 «Екологія» – кафедри екології, протокол №__ від «__» _____ 2023 р.

Гарант освітньо-професійної програми _____ Маргарита РАДОМСЬКА

Завідувач кафедри _____ Тамара ДУДАР

Робочу програму обговорено та схвалено на засіданні науково-методично-редакційної ради факультету екологічної безпеки, інженерії та технологій, протокол №__ від «__» _____ 2023р.

Голова НМРР _____ Валентина ГРОЗА

Рівень документа – 3б

Плановий термін між ревізіями – 1 рік

Контрольний примірник



ЗМІСТ

	стор.
Вступ	4
1. Пояснювальна записка	4
1.1. Місце, мета, завдання навчальної дисципліни	4
1.2. Результати навчання, які дає можливість досягти навчальна дисципліна	4
1.3. Компетентності, які дає можливість здобути навчальна дисципліна	4
1.4. Міждисциплінарні зв'язки	4
2. Програма навчальної дисципліни	5
2.1. Зміст навчальної дисципліни	5
2.2. Модульне структурування та інтегровані вимоги до кожного модуля	5
2.3. Тематичний план	7
2.4. Розрахунково-графічна робота	8
2.5. Контрольна (домашня) робота (ЗФН)	8
2.6. Перелік питань для підготовки до екзамену	8
3. Навчально-методичні матеріали з дисципліни	8
3.1. Методи навчання	8
3.2. Рекомендована література (базова і допоміжна)	8
3.3. Інформаційні ресурси в Інтернет	9
4. Рейтингова система оцінювання набутих студентом знань та вмінь	10



ВСТУП

Робоча програма (РП) навчальної дисципліни «Техноекологія» розроблена на основі «Методичних рекомендацій до розроблення і оформлення робочої програми навчальної дисципліни денної та заочної форм навчання», затверджених наказом ректора від 29.04.2021 № 249/од, та відповідних нормативних документів.

1. ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

1.1. Місце, мета, завдання навчальної дисципліни.

Місце дисципліни в системі професійної підготовки фахівця. Дана дисципліна узагальнює теоретичні знання та практичні навички, отримані здобувачами на попередніх курсах, та забезпечує їх методичним апаратом та вміннями необхідними для виконання безпосередніх прикладних завдань у сфері професійної діяльності, зокрема для збереження екологічної безпеки та балансу в техноекосистемах.

Метою дисципліни є надання майбутнім фахівцям екологічного профілю, науково-теоретичних знань і практичних навиків з проектування технологічних процесів з урахуванням збереження та захисту довкілля, закономірностей створення технологічних циклів та виробничих підприємств, засвоєння основних сучасних концепцій та технологічних підходів до конфігурації індустріальних видів діяльності, спрямованих на зменшення забруднення і збереження природних ресурсів на локальному рівні.

Завданнями вивчення навчальної дисципліни є:

- вивчення закономірностей взаємодії природної та технічної систем;
- визначення пріоритетних напрямків розвитку техноекосистеми;
- вивчення інженерних методів проектування виробничих ліній із забезпеченням екологічної безпеки;
- визначення оптимальних способів управління якістю навколишнього природного середовища на базі сучасних досягнень науки і техніки;
- формування у майбутніх фахівців сучасної екологічної свідомості при розв'язанні проблем техногенної та екологічної безпеки.

1.2. Результати навчання, які дає можливість досягти навчальна дисципліна.

- ПРН 1 - Демонструвати розуміння основних принципів управління природоохоронними діями та/або екологічними проектами;
- ПРН 7 - Розв'язувати проблеми у сфері захисту навколишнього середовища із застосуванням загальноприйнятих та/або стандартних підходів та міжнародного і вітчизняного досвіду;
- ПРН 9 - Демонструвати навички оцінювання непередбачуваних екологічних проблем і обдуманого вибору шляхів їх вирішення;
- ПРН 11 - Уміти прогнозувати вплив технологічних процесів та виробництв на навколишнє середовище;
- ПРН 22 - Брати участь у розробці проектів і практичних рекомендацій щодо збереження довкілля;
- ПРН 26 - Брати участь у розробці та реалізації природоохоронних заходів, спрямованих на підвищення рівня екологічної безпеки підприємств авіаційно-космічної галузі;

1.3. Компетентності, які дає можливість здобути навчальна дисципліна.

ІК - Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та вирішувати практичні проблеми у сфері екології, охорони довкілля і збалансованого природокористування, або у



процесі навчання, що передбачає застосування основних теорій та методів наук про довкілля, та характеризуються комплексністю і невизначеністю умов

- ЗК 1 - знання та розуміння предметної області та професійної діяльності;
- ФК 14 - знання та розуміння теоретичних основ екології, охорони довкілля та збалансованого природокористування;
- ФК 18 - здатність до оцінки впливу процесів техногенезу на стан навколишнього середовища та виявлення екологічних ризиків, пов'язаних з виробничою діяльністю;
- ФК 22 - Здатність до участі в розробці системи управління та поведження з відходами виробництва та споживання
- ФК 25. Здатність до опанування міжнародного та вітчизняного досвіду вирішення регіональних та транскордонних екологічних проблем.
- ФК 27. Здатність до участі в організації та реалізації природоохоронної діяльності підприємствами авіаційно-космічної галузі.

1.4. Міждисциплінарні зв'язки.

Дана дисципліна базується на знаннях таких дисциплін, як «Інформаційні технології в екології», «Нормування антропогенного навантаження на довкілля», «Організація та управління в природоохоронній діяльності», «Урбоекологія» та є базою для вивчення подальших дисциплін, а саме: «Відновлення порушених екосистем», та виконання кваліфікаційної роботи.

2. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

2.1. Зміст навчальної дисципліни

Навчальний матеріал дисципліни структурований за модульним принципом і складається з двох навчальних модулів, а саме:

- навчального модуля № 1 «Видобувна, енергетична, паливна, вугільна, нафтогазова та хімічна промисловість»;
- навчального модуля № 2 «Важка, легка, лісова та деревообробна промисловість, транспорт, сільське господарство», кожен з яких є логічною завершеною, відносно самостійною, цілісною частиною навчальної дисципліни, засвоєння якої передбачає проведення модульної контрольної роботи та аналіз результатів її виконання.

2.2. Модульне структурування та інтегровані вимоги до модуля

Модуль №1. «Видобувна, енергетична, паливна, вугільна, нафтогазова та хімічна промисловість»

Інтегровані вимоги модуля №1:

знати етапи процесу проектування технологічних циклів, особливості індустріального метаболізму, причини та наслідки виробничих процесів, структуру виробництва та чинники його впливу на стан довкілля;

вміти прогнозувати вплив технологічних процесів на довкілля, оцінювати ефективність функціонування виробництва з точки зору екологічної безпеки та досягнення принципів сталого розвитку.

Тема 1. Базові основи та основні поняття техноекології.

Становлення та понятійно-термінологічний апарат, об'єкт, предмет, мета завдання техноекології. Структурні підрозділи сучасної екології. Основні етапи розвитку екологічної науки та українська екологічна школа.

Тема 2. Індустріальний метаболізм.

Поняття індустріальний метаболізм. Природний та соціальний капітал. Етапи індустріального метаболізму.

Тема 3. Видобувна промисловість



Загальна характеристика видобувної промисловості України. Природні ресурси, які використовуються у видобувній промисловості. Вплив видобувної промисловості на довкілля. Заходи охорони та попередження негативного впливу видобувної промисловості на навколишнє середовище.

Тема 4. Енергетика

Значення енергетики для розвитку економіки країни. Теплові, атомні та гідроелектростанції. Природні ресурси, які використовуються у електроенергетиці. Вплив енергетичного комплексу на довкілля. Заходи охорони довкілля від шкідливого впливу електроенергетики.

Тема 5. Нафтогазова промисловість та вугільна промисловість.

Загальна характеристика нафтогазової та вугільної промисловості України. Характеристика родовищ горючих копалин України. Вплив нафтогазової та вугільної промисловості на довкілля. Заходи охорони та попередження негативного впливу нафтогазової та вугільної промисловості.

Тема 6. Хімічна промисловість.

Характеристика хімічної промисловості України. Природні ресурси, які забезпечують розвиток хімічної промисловості. Вплив хімічної промисловості на довкілля, заходи щодо охорони та попередження цього негативного впливу.

Тема 7. Альтернативні джерела енергії та екологічно безпечні технології в енергетиці, видобувній, нафтовій, хімічній та вугільній промисловості.

Альтернативні джерела енергії в енергетиці. Нові екологічно безпечні технології у видобувній та паливній промисловості. Нові екологічно безпечні технології видобування нафти, газу та вугілля. Альтернативні екологічно безпечні технології хімічної промисловості.

Модуль №2 «Важка, легка, лісова та деревообробна промисловість, транспорт, сільське господарство»

Інтегровані вимоги модуля №2:

знати: особливості проектування технологічних циклів, причини та наслідки виробничих процесів, структуру виробництва та чинники його впливу на стан довкілля;

вміти: прогнозувати вплив технологічних процесів на довкілля, оцінювати ефективність функціонування виробництва з точки зору екологічної безпеки та досягнення принципів сталого розвитку, впроваджувати енергозберігаючі та енергоощадні технології.

Тема 1. Важка промисловість

Характеристика та особливості важкої промисловості України. Природні ресурси, необхідні для розвитку важкої промисловості. Вплив важкої промисловості на довкілля, заходи щодо охорони та попередження цього негативного впливу.

Тема 2. Легка промисловість

Характеристика та особливості легкої промисловості України. Природні ресурси, необхідні для розвитку легкої промисловості. Вплив легкої промисловості на довкілля, заходи щодо охорони та попередження цього негативного впливу.

Тема 3. Лісова, деревообробна та паперова промисловість

Характеристика лісової промисловості. Природні ресурси, необхідні для функціонування лісової промисловості. Вплив лісової промисловості на довкілля, заходи охорони та попередження цього негативного впливу.

Характеристика деревообробної та паперової промисловості. Природні ресурси, необхідні для функціонування деревообробної та паперової промисловості. Вплив деревообробної та паперової промисловості на довкілля, заходи охорони та попередження цього негативного впливу.

Тема 4. Транспорт



Загальна характеристика транспортного комплексу. Ресурси, що використовуються у транспортному комплексі. Вплив транспорту на довкілля. Заходи охорони та попередження негативного впливу транспорту на навколишнє середовище.

Тема 5. Агропромисловий комплекс

Загальна характеристика агропромислового комплексу. Ресурси, що використовуються у агропромисловому комплексі. Вплив агропромислового комплексу на довкілля. Заходи охорони та попередження негативного впливу агропромислового комплексу на навколишнє середовище.

Тема 6. Альтернативні джерела енергії та екологічно безпечні технології в важкій, легкій, лісовій, деревообробній промисловості, на транспорті, в житлово-комунальному та сільському господарствах

Альтернативні екологічно безпечні технології важкої та легкої промисловості. Альтернативні екологічно безпечні технології лісової та деревообробної промисловості. Нові екологічно безпечні види транспорту. Нові екологічно безпечні агротехнології.

2.3. Тематичний план

№ по р.	Назва теми	Обсяг навчальних занять (год.)								
		Денна форма навчання				Заочна форма навчання				
		Усього	Лекції	Практ.з заняття	СРС	Усього	Лекції	Практ. заняття	СРС	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Модуль №1 «Видобувна енергетика, паливна та хімічна промисловість»										
11	Базові основи та основні поняття техноекології	8 семестр				8 семестр				
		4	2	2	2	6	2	-	4	
1.2	Індустріальний метаболізм	12	2	2	6	4	-	-	4	
1.3	Видобувна промисловість	8	2	2	4	6	2	-	4	
1.4	Енергетика	8	2	2	4	4	-	-	4	
1.5	Нафтогазова промисловість та вугільна промисловість	8	2	2	4	4	-	-	4	
1.6	Хімічна промисловість	8	2	2	4	4	-	-	4	
1.7	Альтернативні джерела енергії та екологічно безпечні технології в енергетиці, видобувній, паливній, нафтовій, хімічній та вугільній промисловості	12	2	2	6	2	-	-	2	
1.8	Модульна контрольна робота №1	4	2	-	2	-	-	-	-	
Усього за модулем №1		64	16	16	32	30	4	-	26	
Модуль №2. «Важка, легка, лісова та деревообробна промисловість, транспорт, сільське господарство»										
2.1	Важка промисловість	6	2	2	2	9 семестр				
						10	-	-	10	
2.2	Легка промисловість	6	2	2	2	10	-	-	10	
2.3	Лісова, деревообробна та паперова промисловість	6	2	2	2	14	2	2	10	
2.4	Транспорт	6	2	2	2	10	-	-	10	



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.5	Агропромисловий комплекс	6	2	2	2	10	-	-	10
2.6	Альтернативні джерела енергії та екологічно безпечні технології в важкій, легкій, лісовій, деревообробній промисловості, на транспорті, в житлово-комунальному та сільському господарствах	10	2	2 2	4	14	2	2	10
2.7	Розрахунково-графічна робота	10	-	-	10	-	-	-	-
2.8	Модульна контрольна робота №2	4	2	-	2	-	-	-	-
2.9	Контрольна (домашня) робота (ЗФН)	-	-	-	-	10	-	-	10
2.1 0	Підсумкова семестрова контрольна робота (ЗФН)	-	-	-	-	12	-	2	10
Усього за модулем №2		56	14	14	28	90	4	6	80
Усього за навчальною дисципліною		120	30	30	60	120	8	6	106

2.4. Розрахунково-графічна робота.

Розрахунково-графічна робота з дисципліни «Техноекологія» виконується у восьмому семестрі, з метою закріплення та поглиблення теоретичних знань та практичних вмінь, набутих студентом у процесі засвоєння навчального матеріалу дисципліни.

Мета розрахунково-графічної роботи полягає в аналізі основних принципів взаємодії техногенних об'єктів з біотичними та абіотичними компонентами навколишнього середовища, джерел забруднення, заходів щодо зниження рівня антропогенного забруднення, методів екологічної компенсації в технооекосистемах та прогнозуванні змін стану навколишнього природного середовища з урахуванням діяльності людини.

Виконання, оформлення та захист розрахунково-графічної роботи здійснюється студентом в індивідуальному порядку. Час необхідний для виконання кожної розрахунково-графічної роботи – 10 годин.

2.5. Контрольна (домашня) робота (ЗФН).

Метою контрольної (домашньої) роботи (ЗФН) є закріплення та поглиблення теоретичних та практичних знань та вмінь студента, набутих студентом у процесі засвоєння навчального матеріалу дисципліни.

Завдання для виконання розробляються автором робочої програми. Навчальні матеріали затверджуються протоколом засідання випускової кафедри, доводяться до відома студента індивідуально і виконуються відповідно до методичних рекомендацій. Наприклад, номер варіанту теоретичної частини та завдання дорівнює сумі трьох останніх цифр індивідуального навчального плану студента.

2.6. Перелік питань для підготовки до екзамену

Перелік питань та зміст завдань для підготовки до екзамену, розробляються провідним викладачем кафедри відповідно до робочої програми, затверджується на засіданні кафедри та доноситься до відома студентів.

3. НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНІ МАТЕРІАЛИ З ДИСЦИПЛІНИ

3.1. Методи навчання

При вивченні навчальної дисципліни використовуються методи організації і здійснення навчально-пізнавальної діяльності здобувачів вищої освіти, стимулювання і мотивації, контролю і самоконтролю.



Реалізація цих методів здійснюється при проведенні лекцій, лабораторних робіт, тестовому контролю, самостійному вирішенні практичних завдань, при роботі з оригінальною, навчальною та науковою літературою.

3.2. Рекомендована література

Базова література

3.2.1. Техноекологія: підручник. / М.О. Клименко, І.І.Залеський. - Херсон: ОЛДІ ПЛЮС, 2019 - 348 с.

3.2.2. Станкевич С. В. Техноекологія: навч. посіб. / С. В. Станкевич, Л.В. Головань; Харків. нац. аграр. ун-т ім. В. В. Докучаєва. – Харків: Видавництво Іванченка І.С., 2020. – 338 с.

3.2.3. Я. Бедрий, Б. Билинський, Р. Ивах, М. Козяр. Промислова екологія Посібник для ВНЗ.- Кондор, 2018 р., 374 с. 3. .

Допоміжна література

3.2.4. Баштовий М.Г. «Техноекологія» . Практичні заняття Спеціальність 101 «Екологія», денна та заочна ФН – Суми: СНАУ, 2019. – 48 с.


3.3. Інформаційні ресурси в інтернеті

3.3.1. Репозитарій НАУ / [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://er.nau.edu.ua/handle/NAU/9142>

3.3.2. Довідкові документи з НДТМ Міндовкілля/ [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://mepr.gov.ua/diyalnist/napryamky/atmosferne-povitrya/ndtm-2/ndtm/>

3.3.3. Державна служба статистики України / [Електронний ресурс]. – режим доступу: <https://www.ukrstat.gov.ua/>

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

	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Техноекологія»	Шифр документа	СМЯНАУ РНП 10.02.03 – 01-2023
		стор. 10 з 14	

4. РЕЙТИНГОВА СИСТЕМА ОЦІНЮВАННЯ НАБУТИХ СТУДЕНТОМ ЗНАТЬ ТА ВМІНЬ


4.1. Оцінювання окремих видів виконаної студентом навчальної роботи здійснюється в балах відповідно до табл.4.1.

Таблица 4.1

Вид навчальної роботи	Мах кількість балів		Вид навчальної роботи	Мах кількість балів	
	Денна форма навчання	Заочна форма навчання		Денна форма навчання	Заочна форма навчання
	8 семестр	8 семестр		8 семестр	9 семестр
Модуль № 1 «Міста та міське господарство»			Модуль № 2 «Екологічні проблеми компонентів урбоєкосистеми»		
Вин навчальної роботи	бали	бали	Вин навчальної роботи	бали	бали
Виконання та захист практичних робіт, розв'язання задач (8x2б), відповіді на теоретичні питання (2x2б)	20 (сумарно)	–	Виконання та захист практичних робіт, розв'язання задач (7x2б), відповіді на теоретичні питання (3x2б)	20 (сумарно)	–
	–	–	Виконання та захист практичних робіт (з урахуванням виконання завдань, отриманих під час настановної сесії) розв'язання задач, відповіді на теоретичні питання	–	30 (сумарно)
	–	–	Виконання та захист контрольної (розрахунково-графічної) роботи	10	30
<i>Для допуску до виконання модульної контрольної роботи №1 студент має набрати не менше</i>	12	–	<i>Для допуску до виконання модульної контрольної роботи №2 студент має набрати не менше</i>	18	–
Виконання модульної контрольної роботи №1	15	–	Виконання модульної контрольної роботи №2	15	–
Усього за модулем №1	35	–	Усього за модулем №2	45	–
Усього за модулями №1, №2				80	60
Семестровий екзамен				20	40
Усього за дисципліною				100	

4.2. Виконані види навчальної роботи зараховуються студенту, якщо він отримав за них позитивну рейтингову оцінку (Додаток 3).

4.3. Сума рейтингових оцінок, отриманих студентом за окремі види виконаної навчальної роботи, становить поточну модульну рейтингову оцінку, яка заноситься до відомості модульного контролю.

	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Техноекологія»	Шифр документа	СМЯНАУ РНП 10.02.03 – 01-2023
		стор. 11 з 14	

4.4. Сума підсумкової семестрової модульної та екзаменаційної рейтингових оцінок, у балах становить підсумкову семестрову рейтингову оцінку, яка перераховується в оцінки за національною шкалою та шкалою ECTS (Додаток 4).

4.5. Підсумкова семестрова рейтингова оцінка в балах, за національною шкалою та шкалою ECTS заноситься до заліково-екзаменаційної відомості, навчальної картки та індивідуального навчального плану здобувача, наприклад, так: **92/Відм./А, 87/Добре/В, 79/Добре/С, 68/Задов./D, 65/Задов./E** тощо.

4.6. Підсумкова рейтингова оцінка з дисципліни дорівнює підсумковій семестровій рейтинговій оцінці. Зазначена підсумкова рейтингова оцінка з дисципліни заноситься до Додатку до диплома.



Система менеджменту якості.
Робоча програма
навчальної дисципліни
«Техноекологія»

Шифр
документа

СМЯНАУ
РНП 10.02.03 – 01-2023

стор. 12 з 14

(Ф 03.02 – 01)

АРКУШ ПОШИРЕННЯ ДОКУМЕНТА

№ прим.	Куди передано (підрозділ)	Дата видачі	П.І.Б. отримувача	Підпис отримувача	Примітки

(Ф 03.02 – 02)

АРКУШ ОЗНАЙОМЛЕННЯ З ДОКУМЕНТОМ

№ пор.	Прізвище ім'я по-батькові	Підпис ознайомленої особи	Дата ознайомлення	Примітки

(Ф 03.02 – 04)

АРКУШ РЕЄСТРАЦІЇ РЕВІЗІЇ

№ пор.	Прізвище ім'я по-батькові	Дата ревізії	Підпис	Висновок щодо адекватності

(Ф 03.02 – 03)

АРКУШ ОБЛІКУ ЗМІН

№ зміни	№ листа (сторінки)				Підпис особи, яка внесла зміну	Дата внесення зміни	Дата введення зміни
	Зміненого	Заміненого	Нового	Анульованого			

(Ф 03.02 – 32)

УЗГОДЖЕННЯ ЗМІН

	Підпис	Ініціали, прізвище	Посада	Дата
Розробник				
Узгоджено				
Узгоджено				
Узгоджено				



Додаток 3

**Відповідність оцінок у балах оцінкам за національною шкалою
(рекомендовані значення)**

Оцінка у балах												Оцінка за національною шкалою
3	4	5	6	7	8	9	10	11	13	14	15	
3	4	5	6	7	8	9	9-10	10-11	12-13	13-14	14-15	Відмінно
2,5	3	4	5	6	6-7	7-8	8	9	10-11	11-12	12-13	Добре
2	2,5	3	4	4-5	5	6	6-7	7-8	8-9	9-10	9-11	Задовільно

Оцінка у балах												Оцінка за національною шкалою
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	
15-16	16-17	17-18	17-19	18-20	19-21	20-22	21-23	22-24	23-25	24-26	25-27	Відмінно
12-14	13-15	14-16	15-16	15-17	16-18	17-19	18-20	18-21	19-22	20-23	20-24	Добре
10-11	10-12	11-13	12-14	12-14	13-15	13-16	14-17	15-17	15-18	16-19	16-19	Задовільно

Оцінка у балах												Оцінка за національною шкалою
28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	
26-28	26-29	27-30	28-31	29-32	30-33	31-34	32-35	33-36	34-37	34-38	35-39	Відмінно
21-25	22-25	23-26	23-27	24-28	25-29	26-30	27-31	27-32	28-33	29-33	29-34	Добре
17-20	18-21	18-22	19-22	19-23	20-24	20-25	21-26	22-26	22-27	23-28	24-28	Задовільно

Оцінка у балах												Оцінка за національною шкалою
40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	
36-40	37-41	38-42	39-43	40-44	41-45	42-46	43-47	43-48	44-49	45-50	46-51	Відмінно
30-35	31-36	32-37	32-38	33-39	34-40	35-41	35-42	36-42	37-43	38-44	38-45	Добре
24-29	25-30	25-31	26-31	27-32	27-33	28-34	28-34	29-35	30-36	30-37	31-37	Задовільно

Оцінка у балах												Оцінка за національною шкалою
52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	
47-52	48-53	49-54	50-55	51-56	51-57	52-58	53-59	54-60	55-61	56-62	57-63	Відмінно
39-46	40-47	41-48	41-49	42-50	43-50	44-51	44-52	45-53	46-54	47-55	47-56	Добре
31-38	32-39	32-40	33-40	34-41	34-42	35-43	36-43	36-44	37-45	37-46	38-46	Задовільно

Оцінка у балах												Оцінка за національною шкалою
64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	
58-64	59-65	60-66	60-67	61-68	62-69	63-70	64-71	65-72	66-73	67-74	68-75	Відмінно
48-57	49-58	50-59	50-59	51-60	52-61	53-62	53-63	54-64	55-65	56-66	56-67	Добре
38-47	39-48	40-49	40-49	41-50	41-51	42-52	43-52	43-53	44-54	44-55	45-55	Задовільно

Оцінка у балах												Оцінка за національною шкалою
76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	
68-76	69-77	70-78	71-79	72-80	73-81	74-82	75-83	76-84	77-85	77-86	78-87	Відмінно
57-67	58-68	59-69	59-70	60-71	61-72	62-73	62-74	63-75	64-76	65-76	65-77	Добре
46-56	46-57	47-58	47-58	48-59	49-60	49-61	50-61	50-62	51-63	52-64	52-64	Задовільно



Система менеджменту якості.
Робоча програма
навчальної дисципліни
«Техноекологія»

Шифр
документа

СМЯНАУ
РНП 10.02.03 – 01-2023

стор. 14 з 14

Додаток 4

Відповідність підсумкової семестрової рейтингової оцінки в балах
оцінці за національною шкалою та шкалою ECTS

Оцінка в балах	Оцінка за національною шкалою	Оцінка за шкалою ECTS	
		Оцінка	Пояснення
90-100	Відмінно	A	Відмінно (відмінне виконання лише з незначною кількістю помилок)
82-89	Добре	B	Дуже добре (вище середнього рівня з кількома помилками)
75-81		C	Добре (в загальному вірне виконання з певною кількістю суттєвих помилок)
67-74	Задовільно	D	Задовільно (непогано, але зі значною кількістю недоліків)
60-66		E	Достатньо (виконання задовольняє мінімальним критеріям)
35-59	Незадовільно	FX	Незадовільно (з можливістю повторного складання)
1-34		F	Незадовільно (з обов'язковим повторним курсом)

№ п о р .	Назва теми	Обсяг навчальних занять (год.)							
		Денна форма навчання				Заочна форма навчання			
		Усього	Лекції	Практ.з	СРС	Усього	Лекції	Практ.	СРС
1	2	3	4	5	6	8	9	10	
	1	2	3	4	5	6			

Модуль №1. «Видобувна, енергетична, паливна, вугільна, нафтогазова та хімічна промисловість»									
1	Базові основи та основні поняття техноекології	8 семестр				8 семестр			
1		4	2	2	2	6	2	-	4
2	Індустріальний метаболізм	1 2	2	2	6	4	-	-	4
3	Видобувна промисловість	8	2	2	4	6	2	-	4
4	Енергетика	8	2	2	4	4	-	-	4
5	Нафтогазова промисловість та вугільна промисловість	8	2	2	4	4	-	-	4
6	Хімічна промисловість	8	2	2	4	4	-	-	4
7	Альтернативні джерела енергії та екологічно безпечні технології в енергетиці, видобувній, паливній, нафтовій, хімічній та вугільній промисловості	1 2	2	2 2	6	2	-	-	2
8	Модульна контрольна робота №1	4	2	-	2	-	-	-	-
Усього за модулем №1		6 4	1 6	1 6	3 2	3 0	4	-	26
Модуль №2. «Важка, легка, лісова та деревообробна промисловість, транспорт, сільське господарство»									
2	Важка промисловість	9 семестр							
1		6	2	2	2	1 0	-	-	10
2	Легка промисловість	6	2	2	2	1 0	-	-	10

2									
2 . 3	Лісова, деревообробна та паперова промисловість	6	2	2	2	1 4	2	2	10
2 . 4	Транспорт	6	2	2	2	1 0	-	-	10
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2 . 5	Агропромисловий комплекс	6	2	2	2	1 0	-	-	10
2 . 6	Альтернативні джерела енергії та екологічно безпечні технології в важкій, легкій, лісовій, деревообробній промисловості, на транспорті, в житлово- комунальному та сільському господарствах	1 0	2	2 2	4	1 4	2	2	10
2 . 7	Розрахунково- графічна робота	1 0	-	-	1 0	-	-	-	-
2 . 8	Модульна контрольна робота №2	4	2	-	2	-	-	-	-
2 . 9	Контрольна (домашня) робота (ЗФН)	-	-	-	-	1 0	-	-	10
2 . 1 0	Підсумкова семестрова контрольна робота (ЗФН)	-	-	-	-	1 2	-	2	10
Усього за модулем №2		5 6	1 4	1 4	2 8	9 0	4	6	80
Усього за навчальною дисципліною		1 2 0	3 0	3 0	6 0	1 2 0	8	6	106

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**Факультет екологічної безпеки, інженерії та технологій
КАФЕДРА ЕКОЛОГІЇ**



КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

з дисципліни «Техноекологія»

Освітньо-професійна програма: «Екологія та охорона навколишнього середовища»
Галузь знань: 10 «Природничі науки»
Спеціальність: 101 «Екологія»

Укладач (і) к.т.н., доцент
Бовсуновський Є.О.
(науковий ступінь, вчене звання, П.І.Б. викладача)

Конспект лекцій розглянутий та
схвалений на засіданні кафедри екології

Протокол №__ від «__» _____ 202__р.

Завідувач кафедри _____ Дудар Т.В.

Модуль 1

Тема 1. Базові основи та основні поняття техноекології.

Становлення та понятійно-термінологічний апарат, об'єкт, предмет, мета завдання техноекології. Структурні підрозділи сучасної екології. Основні етапи розвитку екологічної науки та українська екологічна школа.

Тема 2. Індустріальний метаболізм.

Поняття індустріальний метаболізм. Природний та соціальний капітал. Етапи індустріального метаболізму.

Тема 3. Видобувна промисловість

Загальна характеристика видобувної промисловості України. Природні ресурси, які використовуються у видобувній промисловості. Вплив видобувної промисловості на довкілля. Заходи охорони та попередження негативного впливу видобувної промисловості на навколишнє середовище.

Тема 4. Енергетика

Значення енергетики для розвитку економіки країни. Теплові, атомні та гідроелектростанції. Природні ресурси, які використовуються у електроенергетиці. Вплив енергетичного комплексу на довкілля. Заходи охорони довкілля від шкідливого впливу електроенергетики.

Тема 5. Нафтогазова промисловість та вугільна промисловість.

Загальна характеристика нафтогазової та вугільної промисловості України. Характеристика родовищ горючих копалин України. Вплив нафтогазової та вугільної промисловості на довкілля. Заходи охорони та попередження негативного впливу нафтогазової та вугільної промисловості.

Тема 6. Хімічна промисловість.

Характеристика хімічної промисловості України. Природні ресурси, які забезпечують розвиток хімічної промисловості. Вплив хімічної промисловості на довкілля, заходи щодо охорони та попередження цього негативного впливу.

Тема 7. Альтернативні джерела енергії та екологічно безпечні технології в енергетиці, видобувній, нафтовій, хімічній та вугільній промисловості.

Альтернативні джерела енергії в енергетиці. Нові екологічно безпечні технології у видобувній та паливній промисловості. Нові екологічно безпечні технології видобування нафти, газу та вугілля. Альтернативні екологічно безпечні технології хімічної промисловості.

Модуль 2

Тема 1. Важка промисловість

Характеристика та особливості важкої промисловості України. Природні ресурси, необхідні для розвитку важкої промисловості. Вплив важкої промисловості на довкілля, заходи щодо охорони та попередження цього негативного впливу.

Тема 2. Легка промисловість

Характеристика та особливості легкої промисловості України. Природні ресурси, необхідні для розвитку легкої промисловості. Вплив легкої промисловості на довкілля, заходи щодо охорони та попередження цього негативного впливу.

Тема 3. Лісова, деревообробна та паперова промисловість

Характеристика лісової промисловості. Природні ресурси, необхідні для функціонування лісової промисловості. Вплив лісової промисловості на довкілля, заходи охорони та попередження цього негативного впливу.

Характеристика деревообробної та паперової промисловості. Природні ресурси, необхідні для функціонування деревообробної та паперової промисловості.

Вплив деревообробної та паперової промисловості на довкілля, заходи охорони та попередження цього негативного впливу.

Тема 4. Транспорт

Загальна характеристика транспортного комплексу. Ресурси, що використовуються у транспортному комплексі. Вплив транспорту на довкілля. Заходи охорони та попередження негативного впливу транспорту на навколишнє середовище.

Тема 5. Агропромисловий комплекс

Загальна характеристика агропромислового комплексу. Ресурси, що використовуються у агропромисловому комплексі. Вплив агропромислового комплексу на довкілля. Заходи охорони та попередження негативного впливу агропромислового комплексу на навколишнє середовище.

Тема 6. Альтернативні джерела енергії та екологічно безпечні технології в важкій, легкій, лісовій, деревообробній промисловості, на транспорті, в житлово-комунальному та сільському господарствах

Альтернативні екологічно безпечні технології важкої та легкої промисловості. Альтернативні екологічно безпечні технології лісової та деревообробної промисловості. Нові екологічно безпечні види транспорту. Нові екологічно безпечні агротехнології.

Рекомендована література

Базова література

3.2.1. Техноекологія: підручник. / М.О. Клименко, І.І.Залеський. - Херсон: ОЛДІ ПЛЮС, 2019 - 348 с.

3.2.2. Станкевич С. В. Техноекологія: навч. посіб. / С. В. Станкевич, Л.В. Головань; Харків. нац. аграр. ун-т ім. В. В. Докучаєва. – Харків: Видавництво Іванченка І.С., 2020. – 338 с.

3.2.3. Я. Бедрий, Б. Билинський, Р. Ивах, М. Козяр. Промислова екологія Посібник для ВНЗ.- Кондор, 2018 р., 374 с. 3. .

Допоміжна література

3.2.4. Баштовий М.Г. «Техноекологія» . Практичні заняття Спеціальність 101 «Екологія», денна та заочна ФН – Суми: СНАУ, 2019. – 48 с.

3.3. Інформаційні ресурси в інтернеті

3.3.1. Репозитарій НАУ / [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://er.nau.edu.ua/handle/NAU/9142>

3.3.2. Довідкові документи з НДТМ Міндовкілля/ [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://mepr.gov.ua/diyalnist/napryamky/atmosferne-povitrya/ndtm-2/ndtm/>

3.3.3. Державна служба статистики України / [Електронний ресурс]. – режим доступу: <https://www.ukrstat.gov.ua/>

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

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний авіаційний університет

ТЕХНОЕКОЛОГІЯ

Методичні рекомендації
до виконання практичних робіт
для здобувачів вищої освіти
ОС «Бакалавр»
спеціальності 101 «Екологія»

Київ 2023

УДК 502.2 (072)
Т 364

Укладачі:

Л. М. Черняк – канд. техн. наук, доцент кафедри;
Є. О. Бовсуновський – канд. техн. наук, доцент кафедри;
І. В. Горобцов – асистент кафедри;
Т. І. Дмитруха канд. техн. наук, доцент кафедри

Рецензент

О. О. Мікосянчик – доктор техн. наук, професор, завідувач кафедри прикладної механіки та інженерії матеріалів АКФ (Національний авіаційний університет).

Затверджено Науково-методично-редакційною радою
Національного авіаційного університету
(протокол № від 2023).

Техноекологія : методичні рекомендації / уклад.: Л. М. Черняк,
Є. О. Бовсуновський, Т. І. Дмитруха, І. В. Горобцов. – К. : НАУ, 2023. – 56 с.

Розглянуто практичні роботи для визначення впливу техносфери на навколишнє середовище.

Для здобувачів вищої освіти ОС «Бакалавр» спеціальності 101 «Екологія».

Вступ

Навчальна дисципліна «Техноекологія» поєднує знання та закономірності основних галузей екологічної науки для формування принципів та розробки методів зменшення впливу техносфери на навколишнє середовище. Дана дисципліна узагальнює теоретичні знання та практичні навички, отримані здобувачами на попередніх курсах, та забезпечує їх методичним апаратом та вміннями необхідними для виконання безпосередніх прикладних завдань у сфері професійної діяльності, зокрема для збереження екологічної безпеки та балансу в техноекосистемах.

Метою дисципліни є надання майбутнім фахівцям екологічного профілю, науково-теоретичних знань і практичних навиків з проектування технологічних процесів з урахуванням збереження та захисту довкілля, закономірностей створення технологічних циклів та виробничих підприємств, засвоєння основних сучасних концепцій та технологічних підходів до конфігурації індустріальних видів діяльності, спрямованих на зменшення забруднення і збереження природних ресурсів на локальному рівні.

Практичні роботи з даної дисципліни має за мету надати здобувачам можливість застосувати на практиці знання та навички здобуті протягом вивчення не лише «Техноекологія», а й усього спектру професійно спрямованих предметів за освітньо-професійною програмою.

У результаті виконання практичних робіт здобувачі також розвивають навички та уміння загального характеру:

- демонструвати розуміння основних принципів управління природоохоронними діями та/або екологічними проектами;
- розв'язувати проблеми у сфері захисту навколишнього середовища із застосуванням загальноприйнятих та/або стандартних підходів та міжнародного і вітчизняного досвіду;
- демонструвати навички оцінювання непередбачуваних екологічних проблем і обдуманого вибору шляхів їх вирішення;
- уміти прогнозувати вплив технологічних процесів та виробництв на навколишнє середовище;
- брати участь у розробці проектів і практичних рекомендацій щодо збереження довкілля.

Практична робота №1

РОЗРАХУНОК ДИСПЕРСІЇ НАГРІТИХ ВИКИДІВ ШКІДЛИВИХ РЕЧОВИН В АТМОСФЕРІ

Мета та завдання: Відповідно до варіанту (табл. А.1) розрахувати дисперсію нагрітих викидів шкідливих речовин, зазначених у таблиці, з єдиного високого джерела з круглою горловиною (труби) в атмосфері.

Розрахунок розсіювання нагрітих викидів шкідливих речовин в атмосфері здійснюється відповідно до «Методики розрахунку концентрацій шкідливих речовин, що містяться у викидах підприємств в атмосфері» (ОНД-86). Ступінь небезпеки забруднення приземного шару атмосферного повітря шкідливими речовинами визначається найбільшим розрахунковим значенням приземної концентрації шкідливих речовин, яке може бути встановлено на деякій відстані від джерела викиду за найбільш несприятливих метеорологічних умов. Величина найбільшої концентрації кожної шкідливої речовини в приземному шарі атмосфери C_m не повинна перевищувати максимальну разову гранично допустиму концентрацію даної шкідливої речовини в атмосферному повітрі $ГДК_{мр}$:

$$C_m \leq ГДК_{мр},$$

При одночасному знаходженні в атмосфері кількох шкідливих речовин, що мають односпрямований характер дії, їх безрозмірна сумарна концентрація не повинна перевищувати одиниці:

$$g = C_1/ГДК_1 + C_2/ГДК_2 + \dots + C_n/ГДК_n \leq 1,$$

де g – безрозмірна сумарна концентрація групи шкідливих речовин, що мають односпрямовану дію;

C_1, C_2, \dots, C_n – концентрації шкідливих речовин в атмосферному повітрі в одній точці місцевості, $мг/м^3$;

$ГДК_1, ГДК_2, \dots, ГДК_n$ – відповідні максимальні разові гранично допустимі концентрації шкідливих речовин в атмосферному повітрі, $мг/м^3$. Граничну концентрацію C_m , $мг/м^3$ шкідливої речовини в приземному шарі при викидах нагрітих газів по трубі з круглим гирлом для одного джерела визначають за формулою:

$$C_m = \frac{AMFm\eta}{H^2\sqrt[3]{Q\Delta T}}$$

де A – коефіцієнт, що залежить від температурної стратифікації

атмосфери, що визначає умови вертикального і горизонтального розсіювання шкідливих речовин в атмосферному повітрі;

M – маса шкідливої речовини, що викидається в атмосферу, за одиницю часу (табл. 1.1), г/с;

F – безрозмірний коефіцієнт, що враховує швидкість осідання шкідливих речовин в атмосферному повітрі;

m, n – безрозмірні коефіцієнти, що враховують умови виходу газової суміші з гирла джерела викиду;

H – висота джерела викидів над рівнем землі (табл. 1.1), м; (при розрахунку для наземних джерел $H = 2$ м);

η – безрозмірний коефіцієнт, що враховує вплив рельєфу місцевості (для рівнинної місцевості з перепадом висот не більше 50 м на 1 км $\eta = 1$);

ΔT – різниця між температурою викиданої газоповітряної суміші Там (табл. 1.1) і температурою навколишнього атмосферного повітря T_a (табл. 1.1), що дорівнює середній температурі найбільш жаркого місяця на 13:00, °С, $\Delta T = T_{am} - T_a$;

Q – об'ємна витрата газоповітряної суміші, що надходить в атмосферу від джерела викидів (м³/с), яка визначається за формулою:

$$Q = \frac{\pi D^2}{4} \omega_0$$

де D – діаметр гирла джерела викиду (табл. 1.1), м;

ω_0 – середня швидкість виходу газоповітряної суміші з гирла джерела викиду (табл. 1.1), м/с;

Значення коефіцієнта A залежить від географічної зони, прийmemo його як $A = 200$. Значення безрозмірного коефіцієнта F для газоподібних шкідливих речовин і дрібнодисперсних аерозолів, швидкість упорядкованого осадження яких практично дорівнює нулю, приймається рівним одиниці ($F = 1$), а для пилу і золи коефіцієнт F вибирається з таких умов:

Ступінь очищення повітря F при:

Більше 90% = 2

75-90% = 2,5

75-90% = 3

Значення безрозмірного коефіцієнта m визначається за формулою:

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1\sqrt{f} + 0,34\sqrt{f}}$$

де f – коефіцієнт, $m/(C_2^\circ C)$, який визначається наступним чином:

$$f = \frac{\omega^2 D}{H^2 \Delta T} 10^3$$

Коефіцієнт n визначається в залежності від небезпечної швидкості вітру V_m , м/с:

$$\text{Якщо } V_m < 0,5, \quad n = 4,4V_m;$$

$$\text{Якщо } 0,5 \leq V_m < 2, \quad n = 0,532V_m^2 - 2,13V_m + 3,13;$$

$$\text{Якщо } V_m \geq 2, \quad n = 1;$$

Для нагрітих викидів V_m визначається за формулою:

$$V_m = 0,63 \sqrt[3]{\frac{Q\Delta T}{H}}$$

Відстань x_m , м, на якій утворюється максимальна концентрація шкідливих речовин уздовж осі факела, визначають за формулами:

а) Для газоподібних і дрібнодисперсних аерозолів ($F = 1$):

$$x_m = d \cdot H$$

б) Для пилу та золи ($F \geq 2$):

$$x_m = \left[\frac{5 - F}{4} \right] d \cdot H$$

де d – безрозмірний коефіцієнт, значення якого для нагрітих викидів визначається за формулами:

$$\text{Якщо } V_m \leq 2, \quad d = 4,95V_m(1 + 0,28^3\sqrt{f})$$

$$\text{Якщо } V_m > 2, \quad d = 7\sqrt{V_m}(1 + 0,28^3\sqrt{f})$$

Приземні концентрації шкідливих речовин в атмосфері на різних відстанях від джерел викидів уздовж осі факелу визначають за формулою:

$$C = S \cdot C_m$$

де S – безрозмірна величина, яка визначається в залежності від відношення x/x_m і F -фактора:

$$\text{Якщо } \leq 1, \quad S = 3\left(\frac{x}{x_m}\right)^4 - 8\left(\frac{x}{x_m}\right)^3 + 6\left(\frac{x}{x_m}\right)^2$$

Якщо $1 < \leq 8$,

$$S = \frac{1,13}{0,13 \left(\frac{x}{x_m}\right)^2 + 1}$$

Якщо $x/x_m > 8$, та $F = 1$,

$$S = \frac{\frac{x}{v_m}}{3,58 \left(\frac{x}{x_m}\right)^2 - 35,2 \left(\frac{x}{x_m}\right) + 120}$$

Якщо $x/x_m > 8$, та $F \geq 2$,

$$S = \frac{1}{0,1 \left(\frac{x}{x_m}\right)^2 - 2,47 \left(\frac{x}{x_m}\right) + 17,8}$$

Гранично допустимий викид шкідливої речовини в атмосферне повітря (ГДВ, г/с), за якого його ГДК у приземному шарі повітря не перевищує ГДК для нагрітих викидів, визначається за формулою:

$$MAE = \frac{MPC_{se} H^{2,3} \sqrt{Q \Delta T}}{AFm\eta}$$

Мінімальна висота H_{min} джерела викиду для розсіювання викидів через одне джерело, за якої максимальна концентрація шкідливої речовини в приземному шарі не перевищує ГДК_{мр}, можна визначити за формулою:

$$H_{min} = \left(\frac{AMFm\eta}{MPC_{se} \sqrt[3]{Q \Delta T}} \right)^{0,5} \text{ про лабораторну роботу повинен містити:}$$

1. Постановка завдання з вихідними даними;
2. Розрахунок дисперсії нагрітого виділення шкідливої речовини:
 - а. визначення ГДК шкідливої речовини C_m у приземному шарі атмосфери;
 - б. порівняння граничної концентрації C_m з одноразовою гранично допустимою концентрацією ГДК даної шкідливої речовини та висновки про відповідність викиду санітарним нормам, тобто співвідношення $C_m \leq \text{ГДК}$;
 - в. визначення відстані x_m , на якій утворюється максимальна концентрація шкідливої речовини;
 - г. визначення концентрацій шкідливої речовини C на різних відстанях x від джерела викидів з метою побудови графіка розподілу концентрації (значення x рекомендується приймати кратним $x_m/2$);
 - д. графік розподілу концентрації;
 - ж. розрахунок гранично допустимого викиду MAE шкідливих речовин;
 - з. визначення мінімальної висоти джерела викидів H_{min} ;
3. Висновки.

Практична робота №2

РОЗРАХУНОК РОЗСІЮВАННЯ ОХОЛОДЖЕНИХ ВИКИДІВ ШКІДЛИВИХ РЕЧОВИН В АТМОСФЕРІ

Мета та завдання: Відповідно до варіанту (табл. Б.1) розрахувати дисперсію охолоджених викидів шкідливих речовин, зазначених у таблиці, з єдиного високого джерела з круглою горловиною (труби) в атмосферу. Розрахунок розсіювання нагрітих викидів шкідливих речовин в атмосферу здійснюється відповідно до «Методики розрахунку концентрацій шкідливих речовин, що містяться у викидах підприємств в атмосферу» (ОНД-86). Максимальна концентрація C_m , мг/м³ шкідливої речовини в приземному шарі при холодних газопиловикидах (температура близька до температури навколишнього атмосферного повітря, тобто різниця температур ΔT близька до нуля) через труби з круглим горлом для одного джерела визначається за формулою:

$$C_m = \frac{AMFn\eta}{H^3} K$$

де A – коефіцієнт, що залежить від температурної стратифікації атмосфери, що визначає умови вертикального і горизонтального розсіювання шкідливих речовин в атмосферному повітрі; M – маса шкідливої речовини, що викидається в атмосферу, за одиницю часу (табл. 2.1), г/с; F – безрозмірний коефіцієнт, що враховує швидкість осідання шкідливих речовин в атмосферному повітрі; n – безрозмірний коефіцієнт, що враховує умови виходу газової суміші з гирла джерела викиду; H – висота джерела викидів над рівнем землі (табл. 1.1), м; (при розрахунку для наземних джерел $H = 2$ м); η – безрозмірний коефіцієнт, що враховує вплив рельєфу місцевості (для рівнинної місцевості з перепадом висот не більше 50 м на 1 км $\eta = 1$); K – коефіцієнт, с/м², який визначається за формулою:

$$K = \frac{D}{8Q} = \frac{1}{7,1\sqrt{\omega_0 Q}}$$

де D – діаметр гирла джерела викиду (табл. 2.1), м;

ω_0 – середня швидкість виходу газоповітряної суміші з гирла джерела викиду (табл. 2.1), м/с;

Q – об'єм витрата газоповітряної суміші, що надходить в атмосферу з джерела (м³/с), яка визначається за формулою:

$$Q = \frac{\pi D^2}{4} \omega_0$$

Значення коефіцієнта A залежить від географічної зони, приймемо його як $A = 200$. Значення безрозмірного коефіцієнта F для газоподібних шкідливих речовин і дрібнодисперсних аерозолів, швидкість упорядкованого осадження яких практично дорівнює нулю, приймається рівним одиниці ($F = 1$), а для пилу і золи коефіцієнт F вибирається з таких умов. Ступінь очищення F : більше 90%=2; 75-90%= 2,5; менше 75%= 3. Коефіцієнт n визначається в залежності від небезпечної швидкості вітру V_m , м/с:

$$\text{Якщо } V_m < 0,5, \quad n = 4,4V_m;$$

$$\text{Якщо } 0,5 \leq V_m < 2, \quad n = 0,532V_m^2 - 2,13V_m + 3,13;$$

$$\text{Якщо } V_m \geq 2, \quad n = 1;$$

Для охолоджених викидів V_m визначається за формулою:

$$V_m = \frac{1,3\omega_0 D}{H}$$

Відстань x_m , м, на якій утворюється максимальна концентрація шкідливих речовин уздовж осі факела, визначають за формулами:

а) Для газоподібних і дрібнодисперсних аерозолів ($F = 1$):

$$x_m = d \cdot H;$$

б) Для пилу та золи ($F \geq 2$):

$$x_m = \left[\frac{5 - F}{4} \right] d \cdot H$$

де d – безрозмірний коефіцієнт, значення якого для охолоджених викидів визначається за формулами:

$$\text{Якщо } V_m \leq 2, \quad d = 11.4V_m;$$

$$\text{Якщо } V_m > 2, \quad d = 16.1\sqrt{V_m}.$$

Приземні концентрації шкідливих речовин в атмосфері на різних відстанях від джерел викидів уздовж осі факелу визначають за формулою:

$$C = S \cdot C_m,$$

де S – безрозмірна величина, яка визначається в залежності від відношення x/x_m і F -фактора:

$$\text{Якщо } \leq 1, \quad S = 3 \left(\frac{x}{x_m} \right)^4 - 8 \left(\frac{x}{x_m} \right)^3 + 6 \left(\frac{x}{x_m} \right)^2$$

Якщо $1 < \leq 8$,

$$S = \frac{1,13}{0,13 \left(\frac{x}{x_m}\right)^2 + 1}$$

Якщо $x/x_m > 8$, та $F = 1$,

$$S = \frac{\frac{x}{v_m}}{3,58 \left(\frac{x}{x_m}\right)^2 - 35,2 \left(\frac{x}{x_m}\right) + 120}$$

Якщо $x/x_m > 8$, та $F \geq 2$,

$$= \frac{1}{0,1 \left(\frac{x}{x_m}\right)^2 - 2,47 \left(\frac{x}{x_m}\right) + 17,8}$$

Гранично допустимий викид шкідливої речовини в атмосферне повітря (ГДВ, г/с), за якого його ГДК у приземному шарі повітря не перевищує ГДК для нагрітих викидів, визначається за формулою:

$$MAE = \frac{MPC_{se} H^4}{AFm\eta K}$$

Мінімальна висота H_{min} джерела викиду для розсіювання викидів через одне джерело, за якої максимальна концентрація шкідливої речовини в приземному шарі не перевищує ГДК_{мр}, можна визначити за формулою

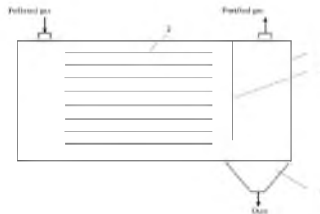
$$H_{min} = \left(\frac{AMF\eta\eta K}{MPC_{se}}\right)^{\frac{3}{4}}$$

повинен містити: 1. Постановку завдання з вихідними даними; 2. Розрахунок дисперсії охолодженого викиду шкідливої речовини: а. визначення ГДК шкідливої речовини C_m у приземному шарі атмосфери; б. порівняння граничної концентрації C_m з одноразовою гранично допустимою концентрацією ГДК даної шкідливої речовини та висновки про відповідність викиду санітарним нормам, тобто співвідношення $C_m \leq$ ГДК; в. визначення відстані x_m , на якій утворюється максимальна концентрація шкідливої речовини; г. визначення концентрацій шкідливої речовини C на різних відстанях x від джерела викидів з метою побудови графіка розподілу концентрації (значення x рекомендується приймати кратним $x_m/2$); д. графік розподілу концентрації; ж. розрахунок гранично допустимого викиду MAE шкідливих речовин; г. визначення міні висоти джерела викидів H_{min} ;
3. Висновки.

Практична робота №3 РОЗРАХУНОК КАМЕРИ ПИЛООСІДАННЯ

Мета та завдання: За наведеним варіантом (табл. 3.2) розрахувати камеру пилоосаджувальної камери з горизонтальними полицями.

Схема пилоосаджувальної камери з горизонтальними полицями представлена на рис. 3.1.



1 – основний корпус; 2 – полиці; 3 – відбивна перегородка; 4 – бункер;

Рис. 3.1. Схема пилоосаджувальної камери з горизонтальними полицями

Для знаходження Ar – критерію Архімеда використовується наступна формула:

$$Ar = \frac{gd^3(\rho_p - \rho)\rho}{\mu^2}$$

де ρ_p – густина матеріалу частинки (речовини), кг/м^3 ; g – прискорення вільного падіння ($9,81 \text{ м/с}^2$).

Якщо $Ar < 36$, то режим осадження (седиментації) ламінарний; якщо $36 \leq Ar \leq 84000$ – режим осадження (седиментації) перехідний; якщо $Ar > 84000$, то режим осадження (седиментації) турбулентний.

Для визначеного режиму осадження (седиментації) вибирається відповідне рівняння критерію та розраховується критерій Рейнольдса: для ламінарного режиму $Re = Ar / 18$, для перехідного режиму $Re = 0,152 \cdot Ar^{0,714}$, для турбулентного режиму $Re = 1,74 \cdot Ar^{0,5}$. Критерій Рейнольдса Re також визначається з виразу:

$$Re = \frac{\omega_{se} d \rho}{\mu}$$

де ω_{se} – швидкість осадження (седиментації) сферичної частинки, м/с ; d – діаметр сферичної частинки, м ; ρ – густина середовища, кг/м^3 ; μ – динамічний коефіцієнт в'язкості середовища, $\text{Па}\cdot\text{с}$.

За відомим значенням критерію Рейнольдса визначається

швидкість осадження, для якої використовуємо вираз, отриманий із рівняння вище:

$$\omega_{se} = \frac{Re\mu}{d\rho}$$

Якщо число Архімеда для частинок задовольняє умову $Ar < 36$, то швидкість осадження (седиментації) можна розрахувати за формулою Стокса, що відповідає ламінарному режиму осадження сферичних частинок у нерухомому газовому середовищі під дією сили тяжіння:

$$\omega_{se} = \frac{gd^2(\rho_p - \rho)}{18\mu}$$

Площа камери осадження (осадження) пилу F_{se} , м², визначається так:

$$F_{se} = \frac{Q}{\omega'_{se}}$$

де Q – об'ємна витрата газу, м³/с; ω'_{se} – фактична швидкість осадження (седиментації), м/с (для наближеного розрахунку $\omega'_{se} \sim 0,5\omega_{se}$).

Відстань між полицями h , м камери пиловідстійника визначається так: $h = \omega'_{se}\tau$,

де τ – час перебування газу в камері, с.

$$\tau = \frac{L}{\omega_G}$$

де L – довжина камери пиловідстійника, м; ω_G – лінійна швидкість седиментації (відкладення) газу між шельфами, м/с.

Лінійну швидкість газу між полицями можна знайти за формулою:

$$\omega_G = \frac{Q}{BH}$$

де Q – витрата газу, м³/с; B – ширина камери, м; H – висота камери, м.

Ширину камери B , м приймають рівною половині її довжини:

$$B = 0,5 \cdot L$$

Висота камери приймається $H = B$. Кількість полиць, відповідно, визначається за формулою (а потім округляється до цілого):

$$n = \frac{F_{se}}{B \cdot L}$$

Звіт повинен містити: постановку завдання з вихідними даними; Схему камери пилоосідання (відстоювання); розрахунок параметрів відстійної камери згідно з інструкцією; висновки.

Практична робота №4 РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ОЧИЩЕННЯ ПОВІТРЯ ГАЛЬВАНІЧНИХ ЦЕХІВ

1. Розрахувати витрати повітря при видаленні парів з гальванічної ванни:

$$L_i = L_0 \cdot K_{\Delta T} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4$$

де L_0 – питома витрата повітря, м³/год; $K_{\Delta T}$ – коефіцієнт, що враховує температуру електроліту (табл. Г.2.); K_1 – коефіцієнт, що враховує конструкцію підсосу; K_2 – коефіцієнт, що враховує наявність повітряного перемішування; K_3 – коефіцієнт, що враховує наявність покриття з різних тіл; K_4 – коефіцієнт, що враховує наявність покриття з ПАР (табл. Г.1).

2. Розрахувати питомі витрати повітря для:

а) для відсосів без передування у вертикальній чи горизонтальній площинах:

$$L_0 = 1400 \cdot \left(0,53 \cdot \frac{B_{p_i}}{B_{p_i+l_i}} + H_{p_i} \right)^{\frac{1}{3}} \cdot B_{p_i} \cdot l_i$$

б) для відсосів із передуванням у горизонтальній площині:

$$L_0 = 1200 \cdot B_{p_i}^{\frac{2}{3}} \cdot l_i$$

де B_p – розрахункова ширина ванни, м; l – ширина ванни, м; H_p – висота шару повітря під бортом ванни, м.

3. Формула масопереносу для компоненту, що переходить з газової фази в поглинач M має вигляд: $M = G(\bar{Y}_H - \bar{Y}_K) = L(\bar{X}_K - \bar{X}_H)$

де L , G – витрати відповідно чистого поглинача та інертної частини газу, кг/с; \bar{X}_H та \bar{X}_K – початкова та кінцева концентрації компоненту у поглиначі, кг/кг; \bar{Y}_H та \bar{Y}_K – початкова та кінцева концентрації компоненту у газі, кг/кг.

4. Перерахувати початкову концентрацію забруднюючої речовини у газі та поглиначі:

$$\bar{Y}_H = \frac{y_H}{\rho_{0y} - y_H} \quad \bar{X}_H = \frac{x_H}{\rho_{0y} - y_H}$$

де ρ_{0y} – середня густина газу, що очищується.

5. Розрахувати кінцеву концентрацію забруднювача у газі:

$$\overline{Y}_K = \frac{y_K}{\rho_{0y-y_K}}$$

6. Розрахувати кінцеву концентрацію забруднювача у поглиначі:

$$\overline{X}_H = \frac{\overline{Y}_H + 0,5 \cdot \overline{X}_H}{1,5}$$

5. Розрахувати продуктивність адсорберу по поглинутому компоненту M , кг/с:

$$M = G(\overline{Y}_H - \overline{Y}_K)$$

6. Розрахунок витрати поглиначі, кг/с:

$$L_{\Pi} = \frac{M}{\overline{X}_K - \overline{X}_H}$$

Розрахунок швидкості газу та діаметру адсорберу

1. Розрахувати граничну швидкість руху газу в абсорбері:

$$\lg \left[\frac{W_{\text{гр}}^2 \rho_y}{g d_e \varepsilon^2 \rho_x} \left(\frac{\mu_x}{\mu_B} \right)^{0,16} \right] = A - B \left(\frac{L_{\Pi}}{G} \right)^{1/4} \left(\frac{\rho_y}{\rho_x} \right)^{1/8}$$

де $W_{\text{гр}}$ – гранична швидкість газу в абсорбері, м/с; μ_x, μ_B – в'язкість відповідно поглиначі і води при 20 °С; ($\mu_x/\mu_B = 16,5$); A, B – коефіцієнти, що залежать від типу насадок, $A = 0; B=1,75$; ρ_x – густина абсорбенту, кг/м³.

2. Перерахувати густину газу в умовах абсорберу:

$$\rho_y = \rho_{0y} \frac{T_0}{T_0 + t} \cdot \frac{P}{P_{0y}}$$

де $T_0=273$ К, t – температура газу в абсорбері, °С.

3. Розрахувати робочу швидкість газу в абсорбері, м/с:

$$\omega = 0,5 \cdot W_{\text{гр}}$$

4. Розрахувати діаметр абсорберу:

$$d = \sqrt{\frac{4\Delta L \frac{(T_0 + t)}{T_0} \cdot \frac{P_0}{P}}{\pi \omega}}$$

де ΔL – сумарне значення витрат газу на вході в абсорбер, м³/с.

Примітка: заокруглити до цілих значень.

Визначення густини зрошення та активної поверхні насадки

1. Розрахувати питому швидкість зрошення, м/с:

$$U = \frac{L_{\Pi}}{\rho_x S}$$

де ρ_x – густина поглинача, кг/м³; S – площа перетину абсорберу, м²; L_{Π} – витрати поглинача, кг/с:

2. Розрахувати частку активної поверхні насадки:

$$\psi_a = \frac{3600U}{a(p + 3600qU)}$$

де p і q – параметричні коефіцієнти насадки.

3. Розрахувати поверхні масообміну:

$$F = \frac{M}{\beta_y \cdot \beta_x}$$

де β_y та β_x – коефіцієнти масовіддачі по газу та по поглиначу відповідно.

4. Розрахувати питому висоту насадки, яка необхідна для створення поверхні масообміну:

$$H = \frac{F}{0,785 \cdot a \cdot d^2 \cdot \psi_a}$$

Розрахунок гідравлічного опору адсорберу та елементів вентиляції

1. Розрахунок гідравлічного опору:

$$\Delta P_{\text{абсорбер}} = \Delta P_c 10^{bU}$$

де ΔP_c – гідравлічний опір «сухої» насадки, Па; U – питома швидкість зрошення, м/с; b – кількість насадок.

2. Гідравлічний опір «сухої» насадки:

$$\Delta P_c = \lambda \frac{H}{2a} \cdot \frac{w_0^2}{2} \rho_y$$

де λ – коефіцієнт опору насадки; w_0 – швидкість газу у вільному просторі насадки, (м/с)

$$w_0 = \frac{w}{\varepsilon}$$

3. Розрахувати загальний гідравлічний опір системи примусової вентиляції гальванічної дільниці:

$$\sum \Delta P = \sum \zeta_i \frac{\omega_i^2 \cdot \rho_{0y}}{2}$$

де ω – середня швидкість руху повітря в газозоді, м/с; ρ_{0y} – середня густина газу, що очищується, кг/м³; $\sum \zeta$ – сума коефіцієнтів місцевих опорів (визначається за таблицею Г.3.-Г.4.).

4. Розрахувати середню швидкість руху повітря на кожній ділянці газоходу:

$$\omega_i = \frac{L_i}{d_i}$$

5. Результати представити у вигляді таблиці:

Ділянка газоходу вентиляції	Витрати газу при робочих умовах на ділянці L_i м ³ /с	Діаметр газоходу на ділянці d_i , м	Перетин газоходу на ділянці d_i , м ²	Швидкість руху газу на ділянці ω_i , м/с	Коефіцієнт місцевого опору ділянки ζ_i	Гідравлічний опір ділянки, Н/м ²
Гідравлічний опір вентилятора примусової вентиляції $\Delta P_{\text{вентилятор}}$ (табл. 2.5)						
Гідравлічний опір абсорбера $\Delta P_{\text{абсорбер}}$						
Загальний гідравлічний опір системи газоходу ΔP						

Практична робота №5 РОЗРАХУНОК ЦИКЛОНУ

Мета та завдання: Розрахувати параметри циклону за наведеним варіантом (табл. Г.1).

На підприємствах використовуються різні типи циклонів. Найбільшого поширення набули циліндричні та конічні циклони газоочистки НДІОГАЗ (Науково-дослідного інституту очистки газу, Research Institute of Gas Purification).

До циліндричних циклонів НДІОГАЗ відносяться апарати типу ЦН-11, ЦН-15, ЦН-15У і ЦН-24. Відмінною рисою цих пристроїв є подовжена циліндрична частина корпусу. Вхідний патрубок розташований під кутом 11, 15 і 24^о до горизонталі.

Конічні циклони НДІОГАЗ включають апарати типів СДК-ЦН-33, СК-ЦН-34 і СК ЦН-34М. Від циклонів типу ЦН вони відрізняються довжиною конічної частини та наявністю спіральної вхідної труби.

Циліндричні циклони є високопродуктивними, а конічні - високоефективними.

Діаметр циліндричної частини конічного циклону зазвичай не перевищує 2000 мм.

Циліндричні циклони НДІОГАЗ характеризуються такими особливостями:

- ЦН-24 (вхідна труба розташована під кутом $\alpha = 24^{\circ}$); цей тип забезпечує підвищену продуктивність при найменшому гідравлічному опорі; призначений для уловлювання грубого пилу;
- ЦН-15 ($\alpha = 15^{\circ}$); цей тип забезпечує хорошу ступінь захоплення при відносно невеликому гідравлічному опорі;
- ЦН-11 ($\alpha = 11^{\circ}$); цей тип забезпечує підвищену ефективність і рекомендований як оптимальний пилозбірник.

Схема циліндричного циклону представлена на рис. 5.1.

Газ, що містить пил, вводиться в циліндричну частину основного корпусу 1 через вхідний патрубок 2 тангенціально зі швидкістю 20-30 м/с. За рахунок тангенціального входу він набуває обертального руху навколо вихлопної труби 3. За рахунок дії відцентрової сили частинки пилу відкидаються до стінок корпусу і під дією сил гравітації спірально опускаються в пилозбірник (показано на схемі). Очищений газ викидається з циклону через газовідвідну трубу 3 і

надходить у трубопровід для відводу очищеного газу.

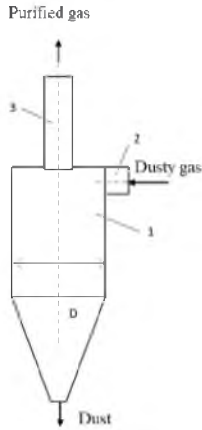


Рис. 5.1. Схема циліндричного циклону

Циклони розраховуються методом послідовних наближень у наступному порядку.

1. Виберіть тип циклону (ЦН-24, ЦН-15, ЦН-11).
2. Вибравши тип циклону, визначити оптимальну швидкість газу ω_{opt} , м/с, у перерізі циклону (табл. Г.2).
3. Діаметр D , м, циклону визначається за формулою:

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi\omega_{opt}}}$$

де Q – об'ємна витрата газу, що очищається, м³/с (табл. Г.1). З урахуванням кількості циклонів n вираз набуде вигляду:

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi\omega_{opt}n}}$$

Отриманий діаметр циклону округлюють до найближчого типового значення внутрішнього діаметра циклону з наступних рядів: 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1200, 1400, 1600, 1800, 2000, 2400 і 3000 мм.

Якщо розрахунковий діаметр циклону перевищує його гранично допустиме значення, то необхідно використовувати два або більше паралельно встановлених циклонів, діаметр яких визначається за

формулою (2).

4. За обраним діаметром циклону знайти фактичну швидкість газу в циклоні ω , м/с:

$$\omega = \frac{4Q}{\pi D^2 n}$$

Фактична швидкість газу в циклоні не повинна відхилятися більш ніж на 15% від оптимальної швидкості ω_{opt} .

5. З таблиці Г.2 вибрати значення коефіцієнта гідравлічного опору ξ циклону.

При розрахунку циклонів типу НДЮГАЗ вносяться уточнюючі поправки:

$$\xi = k_1 k_2 \xi_{500} + k_3$$

де k_1 – поправочний коефіцієнт, який залежить від діаметра циклону (табл. Г.3); k_2 – поправочний коефіцієнт, що враховує запиленість газу (табл. Г.4); k_3 – коефіцієнт, що враховує додаткові втрати тиску, пов'язані з груповим розташуванням циклонів (для одиночних циклонів $k_3 = 0$); ξ_{500} – коефіцієнт гідравлічного опору одиночного циклону діаметром 500 мм (табл. Г.5); напрямком вихлопу вибирається виходячи з вимог охорони навколишнього середовища, безпеки, технології тощо.

6. Визначити втрати тиску в циклоні Δp , Па:

$$\Delta p = \xi \frac{\rho \omega^2}{2}$$

де ρ – густина газу, що проходить через циклон, кг/м³ (табл. Г.1).

7. Визначити середній розмір частинок, які вловлюються (медіана точності очищення), d_{50} :

$$d_{50} = d_{50}^T \sqrt{\frac{D \rho_p^T \mu \omega_T}{D_T \rho_p \mu_T \omega}}$$

де індекс «T» означає стандартні умови роботи типового циклону:

- d_{50}^T - розмір частинок, які вловлюються типовим циклоном на 50% можна знайти в таблиці Г.2;
- діаметр циклону $D_T = 0,6$ м;
- середня швидкість газу в циклоні $\omega T = 3,5$ м/с;
- густина частинок $\rho_p T = 1930$ кг/м³;
- динамічна в'язкість газу $\mu T = 0,022 \times 10^{-3}$ Па · с.

8. Визначити ефективність очищення газу в циклоні η :

$$\eta = 0.5[1 + \Phi(x)] \cdot 100\%,$$

де $\Phi(x)$ – таблична функція залежності ефективності очищення η від параметра x (табл. Г.6).

Параметр x можна знайти наступним чином:

$$x = \frac{\lg \frac{d_{50}}{d_{50}^T}}{\sqrt{(\lg \sigma_\eta)^2 + (\lg \sigma_p)^2}}$$

де $\lg \sigma_\eta$ – дисперсія функції часткового ступеня очищення $\eta(d)$ (табл. Г.2); $\lg \sigma_p$ – ступінь полідисперсності пилу (табл. Г.1).

Залежно від значення x визначається функція розподілу $\Phi(x)$ за табл. Г.6.

9. Визначити концентрацію пилу на виході з циклону, г/м³:

$$C_{ex} = C_{in} - \frac{C_{in} \eta}{100}$$

Звіт про лабораторну роботу повинен містити:

1. Завдання з вихідними даними;
2. Циклонна схема;
3. Розрахунок циклону;
4. Висновки.

Практична робота №6 РОЗРАХУНОК ПІННОГО ПИЛОЗБІРНИКА

Мета та завдання: Відповідно до наведеного варіанту (табл. Д.1) розрахувати пінний апарат круглого перерізу для очищення газу від гідрофільного пилу, не схильного до злипання, водою.

Видалення пилу в апаратах вологого прибирання відбувається за рахунок зволоження частинок пилу рідиною. Ефективність процесу підвищується, якщо поверхня фазового контакту між газом і рідиною більша, що досягається, наприклад, диспергуванням рідини на краплі або газу на безліч бульбашок, які утворюють піну.

До мокрих пиловловлювачів відносяться бульбашкові пінні пиловловлювачі з краплинними і переливними ґратами (тарілками). У таких апаратах газ для очищення надходить під решітку, проходить через отвори в решітці і, барботируюсь через шар рідини і піни, очищається від пилу за рахунок осідання частинок на поверхні бульбашок газу.

Плити з переливом мають отвори діаметром 3-8 мм і вільним перерізом $0,15-0,25 \text{ м}^2$. Відкидні пластини можуть бути перфорованими, щілинними, трубчастими та ґратчастими. Перфоровані пластини мають отвори діаметром $d_0 = 4-8 \text{ мм}$. Ширина прорізів в решті плитних конструкцій становить 4-5 мм. Вільний переріз усіх плит $0,2-0,3 \text{ м}^2$.

Режим роботи приладів залежить від швидкості подачі газу під мережу. При швидкості до 1 м/с спостерігається барботаажний режим роботи. Подальше збільшення швидкості газу до 2-2,5 м/с супроводжується утворенням пінного шару над рідиною, що призводить до підвищення ефективності очищення та розпилення газу з апарату. Сучасні барботаажно-пінні апарати забезпечують ефективність очищення газу від дрібнодисперсного пилу $0,95-0,96$ при питомій витраті води $0,4-0,5 \text{ л/м}^3$.

Пінні газоочисники ЛТІ набули широкого застосування серед пристроїв мокрого очищення газу. Вони можуть поставлятися у формах з переливними ґратами. Пристрої з переливною ґратами і зливним пристроєм дозволяють працювати при великих коливаннях навантаження газу і рідини.

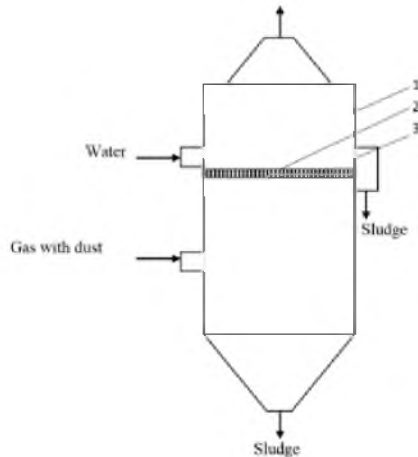
Корпус пилозбірника може мати круглий або прямокутний переріз. У першому випадку забезпечується більш рівномірний

розподіл газу, у другому – рідини.

На рис. 5.1 наведена схема поролонового пиловловлювача з переливною решіткою для очищення газів з видаленням води через зливний пристрій.

При розрахунку пінних пиловловлювачів враховуються площа поперечного перерізу приладу S , витрата води L , який необхідний для очищення газу, висота шару піни H і поріг зливу h_p , які забезпечують нормальну роботу приладу, визначаються.

- 1) *Вибір розрахункової швидкості газу.* Швидкість газу в пристрої є одним з найважливіших факторів, що визначають ефективність пристрою. Допустимий діапазон фіктивних швидкостей – 0,5-3,5 м/с. Але при швидкості вище 2 м/с починається сильне розбризкування і потрібна установка спеціальних бризкозбірників. При швидкостях менше 1 м/с можливий сильний протікання рідини через отвори сітки, внаслідок чого висота шару піни зменшується, і рідина може не повністю покривати поверхню сітки. Для цілей нашої лабораторної роботи рекомендована швидкість $\omega = 1$ м/с.



1 – основний корпус; 2 – решітка; 3 – дренажний поріг

Рис. 6.1. Схема пінопластового пиловловлювача

- 2) *Визначення площі поперечного перерізу апарата.* Площа поперечного перерізу приладу S , m^2 , дорівнює:

$$S = \frac{Q_n}{\omega}$$

де Q_n – витрата газу, що надходить у пристрій за робочих умов, м³/с. У разі круглого перерізу, в якому забезпечується більш рівномірний розподіл газу, для певної площі перерізу S можна визначити діаметр корпусу пристрою D , м:

$$D = \sqrt{\frac{4S}{\pi}}$$

- 3) *Визначення споживання вхідної води.* Для холодних і сильно запиленних газів витрата визначається з матеріального балансу пиловловлювання, для гарячих газів – з теплового балансу. У сумнівних випадках проводять обидва розрахунки і вибирають найбільше з отриманих значень витрати. Зазвичай газ можна вважати холодним, якщо його температура нижче 100 °С. Витрата води, що надходить, л, кг/с, розраховується виходячи з матеріального балансу пиловловлення:

$$L = L_y + Ldt,$$

де L_y – витрата води на протікання води через отвори в решітці (відтік), кг/с; Ldt – витрата води, що протікає через поріг зливу, кг/с.

Величина L_y визначається масовою витратою вловленого пилу G_p , кг/с; концентрація пилу у стоці x_y , кг пилу/кг води; коефіцієнт розподілу пилу між відтоком і дренажною водою K_d , виражений як відношення потоку пилу, що потрапляє у відтік, до загального потоку уловленого пилу:

$$L_y = \frac{G_p + K_d}{x_y}$$

Потік уловленого пилу G_p , кг/с, можна визначити за таким виразом:

$$G_p = Q_n \cdot C_n \cdot \eta,$$

де C_n – початкова концентрація пилу в газі, кг/м³; η – задана ефективність пиловловлювання, у частках одиниці.

Коефіцієнт розподілу K_d знаходиться в межах 0,6-0,8; у розрахунках зазвичай приймають $K_d = 0,7$.

Концентрація пилу у витокі змінюється від $x_y = 0,2$ (для мінерального пилу, що не злипається) до $x_y = 0,05$ (для цементного пилу).

Оскільки у відтік потрапляє більше пилу, ніж у воду, що протікає через дренажний поріг, доцільно зменшити значення Ldt , щоб

зменшити загальне споживання води. Однак занадто сильний відтік створює нерівномірну висоту шару води на решітці. Тому в розрахунках рекомендується приймати $Ldt = L_y$. Виходячи з цього, вираз 5.3 набуває такого вигляду:

$$L = \frac{2G_p K_d}{x_y}$$

- 4) *Визначення типу решітки.* У завдання цього етапу розрахунку входить вибір типу перфорації (круглі отвори або шліци), діаметра отвору d_0 або ширини щілини b_s і кроку між ними t . Форма отворів вибирається виходячи з конструктивних міркувань, а їх розмір виходячи з ймовірності засмічення пилом. Зазвичай прийнято $b_s = 2-4$ мм, $d_0 = 2-6$ мм.

Потім вибирають таку швидкість газу в отворах ω_0 , яка забезпечить необхідну величину відтоку. При діаметрах отворів $d_0 = 2-3$ мм швидкість газу повинна бути 6-8 м/с, а при $d_0 = 4-6$ мм $\omega_0 = 10-13$ м/с. Далі розраховується частка вільного перерізу сітки S_0 , яка відповідає обраній швидкості:

$$S_0 = \frac{\omega}{\omega_0 \phi}, \quad S_0 = \frac{\omega}{\omega_0 \phi}$$

де ϕ – відношення площі перфорованої сітки до площі поперечного перерізу пристрою ($\phi = 0,9-0,95$).

За значенням S_0 визначається крок t , м між отворами в залежності від способу поділу отворів на сітці. При діленні на рівносторонній трикутник:

$$t = \sqrt{\frac{d_0 \cdot 0,91}{S_0}}$$

Товщина сітки δ вибирається з конструктивних міркувань. Значення $\delta = 5$ мм відповідає мінімально допустимому гідравлічному опору.

- 5) *Визначення висоти шару піни.* Висота порога на витoku з решітки встановлюється виходячи зі створення шару піни такої висоти, яка б забезпечувала необхідний ступінь очищення газу. Спочатку визначається коефіцієнт швидкості пиловловлювання K_p , м/с:

$$K_p = \frac{2\eta\omega}{2-\eta}, \quad K_p = \frac{2\eta\omega}{2-\eta}$$

де η – заданий ступінь очищення газу від пилу.

Зв'язок між K_p і висотою шару піни H , м, коли гідрофільний пил уловлюється водою, виражається наступним емпіричним рівнянням:

$$H = K_p - 1,95\omega + 0,09,$$

де значення K_p і ω мають розмірність м/с.

Далі визначається висота початкового шару води на сітці h_0 , м:

$$h_0 = 1.43H^{1.67}\omega^{-0.83}$$

Висота порога h_t , м, розраховується за емпіричною формулою:

$$h_t = 2.5h_0 - 0.0176\sqrt[3]{i^2}$$

де i – інтенсивність потоку при витокі з решітки, кг/(м·с):

$$i = \frac{L_{dt}}{S_0}$$

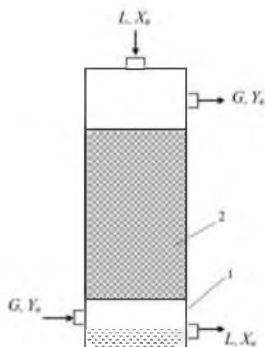
Звіт про лабораторну роботу повинен містити:

1. Завдання з вихідними даними;
2. Схема пінопиловловлювача;
3. Розрахунок пиловловлювача;
4. Висновки.

Практична робота №7 РОЗРАХУНОК АБСОРБЕРУ

Мета та завдання: За наведеним варіантом (табл. Е.1) знайти діаметр і висоту абсорбера насадки, заповненого керамічними кільцями розміром $25 \times 25 \times 3$ мм, для очищення повітря водою від парів ацетону.

Для очищення відхідних газів від токсичних домішок найбільшого поширення набули абсорбційні методи. Процеси абсорбції здійснюються в поверхневих, плівкових, соплових, пластинчастих і розпилювальних абсорберах. Схема соплового абсорбера показана на рис. 7.1.



1 – корпус; 2 – соплу; L_w – масова витрата рідини; G_w – масова витрата газу; X_w, X_n – початкова та кінцева концентрації домішок у рідині на поверхні та на дні абсорбера; Y_w, Y_n – початкова та кінцева концентрації домішок у газі на поверхні та на дні абсорбера.

Рис. 7.1. Схема форсунки абсорбера

Діаметр і висота абсорбера насадки розраховуються в такій послідовності. Спочатку визначаємо кількість поглиненого ацетону, M , кмоль/год:

$$M = \frac{Q y_n c_n}{(1 - y_n) 22.4}$$

де Q – витрата повітря, м³/год (табл. Е.1); y_n – початкова концентрація ацетону в повітрі, долі одиниць (табл. Е.1); c_n – ступінь поглинання, частки одиниць (табл. Е.1).

Початкова концентрація ацетону у воді, яка подається у верхню

частину абсорбера, $X_w = 0$.

Кінцева концентрація ацетону у воді, що стікає з абсорбера X_n , кмоль ацетону/кмоль води:

$$X_n = \frac{M}{\frac{L}{M_w}}$$

де M_w – молярна маса води, $M_w = 18$; L – витрата води, кг/год (табл. Е.1).

Початкова концентрація ацетону в повітрі нижче на вході в абсорбер Y_n , кмоль ацетону/кмоль повітря:

$$Y_n = \frac{y_n}{1-y_n}, \quad Y_n = \frac{y_n}{1-y_n}$$

Кінцева концентрація ацетону в повітрі, що виходить з абсорбера Y_w , кмоль ацетону/кмоль повітря:

$$Y_w = \frac{y_n(1 - c_n)}{1 - y_n}$$

Щоб знайти рушійну силу поглинання в нижній частині абсорбера ΔY_n , кмоль ацетону/кмоль повітря:

$$\Delta Y_n = Y_n - Y_n^*$$

Значення Y_n^* знаходимо за рівнянням лінії рівноваги для X_n , яка відповідає нижній частині абсорбера:

$$Y_n^* = 1.68X_n$$

Рушійна сила поглинання у верхній частині абсорбера ΔY_w , кмоль ацетону/кмоль повітря:

$$\Delta Y_w = Y_w - Y_w^*$$

$Y_w^* = 1,68 X_w$, а оскільки $X_w = 0$, то $\Delta Y_w = Y_w$

Середня рушійна сила ΔY_{ave} , кмоль ацетону/кмоль повітря:

$$\Delta Y_{ave} = \frac{\Delta Y_n - \Delta Y_w^w}{2.3 \lg \frac{\Delta Y_n}{\Delta Y_w}}$$

Шукану поверхню масообміну F , м², знаходять за рівнянням:

$$F = \frac{M}{K_y \Delta Y_{ave}}$$

де K_y – коефіцієнт масовіддачі (табл. Е.1).

Об'єм V , м³ шару керамічних кілець, необхідний для створення знайденої поверхні, з коефіцієнтом змочування сопла $\psi = 1$ (табл. Е.1) дорівнює:

$$V = F / \sigma,$$

де σ – питома поверхня сопла, $\sigma = 204 \text{ м}^2/\text{м}^3$.

Щоб визначити фіктивну швидкість газу ω_z у точці інверсії з рівняння:

$$\lg \left(\frac{\omega_z^2 \sigma \rho_g \mu_l^{0.16}}{g V_{sv}^3 \rho_l} \right) = A - 1.75 \left(\frac{L}{G} \right)^{0.25} \left(\frac{\rho_g}{\rho_l} \right)^{0.125}$$

де g – прискорення вільного падіння, $g = 9,8 \text{ м/с}^2$; V_{sv} – вільний об'єм сопла, $V_{sv} = 0,74 \text{ м}^3/\text{м}^3$; ρ_g і ρ_l – густини газу та рідини, кг/м^3 ; $\rho_l = 1000 \text{ кг/м}^3$; μ_l – динамічний коефіцієнт в'язкості рідини, $\mu_l = 1 \text{ МПа}\cdot\text{с}$; L і G – масові витрати рідини і газу, кг/с ; $A = 0,022$ для насадок з кілець або спіралей.

Густина газу ρ_g дорівнює:

$$\rho_g = \rho_0 \frac{T_0}{T}$$

де ρ_0 – густина повітря за нормальних умов, $\rho_0 = 1,293 \text{ кг/м}^3$; T – середня температура в абсорбері, $T = 293 \text{ К}$ (табл. Е.1); $T_0 = 273 \text{ К}$.

Масова витрата газу G дорівнює:

$$G = Q \rho_0$$

де Q – витрата повітря, $\text{м}^3/\text{год}$ (табл. 7.1).

Робоча (фіктивна) швидкість газу ω для абсорберів, що працюють у плівковому режимі:

$$\omega = 0.75 \omega_z.$$

Площа поперечного перерізу абсорбера S , м^2 :

$$S = G / 3600 \omega \rho_g.$$

Знайти діаметр головного корпусу абсорбера D , м :

$$D = \sqrt{\frac{4S}{\pi}}$$

Необхідна висота насадки H_n , м :

$$H_n = V / S.$$

Звіт про лабораторну роботу повинен містити:

1. Задачі з вихідними даними;
2. Схема абсорбера;
3. Розрахунок параметрів абсорбера (наведено вище);
4. Висновки.

Практична робота №8 РОЗРАХУНОК РУКАВНОГО ФІЛЬТРУ. ТКАНИННІ ФІЛЬТРИ

Варіанти для розрахунку роботи представлені в Додатку Є.

У тканинних фільтрах застосовуються фільтруючі матеріали двох типів: звичайні тканини, що виготовляються на ткацьких верстатах, і войлоки (фетри).

Фільтрувальні тканинні матеріали являють собою певного виду переплетіння ниток (пряжі), скручених з коротких волокон діаметром від 6 до 20-30 мкм. Більш товсті («важкі») тканини з природних або синтетичних волокон часто піддаються начісуванню, а вовняні - ще й валці. У результаті на поверхні переплетіння утворюється ворс з розташованими в різних напрямках окремими волокнами. Більш тонкі (легкі) тканини з скляних і синтетичних безперервних волокон ворсуванню не піддаються, але ступінь крутки ниток і щільність їх розташування значно вище, ніж у товстих тканинах.

У типових фільтрувальних тканинах розмір наскрізних пор між нитками досягає 100-200 мкм. Осадження частинок пилу в початковий період роботи фільтра за рахунок механізмів торкання, інерції, дифузії і електростатичної взаємодії відбувається на волокнах, розташованих на поверхні ниток, а також у ворсі. Волокна, що знаходяться всередині кручених ниток, в осадженні частинок практично не беруть участь, тому що потік газу проходить в основному через отвори між нитками. У подальшому спостерігається процес осадження частинок і утворення "мостів" над порами і в них, в результаті чого утворюється суцільний шар пилу, який сам стає вторинним фільтруючим середовищем, і ефективність очищення різко зростає. Осадження частинок в поверхневому шарі і всередині запиленої тканини засновано в значній мірі на ситовому ефекті, оскільки пори в шарі, обтічні елементи (обложені пилинки) і вловлювані частинки мають близькі розміри.

Ефективність очищення тонкою тканиною після регенерації різко зменшується в порівнянні із запиленою, в той час як розходження в ефективності очищення при застосуванні більш товстих об'ємних тканин значно менше. Якщо в періоди між регенерацією на тканині

утворюється суцільний шар пилу, то можна чекати високої ефективності уловлювання навіть субмікронних частинок.

У тканинних фільтрах тканина виконує роль несучої поверхні, тобто слугує основою для формування і утримання фільтруючого пилового шару. Пористість і стабільність пилових шарів залежно від розмірів, форми та інших властивостей частинок, а також від швидкості фільтрації, структури тканини і способів її регенерації змінюється в широких межах.

Так як при низьких вхідних концентраціях пилу процес утворення шару займає багато часу, то кращі результати досягаються при очищенні газів з високою запиленістю. При цьому накопичуються шари пилу, які при регенерації не розпоршуються в газі, а руйнуються у вигляді великих агрегатів. У результаті повторне осадження пилу на тканини знижується, забезпечується швидке випадання її в бункер. Здатність більшості часток з розмірами менше 5 мкм коагулювати з утворенням міцних агрегатів в потоці газу, в об'ємі тканини і на її поверхні дає можливість використовувати їх в якості ефективного фільтруючого середовища навіть нещільні тканини, особливо при низьких швидкостях фільтрації. При регенерації частину осаду відділяють, але всередині тканини між нитками і волокнами залишається значна кількість пилу, що зберігає високу ефективність очищення газів, тому при регенерації тканин не можна допускати їх «переочищення».

У тканинних фільтрах доцільно використовувати невеликі швидкості фільтрації, звичайно 0,5-2 см/с. При більшій швидкості відбувається надмірне ущільнення пилового шару, що супроводжується різким збільшенням його опору. При підвищених перепадах тиску і швидкості частинки проникають в глиб тканини, спостерігається порушення спочатку сформованого пилового шару, що супроводжується вторинним винесенням пилу, особливо через отвори між нитками.

При підвищеній швидкості фільтрації різко зростає просакування пилу відразу після регенерації. Крім того, при високій швидкості фільтрації потрібно занадто часто проводити регенерацію, що прискорює знос тканини і механізмів. Таким чином, для забезпечення надійності роботи фільтрів і досягнення високої ефективності очищення необхідно мати великі фільтруючі поверхні і уникати дуже глибокої їх регенерації.

Розглянуті недоліки тканин значною мірою усуваються при використанні в якості фільтруючого матеріалу войлоку (фетру). Войлок - щільний нетканий текстильний матеріал з валяної вовни або з синтетичних волокон. Виготовляється звичайно у вигляді полотнищ, які мають різну товщину, залежно від призначення. Сорти войлоку, виготовлені з тонкого пуху кроликів або кіз, відомі під назвою фетр. Ефективність уловлювання часток в цьому випадку не буде визначатися головним чином наявністю раніше сформованого шару пилу, рівномірний розподіл волокон по всій поверхні і товщі фетру і відсутність наскрізних отворів забезпечують рівноцінну участь волокон в процесі осадження частинок. Процес фільтрації протікає в об'ємі матеріалу. При очищенні фетром всередині них завжди залишається частина пилу, що забезпечує дуже високу ефективність уловлювання субмікронних частинок.

Ця принципова відмінність войлочних фільтруючих матеріалів від тканих дає можливість в 2-5 разів збільшити навантаження по газу і довести до $6 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{хв})$, а також проводити регенерацію матеріалу без припинення подачі запиленого газового потоку.

Фільтрувальні матеріали для тканинних фільтрів.

До тканин, що використовуються в якості фільтрувальних матеріалів, висуваються наступні вимоги:

- Висока пилоємність при фільтрації і здатність утримувати після регенерації кількість пилу, достатню для забезпечення високої ефективності очистки газів від тонкодисперсних частинок,

- Збереження оптимально високої повітропроникності в рівноважно запиленому стані,

- Висока механічна міцність і стійкість до стирання при багаторазових згинаннях,

- Стабільність розмірів і властивостей при підвищеній температурі і агресивній дії хімічних домішок, що знаходяться в сухих і насичених вологою газах, здатність до легкого видалення накопиченої пилу,

- Низька вартість.

Матеріали, що застосовуються і задовольняють не всім перерахованим вимогам, тому кожен матеріал використовується в певних, найбільш сприятливих для нього конкретних умовах.

Бавовняні тканини володіють хорошими фільтруючі властивості

та характеризуються низькою хімічною і термічною стійкістю, горючістю і високою вологоємністю.

Вовняні тканини характеризуються високою повітропроникністю, ємністю, забезпечують надійну очистку і легкість регенерації, і мають низьку стійкість до кислих газів особливо до оксидів сірки і туману сірчаної кислоти. Термін служби вовняних тканин становить 9-12 міс; вартість їх значно вище, ніж бавовняних і синтетичних.

Нітронові тканини мають високу механічну міцність, можуть застосовуватися тривалий час при температурі 120-130 °С. Термін служби рукавів з цього матеріалу - 9-12 міс. і більше.

Лавсанові тканини використовуються для очищення гарячих сухих газів, зокрема в цементній, металургійній та хімічній промисловостях. Міцність їх в 3-6 разів вища, ніж вовняних. Під дією вологих гарячих газів, особливо в лужному середовищі, міцність лавсанових тканин різко знижується. В кислих середовищах і за наявності окислювача стійкість тканин висока.

Тканини з поліефірних волокон стійкі до стирання, тому їх використовують для уловлювання абразивного пилу, наприклад у виробництві керамічних вогнетривких матеріалів.

Крім перерахованих синтетичних матеріалів застосовуються також тканини з капронових, поліпропіленових і полівінілхлоридних волокон. Всі вони мають високу хімічну стійкість у специфічних середовищах і низьку вологоємність, але не витримують більш високої температури, ніж тканини на основі лавсану і нітронів.

При очищенні сухих газів від пилу з високим електричним опором фільтрувальні тканини з синтетичних і скляних волокон заряджаються, а це створює в результаті електричного пробоя повітряного проміжку між рукавом і корпусом фільтра небезпеку виникнення пожежі у фільтрі.

Склотканини стійкі при температурах до 150-350 °С, при яких природні і більшість синтетичних волокон руйнуються. Скляна тканина виготовляється з алюмоборосилікатного безлужного або магнезійного скла.

Неткані матеріали

До таких матеріалів належать фільтрувальні вовняні фетри.

Фетр або войлок являють собою щільні шари безладно

переплутаних штапельних волокон, рівномірно розподілених в об'ємі і володіють високою стійкістю до багаторазових вигинів. Товщина фетру зазвичай становить 1,6-3,2 мм, а маса 1 м² матеріалу змінюється від 0,4 до 0,6 кг.

Фільтрувальні фетри використовуються в основному у фільтрах із зворотною струменевою продувкою або при імпульсному методі регенерації.

Класифікація тканинних фільтрів і деякі особливості їх влаштування.

Тканинні фільтри розрізняються між собою за такими ознаками:

- За формою фільтрувальних елементів (рукавні, плоскі, клинові тощо) і наявності в них опорних пристроїв (каркасні, рамні),
- За місцем розташування вентилятора щодо фільтра (усмоктувальні, що працюють під розрідженням, і нагнітаючі, що працюють під тиском),
- За способом регенерації тканини (струшуванням, зі зворотним продуванням, з віброструшуванням, з імпульсною продувкою тощо),
- По наявності і формі корпусу для розміщення тканини - прямокутні, циліндричні, відкриті (безкамерні),
- За кількістю секцій в установці (односекційні і багатосекційні),
- По виду використовуваної тканини.

Розміри рукавів обумовлюються конструкційними особливостями і економічними міркуваннями - чим більше висота рукавів, тим зазвичай більше їх діаметр (це робиться для того, щоб знизити знос тканини на вході в рукав). Запилені гази можуть вводитися в рукави знизу або зверху. При введенні знизу обмежується можлива довжина рукавів, так як важко забезпечити випадання пилу протягом короткого періоду струшування. При введенні зверху напрям потоку газу сприяє випаданню пилу в бункер і можливо застосування більш довгих рукавів, проте в цьому випадку виникає небезпека істотного підвищення температури у верхній частині корпусу фільтра, а пристрої для натягування рукавів виявляються більш складними. Корпуси зазвичай виготовляються зі сталі, іноді із залізобетону і повинні бути герметичними, щоб виключити підсмоктування холодного повітря, яке може викликати конденсацію пари води.

Крім рукавних фільтрів застосовуються фільтри з плоскою розгорткою тканини зі значно більшою у порівнянні з рукавними

фільтруючою поверхнею, що припадає на одиницю об'єму. Фільтруючі елементи таких апаратів зазвичай мають прямокутну, рідше клиноподібну форму з одним відкритим торцем, яким вони закріплюються в розподільній перегородці. Кожен мішок, як наволочка, надітий на опорний дротяний (сітковий) каркас (рис. 8.1).

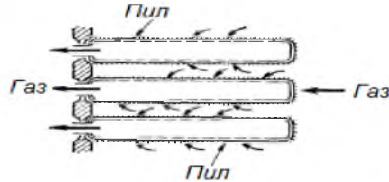


Рис. 8.1. Схема плоского каркасного фільтра

Фільтри з плоскою розгорткою тканини бувають періодичної або безперервної дії. Фільтри регенеруються різними способами обстуканням, вібрацією, імпульсною продувкою стисненим повітрям тощо. До недоліків згаданих фільтрів слід віднести складність зміни мішків і стирання тканини на каркасі.

Способи регенерації тканинних фільтрів:

Існують два основних способи регенерації запылених тканин:

- Струшування фільтруючих елементів (механічне, аеродинамічне шляхом пульсації або різких змін напрямку фільтрувального потоку газів, вплив звукових коливань),
- Зворотне продування фільтруючих елементів очищеними газами і повітрям (нагнітання в секцію газів з низьким тиском при великій витраті, підсмоктування атмосферного повітря, струменеве локальне продування кожного рукава або плоского елемента тощо).

У багатьох фільтрах поєднуються обидва способи регенерації.

Механічне струшування

Механічне струшування закріплених на загальній рамі закритих зверху рукавів найефективніше в поздовжньому напрямку, але при цьому сильно зношуються рукави, особливо в нижній частині. Струшування має бути короткочасним і різким, але не настільки сильним, щоб викликати великі механічні зусилля в тканини (рис. 8.2).

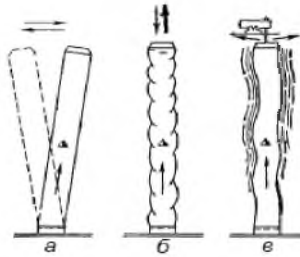


Рис. 8.2. Способи струшування рукавів:

а – струшування у горизонтальному напрямку; б – ослаблення та натягнення рукава у вертикальному напрямку; в – вібрація.

Аеродинамічне струшування може здійснюватися шляхом подачі імпульсу стисненого повітря всередину кожного елемента, що фільтрує (рис. 8.3). Такий вид регенерації використовується в каркасних рукавних і плоских фільтрах.

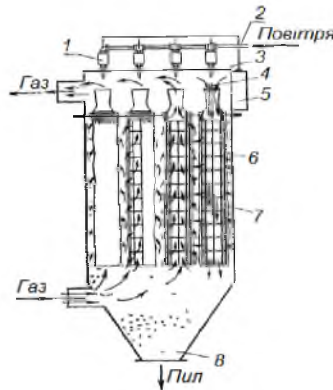


Рис. 8.3. Каркасний рукавний фільтр з імпульсною продувкою:

1 – електромагнітний клапан; 2 – труба для підведення стисненого повітря; 3 – сопло; 4 – струмінь стисненого повітря; 5 – прилад автоматичного управління регенерацією; 6 – рукав; 7 – каркас; 8 – бункер.

Очищення тканини зворотною продувкою очищеними газами без механічного струшування застосовується у фільтрах з рукавами великої довжини і при уловлюванні пилу, що легко скидається з тканин. На рис. 8.4. показаний рукавний фільтр зі зворотною струменевою продувкою (РФОСП).

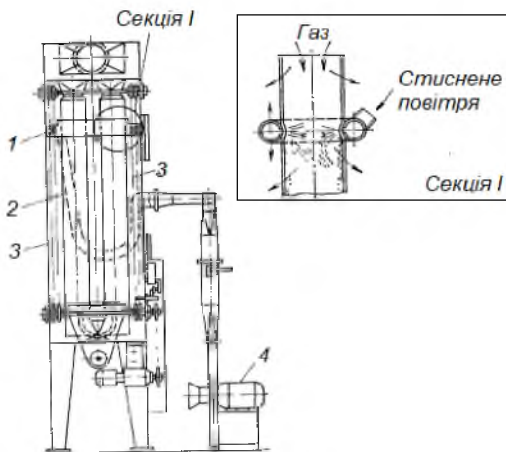


Рис. 8.4. Рукавний фільтр зі зворотною продувкою:
 1 – рама з продувочними кільцями; 2 – гнучкий планг для підводу повітря; 3 – ланцюги для переміщення рами; 4 – електродвигун.

Вибір типорозміру і необхідного числа тканинних фільтрів.

Ефективність очищення пилу в тканинних фільтрах досить висока, але може знижуватися через брак тканини, поганого притискання на патрубках або гніздах, зносу або витяжки рукавів.

Основним чинником, що визначає необхідну площу фільтрувальних тканин в апараті, є перепад тиску на тканині, а не ефективність очищення газу, і лише в окремих випадках допустиме газове навантаження на тканину може визначатися очікуваним значенням залишкової концентрації пилу.

Одним з головних умов нормальної роботи тканинних фільтрів є підтримання необхідної температури газів, що очищаються на вході у фільтр і всередині нього. При великих температурах різко скорочується термін служби тканин, а при температурах нижче точки роси можлива конденсація водяної пари, яка супроводжується утворенням наростів, що не видаляються або майже повною втратою газопроникності тканини і посиленням корозії металевих деталей.

КОНСТРУКЦІЯ ТКАНИННИХ ФІЛЬТРІВ

Фільтр ЦА-3804 - високопродуктивний апарат (до 20 тис. м³/год) з регенерацією за допомогою переміщення верхніх кінців рукавів перпендикулярно їх осях (рис. 8.5).

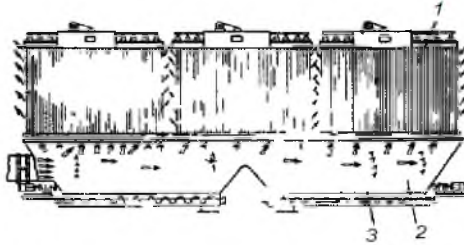


Рис. 8.5. Принципова схема фільтру ЦА3804:
1 – рукав; 2 – бункер; 3 – шнек.

Фільтри з механічним струшуванням і зворотною посекційною продувкою залишаються найбільш поширеними типом фільтрів і характеризуються підводом запиленних газів у відкриті знизу рукави і принципово однаковим впливом на рукави пристроїв механічного струшування - переміщенням верхніх кінців рукавів уздовж їх осі або в горизонтальному напрямку.

Фільтри Г4-БФМ, які застосовуються переважно на підприємствах харчової промисловості, мають корпус, що витримує розрідження 20 кПа (рис.6.6).

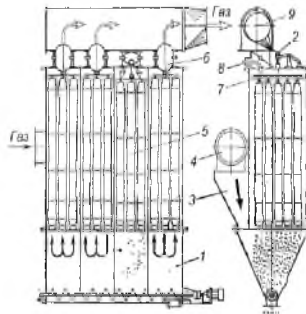


Рис. 8.6. Рукавний фільтр типу Г4-БФМ:
1 – бункер; 2 – механізм струшування; 3 – колектор; 4 – газохід запиленних газів; 5 – секція фільтру, яка знаходиться на регенерації; 6 – клапан газів; 7 – рама підвішування рукавів; 8 – клапан продування; 9 – вихідний клапан.

Фільтри типу ФР характеризуються підведенням газів у відкриті знизу рукави. На ньому застосовуються склотканині фільтри для технологічної очистки вибухонебезпечної пилогазової суміші при температурі 240 °С під тиском. Видалення вловленої сажі з рукавів

здійснюється зворотною продувкою очищеним газом за допомогою вентилятора. Вивантаження сажі з бункерів здійснюється шлюзовими затворами (рис. 8.7). Фільтри встановлюються в окремій спеціально зведеній будівлі.

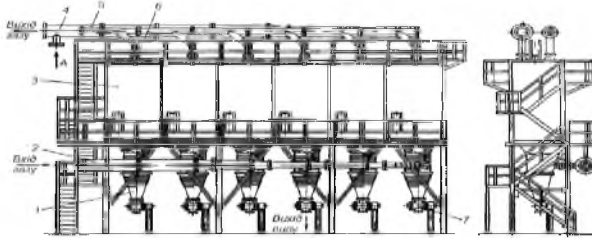


Рис. 8.7. Рукавний фільтр ФР518:

- 1 – бункер; 2 – розподільчий колектор; 3 – корпус; 4 – збірний колектор; 5 – колектор зворотної продувки; 6 – дросельна засувка; 7 – шлюзовий затвор.

Фільтри СМЦ-166Б (рис. 8.8) мають рукави довжиною 2м і регенеруються стисненим повітрям з використанням енергії струменя стиснутого повітря для автоматичного закриття клапана. У фільтрах типу СМЦ використовуються синтетичні тканини (лавсан, нітрон тощо)

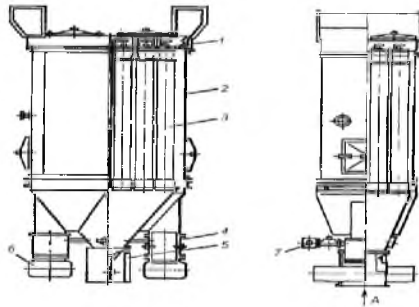


Рис. 8.8. Рукавний фільтр СМЦ-166Б:

- 1 – підвіска; 2 – корпус; 3 – рукав; 4 – клапан; 5 – затвор; 6 – відвідний колектор; 7 – колектор стисненого повітря.

ХІД РОБОТИ

Розрахунок рукавного тканинного фільтру полягає у визначенні загальної поверхні фільтрування, яка визначається за формулою:

$$F = \frac{Q_{\Gamma} + Q_{\text{прод}} + Q_{\text{під}}}{v}$$

де Q_{Γ} – витрати газу, $\text{м}^3/\text{с}$;

$Q_{\text{прод}}$ – витрати повітря на продувку апарату, $\text{м}^3/\text{с}$;

$Q_{\text{під}}$ – витрати повітря на підсмоктування ззовні, $\text{м}^3/\text{с}$;

v – допустиме питоме навантаження тканинного фільтру, $\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{хв.})$ (таблиця 1).

2. Розрахунок витрати повітря на продувку апарату:

$$Q_{\text{прод}} = \alpha Q_{\Gamma}$$

де α – коефіцієнт питомого очищення фільтрувального матеріалу:

для матеріалів 1-4 — $\alpha=0,2$;

для матеріалів 5-7 — $\alpha=0,1$;

для матеріалів 8-12 — $\alpha=0,05$.

3. Розрахунок витрати повітря на підсмоктування ззовні залежить від температури запиленого газу, що надходить до апарату.

При $T_{\Gamma} > T_{\text{д}}$ (значення $T_{\text{д}}$ встановлюються відповідно до таблиці 1) розрахунок витрат повітря на підсмоктування проводять за формулою:

$$Q_{\text{під}} = Q_{\Gamma} \frac{\rho_{\Gamma}(T_{\Gamma} - T_{\text{д}})}{\rho_{\text{п}}(T_{\text{д}} - T_{\text{п}})}$$

де $T_{\text{п}}$ – температура атмосферного повітря, $^{\circ}\text{C}$ (для стандартного розрахунку $T_{\text{п}}=20^{\circ}\text{C}$);

ρ_{Γ} – густина газу при робочих умовах;

$\rho_{\text{п}}$ – густина атмосферного повітря при нормальних умовах.

При $T_{\Gamma} < T_{\text{д}}$ розрахунок витрат повітря на підсмоктування проводять за формулою:

$$Q_{\text{під}} = 0.05 Q_{\Gamma}$$

4. Розрахована поверхня фільтрації має бути перевірена на максимальну дозволена запиленість тканини за формулою:

$$F \geq \frac{G_{\text{п}}}{G_{\text{м}}}$$

де $G_{\text{п}}$ – початкова кількість пилу, що потрапляє до рукавного фільтру, $\text{кг}/\text{с}$;

$G_{\text{м}}$ – максимальна питома запиленість тканини фільтру (відповідно до таблиці 1).

5. Початкова кількість пилу в газі розраховується за формулою:

$$G_{\text{п}} = V Q_{\Gamma}$$

де V – початкова запиленість газу, $\text{кг}/\text{м}^3$;

Q_f – витрати газу, м³/с.

6. Відповідно до отриманого значення площі поверхні фільтрування підібрати марку рукавного фільтру з таблиці 2.

7. Висновки.

Таблиця 8.1

№ п/п	Тип фільтрувального матеріалу	Допустиме питоме навантаження тканинного фільтру v , м ³ /(м ² *хв.)	Допустима температура T_d , °С	Максимальна питома запиленість, G_m , кг/(м ² *с)
1	Сукно №2	0,6	80	0,3·10 ⁻³
2	Вовняна тканина	1,2	95	
3	Саржа	0,8	95	
4	Бавовна	0,7	80	
5	Нітрон	0,5	120	0,2·10 ⁻³
6	Нітрон ЦМ	0,6	120	
7	Тканина ЦМ (бавовна+капрон)	0,9	85	
8	Лавсан (1 шар)	0,75	130	
9	Лавсан (2 шари)	0,75	130	
10	Хлорин	0,3	70	0,1·10 ⁻³
11	Склотканина ТССНФ	0,5	240	
12	Склотканина ТССНФ (О)	0,5	260	

Таблиця 8.2

Марка фільтру	Загальна площа поверхні фільтру F , м ²	Кількість секцій n , один.	Загальна кількість рукавів z , один.
ФРО-1250-1	1266	6	252
ФРО-1650-1	1688	8	336
ФРО-2500-1	2530	12	504
ФРО-4100-2	4104	8	432
ФРО-5100-2	5130	10	540
ФРО-6000-2	6156	12	648
ФРО-7000-2	7182	14	756
ФРО-8000-2	8208	16	864
ФРО-20000-3	20 520	10	2160
ФРО-24000-3	24 624	12	2592
ФРКДИ-550	550	1	216
ФРКДИ-720	720		288
ФРКДИ-1100	1100		432
ФРКИ-30	30	1	36
ФРКИ-60	60	2	72
ФРКИ-90	90	3	108
ФРКИ-180	180	4	114
ФРКИ-360	360	8	228
ФРУІІ-15	15	2	28
ФРУІІ-20	20		
ФРУІІ-25	25		
ФРУІІІ-37,5	37,5	3	42
ФРУІV-50	50	4	56

Практична робота №9 РОЗРАХУНОК МОКРОГО ПИЛОВЛОВЛЮВАЧА- СКРУБЕРА З ПОСТІЙНИМ ШАРОМ ПІНИ

В мокрих пиловловлювачах очищення газів здійснюється при контакті газопилового потоку з рідиною, в результаті чого часточки пилу змочуються, збільшують свою масу та виводяться з газопилового потоку під дією гравітаційних чи відцентрових сил, або захоплюються рідиною та вилучаються з апарату у вигляді шламу.

Основними перевагами мокрих пиловловлювачів є:

- відносно невелика вартість (без урахування операцій зі шламом);
- більш висока ефективність уловлювання у порівнянні з сухими механічними пиловловлювачами;
- можливість ефективного застосування для очищення газів від часточок пилу розміром від 0,1 мкм;
- можливість використання в якості абсорбера для охолодження та кондиціонування газів;
- можливість використання в якості теплообмінника.

До недоліків мокрих пиловловлювачів відносяться:

- можливість засмічення змоченим пилом газоходів та обладнання;
- високі витрати рідини;
- необхідність антикорозійного захисту обладнання внаслідок фільтрації агресивних газів та сумішей.

В залежності від способу дії та способу створення поверхні контакту мокрі пиловловлювачі поділяються на такі групи:

- порожнинні газопромивачі (зрошувальні пристрої, промивні камери, порожнинні форсуночні камери);
- насадочні скрубери та газопромивачі з рухомою насадкою;
- тарілчасті газопромивачі (барботажні та пінні апарати);
- мокрі апарати ударно-інерційної дії (ротоклони);
- мокрі апарати відцентрової дії;
- механічні газопромивачі;
- швидкісні скрубери.

Надійна та ефективна робота пиловловлювачів принцип дії яких базується на уловлюванні часток пилю краплями зрошувальної рідини залежить від правильного вибору розпилюючих пристроїв.

У газоочисних апаратах для подачі рідини використовують дві основні системи розпилення:

- розпилення робочої рідини за допомогою зрошувальної системи;

- розпилення робочої рідини через форсунки різних конструкцій.

Перед зрошувальною системою стоїть задача рівномірного розподілу рідини по апарату; метою форсуночного розпилення є створення якомога менших за розміром краплин води, які і стануть центрами коагуляції пилових часток.

На рис. 9.1. представлені основні типи зрошувальних систем.

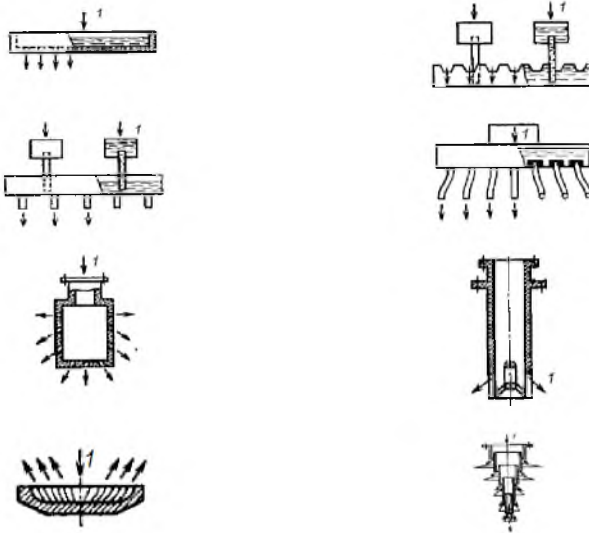


Рис.9.1. Основні типи зрошувальних систем

Найбільшого розповсюдження в апаратах мокрого очищення набули форсуночні системи, які бувають наступних груп:

- механічної;

- пневматичної

- електричної дії.

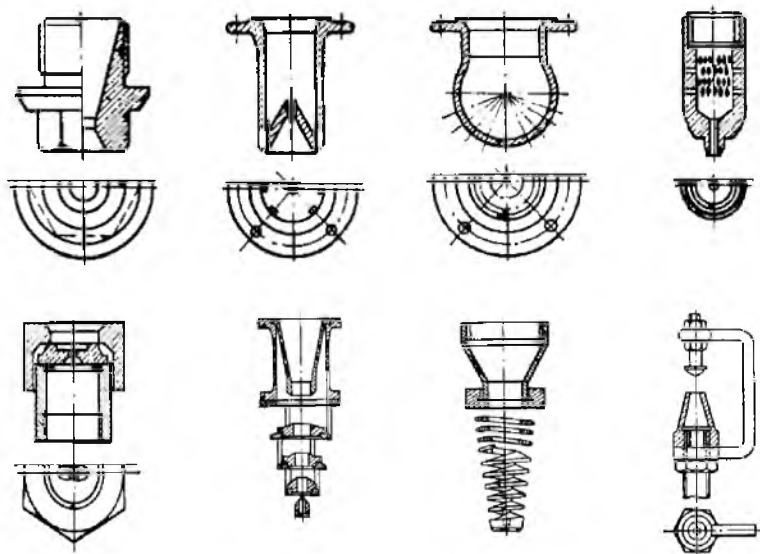


Рис. 9.2. Види форсунок.

На рис. 9.2. представлені тільки деякі види форсунок серед широкого їх асортименту.

Газопромивачі.

У порожнинних газопромивачах газопиловий потік пропускають через завісу робочої рідини, що розпилюється. При цьому часточки пилу захоплюються краплями промивної рідини та осаджуються у промивачі, а очищений газ виводиться з апарату. Найбільш розповсюджений апарат цього класу – порожнинний форсуночний скрубєр (рис. 9.3). Широко застосовується для очищення газів від великих часток пилу та для охолодження гарячих газів. За напрямом руху газів та рідини вони поділяються на:

- прямоточні;
- протиточні;
- з поперечним підводом газів.

Ступінь очищення в порожнинних скрубєрах досягає 99% для часток розміром більше 10 мкм та різко зменшується при уловлюванні часток розміром менше 5 мкм.

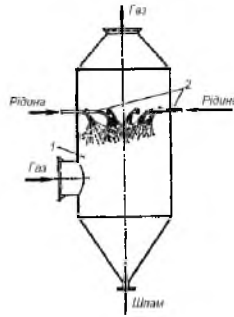


Рис. 9.3. Порожнинний газопромивач:
1 – корпус; 2 – форсунки

Насадочні газопромивачі.

Являють собою колони, які заповнені твердими тілами різної форми (насадками). Такі апарати використовуються для уловлювання лише добре змочуваного пилу, особливо коли процес уловлювання додатково супроводжується охолодженням газів чи адсорбцією (рис. 9.4).

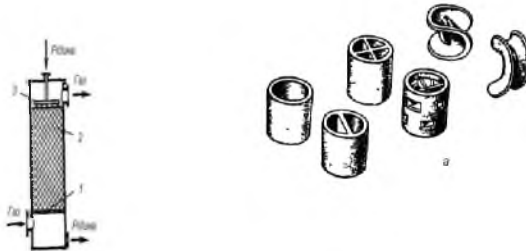


Рис. 9.4. Протиточний мокрий пиловловлювач з насадкою:
а – типи насадок; 1 – решітка; 2 – насадка; 3 – зрошувальний пристрій

При виборі типу насадок враховують наступні параметри:

- площа питомої поверхні;
- вільний об'єм внутрішніх порожнин;
- питомий діаметр.

Одними з різновидів насадочних газопромивачів є газопромивачі з рухомою насадкою (рис. 9.5).

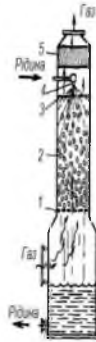


Рис. 9.5. Газопромивач з рухомою насадкою:

1 – тарілка; 2 – насадка; 3 – обмежувальна решітка; 4 – зрощувальний пристрій; 5 – бризковловлювач

У корпусі апарату між нижньою опорно-розподільчою тарілкою 1 та верхньою тарілкою 3 розміщується шар шароподібних насадок, виготовлених, як правило, з полімерних матеріалів, скла чи пористої гуми. Для забезпечення вільного переміщення газорідинної суміші в товщі насадок густина їх ρ_n не повинна перевищувати густину рідини ρ_p , яка використовується для зрошення:

$$\rho_n \ll \rho_p$$

Тарілчасті газопромивачі.

В основі роботи цих апаратів лежить механізм взаємодії газів з рідиною на тарілках різної конструкції. Характер взаємодії в значній мірі залежить від швидкості подачі газу. При швидкості газу до 1 м/с газ просочується через шар рідини у вигляді бульбашок – протікає так званий барботаж.

З ростом швидкості подачі газу взаємодія газового та рідинного потоків протікає більш інтенсивно та супроводжується утворенням високотурбулізованої піни, в якій відбувається безперервне руйнування, злиття та утворення нових бульбашок. Цей процес протікає у так званих пінних апаратах.

Розрізняють пінні апарати з провальними тарілками (рис. 9.6) та переливними тарілками (рис. 9.7).

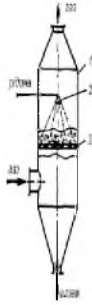


Рис. 9.6. Мокрий пиловловлювач з провальною тарілкою:

1 – корпус; 2 – зрошувальний пристрій; 3 – тарілка

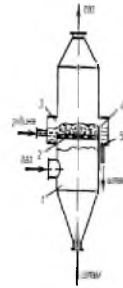


Рис. 9.7. Пінний пиловловлювач з переливною тарілкою:

1 – корпус; 2 – тарілка; 3 – приймальна коробка; 4 – поріг; 5 – зливна коробка

Тарілчасті апарати зі стабілізатором пінного шару мають на тарілці елемент конструкції у вигляді сітки з певного розміру комірками. Стабілізатор попереджує появу хвильового режиму до швидкості газу 4 м/с. наявність стабілізатора забезпечує значне накопичення піни на тарілці, і внаслідок чого, збільшення висоти піни, що дозволяє суттєво зменшити витрати рідини на зрошення.

Газопромивачі ударно-інерційної дії.

Найбільш простий апарат цього класу являє собою колону в нижній частині якої знаходиться шар рідини (рис. 9.8).



Рис. 9.8. Мокрий пиловловлювач ударно-інерційної дії:

1 – вхідний патрубок; 2 – резервуар з рідиною; 3 – змивне сопло; 4 – труба для видалення шлам

Запилений газ по газоходу з великою швидкістю направляється

на поверхню рідини. При різкому повороті газового потоку на 1800 відбувається інерційне осадження часток пилу на шарі рідини. Шлам, що утворився видаляється через гідрозатвор. Даний клас апаратів використовується переважно для охолодження газів.

Одним з різновидів апаратів ударно-інерційної дії є апарати групи ротоклонів (рис. 9.9).

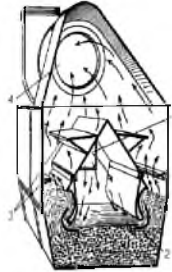


Рис. 9.9. Ротоклон (тип \bar{N}):

1 – пристрій для підведення газу; 2 – направляючі лопатки; 3 – бризковідбійник; 4 – вивід газу

В апараті встановлені один чи декілька щільових каналів, нижня частина яких занурена в рідину. Газовий потік зіштовхується з поверхнею рідини, захоплює частину рідини та переміщує її вздовж нижньої направляючої каналу. Після цього рідина переміщується до верхньої направляючої і на виході захоплюється бризковідбійником, що попереджує винос крапель рідини. Швидкість подачі газу при цьому має не перевищувати 15 м/с. Дана група апаратів використовується переважно як абсорбер для очищення токсичних та радіоактивних газопилових сумішей.

Мокрі апарати відцентрової дії.

За своєю конструкцією переважна більшість апаратів даного типу поділяється на два типи:

обертальний рух газопиловому потоку надається за рахунок тангенціального відведення потоку;

обертальний рух газопиловому потоку надається за рахунок механічного розкручування за допомогою крильчатки.

Циклони пльовочного зрошення (рис. 9.10) є типовими представниками пиловловлювачів даного класу та призначаються для очищення повітря від будь-якого виду нецементуючого пилу. По внутрішній стінці апарату безперервно стікає тонка плівка робочої рідини, яка також, як і газопиловий потік, тангенціально вводиться

в апарат.

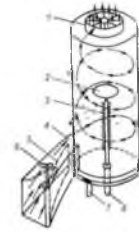


Рис. 9.10. Відцентровий скруббер з центральним підводом зрошення:

1 – лопатка для вирівнювання потоку; 2 – центральний диск; 3 – система зрошення; 4 – пристрій для введення газу; 5 – засувка; 6 – шток; 7 – вихідний отвір для пилу; 8 – вхідний отвір для зрошувальної рідини

Швидкісні скрубери (скрубери Вентурі) є найбільш ефективними апаратами мокрого очищення газопилових потоків. Загальною конструктивною особливістю цих апаратів є наявність труби-розпилювача, в якій відбувається подрібнення газопилового потоку, що рухається зі швидкістю до 150 м/с, зрошувальною рідиною (рис. 9.11).

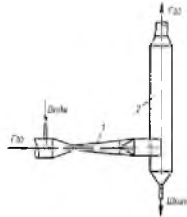


Рис. 9.11. Скрубер Вентурі з виносним бризковловлювачем:
1 – труба-розпилювач; 2 – циклон-бризковловлювач

ХІД РОБОТИ

1. Розрахунок площі перетину апарату, м²:

$$S = \frac{V}{v_0}$$

2. Розрахунок діаметру корпусу апарату, м:

$$D_0 = \sqrt{\frac{4S}{\pi}}$$

3. Прийняти дійсний діаметр апарату відповідно до стандартних типорозмірів D .

4. Розрахунок дійсної швидкості повітря в апараті, м/с:

$$v_{\Gamma} = \frac{v_0 D_0^2}{D^2}$$

5. Розрахунок витрат промивної рідини:

$$L_{\text{рід}} = L_0 S$$

6. Розрахунок живого перетину решітки, м²:

$$S_p = \frac{1,37 v_{\Gamma}^{0,458} L_{\text{рід}}^{0,152}}{h^{0,61} d_0^{0,085} \rho_{\text{рід}}}$$

7. Розрахунок повного гідравлічного опору апарату, Па:

$$\Delta P = \Delta P_p + \Delta P_n + \Delta P_{\sigma} + \Delta P_a$$

$$\Delta P_p = \frac{1,82 v_{\Gamma}^2 \rho_{\Gamma}}{S_p U}$$

де $U = 2 \text{ с}^{-1}$

$$\Delta P_n = \frac{0,447 h \rho_{\text{рід}} g}{\sqrt{\frac{v_{\Gamma}}{S_p}}}$$

$$\Delta P_{\sigma} = \frac{4\sigma}{d_0}$$

де $\sigma = 6,3 \cdot 10^{-2} \text{ Па} \cdot \text{м}$

$$\Delta P_a = \frac{v_{\Gamma}^2 \rho_{\Gamma}}{2}$$

8. Розрахунок ступеня фракційного очищення, %:

$$\eta_{\text{фр}} = \left(1 - \frac{1,37 - d_{\text{сп}}^{0,1}}{h^{0,9} v_{\Gamma}^{0,25}} \right) 100$$

9. Загальний ступінь очищення, %:

$$\eta = \frac{\sum (\eta_{\text{фр}i} \Delta R_i)}{100 \%}$$

10. Розрахунок кінцевої запиленості газу, г/м³:

$$X_{\text{кін}} = \frac{X_n \eta}{100 \%}$$

11. Висновки

Основні типорозміри скруберів

Стандартні діаметри циклонів, мм															
60	70	80	90	11	12	13	14	15	16	17	18	20	21	22	24
0	0	0	0	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00

Практична робота №10

РОЗРАХУНОК ЕФЕКТИВНОСТІ ПІСКОВЛОВЛЮВАЧА

1. Розрахунок площі перетину пісковловлювача:

$$F = \frac{Q}{v}$$

2. Розрахунок глибини проточної частини пісковловлювача:

$$h = \frac{F}{B}$$

3. Розрахунок довжини пісковловлювача:

$$L_0 = kh \frac{v}{u_0}$$

де $k=1,7$ – коефіцієнт, що враховує турбулентність руху рідини в пісковловлювачі;

$u_0=18$ мм/с – гідравлічна крупність зважених часток.

4. Тривалість протікання води в пісковловлювачі має бути не менше 30 секунд (t).

Уточнення довжини камери:

$$L_1 = vt$$

5. Встановлення кількості секцій пісковловлювача:

$$n = \frac{L_1}{L_0}$$

6. Визначення густини осаду:

$$\rho_{oc} = \rho_{зв}(1 - \varphi) + \rho_{H_2O} \cdot \varphi$$

де φ – вологість, $\varphi=0,6$.

7. Розрахунок об'єму осаду в n секціях пісковловлювача:

$$V'_{oc} = V_{oc}n$$

8. Визначення кількості зважених речовин на виході з пісковловлювача:

$$C_{вих} = C_{вхід} - \frac{V'_{oc}\rho_{oc}(1 - \varphi)}{Q}$$

9. Висновки.

Практична робота №11
РОЗРАХУНОК КОМПЛЕКСУ ОЧИСНИХ СПОРУД ЦОК ДЛЯ
ПІДПРИЄМСТВ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

1. Розрахувати коефіцієнт A , що характеризує склад і початкову концентрацію забруднень:

$$A = \frac{\beta}{\alpha}$$

2. Розрахувати дозу органічного мулу, мг/дм³:

$$m = \frac{\text{БСК}}{\alpha}$$

3. Обчислити дозу мулу, прийнявши його зольність $B=26\%$, мг/дм³:

$$S = \frac{100m}{100 - B}$$

4. Розрахувати тривалість перебування стоків у ЦОК, діб:

$$t_{\text{пер}} = \frac{a}{0,6 \cdot A \cdot S \cdot 10^{0,1t}}$$

5. Розрахувати об'єм робочої частини ЦОК, м³:

$$W = Q \cdot t_{\text{пер}}$$

6. Розрахувати масу осаду за рік, т:

$$\sigma = \left(\frac{\text{БСК} \cdot Q}{x} + \beta \cdot S \cdot W \right) \cdot 365$$

де x – добова норма забруднення по замулених речовинах, прийняти 54 г/людино-доба;

7. Розрахувати об'єм осаду за рік $\sigma_{\text{об}}$ з урахуванням вологості 96%, м³.

8. Розрахувати площу мулового майданчика, м²:

$$\Delta$$

де p – кількість циклів вилучення на рік, k – максимальне навантаження на майданчик за СНіП, приймають 2 м³/м².

9. Розрахувати об'єм відстійника, м³:

$$V_B = Qt$$

де t – розрахункова тривалість відстоювання.

10. Розрахувати гідравлічну крупність часток забруднення:

$$U_0 = \frac{1000H_p K}{t \left(\frac{KH_p}{h} \right)}$$

де H_p – глибина проточної частини відстійника, K – коефіцієнт, що враховує використання об'єму проточної частини відстійника – $K=0,45$, h – висота відстоювання в лабораторних умовах; $h=500$ мм.

11. Розрахувати площу поверхні відстоювання, m^2 :

$$F_B = \sqrt{V_B \frac{H_p V_{cp}}{K(U_0 - \omega)}}$$

де V_{cp} – розрахункова швидкість горизонтального руху води на початку відстійника, яка залежить від каламутності води; ω – вертикальна турбулентна складова: $\omega=0,05 \cdot V_{cp}$.

12. Розрахувати діаметр радіального відстійника, м:

$$D = \sqrt{\frac{4F_B}{\pi}}$$

13. Зробити висновки за основними розрахунковими параметрами ЦОК.

Практична робота №12 ЕНЕРГЕТИЧНИЙ БАЛАНС ПІДПРИЄМСТВА

Мета та завдання: ознайомитися з видами енергетичного балансу та виконати їх розрахунок.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Енергетичний менеджмент – це діяльність, спрямована на забезпечення раціонального використання паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР) і базується на отриманні енерготехнологічної інформації шляхом обліку, проведенні типових енерготехнологічних вимірювань та перевірок, аналізуванні ефективності використання ПЕР та впровадженні енергозберігаючих заходів.

Система енергетичного менеджменту підприємства – це частина загальної системи управління підприємством, основним завданням якої є управління ефективністю споживання ПЕР. До складу цієї системи входять не тільки спеціально навчений персонал, а й прилади обліку, процедури перевірок та вимірювань, алгоритми розрахунку спеціальних показників, тощо.

Правильно розроблені внутрішні процедури, документація, взаємодія служби енергоменеджменту з іншими службами та підрозділами, ретельно підібране обладнання дозволяє підприємству в майбутньому власними силами та з мінімальними витратами коштів заощаджувати значні обсяги енергоресурсів.

Система енергопостачання потрібна для надійного задоволення потреб підприємства в необхідних видах енергії, належної якості та достатньої кількості. Загальні принципи побудови таких систем однакові для будь-яких підприємств та розрізняються тільки кількістю компонентів, які входять до їхнього складу.

Необхідні види енергії та енергоносіїв можуть надходити до підприємства через централізоване енергопостачання (рис. 11.1).

До них належать електроенергія, теплова енергія та органічне паливо. Джерелом енергії також може бути безпосередньо оточуюче середовище з потоками прямої або перетвореної енергії Сонця, а також енергія надр Землі, енергія річок, морів та океанів тощо.

На наступній стадії системи енергопостачання енергетичні

потоки при необхідності можуть бути перетворені в інші види енергії або змінювати свої параметри у відповідності з умовами експлуатації пристроїв споживання енергії.

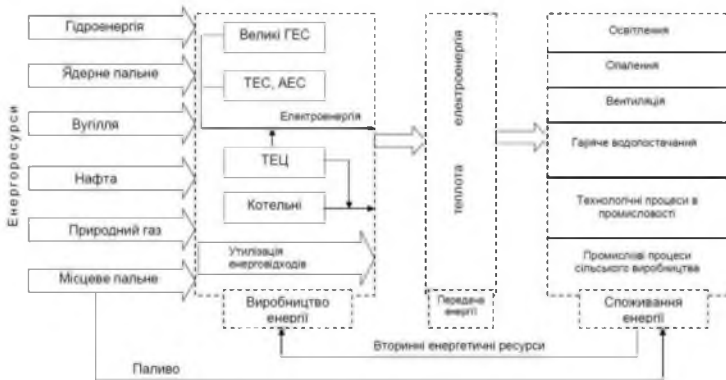


Рис. 12.1. Система централізованого енергопостачання промислових підприємств:

ГЕС – гідроелектростанція; ТЕС – теплова електростанція; АЕС – атомна електростанція; ТЕЦ – теплоелектроцентр

Перетворення енергії здійснюється на ТЕЦ, в котельнях, на компресорних станціях, в холодильних установках, на теплових пунктах, трансформаторних підстанціях та інших об'єктах, які входять до складу підприємства (рис. 11.2).

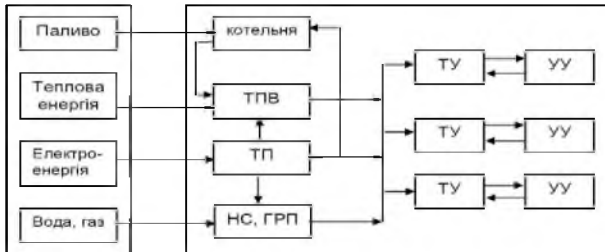


Рис. 12.2. Схема енергосистеми промислового підприємства:

ТПВ – тепловузол; ТП – трансформаторна підстанція; НС – насосна підстанція; ГРП – газорегуляторний пункт; ТУ – технологічні установки; УУ – утилізаційні установки

У більшості випадків розміщення джерел енергії (ДЕ) та споживачів не співпадає. Тому енергетичне господарство підприємства повинно мати розгалужену систему передачі та розподілу енергії. В якості ДЕ на підприємствах можуть також

виступати енергетичні відходи (вторинні енергетичні ресурси (ВЕР)).

Основними споживачами енергії на підприємстві є:
технологічні споживачі, які безпосередньо пов'язані з виготовленням готової продукції або наданням послуг;
системи освітлення;
системи опалення, вентиляції та кондиціонування повітря;
гаряче та холодне водопостачання.

Технологічні споживачі в залежності від галузі промисловості та сфери послуг суттєво відрізняються один від одного. В цілому енергетичне господарство підприємства представляє собою розгалужену структуру, яка характеризується взаємопов'язаними енергетичними та матеріальними потоками різного виду та призначення.

Порядок проведення енергетичного обстеження підприємства

Обстеження включає в себе отримання загальної характеристики підприємства та даних, які необхідні для оцінки резервів економії енергоресурсів.

Для всебічного аналізу використання ПЕР на підприємстві складають наступні види енергобалансів:

за видом енергоносіїв, які використовуються (паливо, тепла енергія, електрична енергія, механічна енергія);

за цільовим призначенням, тобто з визначенням витрат на технологію та допоміжні потреби (опалення, вентиляцію, освітлення та ін.);

за виробничо-територіальними одиницями (цех, ділянка та ін.);
повний енергетичний баланс (в тепловому еквіваленті) включає в себе всі види енергії, які підлягають перетворенню на підприємстві.

При проведенні енергетичного обстеження в загальній характеристиці підприємства повинні бути відображені наступні питання:

номенклатура продукції та фактичні питомі витрати енергоресурсів та її виготовлення за рік, попередній перед проведенням енергетичного обстеження;

джерела та схема енергопостачання;

показники добових (взимку та влітку)

графіків електричного та теплового навантаження;

частина енергетичної складової в собівартості продукції;
організаційна структура енергетичної служби.

Для оцінки ефективності використання енергії проводять обстеження за наступними напрямленнями:

Стан технічного обліку
способи обліку (розрахунковий, приладний, досвідно-розрахунковий);

форми отримання, обробки та представлення інформації про контроль витрат енергії по цехам, ділянкам, енергоємним агрегатам;
відповідність схеми обліку енергії структурі норм;
оснащення приладами витрат ПЕР.

Стан нормування

наявність на підприємстві затверджених норм витрат енергоресурсів;

фактична структура норм у відповідності її технології та організації виробництва;

динаміка норм та питомих витрат за три роки до обстеження.

Визначення резервів економії енергетичних ресурсів згідно обстеження обладнання та технологічних процесів, стану використання ВЕР.

За результатами проведення енергетичного обстеження підприємства складають перелік організаційно-технічних заходів (ОТЗ) з економії палива та енергії. Системний підхід до аналізу енергоефективності технологічних процесів припускає виділення ієрархічних рівнів підпорядкування енерготехнологічних елементів систем енергопостачання та використання енергії промислового підприємства (рис. 11.3).

Розрахунковий аналіз енергетичних балансів.

Розрахунковий аналіз витрат електричної енергії може бути виконаний на основі наступних співвідношень:

Витрата електроенергії на технологічні установки, кВт · год.:

$$W = N_H \cdot k_B \cdot t,$$

де N_H – номінальна потужність електродвигуна технологічної установки, кВт; k_B – коефіцієнт використання потужності електродвигуна; t – інтервал часу, год.



Рис. 12.3. Рівні ієрархії енергосистеми промислового підприємства
Витрата електроенергії на освітлення, кВт · год.:

$$W_c = \left(\frac{E_j S_j z}{C_j} \right) t_j 10^{-3}$$

де E_j – норма освітлення в j -му приміщенні, лк (люкс – одиниця вимірювання освітлення); S_j – площа j -го приміщення, m^2 ; z – коефіцієнт нерівномірності освітлення, приймає значення від 1,1 до 1,15; t_j – час роботи освітлювального приладу в j -му приміщенні, год.; C_j – світлова віддача освітлювального приладу, лм / Вт (люмен – одиниця вимірювання світлового потоку), визначається за допомогою співвідношення:

$$C_j = \left(\frac{\Phi}{N_c} \right)$$

де Φ – світловий потік лампи освітлювального приладу, лм; N_c – номінальна потужність лампи, Вт; n_c – ККД освітлювального приладу.

Розрахунковий аналіз теплової енергії

Цей аналіз енергетичного балансу може бути виконаний на основі наступних співвідношень:

- *вміст хімічної енергії, теплота фазових перетворень, Гкал:*
 $Q_{\Pi} = M \cdot r \cdot 10^{-6},$

де M – витрата матеріального потоку за інтервал часу (години, рік), що розглядається, кг або m^3 ; r – питома хімічна енергія, енергія фазових перетворень, ккал / кг або ккал / m^3 .

- *тепловий вміст матеріальних потоків, Гкал:*
 $Q_M = M \cdot c \cdot T \cdot 10^{-6},$

де c – масова або об'ємна питома теплоємність матеріального потоку M , ккал / (кг · град) або ккал / (m^3 · град); T – температура

поток, °С.

- витрата теплоти на опалення, Гкал:

$$Q_{\text{от}} = q_0 \cdot V \cdot (T_{\text{ус}} - T_{\text{зов}}) \cdot t \cdot 10^{-6},$$

де q_0 – об’ємна опалювальна характеристика об’єкта, ккал / (м² · год · град); V – зовнішній об’єм об’єкта, м³; $T_{\text{ус}}$, $T_{\text{зов}}$ – температури усередині та зовні об’єкта, °С; t – інтервал часу, що розглядається, год.

- витрата тепла на вентиляцію, Гкал:

$$Q_{\text{в}} = q_{\text{в}} \cdot V_{\text{в}} \cdot (T_{\text{ус}} - T_{\text{зов}}) \cdot t_{\text{в}} \cdot 10^{-6},$$

де $q_{\text{в}} = m \cdot c_{\text{в}} \cdot (V_{\text{в}} / V)$; m – кратність повітрообміну, 1 / год; $c_{\text{в}}$ – об’ємна питома теплоємність повітря, ккал / (м³ · град); $V_{\text{в}}$ – об’єм, який вентилюють, м³.

- втрати теплоти разом з димовими газами, Гкал:

$$Q_{\text{дг}} = V_{\text{дг}} \cdot c_{\text{дг}} \cdot T_{\text{дг}} \cdot 10^{-6},$$

де $V_{\text{дг}}$ – вихід димових газів на 1 м³ газоствореного або 1 кг твердого палива, м³ / м³ або м³ / кг; $c_{\text{дг}}$ – об’ємна питома теплоємність димових газів, ккал / (м³ · град); $T_{\text{дг}}$ – температура димових газів, °С.

- тепловий еквівалент електричної енергії, Гкал:

$$Q = W \cdot 0.86 \cdot 10^{-3},$$

де W – підведена (споживана) електрична енергія, в інтервал часу, що розглядається, кВт.

ЗАВДАННЯ ДО ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ

Виконати розрахунковий аналіз енергетичних балансів підприємства:

- витрат електричної енергії;
- теплової енергії.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Що таке енергетичний менеджмент?
2. Які складові енергетичного менеджменту підприємства?
3. Які види енергії та енергоносіїв можуть надходити до підприємства?
4. Назвіть основних споживачів енергії на підприємствах?
5. Які види енергобалансів Ви знаєте?
6. Що називається загальною характеристикою підприємства (стосовно енергетичного балансу)?
7. За якими напрямленнями проводять

обстеження для оцінки ефективності використання енергії?

8. Поясніть ієрархічні рівні систем енергопостачання?
9. Дайте визначення наступним поняттям:
номінальна потужність, номінальний струм,
питома теплоємність, частота електричного струму?
10. Показники якості електричної енергії?
11. Дайте визначення надійності системи енергопостачання?
12. Що таке кратність повітрообміну?

Практична робота №13

РОЗРАХУНОК ОКУПНОСТІ РЕКУПЕРАТОРА ТЕПЛА

Опалення в Україні умовно буває двох видів: централізоване та індивідуальне. У першому випадку для формули важливий так званий опалювальний сезон – кількість днів в році, коли включене опалення. Для спрощення розрахунку окупності використаємо усереднені дані тривалості опалювального сезону з 1 жовтня по 31 березня – 182 дні. З 2018 тривалість опалювального періоду залежить від середньодобової вуличної температури. Дані необхідні для розрахунку визначаються студентом для власного помешкання.

Приклад розрахунку – типова квартира. **Вихідні дані:**

- S площа 60 м²;
- n кількість мешканців 3 особи
- норма повітрообміну розраховується з умови мінімальної вентиляції на одного мешканця $q = 60 \text{ м}^3 / (\text{люд} \cdot \text{год})$;
- ρ щільність повітря 1,3 кг / м³;
- C теплоємність повітря 1005 Дж;
- t_1 середня вулична температура в сезон -5;
- t_2 температура всередині +20;
- T опалювальний період 182 дні;
- k коефіцієнт корисної дії рекуператора 70%;
- O тариф на опалення по лічильнику 1354,78 грн за 1 Гкал, без лічильника 31,52 грн / м²; Ціна 1 кВт*год: 0,9 грн (до 100 кВт) 1.68 (від 100 кВт);

Рахуємо необхідну масу повітря, як добуток норми повітрообміну та щільності повітря:

$$m = n \cdot q \cdot \rho$$

$$\text{для прикладу } 3 \cdot 60 \cdot 1,3 = 234 \text{ кг / год}$$

Саме стільки повинен буде прокачати рекуператор за одну годину. Кількість енергії, необхідної для нагрівання повітря рахуємо за формулою:

$$Q = k \cdot c \cdot m \cdot (t_2 - t_1),$$

де Q – кількість енергії, c – теплоємність повітря, m – маса повітря, t_1 – вулична, t_2 – внутрішня температура.

$$Q = 0,7 \cdot 1005 \cdot 234 \cdot 25 = 4115475 \text{ Дж / год.}$$

Перерахуємо це значення у потужність у Вт / год: $P = 4115475 / 3600 = 1143,1875 \text{ Вт / год.}$ Саме стільки потужності заощаджується рекуператором з розрахунку на одну годину роботи. Знехтуємо втратами під час перетворення енергії з електричної у теплову. Отже, тоді це дорівнює потужності, що буде заощаджена при роботі, наприклад, електричної теплої підлоги. Для довідки, середні витрати електроенергії теплою підлогою складають 110 Вт/(м²·год). Розрахуємо вартість заощадженої енергії за весь опалювальний період.

$$Z = P \cdot Ц \cdot 24 \text{ год} \cdot T = 1,1431875 \cdot 1,68 \cdot 24 \cdot 182 = 8389 \text{ грн}$$

Для приміщення знадобиться прилад, який забезпечить 180 кубометрів повітря в годину. Це може бути один напівпромисловий рекуператор. Вартість 900 \$ за шт. Монтаж близько 200 \$.

$$\text{Окупність } 1100 \text{ \$ (41800 грн) / 8389 = 4,98 = 5 \text{ років.}$$

Але це – дуже приблизний підрахунок окупності рекуператора. Змінюючи хоча-б одну змінну, можна отримати інший результат. Більш того, враховано не всі змінні. Взяти дві однакові будинки, де спільними будуть метраж, висота стель, матеріал стін, кількість мешканців, спосіб опалення, клімат регіону, модель рекуператора – окупність буде різною. з тих причин, що один власник комфортно себе почуває при 18 ° С, інший – при 23. Один опалює 120 днів в році, інший – 240. Перший опалює цілодобово, другий – півдня. Умов може виявитися і більше. Пригадаємо, що у розрахунки не включено витрати на експлуатацію і встановлення вентиляційних систем. Рекуператор у системі вентиляції створює додатковий гідравлічний опір, що як правило, збільшує експлуатаційні витрати на вентиляцію на 10%. Також можна врахувати нічний тариф на електроенергію (50% від звичайного), що подовжує термін окупності. Проведіть уточнений розрахунок окупності рекуператора врахувавши середні температури для кожного місяця минулого опалювального сезону.

Список літератури

1. Alberti M. *Advances in Urban Ecology: Integrating Humans and Ecological Processes in Urban Ecosystems*. Springer, University of Washington, 2008. 380 p.
2. Douglas I., James P. *Urban Ecology: An Introduction*. Routledge, 2014. 476 p.
3. Sim D. *Soft city: building density for everyday life*. Island Press, 2019. 239 p.
4. Kelbaugh, D. *The urban fix: Resilient cities in the war against climate change, heat islands and overpopulation*. Routledge, 2019. 308 p.
5. Василенко І. А., Півоваров О. А., Трус І. М., Іванченко А. В. *Урбоекологія / І. А. Василенко, О. А. Півоваров, І. М. Трус, А. В. Іванченко*. – Дніпро: Акцент ПП, 2017. 309 с.
6. Положення про дипломні роботи (проекти) випускників Національного авіаційного університету. Затверджене наказом т.в.о. ректора від 14.12.2017 № 594/од.
7. *Урбоекологія : підручник / А. П. Войцицький, В. В. Мойсієнко, А. П. Ключко; за заг. ред. В. В. Мойсієнко*. – Житомир: ЖНАЕУ, 2015. 264 с.
8. *Урбоекологія: підручник / В. П. Кучерявий – Львів, Видавництво «Новий Світ-2000», 2021. 460 с.*
9. В'язовська А. В. *Методичні засади планувальної організації водно-зелених територій міста. Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата архітектури, за спеціальністю 18.00.04 – Містобудування та ландшафтна архітектура*. Київ, 2019. 25 с.
10. *Методичні рекомендації до виконання практичних робіт та організації самостійної роботи з курсу «Урбоекологія» для здобувачів спеціальності 101 Екологія / Уклад. Г. В. Коробкова, О. В. Бабіч*. Слов'янськ: ЛНАУ, 2021. 45с.
11. Кучерявий В. П. *Озеленення населених місць*. Львів: Новий світ-2000, 2021. 666 с.
12. Кучерявий В. П. *Ландшафтна архітектура*. Львів: Новий світ-2000, 2021. 520 с.
13. ДБН 2.2-12: 2019. *Планування та забудова територій*. К.: Мінрегіон України. 2019. 185 с.

ЗМІСТ

Вступ.....	3
Практична робота №1 Розрахунок дисперсії нагрітих викидів шкідливих речовин в атмосфері.....	4
Практична робота №2 Розрахунок розсіювання охолоджених викидів шкідливих речовин в атмосфері.....	4
Практична робота №3 Розрахунок камери пилоосідання.....	5
Практична робота №4 Розрахунок системи очищення повітря гальванічних цехів.....	6
Практична робота №5 Розрахунок циклону.....	8
Практична робота №6 Розрахунок пінного пиловловлювача.....	8
Практична робота №7 Розрахунок абсорберу.....	8
Практична робота №8 Розрахунок рукавного фільтру. Тканинні фільтри.....	8
Практична робота №9 Розрахунок мокрого пиловловлювача-скрубера з постійним шаром піни.....	11
Практична робота №10 Розрахунок ефективності пісковловлювача.....	13
Практична робота №11 Розрахунок комплексу очисних споруд ЦОК для підприємств харчової промисловості.....	15
Практична робота №12 Енергетичний баланс підприємства.....	17
Практична робота №13 Розрахунок окупності рекуператора тепла.....	21
Список літератури.....	27
Додатки.....	29

ДОДАТКИ

Додаток А

Вихідні дані для виконання практичної роботи 1

Таблиця А.1

Варіант	Забр. речов.	Н, м	Tам, Co	Ta, Co	D, м	ω0, м/с	M, г/с	ГДК _{мр} , мг/м ³
1	SO ₂	25	120	25	1,2	8	8	0,5
2	NO ₂	40	135	30	1,2	10	10	0,085
3	NO	35	110	25	1,3	7	10	0,6
4	CO	30	100	15	1,0	6	8	3,0
5	SO ₂	30	125	30	1,0	12	10	0,5
6	NO ₂	25	120	30	1,0	8	8	0,085
7	NO	20	120	25	1,4	8	10	0,6
8	CO	35	110	30	1,2	9	12	3,0
9	SO ₂	35	130	25	1,4	9	12	0,5
10	NO ₂	20	110	25	0,8	11	12	0,085
11	NO	30	125	30	1,2	12	12	0,6
12	CO	25	120	25	1,2	10	14	3,0
13	SO ₂	30	110	25	1,3	10	9	0,5
14	NO ₂	25	115	30	1,0	10	11	0,085
15	NO	35	130	25	1,4	8	9	0,6
16	CO	40	130	30	1,5	12	15	3,0
17	SO ₂	40	135	30	1,2	10	14	0,5
18	NO ₂	35	120	25	1,2	9	12	0,085
19	NO	25	120	27	1,3	9	10	0,6
20	CO	20	140	25	0,8	8	12	3,0
21	SO ₂	30	120	30	1,0	12	10	0,5
22	NO ₂	30	125	30	1,5	7	8	0,085
23	NO	40	135	30	1,5	7	10	0,6
24	CO	25	130	30	1,0	10	10	3,0
25	CO	30	120	20	1,7	10	15	3,0

Додаток Б

Вихідні дані для виконання практичної роботи 2

Таблиця Б.1

Варіант	Забр. речов.	Н, м	D, м	ω0, м/с	M, г/с	ГДК _{мр} , мг/м ³
1	SO ₂	25	1,2	8	8	0,5
2	NO ₂	40	1,2	10	10	0,085
3	NO	35	1,3	7	10	0,6
4	CO	30	1,0	6	8	3,0
5	SO ₂	30	1,0	12	10	0,5
6	NO ₂	25	1,0	8	8	0,085
7	NO	20	1,4	8	10	0,6
8	CO	35	1,2	9	12	3,0
9	SO ₂	35	1,4	9	12	0,5
10	NO ₂	20	0,8	11	12	0,085
11	NO	30	1,2	12	12	0,6

12	CO	25	1,2	10	14	3,0
13	SO2	30	1,3	10	9	0,5
14	NO2	25	1,0	10	11	0,085
15	NO	35	1,4	8	9	0,6
16	CO	40	1,5	12	15	3,0
17	SO2	40	1,2	10	14	0,5
18	NO2	35	1,2	9	12	0,085
19	NO	25	1,3	9	10	0,6
20	CO	20	0,8	8	12	3,0
21	SO2	30	1,0	12	10	0,5
22	NO2	30	1,5	7	8	0,085
23	NO	40	1,5	7	10	0,6
24	CO	25	1,0	10	10	3,0
25	CO	30	1,7	10	15	3,0

Додаток В

Вихідні дані для виконання практичної роботи 3

Таблиця В.1

Вибір технології уловлювання аерозолів залежно від їх дисперсійного складу.

Розмір частинок 10^{-6} мкм	Технологія
40-1000	Пилоосаджувальні камери
20-1000	Циклони діаметром 1-2 м
5-1000	Циклони до 1 м у діаметрі
20-100	Скрубери
0,9-100	Тканинні (текстильні) фільтри
0,05-100	Волокнисті фільтри
0,01-100	Електрофільтри

Таблиця 3.2

Варіант	Речовина	Щільність частинок речовини, кг/м^3	Діаметр частинок, d , м	Витрата газу Q , $\text{м}^3/\text{с}$	Довжина камери L , м
1	Зола	2200	50×10^{-6}	0,2	4,0
2	Ванняк	2650	80×10^{-6}	0,2	4,5
3	Крейда	2200	60×10^{-6}	0,2	4,5
4	Пісок	1500	100×10^{-6}	0,2	4,4
5	Цемент	2900	70×10^{-6}	0,2	4,3
6	Вугілля	1350	80×10^{-6}	0,2	4,0
7	Зола	2200	50×10^{-6}	0,4	4,2

Для усіх варіантів:

- газове середовище - повітря;
- густина повітря $\rho = 1,293 \text{ кг/м}^3$;
- динамічна в'язкість повітря $\mu = 0,0185 \times 10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с}$.

Додаток Г

Вихідні дані для виконання практичної роботи 4

Таблиця Г.1

Коефіцієнт	Аспіратор			
	Тип	Без передування	З передуванням	
K1	однобортний	1,8	1,0	
	двобортний	1,0	0,7	
K2	Без перемішування	3	перемішуванням	
	1,2	1,0		
K3	Тип покриття			
	Без покриття	Азбестові кульки	Полістиролові диски	Полістиролові гранули
	1,0	0,75	0,8	0,9
K4	Тип покриття ПАР			
	Без покриття	З покриттям		
	1,0	0,85		




Таблиця Г.2

Коефіцієнт урахування температури електроліту K_M

Різниця температур розчину та повітря, °С	Без передування		Без передування		Із передуванням	
	Без передування	Із передуванням	Різниця температур розчину та повітря, °С	Без передування	Із передуванням	
0	1,0	1,0	15	1,24	1,045	
5	1,08	1,015	20	1,31	1,06	
10	1,16	1,03	25	1,39	1,079	


Таблиця Г.3

Коефіцієнт місцевого опору ζ ДЛЯ ВХОДУ ТА ВИХОДУ З ГАЗОХОДУ

Вхід та вихід в трубу рівний зі стінкою		0,5
Вхід та вихід з миттєвим розширенням потоку		0,0
Вхід та вихід у конічний колектор		0,49

Таблиця Г.4

Коефіцієнт місцевого опору ζ ДЛЯ З'ЄДНАНЬ-ТРИНИКІВ

Збираючий		0,88
-----------	---	------

Таблиця Г.5

Гідрравлічний опір вентилятора примусової вентиляції $\Delta P_{\text{вентилятору}}$, кПа

Круглий		1,0
Прямокутний каналний		1,5
Раціональний		3,0

Додаток І
Вихідні дані для виконання практичної роботи 5

Таблиця І.1

Вихідні дані

Варіант	Речовина	Густина частинок речовини, кг/м ³	Ступінь полідисперсності пилу lg σ _p	Витрата газу, Q, м ³ /с	Концентрація пилу на вході в циклон С _{пн} , г/м ³
1	Зола	2200	0,527	0,2	11,234
2	Вапняк	2650	0,384	0,2	0,780
3	Крейда	2200	0,422	0,2	23,269
4	Пісок	2650	0,405	0,2	1,830
5	Цемент	2900	0,468	0,2	16,230
6	Вугілля	1350	0,334	0,2	5,240
7	Зола	2200	0,527	0,4	11,234

Для усіх варіантів:

- газове середовище - повітря;
- густина повітря $\rho = 1,293 \text{ кг/м}^3$;
- динамічна в'язкість повітря $\mu = 0,0173 \times 10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с}$.

Таблиця І.2

Параметри, що визначають ефективність циклону

Параметр	Тип циклону			
	ЦН-24	ЦН-15У	ЦН-15	ЦН-11
d50 _m , мкм	8,50	6,00	4,50	3,65
lgσ _p	0,308	0,283	0,352	0,352
ω _{opt} , м/с	4,5	3,5	3,5	3,5
ξ, N·с/м ²	75	165	155	245

Таблиця І.3

Значення поправочного коефіцієнта k1

Тип циклону	Діаметр циклону D, мм				
	150	200	300	450	500
ЦН-11	0,94	0,95	0,96	0,99	1,0
ЦН-24, ЦН-15	0,85	0,90	0,93	1,0	1,0

Таблиця І.4

Значення поправочного коефіцієнта k2

Тип циклону	Концентрація пилу на вході в циклон С _{пн} , г/м ³						
	0	10	20	40	80	120	150
ЦН-11	1	0,96	0,94	0,92	0,90	0,87	-
ЦН-15	1	0,93	0,92	0,91	0,90	0,87	0,86
ЦН-24	1	0,95	0,93	0,92	0,90	0,87	0,86

Таблиця І.5

Значення коефіцієнтів циклоностійкості ξ₅₀₀ (D = 500 мм)

Тип циклону	Коефіцієнт опору ξ ₅₀₀	
	У разі викиду в атмосферу	При викиді в гідромережу
ЦН-11	245	250
ЦН-15	155	163
ЦН-24	75	80

Таблиця І.Б

Значення функції нормального розподілу $\Phi(x)$

x	$\Phi(x)$
-2,6	0,0047
-2,4	0,0082
-2,2	0,0139
-2,0	0,0228
-1,8	0,0359
-1,6	0,0548
-1,4	0,0808
-1,2	0,1151
-1,0	0,1587
-0,8	0,2119
-0,6	0,2743
-0,4	0,3446
-0,2	0,4207
0	0,5000
0,2	0,5793
0,4	0,6554
0,6	0,7257
0,8	0,7881
1,0	0,8413
1,2	0,8849
1,4	0,9192
1,6	0,9452
1,8	0,9641
2,0	0,9772
2,2	0,9861
2,4	0,9918

Додаток Д

Вихідні дані для виконання практичної роботи 6

Таблиця Д.1

Вихідні дані

Варіант	Витрата газу, $Q_{гн}$, м ³ /год	Початкова концентрація пилу в газі, $C_{п}$, кг/м ³	Вихідна концентрація пилу, $x_{п}$, кг/м ³	Ефективність очищення, η
1	10 000	0,0040	0,10	0,98
2	10 500	0,0042	0,10	0,98
3	11 000	0,0044	0,10	0,98
4	11 500	0,0046	0,10	0,98
5	12 000	0,0048	0,10	0,98
6	12 500	0,0050	0,12	0,98
7	13 000	0,0052	0,12	0,98

Додаток Е
Вихідні дані для виконання практичної роботи 7

Таблиця Е.1

Варіант	Витрата води L , кг/год	Витрата повітря Q , м ³ /год	Початкова концентрація ацетону в повітрі y_m , %	Ступінь поглинання, C_p
1	2800	1200	4	0,96
2	2820	1210	4	0,96
3	2840	1220	4	0,96
4	2860	1230	4	0,96
5	2880	1240	4	0,96
6	2900	1250	5	0,96
7	2920	1260	5	0,96
Для всіх варіантів:		1) середня температура в абсорбери $T = 293$ К; 2) коефіцієнт масовіддачі $K_y = 0,4$ кмоль ацетону / (м ² × год × кмоль ацетону / кмоль повітря); 3) коефіцієнт змочування сопла $\psi = 1$;		
Рівняння лінії рівноваги:		$Y^* = 1,68 X$		

Додаток Є
Вихідні дані для розрахунку практичної роботи №8

№ варіанту	V , г/м ³	Витрати газу: Q_g , м ³ /с	$T_g = ^\circ\text{C}$	Вид фільтрувальної тканини:	ρ_g , кг/м	ρ_m , кг/м ³
1	5	1	120	Вовняна тканина	1,0	1,0
2	60	10	300	Склотканина ТССНФ	2,5	1,0
3	7	1,50	170	Лавсан (2 шари)	1,2	1,0
4	55	9	130	Тканина ЦМ (бавовна+капрон)	2,2	1,0
5	12	2	100	Хлорин	1,8	1,0
6	50	8	180	Нітрон	2,0	1,0
7	18	6	130	Саржа	1,8	1,0
8	40	7	100	Сукно №2	1,5	1,0
9	22	4	170	Лавсан (1 шар)	1,7	1,0
10	27	3,5	110	Бавовна	1,3	1,0
11	27	3,5	220	Склотканина ТССНФ	1,9	1,0
12	30	5,5	150	Нітрон ЦМ	2,5	1,0
13	42	5,0	70	Вовняна тканина	2,5	1,0
14	40	6,6	300	Склотканина ТССНФ (О)	1,5	1,0
15	25	9	140	Лавсан (1 шар)	1,3	1,0
16	60	1,0	100	Сукно №2	1,2	1,0
17	38	7,5	175	Нітрон ЦМ	2,0	1,0
18	30	5,5	300	Бавовна	1,7	1,0

Додаток Ж

Вихідні дані для розрахунку практичної роботи №9

Варіант № 1

Діаметр, мкм	$\Delta R, \%$
0—5	24
5—10	26
10—15	17
15—20	6
20—30	13
>30	14

Об'ємні витрати газу — $V = 20000$ м³/год
 Швидкість газу на вході до апарату — $v_0 = 3$ м/с
 Густина зрошення апарату — $L_0 = 1$ м³/м²·год
 Висота піни — $h = 100$ мм
 Діаметр отворів барботажної решітки — $d_0 = 5$ мм
 Густина зрошувальної рідини — $\rho_{р\text{іо}} = 1000$ кг/м³
 Густина газу при робочих умовах — $\rho_z = 1,02$ кг/м³
 Початкова запиленість газу — $X_n = 3$ г/м³

Варіант № 2

Діаметр, мкм	$\Delta R, \%$
0—5	26
5—10	24
10—15	7
15—20	16
20—30	14
>30	13

Об'ємні витрати газу — $V = 18000$ м³/год
 Швидкість газу на вході до апарату — $v_0 = 2$ м/с
 Густина зрошення апарату — $L_0 = 1,1$ м³/м²·год
 Висота піни — $h = 80$ мм
 Діаметр отворів барботажної решітки — $d_0 = 7$ мм
 Густина зрошувальної рідини — $\rho_{р\text{іо}} = 1000$ кг/м³
 Густина газу при робочих умовах — $\rho_z = 1,02$ кг/м³
 Початкова запиленість газу — $X_n = 5$ г/м³

Варіант № 3

Діаметр, мкм	$\Delta R, \%$
0—5	24
5—10	26
10—15	17
15—20	6
20—30	13
>30	14

Об'ємні витрати газу — $V = 21000$ м³/год
 Швидкість газу на вході до апарату — $v_0 = 3$ м/с
 Густина зрошення апарату — $L_0 = 0,95$ м³/м²·год
 Висота піни — $h = 110$ мм
 Діаметр отворів барботажної решітки — $d_0 = 7$ мм
 Густина зрошувальної рідини — $\rho_{р\text{іо}} = 1000$ кг/м³
 Густина газу при робочих умовах — $\rho_z = 1,1$ кг/м³
 Початкова запиленість газу — $X_n = 4$ г/м³

Варіант № 4

Діаметр, мкм	$\Delta R, \%$
0—5	20
5—10	30
10—15	7
15—20	16
20—30	10
>30	17

Об'ємні витрати газу — $V = 17000$ м³/год
 Швидкість газу на вході до апарату — $v_0 = 5$ м/с
 Густина зрошення апарату — $L_0 = 1$ м³/м²·год
 Висота піни — $h = 110$ мм
 Діаметр отворів барботажної решітки — $d_0 = 4$ мм
 Густина зрошувальної рідини — $\rho_{р\text{іо}} = 1000$ кг/м³
 Густина газу при робочих умовах — $\rho_z = 1,03$ кг/м³
 Початкова запиленість газу — $X_n = 3$ г/м³

Варіант № 5

Діаметр, мкм	$\Delta R, \%$
0—5	26
5—10	24

Об'ємні витрати газу — $V = 20000$ м³/год
 Швидкість газу на вході до апарату — $v_0 = 3,5$ м/с
 Густина зрошення апарату — $L_0 = 1,2$ м³/м²·год
 Висота піни — $h = 100$ мм

10—15	7
15—20	16
20—30	17
>30	10

Діаметр отворів барботажної решітки — $d_0 = 5$ мм
 Густина зрошувальної рідини — $\rho_{рiо} = 1200$ кг/м³
 Густина газу при робочих умовах — $\rho_г = 1,02$ кг/м³
 Початкова запиленість газу — $X_n = 3$ г/м³

Варіант № 6

Діаметр, мкм	$\Delta R, \%$
0—5	24
5—10	26
10—15	17
15—20	6
20—30	13
>30	14

Об'ємні витрати газу — $V = 22000$ м³/год
 Швидкість газу на вході до апарату — $v_0 = 2$ м/с
 Густина зрошення апарату — $L_0 = 1,5$ м³/м²·год
 Висота піни — $h = 100$ мм
 Діаметр отворів барботажної решітки — $d_0 = 3$ мм
 Густина зрошувальної рідини — $\rho_{рiо} = 1000$ кг/м³
 Густина газу при робочих умовах — $\rho_г = 1,02$ кг/м³
 Початкова запиленість газу — $X_n = 6$ г/м³

Варіант № 7

Діаметр, мкм	$\Delta R, \%$
0—5	20
5—10	30
10—15	7
15—20	16
20—30	10
>30	17

Об'ємні витрати газу — $V = 20000$ м³/год
 Швидкість газу на вході до апарату — $v_0 = 3$ м/с
 Густина зрошення апарату — $L_0 = 1$ м³/м²·год
 Висота піни — $h = 100$ мм
 Діаметр отворів барботажної решітки — $d_0 = 5$ мм
 Густина зрошувальної рідини — $\rho_{рiо} = 1000$ кг/м³
 Густина газу при робочих умовах — $\rho_г = 1,02$ кг/м³
 Початкова запиленість газу — $X_n = 3$ г/м³

Варіант № 8

Діаметр, мкм	$\Delta R, \%$
0—5	26
5—10	24
10—15	7
15—20	16
20—30	10
>30	17

Об'ємні витрати газу — $V = 10000$ м³/год
 Швидкість газу на вході до апарату — $v_0 = 2$ м/с
 Густина зрошення апарату — $L_0 = 1$ м³/м²·год
 Висота піни — $h = 100$ мм
 Діаметр отворів барботажної решітки — $d_0 = 5$ мм
 Густина зрошувальної рідини — $\rho_{рiо} = 1100$ кг/м³
 Густина газу при робочих умовах — $\rho_г = 1,3$ кг/м³
 Початкова запиленість газу — $X_n = 10$ г/м³

Варіант № 9

Діаметр, мкм	$\Delta R, \%$
0—5	26
5—10	24
10—15	7
15—20	16
20—30	13
>30	14

Об'ємні витрати газу — $V = 20000$ м³/год
 Швидкість газу на вході до апарату — $v_0 = 3$ м/с
 Густина зрошення апарату — $L_0 = 1$ м³/м²·год
 Висота піни — $h = 100$ мм
 Діаметр отворів барботажної решітки — $d_0 = 5$ мм
 Густина зрошувальної рідини — $\rho_{рiо} = 1000$ кг/м³
 Густина газу при робочих умовах — $\rho_г = 1,02$ кг/м³
 Початкова запиленість газу — $X_n = 3$ г/м³

Варіант № 10

Діаметр, мкм	$\Delta R, \%$
0—5	26
5—10	24
10—15	7
15—20	16
20—30	10
>30	17

Об'ємні витрати газу — $V = 10000$ м³/год
 Швидкість газу на вході до апарату — $v_0 = 2$ м/с
 Густина зрошення апарату — $L_0 = 1$ м³/м²·год
 Висота піни — $h = 150$ мм
 Діаметр отворів барботажної решітки — $d_0 = 5$ мм
 Густина зрошувальної рідини — $\rho_{рiо} = 900$ кг/м³
 Густина газу при робочих умовах — $\rho_2 = 1,02$ кг/м³
 Початкова запиленість газу — $X_n = 3$ г/м³

Варіант № 11

Діаметр, мкм	$\Delta R, \%$
0—5	24
5—10	26
10—15	17
15—20	6
20—30	13
>30	14

Об'ємні витрати газу — $V = 20000$ м³/год
 Швидкість газу на вході до апарату — $v_0 = 3$ м/с
 Густина зрошення апарату — $L_0 = 1$ м³/м²·год
 Висота піни — $h = 100$ мм
 Діаметр отворів барботажної решітки — $d_0 = 5$ мм
 Густина зрошувальної рідини — $\rho_{рiо} = 1000$ кг/м³
 Густина газу при робочих умовах — $\rho_2 = 1,02$ кг/м³
 Початкова запиленість газу — $X_n = 3$ г/м³

Варіант № 12

Діаметр, мкм	$\Delta R, \%$
0—5	26
5—10	24
10—15	7
15—20	16
20—30	14
>30	13

Об'ємні витрати газу — $V = 18000$ м³/год
 Швидкість газу на вході до апарату — $v_0 = 2$ м/с
 Густина зрошення апарату — $L_0 = 1,1$ м³/м²·год
 Висота піни — $h = 80$ мм
 Діаметр отворів барботажної решітки — $d_0 = 7$ мм
 Густина зрошувальної рідини — $\rho_{рiо} = 1000$ кг/м³
 Густина газу при робочих умовах — $\rho_2 = 1,02$ кг/м³
 Початкова запиленість газу — $X_n = 5$ г/м³

Варіант № 13

Діаметр, мкм	$\Delta R, \%$
0—5	24
5—10	26
10—15	17
15—20	6
20—30	13
>30	14

Об'ємні витрати газу — $V = 21000$ м³/год
 Швидкість газу на вході до апарату — $v_0 = 3$ м/с
 Густина зрошення апарату — $L_0 = 0,95$ м³/м²·год
 Висота піни — $h = 110$ мм
 Діаметр отворів барботажної решітки — $d_0 = 7$ мм
 Густина зрошувальної рідини — $\rho_{рiо} = 1000$ кг/м³
 Густина газу при робочих умовах — $\rho_2 = 1,1$ кг/м³
 Початкова запиленість газу — $X_n = 4$ г/м³

Варіант № 14

Діаметр, мкм	$\Delta R, \%$
0—5	20
5—10	30
10—15	7
15—20	16

Об'ємні витрати газу — $V = 17000$ м³/год
 Швидкість газу на вході до апарату — $v_0 = 5$ м/с
 Густина зрошення апарату — $L_0 = 1$ м³/м²·год
 Висота піни — $h = 110$ мм
 Діаметр отворів барботажної решітки — $d_0 = 4$ мм
 Густина зрошувальної рідини — $\rho_{рiо} = 1000$ кг/м³
 Густина газу при робочих умовах — $\rho_2 = 1,03$ кг/м³

20—30	10
>30	17

Початкова запиленість газу — $X_n = 3 \text{ г/м}^3$

Варіант №1 5

Діаметр, мкм	$\Delta R, \%$
0—5	26
5—10	24
10—15	7
15—20	16
20—30	17
>30	10

Об'ємні витрати газу — $V = 20000 \text{ м}^3/\text{год}$
 Швидкість газу на вході до апарату — $v_0 = 3,5 \text{ м/с}$
 Густина зрошення апарату — $L_0 = 1,2 \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{год}$
 Висота піни — $h = 100 \text{ мм}$
 Діаметр отворів барботажної решітки — $d_0 = 5 \text{ мм}$
 Густина зрошувальної рідини — $\rho_{р\text{іо}} = 1200 \text{ кг/м}^3$
 Густина газу при робочих умовах — $\rho_{\epsilon} = 1,02 \text{ кг/м}^3$
 Початкова запиленість газу — $X_n = 3 \text{ г/м}^3$

Варіант №1 6

Діаметр, мкм	$\Delta R, \%$
0—5	24
5—10	26
10—15	17
15—20	6
20—30	13
>30	14

Об'ємні витрати газу — $V = 22000 \text{ м}^3/\text{год}$
 Швидкість газу на вході до апарату — $v_0 = 2 \text{ м/с}$
 Густина зрошення апарату — $L_0 = 1,5 \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{год}$
 Висота піни — $h = 100 \text{ мм}$
 Діаметр отворів барботажної решітки — $d_0 = 3 \text{ мм}$
 Густина зрошувальної рідини — $\rho_{р\text{іо}} = 1000 \text{ кг/м}^3$
 Густина газу при робочих умовах — $\rho_{\epsilon} = 1,02 \text{ кг/м}^3$
 Початкова запиленість газу — $X_n = 6 \text{ г/м}^3$

Варіант №1 7

Діаметр, мкм	$\Delta R, \%$
0—5	20
5—10	30
10—15	7
15—20	16
20—30	10
>30	17

Об'ємні витрати газу — $V = 20000 \text{ м}^3/\text{год}$
 Швидкість газу на вході до апарату — $v_0 = 3 \text{ м/с}$
 Густина зрошення апарату — $L_0 = 1 \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{год}$
 Висота піни — $h = 100 \text{ мм}$
 Діаметр отворів барботажної решітки — $d_0 = 5 \text{ мм}$
 Густина зрошувальної рідини — $\rho_{р\text{іо}} = 1000 \text{ кг/м}^3$
 Густина газу при робочих умовах — $\rho_{\epsilon} = 1,02 \text{ кг/м}^3$
 Початкова запиленість газу — $X_n = 3 \text{ г/м}^3$

Варіант №1 8

Діаметр, мкм	$\Delta R, \%$
0—5	26
5—10	24
10—15	7
15—20	16
20—30	10
>30	17

Об'ємні витрати газу — $V = 10000 \text{ м}^3/\text{год}$
 Швидкість газу на вході до апарату — $v_0 = 2 \text{ м/с}$
 Густина зрошення апарату — $L_0 = 1 \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{год}$
 Висота піни — $h = 100 \text{ мм}$
 Діаметр отворів барботажної решітки — $d_0 = 5 \text{ мм}$
 Густина зрошувальної рідини — $\rho_{р\text{іо}} = 1100 \text{ кг/м}^3$
 Густина газу при робочих умовах — $\rho_{\epsilon} = 1,3 \text{ кг/м}^3$
 Початкова запиленість газу — $X_n = 10 \text{ г/м}^3$

Варіант №1 9

Діаметр, мкм	$\Delta R, \%$
0—5	26
5—10	24
10—15	7

Об'ємні витрати газу — $V = 20000 \text{ м}^3/\text{год}$
 Швидкість газу на вході до апарату — $v_0 = 3 \text{ м/с}$
 Густина зрошення апарату — $L_0 = 1 \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{год}$
 Висота піни — $h = 100 \text{ мм}$

15—20	16
20—30	13
>30	14

Діаметр отворів барботажної решітки — $d_0 = 5$ мм
 Густина зрошувальної рідини — $\rho_{рво} = 1000$ кг/м³
 Густина газу при робочих умовах — $\rho_g = 1,02$ кг/м³
 Початкова запиленість газу — $X_n = 3$ г/м³

Варіант № 20

Діаметр, мм	$\Delta R, \%$
0—5	26
5—10	24
10—15	7
15—20	16
20—30	10
>30	17

Об'ємні витрати газу — $V = 10000$ м³/год
 Швидкість газу на вході до апарату — $v_0 = 2$ м/с
 Густина зрошення апарату — $L_0 = 1$ м³/м²·год
 Висота піни — $h = 150$ мм
 Діаметр отворів барботажної решітки — $d_0 = 5$ мм
 Густина зрошувальної рідини — $\rho_{рво} = 900$ кг/м³
 Густина газу при робочих умовах — $\rho_g = 1,02$ кг/м³
 Початкова запиленість газу — $X_n = 3$ г/м³

Додаток 3

Вихідні дані для розрахунку практичної роботи №10

Варіант №1

Витрати стічної води:
 Об'єм осаду, що утворюється в одній секції
 Швидкість руху води
 Ширина проточної частини пісковловлювача
 Густина зважених часток
 Початковий вміст зважених часток

$Q = 2$ м³/год
 $V_0 = 1,95 \cdot 10^{-3}$ м³/год
 $v = 0,1$ м/с
 $B = 0,1$ м
 $\rho_{зв} = 2650$ кг/м³
 $C_{вихд} = 8000$ мг/л

Варіант №2

Витрати стічної води:
 Об'єм осаду, що утворюється в одній секції
 Швидкість руху води
 Ширина проточної частини пісковловлювача
 Густина зважених часток
 Початковий вміст зважених часток

$Q = 2$ м³/год
 $V_0 = 1,95 \cdot 10^{-3}$ м³/год
 $v = 0,3$ м/с
 $B = 0,2$ м
 $\rho_{зв} = 2650$ кг/м³
 $C_{вихд} = 30000$ мг/л

Варіант №3

Витрати стічної води:
 Об'єм осаду, що утворюється в одній секції
 Швидкість руху води
 Ширина проточної частини пісковловлювача
 Густина зважених часток
 Початковий вміст зважених часток

$Q = 4$ м³/год
 $V_0 = 1,95 \cdot 10^{-3}$ м³/год
 $v = 0,1$ м/с
 $B = 0,1$ м
 $\rho_{зв} = 4450$ кг/м³
 $C_{вихд} = 5000$ мг/л

Варіант №4

Витрати стічної води:
 Об'єм осаду, що утворюється в одній секції
 Швидкість руху води
 Ширина проточної частини пісковловлювача
 Густина зважених часток
 Початковий вміст зважених часток

$Q = 3$ м³/год
 $V_0 = 1,95 \cdot 10^{-3}$ м³/год
 $v = 0,2$ м/с
 $B = 0,15$ м
 $\rho_{зв} = 3000$ кг/м³
 $C_{вихд} = 10000$ мг/л

Варіант №5

Витрати стічної води:
 Об'єм осаду, що утворюється в одній секції
 Швидкість руху води
 Ширина проточної частини пісковловлювача
 Густина зважених часток
 Початковий вміст зважених часток

$Q = 2,7$ м³/год
 $V_0 = 1,95 \cdot 10^{-3}$ м³/год
 $v = 0,15$ м/с
 $B = 0,1$ м
 $\rho_{зв} = 2880$ кг/м³
 $C_{вихд} = 5000$ мг/л

Варіант №6

Витрати стічної води:
 Об'єм осаду, що утворюється в одній секції
 Швидкість руху води
 Ширина проточної частини пісковловлювача
 Густина зважених часток
 Початковий вміст зважених часток

$$Q=3,5 \text{ м}^3/\text{год}$$

$$V_0=1,95 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{год}$$

$$v=0,1 \text{ м/с}$$

$$B=0,2 \text{ м}$$

$$\rho_{зв}=2800 \text{ кг/м}^3$$

$$C_{вхид}=3000 \text{ мг/л}$$

Варіант №7

Витрати стічної води:
 Об'єм осаду, що утворюється в одній секції
 Швидкість руху води
 Ширина проточної частини пісковловлювача
 Густина зважених часток
 Початковий вміст зважених часток

$$Q=2,5 \text{ м}^3/\text{год}$$

$$V_0=1,95 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{год}$$

$$v=0,1 \text{ м/с}$$

$$B=0,15 \text{ м}$$

$$\rho_{зв}=3100 \text{ кг/м}^3$$

$$C_{вхид}=10000 \text{ мг/л}$$

Варіант №8

Витрати стічної води:
 Об'єм осаду, що утворюється в одній секції
 Швидкість руху води
 Ширина проточної частини пісковловлювача
 Густина зважених часток
 Початковий вміст зважених часток

$$Q=2 \text{ м}^3/\text{год}$$

$$V_0=1,95 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{год}$$

$$v=0,2 \text{ м/с}$$

$$B=0,2 \text{ м}$$

$$\rho_{зв}=3150 \text{ кг/м}^3$$

$$C_{вхид}=25000 \text{ мг/л}$$

Варіант №9

Витрати стічної води:
 Об'єм осаду, що утворюється в одній секції
 Швидкість руху води
 Ширина проточної частини пісковловлювача
 Густина зважених часток
 Початковий вміст зважених часток

$$Q=2,5 \text{ м}^3/\text{год}$$

$$V_0=1,95 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{год}$$

$$v=0,25 \text{ м/с}$$

$$B=0,15 \text{ м}$$

$$\rho_{зв}=4100 \text{ кг/м}^3$$

$$C_{вхид}=20000 \text{ мг/л}$$

Варіант №10

Витрати стічної води:
 Об'єм осаду, що утворюється в одній секції
 Швидкість руху води
 Ширина проточної частини пісковловлювача
 Густина зважених часток
 Початковий вміст зважених часток

$$Q=3,5 \text{ м}^3/\text{год}$$

$$V_0=1,85 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{год}$$

$$v=0,1 \text{ м/с}$$

$$B=0,2 \text{ м}$$

$$\rho_{зв}=2800 \text{ кг/м}^3$$

$$C_{вхид}=3000 \text{ мг/л}$$

Додаток II**Вихідні дані для розрахунку практичної роботи №11**

Таблиця И.1

Варіант	Q	БСК	t	α	β	n	H _р	V _{ср}
	м ³ /добу	мг/дм ³	дів				м	мм/с
1	120	1800	2	0,77	0,23	1,5	1,5	6
2	140	1900	3	0,78	0,22	2	2,0	7
3	150	2000	4	0,79	0,21	1,5	2,5	8
4	160	1700	1	0,80	0,20	2	1,0	9
5	120	1600	2	0,77	0,23	1,5	1,5	10
6	140	1500	3	0,78	0,22	2	2,0	5
7	150	1800	4	0,79	0,21	1,5	2,5	6
8	160	1900	1	0,80	0,20	2	1,0	7
9	120	2000	2	0,77	0,23	1,5	1,5	8
10	140	1700	3	0,78	0,22	2	2,0	9
11	150	1600	4	0,79	0,21	1,5	2,5	10

12	160	1500	1	0,80	0,20	2	1,0	5
13	120	1800	2	0,77	0,23	1,5	1,5	6
14	140	1900	3	0,78	0,22	2	2,0	7
15	150	2000	4	0,79	0,21	1,5	2,5	8
16	160	1700	1	0,80	0,20	2	1,0	9

Додаток І

Вихідні дані для розрахунку практичної роботи №11

Таблиця І.1

Параметр ри	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$N_{\text{В}}$, Вт	800	5000	176 0	923	1600	900	150 0	2200	3600	2150
$k_{\text{В}}$	0,9	0,4	0,8 5	0,77	0,66	0,8	0,33	0,45	0,54	0,7
t , год.	8..1 2	7..15	7..1 0	7.. 12 13..1 7	8.. 10 11..1 5	8..1 7	9..1 8	9.. 12 14..1 8	10..1 8	8.. 14 15..1 9
$E_{\text{л}}$, лк	50	30	50	40	30	50	35	45	55	60
$S_{\text{л}}$, м ²	100	80	120	153	205	180	94	200	153	162
z	1,1	1,12	1,1 3	1,15	1,14	1,13 3	1,12 5	1,15	1,14 3	1,124
$t_{\text{л}}$, год.	15	9	7	12	10	6	11	12	13	8
Φ , лм	155 0	1600	100 0	1630	790	100 0	155 0	1630	1000	1600
$N_{\text{с}}$, Вт	100	150	75	200	60	75	100	200	75	150
$n_{\text{с}}$	15	10	17	5	20	17	15	5	17	10
M , м ³	65	15	28	31	49	55	79	62	40	18
r , ккал/ м ³	20	25	18	19	21	16	22	19	23	17
c , ккал/(м ³ ·г град)	0,41	0,40 6	0,4 5	0,5	0,47	0,42	0,44	0,49	0,46	0,43
T , °С	30	55	60	77	45	46	39	42	43	55
$q_{\text{о}}$, ккал/ (м ² ·год· град)	0,9	0,85	1,7	2,3	2,4	3,1	2,5	3,2	3,5	4
V , м ³	100 0	800	120 0	1530	2050	180 0	940	2000	1530	1620
$T_{\text{УС}}$, °С	20	18	23	25	19	21	28	22	24	27
$T_{\text{ЗОВ}}$, °С	13	10	18	17	5	15	14	18	10	16
$t_{\text{В}}$, год.	10	8	5	9	11	15	12	6	14	7
m , л / год.	5	3	8	7	2	4	6	2	4	5
$c_{\text{В}}$, ккал/ (м ³ ·град)	0,02 4	0,24	0,2 4	0,024	0,024	0,24	0,24	0,024	0,02 4	0,24
$V_{\text{В}}$, м ³	100 0	800	120 0	1530	2050	180 0	940	2000	1530	1620
$V_{\text{ДГ}}$, м ³ / кг	10	5	12	22	18	12	11	16	20	22
$c_{\text{ДГ}}$, ккал/ (м ³ ·град)	0,38	0,41	0,4 2	0,45	0,46	0,48	0,49	0,46	0,42	0,45

Навчальне видання

ТЕХНОЕКОЛОГІЯ

Методичні рекомендації
до виконання практичних робіт
для здобувачів вищої освіти
ОС «Бакалавр» спеціальності
101 «Екологія»

Укладачі:

ЧЕРНЯК Лариса Миколаївна
БОВСУНОВСЬКИЙ Євген Олексійович
ГОРОБЦОВ Інокентій Владиславович
ДМИТРУХА Тетяна Іванівна

в авторській редакції

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет екологічної безпеки, інженерії та технологій
КАФЕДРА ЕКОЛОГІЇ**

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри екології

_____ Дудар Т.В.

« ____ » _____ 20__ р.

**ПЕРЕЛІК ПИТАНЬ (ЗАВДАНЬ) ДЛЯ ПІДГОТОВКИ ДО
МОДУЛЬНОЇ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ
з дисципліни «Техноекологія»**

Освітньо-професійна програма: «Екологія та охорона навколишнього середовища»
Галузь знань: 10 «Природничі науки»
Спеціальність: 101 «Екологія»

Розробник (и):

к.т.н., доцент Бовсуновський Є.О.
(науковий ступінь, вчене звання, П.І.Б.)

к.т.н., доцент Черняк Л.М.
науковий ступінь, вчене звання, П.І.Б.)

(науковий ступінь, вчене звання, П.І.Б.)

МОДУЛЬНА КОНТРОЛЬНА РОБОТА № 1

з дисципліни «Техноекологія»

1. Які основні особливості індустриальних систем, їх місце в природних процесах?
2. Чим відрізняються потоки речовини в трьох типах екосистем?
3. Які основні принципи елементи індустриальної екології?
4. Які процеси забезпечують енергією екосистеми?
5. Якими основними показниками характеризуються замкнені системи?
6. Чим відрізняються відкриті системи від замкнених?
7. Які основні відмінності ізольованих, замкнених та відкритих термодинамічних систем?
8. Рівняння енергетичного балансу в екосистемі?
9. Що означає поняття „метаболізм”? Чим відрізняється природний метаболізм від індустриального?
10. Який сенс мають поняття „сировина”, „очищені матеріали”, „складні матеріали”?
11. Наведіть схему індустриального метаболізму.
12. Охарактеризуйте зміну енергетичних витрат у процесах, що зв'язують ланки індустриального метаболізму.
13. Охарактеризуйте зміни маси та хімічного складу відходів у процесах, що зв'язують ланки індустриального метаболізму.
14. Як рівень технологій впливає на процеси індустриального метаболізму?
15. Наведіть варіанти використання відходів?
16. Яку роль у формуванні моделі ІМ відіграють транспорт і зв'язок?
17. Які види індустриальної діяльності складають матрицю екологічної оцінки?
18. Які потенційні впливи основних видів індустриальної діяльності враховуються при формуванні стовпчиків матриці екологічної оцінки?
19. З яких показників складається головне екологічне рівняння? Чому виникає необхідність подання головного екологічного рівняння в природних процесах?
20. Які стадії включає аналіз життєвого циклу діяльності?
21. Якими параметрами характеризується підсистема використання та утилізації продукції?
22. Які елементи довкілля підлягають захисту?
23. Як визначаються при оцінці впливу на довкілля зміни якості екосистем?
24. Для яких категорій визначаються стандартні значення еко-індикаторів 99?
25. Які основні види діяльності поєднує процес запобігання забрудненню?
26. Що означає термін „сталій розвиток”? У чому суть діяльності у сфері запобігання забрудненню довкілля?
27. Які основні передумови успішної реалізації програм запобігання забрудненню?
28. Якими основними складовими визначається екологічний баланс продукту?
29. Що означає поняття „стале споживання”? Які основні принципи „сталого споживання”?
30. На які основні системи та групи поділяються потреби людини з точки зору залучення природних ресурсів та забруднення природи?
31. Які тенденції у використанні матеріалів є найважливішими в нинішніх умовах?
32. Загальна характеристика технологічних процесів нафтопереробної промисловості та їх вплив на стан довкілля.
33. Технологічні процеси та фактори впливу на довкілля паливного комплексу.
34. Характеристика технологічних процесів добувної промисловості та їх вплив на навколишнє середовище.
35. Характеристика основних процесів гірничого виробництва та їх вплив на довкілля.
36. Вплив теплових електростанцій на екологічний стан довкілля.

37. Характеристика технологічних процесів виробництва чавуну та їх негативних вплив на оточуюче середовище.
38. Загальна характеристика сталеплавильного виробництва.
39. Характеристика основних процесів кольорової металургії.
40. Ливарне виробництво та його вплив на стан навколишнього середовища.
41. Характеристика впливу на довкілля оброблювального виробництва машинобудівного комплексу.
42. Складальне виробництво машинобудівного комплексу та фактори його впливу на довкілля.
43. Характеристика забруднення гідросфери продуктами нафтової промисловості.
44. Вплив техногенних викидів нафтової та газової промисловості на стан атмосфери.
45. Характеристика промислових відходів паливного комплексу та їх утилізація.
46. Види впливу вугільної промисловості на довкілля та їх характеристика.
47. Вплив гірничого виробництва на стан довкілля.
48. Характеристика впливу теплових електростанцій на навколишнє середовище.

МОДУЛЬНА КОНТРОЛЬНА РОБОТА № 2

з дисципліни «Техноекологія»

1. Ядерна енергетика та її вплив на довкілля.
2. Характеристика впливу на довкілля гідроелектростанцій.
3. Виробництво чавуну та характеристика впливу на довкілля.
4. Виробництво сталі та характер і масштаби забруднення атмосфери.
5. Характеристика забруднення стічних вод в процесі виробництва сталі.
6. Утилізація промислових відходів енергетичного комплексу.
7. Утилізація промислових відходів сталеплавильного виробництва.
8. Вплив кольорової металургії на екологічний стан навколишнього середовища.
9. Характеристика забруднення атмосферного повітря підприємства кольорової металургії.
10. Забруднення водного середовища підприємства кольорової металургії.
11. Характеристика ливарного виробництва та його вплив на довкілля.
12. Вплив промислових викидів металообробного виробництва на стан атмосфери.
13. Утилізація відходів машинобудівного комплексу.
14. Основні процеси хімічної промисловості та їх вплив на стан довкілля.
15. Утилізація відходів хімічного виробництва.
16. Утилізація відходів переробки деревини.
17. Характеристика забруднення навколишнього середовища підприємствами целюлозно-паперової промисловості.
18. Основні технологічні процеси виробництва будівельних матеріалів та їх вплив на стан довкілля.
19. Заходи боротьби зі шкідливим впливом на навколишнє середовище на підприємствах промисловості будівельних матеріалів.
20. Характеристика впливу на довкілля підприємств шкіряно-взуттєвої промисловості.
21. Технологічні процеси у рослинництві та їх вплив на екологічний стан довкілля.
22. Технологічні процеси у тваринництві та їх вплив на екологічний стан довкілля.
23. Характеристика впливу агропромислового комплексу на довкілля.
24. Заходи боротьби зі шкідливим впливом на довкілля агропромислового комплексу.
25. Вплив на довкілля підприємств харчової промисловості.
26. Утилізація відходів підприємств харчової промисловості.
27. Шумове забруднення, спричинене автомобільним та залізничним транспортом.

28. Вплив автомобільного транспорту на стан атмосфери.
29. Заходи боротьби зі шкідливим впливом автомобільного транспорту на довкілля.
30. Характеристика впливу водного транспорту на довкілля.
31. Вплив авіаційного транспорту на стан навколишнього середовища.
32. Хвильове забруднення навколишнього середовища.
33. Характеристика твердих промислових відходів та технологія їх складування.

Модульний контроль - це різновид контрольних заходів, який проводиться з метою оцінки результатів навчання студентів на визначених його етапах. Модульна контрольна робота може включати як теоретичні завдання (теоретичні питання або тести), так і практичні завдання. До НМК включають перелік теоретичних питань та типові завдання для розв'язку, з яких формуватимуться білети (завдання) для проведення модульної контрольної роботи.

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет екологічної безпеки, інженерії та технологій
КАФЕДРА ЕКОЛОГІЇ**

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри екології

_____ Дудар Т.В.

« ____ » _____ 20__ р.

**ПЕРЕЛІК ТЕМ ДЛЯ ВИКОНАННЯ
КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ (ЗФН)
з дисципліни «Техноекологія»**

Освітньо-професійна програма: «Екологія та охорона навколишнього середовища»
Галузь знань: 10 «Природничі науки»
Спеціальність: 101 «Екологія»

Розробник (и):
к.т.н., доцент Бовсуновський Є.О.
(науковий ступінь, вчене звання, П.І.Б.)

Розрахунково-графічна робота з дисципліни «Техноекологія» виконується у восьмому семестрі, з метою закріплення та поглиблення теоретичних знань та практичних вмінь, набутих студентом у процесі засвоєння навчального матеріалу дисципліни.

Мета розрахунково-графічної роботи полягає в аналізі основних принципів взаємодії техногенних об'єктів з біотичними та абіотичними компонентами навколишнього середовища, джерел забруднення, заходів щодо зниження рівня антропогенного забруднення, методів екологічної компенсації в технооекосистемах та прогнозуванні змін стану навколишнього природного середовища з урахуванням діяльності людини.

Виконання, оформлення та захист розрахунково-графічної роботи здійснюється студентом в індивідуальному порядку. Час необхідний для виконання кожної розрахунково-графічної роботи – 10 годин.

1. Апарати гравітаційного очищення газопилових викидів. Циклони, пилоосаджувальні камери, ротаційні пиловловлювачі конструкція та характеристики.
2. Загальна характеристика та призначення апаратів мокрого очищення. Тарілчасті та насадочні газопромивачі конструкція та характеристики.
3. Мокрі апарати ударно-інерційної та відцентрової дії, конструкція, характеристики та сфера використання.
4. Конструкція, робочі параметри та особливості експлуатації абсорбційних апаратів.
5. Плівкові абсорбери, їх конструкція, характеристики та сфера використання.
6. Абсорбери з рухомою та не рухомою насадками, конструкція та характеристики.
7. Адсорбційні методи очищення газопилових викидів. Основні види адсорбційних матеріалів. Конструкція та особливості експлуатації адсорбційних апаратів.
8. Загальна характеристика та особливості процесу очищення газів в електрофільтрах.
9. Загальна характеристика тканинних фільтрів. Основні фільтрувальні матеріали для тканинних фільтрів.
10. Принципи безвідходного виробництва. Основні напрямки розвитку мало- і безвідходних виробництв.

Перелік завдань Контрольної роботи (ЗФН)

з дисципліни «Техноекологія»

Варіант №1

Підібрати та розрахувати очисне обладнання для очищення аерозольних викидів сталеливарного цеху з умовою залишкової запиленості газу не більше 5 г/м^3 та розміром часток пилу не більше 20 мкм .

Вихідні умови:

Склад аерозольного викиду:

CO_2	SO_2	H_2O	O_2	N_2
12,5%	1,5%	5,5%	6,5%	74%

Фракційний склад пилу:

Середній радіус часток d , мкм	2,5	5,0	8	10	15	20	25	30	40	60
%, мас.	2	3	15	16	10	8	10	20	14	2

Об'ємні витрати газу:

$$Q = 15 \text{ м}^3/\text{с}$$

Робоча температура газу:

$$t = 120 \text{ }^\circ\text{C}$$

Густина часток пилу:

$$\rho_{\text{п}} = 2200 \text{ кг/м}^3$$

Густина газу при робочих умовах:

$$\rho_{\text{г}} = 1,1 \text{ кг/м}^3$$

Швидкість газового потоку:

$$\omega_{\text{г}} = 1,1 \text{ м/с}$$

Початкова запиленість газу:

$$X_{\text{п}} = 50 \text{ г/м}^3$$

Умови встановлення пилоосаджувальної камери:

$$\text{Висота камери } H = 3 \text{ м}$$

Кількість полиць $n = 15$ одиниць

$$\text{Відстань між полицями } a = 0,3 \text{ м}$$

Примітка: очищення в камері спричиняє зменшення об'ємних витрат газу на виході в 1,5 рази

Варіант №2

Підібрати та розрахувати очисне обладнання для очищення газопилових викидів деревообробного цеху з умовою залишкової запиленості газу не більше 5 г/м^3 та розміром часток пилу не більше 15 мкм .

Вихідні умови:

CO_2	CO	H_2O	O_2	N_2
12%	1%	5,5%	7,5%	74%

Фракційний склад пилу:

Середній радіус часток d , мкм	2,5	5,0	8	10	15	20	25	30	40	60
%, мас.	2	3	10	11	5	8	10	15	24	12

Об'ємні витрати газу:

$$Q = 5 \text{ м}^3/\text{с}$$

Робоча температура газу:

$$t = 80 \text{ }^\circ\text{C}$$

Густина часток пилу:

$$\rho_{\text{п}} = 3200 \text{ кг/м}^3$$

Густина газу при робочих умовах:

$$\rho_{\text{г}} = 1,1 \text{ кг/м}^3$$

Швидкість газового потоку:

$$\omega_{\text{г}} = 2,0 \text{ м/с}$$

Початкова запиленість газу:

$$X_{\text{п}} = 80 \text{ г/м}^3$$

1. Умови встановлення пилоосаджувальної камери:

$$\text{Висота камери } H = 4,5 \text{ м}$$

Кількість полиць $n = 12$ одиниць

$$\text{Відстань між полицями } a = 0,3 \text{ м}$$

Примітка: очищення в камері спричиняє зменшення об'ємних витрат газу на виході в 1,5 рази

Варіант №3

Підібрати та розрахувати очисне обладнання для очищення газопилових викидів цехів виробництва азбесту з умовою залишкової запиленості газу не більше $0,5 \text{ г/м}^3$ та розміром часток пилу не більше 5 мкм.

Вихідні умови:

CO_2	NH_3	H_2O	O_2	N_2
12%	1%	8,5%	6,5%	72%

Фракційний склад пилу:

Середній радіус часток d , мкм	2,5	5,0	8	10	15	20	25	30	40	60
%, мас.	2	5	10	9	5	8	24	15	10	12

Об'ємні витрати газу:

$$Q = 15 \text{ м}^3/\text{с}$$

Робоча температура газу:

$$t = 17^\circ\text{C}$$

Густина часток пилу:

$$\rho_{\text{п}} = 4400 \text{ кг/м}^3$$

Густина газу при робочих умовах:

$$\rho_{\text{г}} = 1,3 \text{ кг/м}^3$$

Швидкість газового потоку:

$$\omega_{\text{г}} = 5,1 \text{ м/с}$$

Початкова запиленість газу:

$$X_{\text{п}} = 10 \text{ г/м}^3$$

1. Умови встановлення пилоосаджувальної камери:

$$\text{Висота камери } H = 3,5 \text{ м}$$

Кількість полиць $n = 14$ одиниць

$$\text{Відстань між полицями } a = 0,1 \text{ м}$$

Примітка: очищення в камері спричиняє зменшення об'ємних витрат газу на виході в 1,5 рази

Варіант №4

Підібрати та розрахувати очисне обладнання для очищення газопилових викидів цеху збагачення кремнезему з умовою залишкової запиленості газу не більше 1 г/м^3 та розміром часток пилу не більше 5 мкм .

Вихідні умови:

CO_2	CO	H_2O	O_2	N_2
14%	4%	3,5%	6,5%	72%

Фракційний склад пилу:

Середній радіус часток d , мкм	2,5	5,0	8	10	15	20	25	30	40	60
%, мас.	2	5	10	9	8	8	14	15	17	12

Об'ємні витрати газу:

$$Q = 10 \text{ м}^3/\text{с}$$

Робоча температура газу:

$$t = 47 \text{ }^\circ\text{C}$$

Густина часток пилу:

$$\rho_{\text{п}} = 3150 \text{ кг/м}^3$$

Густина газу при робочих умовах:

$$\rho_{\text{г}} = 1,3 \text{ кг/м}^3$$

Швидкість газового потоку:

$$\omega_{\text{г}} = 1,4 \text{ м/с}$$

Початкова запиленість газу:

$$X_{\text{п}} = 35 \text{ г/м}^3$$

1. Умови встановлення пилоосаджувальної камери:

$$\text{Висота камери } H = 3 \text{ м}$$

Кількість полиць $n = 15$ одиниць

$$\text{Відстань між полицями } a = 0,2 \text{ м}$$

Примітка: очищення в камері спричиняє зменшення об'ємних витрат газу на виході в 1,5 рази

Варіант №5

Підібрати та розрахувати очисне обладнання для очищення газопилових викидів вентиляційної системи цеху сушіння будівельних сумішей з умовою залишкової запиленості газу не більше 5 г/м^3 та розміром часток пилу не більше 15 мкм .

Вихідні умови:

CO_2	SO_2	H_2O	O_2	N_2
12,5%	1,5%	5,5%	6,5%	74%

Фракційний склад пилу:

Середній радіус часток d , мкм	2,5	5,0	8	10	15	20	25	30	40	60
%, мас.	2	5	6	8	9	12	14	25	12	7

Об'ємні витрати газу:

$$Q = 13 \text{ м}^3/\text{с}$$

Робоча температура газу:

$$t = 97 \text{ }^\circ\text{C}$$

Густина часток пилу:

$$\rho_{\text{п}} = 4250 \text{ кг/м}^3$$

Густина газу при робочих умовах:

$$\rho_{\text{г}} = 1,3 \text{ кг/м}^3$$

Швидкість газового потоку:

$$\omega_{\text{г}} = 1,4 \text{ м/с}$$

Початкова запиленість газу:

$$X_{\text{п}} = 60 \text{ г/м}^3$$

1. Умови встановлення пилоосаджувальної камери:

$$\text{Висота камери } H = 3,5 \text{ м}$$

Кількість полиць $n = 12$ одиниць

$$\text{Відстань між полицями } a = 0,1 \text{ м}$$

Примітка: очищення в камері спричиняє зменшення об'ємних витрат газу на виході в 1,5 рази

Варіант №6

Підібрати та розрахувати очисне обладнання для очищення газопилових викидів столярного цеху з умовою залишкової запиленості газу не більше 1 г/м^3 та розміром часток пилу не більше 8 мкм .

Вихідні умови:

CO_2	CO	H_2O	O_2	N_2
12%	1%	8,5%	6,5%	72%

Фракційний склад пилу:

Середній радіус часток d , мкм	2,5	5,0	8	10	15	20	25	30	40	60
%, мас.	3	5	6	12	12	14	24	10	8	6

Об'ємні витрати газу:

$$Q = 18 \text{ м}^3/\text{с}$$

Робоча температура газу:

$$t = 27 \text{ }^\circ\text{C}$$

Густина часток пилу:

$$\rho_{\text{п}} = 2150 \text{ кг/м}^3$$

Густина газу при робочих умовах:

$$\rho_{\text{г}} = 1,3 \text{ кг/м}^3$$

Швидкість газового потоку:

$$\omega_{\text{г}} = 1,0 \text{ м/с}$$

Початкова запиленість газу:

$$X_{\text{п}} = 20 \text{ г/м}^3$$

1. Умови встановлення пилоосаджувальної камери:

$$\text{Висота камери } H = 5,0 \text{ м}$$

Кількість полиць $n = 12$ одиниць

$$\text{Відстань між полицями } a = 0,3 \text{ м}$$

Примітка: очищення в камері спричиняє зменшення об'ємних витрат газу на виході в 1,5 рази

Варіант №7

Підібрати та розрахувати очисне обладнання для очищення газопилових викидів ділянки лужної промивки деталей гальванічного цеху з умовою залишкової запиленості газу не більше $0,5 \text{ г/м}^3$ та розміром часток пилу не більше 5 мкм .

Вихідні умови:

CO_2	NH_3	H_2O	O_2	N_2
12,5%	0,5%	6,5%	6,5%	74%

Фракційний склад пилу:

Середній радіус часток d , мкм	2,5	5,0	8	10	15	20	25	30	40	60
%, мас.	3	5	6	12	12	14	14	10	18	6

Об'ємні витрати газу:

$$Q = 20 \text{ м}^3/\text{с}$$

Робоча температура газу:

$$t = 77 \text{ }^\circ\text{C}$$

Густина часток пилу:

$$\rho_{\text{п}} = 2150 \text{ кг/м}^3$$

Густина газу при робочих умовах:

$$\rho_{\text{г}} = 1,3 \text{ кг/м}^3$$

Швидкість газового потоку:

$$\omega_{\text{г}} = 1,0 \text{ м/с}$$

Початкова запиленість газу:

$$X_{\text{п}} = 40 \text{ г/м}^3$$

1. Умови встановлення пилоосаджувальної камери:

$$\text{Висота камери } H = 5,0 \text{ м}$$

Кількість полиць $n = 10$ одиниць

$$\text{Відстань між полицями } a = 0,1 \text{ м}$$

Примітка: очищення в камері спричиняє зменшення об'ємних витрат газу на виході в 1,5 рази

Варіант №8

Підібрати та розрахувати очисне обладнання для очищення газопилових викидів гальванічного цеху з умовою залишкової запиленості газу не більше $1,0 \text{ г/м}^3$ та розміром часток пилу не більше 10 мкм .

Вихідні умови:

CO_2	SO_2	H_2O	O_2	N_2
12,5%	1,5%	5,5%	6,5%	74%

Фракційний склад пилу:

Середній радіус часток d , мкм	2,5	5,0	8	10	15	20	25	30	40	60
%, мас.	5	5	6	10	12	12	16	18	10	6

Об'ємні витрати газу:

$$Q = 10 \text{ м}^3/\text{с}$$

Робоча температура газу:

$$t = 47 \text{ }^\circ\text{C}$$

Густина часток пилу:

$$\rho_{\text{п}} = 3150 \text{ кг/м}^3$$

Густина газу при робочих умовах:

$$\rho_{\text{г}} = 1,3 \text{ кг/м}^3$$

Швидкість газового потоку:

$$\omega_{\text{г}} = 1,4 \text{ м/с}$$

Початкова запиленість газу:

$$X_{\text{п}} = 35 \text{ г/м}^3$$

1. Умови встановлення пилоосаджувальної камери:

$$\text{Висота камери } H = 5 \text{ м}$$

Кількість полиць $n = 14$ одиниць

$$\text{Відстань між полицями } a = 0,2 \text{ м}$$

Примітка: очищення в камері спричиняє зменшення об'ємних витрат газу на виході в 1,5 рази

Варіант №9

Підібрати та розрахувати очисне обладнання для очищення газопилових викидів вентиляційної системи ділянки зберігання нерудних корисних копалин з умовою залишкової запиленості газу не більше $0,1 \text{ г/м}^3$ та розміром часток пилу не більше $2,5 \text{ мкм}$.

Вихідні умови:

CO_2	CO	H_2O	O_2	N_2
12%	1%	8,5%	6,5%	72%

Фракційний склад пилу:

Середній радіус часток d , мкм	2,5	5,0	8	10	15	20	25	30	40	60
%, мас.	3	5	6	12	12	14	24	10	8	6

Об'ємні витрати газу:

$$Q = 10 \text{ м}^3/\text{с}$$

Робоча температура газу:

$$t = 27 \text{ }^\circ\text{C}$$

Густина часток пилу:

$$\rho_{\text{п}} = 4150 \text{ кг/м}^3$$

Густина газу при робочих умовах:

$$\rho_{\text{г}} = 1,3 \text{ кг/м}^3$$

Швидкість газового потоку:

$$\omega_{\text{г}} = 1,1 \text{ м/с}$$

Початкова запиленість газу:

$$X_{\text{п}} = 35 \text{ г/м}^3$$

1. Умови встановлення пилоосаджувальної камери:

$$\text{Висота камери } H = 4,0 \text{ м}$$

Кількість полиць $n = 13$ одиниць

$$\text{Відстань між полицями } a = 0,15 \text{ м}$$

Примітка: очищення в камері спричиняє зменшення об'ємних витрат газу на виході в 1,5 рази

Варіант №10

Підібрати та розрахувати очисне обладнання для очищення газопилових викидів доменного цеху з умовою залишкової запиленості газу не більше 1 г/м^3 та розміром часток пилу не більше 8 мкм .

Вихідні умови:

CO_2	SO_2	H_2O	O_2	N_2
12,5%	1,5%	5,5%	6,5%	74%

Фракційний склад пилу:

Середній радіус часток d , мкм	2,5	5,0	8	10	15	20	25	30	40	60
%, мас.	2	5	10	9	5	8	24	15	10	12

Об'ємні витрати газу:

$$Q = 10 \text{ м}^3/\text{с}$$

Робоча температура газу:

$$t = 175 \text{ }^\circ\text{C}$$

Густина часток пилу:

$$\rho_{\text{п}} = 1150 \text{ кг/м}^3$$

Густина газу при робочих умовах:

$$\rho_{\text{г}} = 1,3 \text{ кг/м}^3$$

Швидкість газового потоку:

$$\omega_{\text{г}} = 1,0 \text{ м/с}$$

Початкова запиленість газу:

$$X_{\text{п}} = 10 \text{ г/м}^3$$

1. Умови встановлення пилоосаджувальної камери:

$$\text{Висота камери } H = 5,0 \text{ м}$$

Кількість полиць $n = 12$ одиниць

$$\text{Відстань між полицями } a = 0,4 \text{ м}$$

Примітка: очищення в камері спричиняє зменшення об'ємних витрат газу на виході в 1,5 рази

Варіант №11

Підібрати та розрахувати очисне обладнання для очищення газопилових викидів цеху термічної обробки деревини з умовою залишкової запиленості газу не більше 1 г/м^3 та розміром часток пилу не більше 8 мкм .

Вихідні умови:

CO_2	SO_2	H_2O	O_2	N_2
13,5%	0,5%	5,5%	6,5%	74%

Фракційний склад пилу:

Середній радіус часток d , мкм	2,5	5,0	8	10	15	20	25	30	40	60
%, мас.	2	3	5	6	5	8	14	15	10	32

Об'ємні витрати газу:

$$Q = 14 \text{ м}^3/\text{с}$$

Робоча температура газу:

$$t = 107^\circ\text{C}$$

Густина часток пилу:

$$\rho_{\text{п}} = 1050 \text{ кг/м}^3$$

Густина газу при робочих умовах:

$$\rho_{\text{г}} = 1,3 \text{ кг/м}^3$$

Швидкість газового потоку:

$$\omega_{\text{г}} = 1,0 \text{ м/с}$$

Початкова запиленість газу:

$$X_{\text{п}} = 35 \text{ г/м}^3$$

1. Умови встановлення пилоосаджувальної камери:

$$\text{Висота камери } H = 5,0 \text{ м}$$

Кількість полиць $n = 12$ одиниць

$$\text{Відстань між полицями } a = 0,1 \text{ м}$$

Примітка: очищення в камері спричиняє зменшення об'ємних витрат газу на виході в 1,5 рази

Варіант №12

Підібрати та розрахувати очисне обладнання для очищення газопилових викидів цеху приготування гальванічних розчинів з умовою залишкової запиленості газу не більше $0,1 \text{ г/м}^3$ та розміром часток пилу не більше 5 мкм .

Вихідні умови:

CO_2	NH_3	H_2O	O_2	N_2
12,5%	1%	6,5%	6%	74%

Фракційний склад пилу:

Середній радіус часток d , мкм	2,5	5,0	8	10	15	20	25	30	40	60
%, мас.	2	3	5	6	10	13	14	25	12	10

Об'ємні витрати газу:

$$Q = 10 \text{ м}^3/\text{с}$$

Робоча температура газу:

$$t = 27 \text{ }^\circ\text{C}$$

Густина часток пилу:

$$\rho_{\text{п}} = 2050 \text{ кг/м}^3$$

Густина газу при робочих умовах:

$$\rho_{\text{г}} = 1,3 \text{ кг/м}^3$$

Швидкість газового потоку:

$$\omega_{\text{г}} = 1,0 \text{ м/с}$$

Початкова запиленість газу:

$$X_{\text{п}} = 25 \text{ г/м}^3$$

1. Умови встановлення пилоосаджувальної камери:

$$\text{Висота камери } H = 3,0 \text{ м}$$

Кількість полиць $n = 16$ одиниць

$$\text{Відстань між полицями } a = 0,1 \text{ м}$$

Примітка: очищення в камері спричиняє зменшення об'ємних витрат газу на виході в 1,5 рази

Варіант №13

Підібрати та розрахувати очисне обладнання для очищення газопилових викидів ділянки лужної промивки деталей гальванічного цеху з умовою залишкової запиленості газу не більше $0,5 \text{ г/м}^3$ та розміром часток пилу не більше 5 мкм .

Вихідні умови:

CO_2	NH_3	H_2O	O_2	N_2
12,5%	0,5%	6,5%	6,5%	74%

Фракційний склад пилу:

Середній радіус часток d , мкм	2,5	5,0	8	10	15	20	25	30	40	60
%, мас.	3	5	6	12	12	14	14	10	18	6

Об'ємні витрати газу:

$$Q = 20 \text{ м}^3/\text{с}$$

Робоча температура газу:

$$t = 77 \text{ }^\circ\text{C}$$

Густина часток пилу:

$$\rho_{\text{п}} = 2150 \text{ кг/м}^3$$

Густина газу при робочих умовах:

$$\rho_{\text{г}} = 1,3 \text{ кг/м}^3$$

Швидкість газового потоку:

$$\omega_{\text{г}} = 1,0 \text{ м/с}$$

Початкова запиленість газу:

$$X_{\text{п}} = 40 \text{ г/м}^3$$

1. Умови встановлення пилоосаджувальної камери:

$$\text{Висота камери } H = 5,0 \text{ м}$$

Кількість полиць $n = 10$ одиниць

$$\text{Відстань між полицями } a = 0,1 \text{ м}$$

Примітка: очищення в камері спричиняє зменшення об'ємних витрат газу на виході в 1,5 рази

Варіант №14

Підібрати та розрахувати очисне обладнання для очищення газопилових викидів цехів виробництва азбесту з умовою залишкової запиленості газу не більше $0,5 \text{ г/м}^3$ та розміром часток пилу не більше 5 мкм .

Вихідні умови:

CO_2	NH_3	H_2O	O_2	N_2
12%	1%	8,5%	6,5%	72%

Фракційний склад пилу:

Середній радіус часток d , мкм	2,5	5,0	8	10	15	20	25	30	40	60
%, мас.	2	5	10	9	5	8	24	15	10	12

Об'ємні витрати газу:

$$Q = 15 \text{ м}^3/\text{с}$$

Робоча температура газу:

$$t = 17^\circ\text{C}$$

Густина часток пилу:

$$\rho_{\text{п}} = 4400 \text{ кг/м}^3$$

Густина газу при робочих умовах:

$$\rho_{\text{г}} = 1,3 \text{ кг/м}^3$$

Швидкість газового потоку:

$$\omega_{\text{г}} = 5,1 \text{ м/с}$$

Початкова запиленість газу:

$$X_{\text{п}} = 10 \text{ г/м}^3$$

1. Умови встановлення пилоосаджувальної камери:

$$\text{Висота камери } H = 3,5 \text{ м}$$

Кількість полиць $n = 14$ одиниць

$$\text{Відстань між полицями } a = 0,1 \text{ м}$$

Примітка: очищення в камері спричиняє зменшення об'ємних витрат газу на виході в 1,5 рази

Варіант №15

Підібрати та розрахувати очисне обладнання для очищення газопилових викидів цеху збагачення марганцевої руди з умовою залишкової запиленості газу не більше 1 г/м^3 та розміром часток пилу не більше 5 мкм .

Вихідні умови:

CO_2	CO	H_2O	O_2	N_2
14%	4%	3,5%	6,5%	72%

Фракційний склад пилу:

Середній радіус часток d , мкм	2,5	5,0	8	10	15	20	25	30	40	60
%, мас.	2	5	10	9	8	8	14	15	17	12

Об'ємні витрати газу:

$$Q = 10 \text{ м}^3/\text{с}$$

Робоча температура газу:

$$t = 47 \text{ }^\circ\text{C}$$

Густина часток пилу:

$$\rho_{\text{п}} = 3150 \text{ кг/м}^3$$

Густина газу при робочих умовах:

$$\rho_{\text{г}} = 1,3 \text{ кг/м}^3$$

Швидкість газового потоку:

$$\omega_{\text{г}} = 1,4 \text{ м/с}$$

Початкова запиленість газу:

$$X_{\text{п}} = 35 \text{ г/м}^3$$

1. Умови встановлення пилоосаджувальної камери:

$$\text{Висота камери } H = 3 \text{ м}$$

Кількість полиць $n = 15$ одиниць

$$\text{Відстань між полицями } a = 0,2 \text{ м}$$

Примітка: очищення в камері спричиняє зменшення об'ємних витрат газу на виході в 1,5 рази

Варіант №16

Підібрати та розрахувати очисне обладнання для очищення газопилових викидів цеху термічного склеювання деревини з умовою залишкової запиленості газу не більше 1 г/м^3 та розміром часток пилу не більше 8 мкм .

Вихідні умови:

CO_2	SO_2	H_2O	O_2	N_2
13,5%	0,5%	5,5%	6,5%	74%

Фракційний склад пилу:

Середній радіус часток d , мкм	2,5	5,0	8	10	15	20	25	30	40	60
%, мас.	2	3	5	6	5	8	14	15	10	32

Об'ємні витрати газу:

$$Q = 14 \text{ м}^3/\text{с}$$

Робоча температура газу:

$$t = 107^\circ\text{C}$$

Густина часток пилу:

$$\rho_{\text{п}} = 1050 \text{ кг/м}^3$$

Густина газу при робочих умовах:

$$\rho_{\text{г}} = 1,3 \text{ кг/м}^3$$

Швидкість газового потоку:

$$\omega_{\text{г}} = 1,0 \text{ м/с}$$

Початкова запиленість газу:

$$X_{\text{п}} = 35 \text{ г/м}^3$$

1. Умови встановлення пилоосаджувальної камери:

$$\text{Висота камери } H = 5,0 \text{ м}$$

Кількість полиць $n = 12$ одиниць

$$\text{Відстань між полицями } a = 0,1 \text{ м}$$

Примітка: очищення в камері спричиняє зменшення об'ємних витрат газу на виході в 1,5 рази

Варіант №17

Підібрати та розрахувати очисне обладнання для очищення газопилових викидів цеху зберігання гальванічних розчинів з умовою залишкової запиленості газу не більше $0,1 \text{ г/м}^3$ та розміром часток пилу не більше 5 мкм .

Вихідні умови:

CO_2	NH_3	H_2O	O_2	N_2
12,5%	1%	6,5%	6%	74%

Фракційний склад пилу:

Середній радіус часток d , мкм	2,5	5,0	8	10	15	20	25	30	40	60
%, мас.	2	3	5	6	10	13	14	25	12	10

Об'ємні витрати газу:

$$Q = 10 \text{ м}^3/\text{с}$$

Робоча температура газу:

$$t = 27 \text{ }^\circ\text{C}$$

Густина часток пилу:

$$\rho_{\text{п}} = 2050 \text{ кг/м}^3$$

Густина газу при робочих умовах:

$$\rho_{\text{г}} = 1,3 \text{ кг/м}^3$$

Швидкість газового потоку:

$$\omega_{\text{г}} = 1,0 \text{ м/с}$$

Початкова запиленість газу:

$$X_{\text{п}} = 25 \text{ г/м}^3$$

1. Умови встановлення пилоосаджувальної камери:

$$\text{Висота камери } H = 3,0 \text{ м}$$

Кількість полиць $n = 16$ одиниць

$$\text{Відстань між полицями } a = 0,1 \text{ м}$$

Примітка: очищення в камері спричиняє зменшення об'ємних витрат газу на виході в 1,5 рази