

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

до виконання контрольних робіт
з навчальної дисципліни

«ПРИКЛАДНА АЕРОЕКОЛОГІЯ»

*(для студентів 3, 4 курсу заочної форми навчання
напряму підготовки 6.040106 – Екологія, охорона навколишнього середовища
та збалансоване природокористування, спеціальностей 101 – Екологія та
183 – Технології захисту навколишнього середовища)*

Харків
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова
2018

Методичні рекомендації до виконання контрольних робіт з навчальної дисципліни «Прикладна аероекологія» (для студентів 3, 4 курсу заочної форми навчання напряму підготовки 6.040106 – Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування, спеціальностей 101 – Екологія та 183 – Технології захисту навколишнього середовища) / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. : В. Є. Бекетов, Г. П. Євтухова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. – 19 с.

Укладачі: канд. техн. наук, доц. В. Є. Бекетов,
ст. викл. Г. П. Євтухова

Рецензент

Ф. В. Стольберг, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри ІЕМ Харківського національного університету імені О. М. Бекетова

Рекомендовано кафедрою інженерної екології міст, протокол № 6 від 09 лютого 2018 р.

ЗМІСТ

Вступ	4
1 Модуль 1 Атмосфера. Основні терміни та визначення.	
Нормування якості атмосферного повітря.....	5
1.1 Завдання до контрольної роботи студентів.....	5
1.2 Контрольні питання до самоконтролю.....	9
1.3 Список літератури.....	10
2 Модуль 2 Основи утворювання та процеси формування викидів в атмосферне повітря.....	10
2.1 Вимоги та склад курсового проекту.....	10
2.2 Контрольні питання до самоконтролю.....	11
2.3 Список літератури.....	11
3 Модуль 3 Заходи щодо охорони атмосферного повітря й апарати сухої очистки газів.....	12
3.1 Склад контрольної роботи.....	12
3.2 Завдання до контрольної роботи.....	13
3.3 Порядок виконання розрахункової роботи.....	14
3.3.1 Розрахунок втрат тиску та визначення ефективності роботи циклону.....	14
3.3.2 Розрахунок викиду пилу за годину.....	17
3.3.3 Розрахунок конструктивних параметрів циклона.....	17
3.3.4 Контрольні питання до самоконтролю.....	18
3.3.5 Список рекомендованої літератури.....	18
Додаток А.....	19

ВСТУП

Дисципліна «Прикладна аероекологія» входить до програми підготовки бакалавра за напрямом 6.040106 – Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування.

У прикладній аероекології розглянуто питання, що стосуються атмосфери, її складу будови та функцій, наведено характеристику та класифікацію джерел забруднення атмосфери; описано фізичні та хімічні забруднювачі атмосфери, охарактеризовано основні домішки в атмосфері; розглянуто основні фізико-хімічні властивості пилу та газів. Розглянуто питання забруднення атмосферного повітря промисловими підприємствами та автотранспортом, методи розрахунку викидів речовин – забруднювачів, пилогазовловлювачі.

Дисципліна дає студентові знання, за допомогою яких можна проводити розрахунки параметрів атмосфери в різних її точках, розрахувати параметри пилогазової суміші, визначити ефективність роботи пилогазоочисного устаткування.

Згідно з навчальною програмою практичні заняття передбачені за всіма модулями. Практичні заняття передбачають розгляд теоретичних питань та розв'язання задач за тематикою.

У методичних вказівках наведено завдання до контрольних робіт, виконання яких допомагає студентам оволодіти теоретичним матеріалом у межах самостійної роботи.

**1 МОДУЛЬ 1 – АТМОСФЕРА. ОСНОВНІ ТЕРМІНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ.
НОРМУВАННЯ ЯКОСТІ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ
(3 курс, 5 семестр)**

Модуль 1 складається з трьох змістовних модулів:

- змістовий модуль 1.1 Атмосфера. Забрудники атмосфери. Джерела викидів;
- змістовий модуль 1.2 Нормування вмісту забруднюючих речовин в атмосферному повітрі;
- змістовий модуль 1.3 Система контролю якості атмосферного повітря.

Самостійна робота з модулів передбачає виконання контрольної роботи, самостійну теоретичну підготовку студентів до занять та підсумкового контролю.

1.1 Завдання до контрольної роботи студентів

Контрольна робота на тему «Атмосфера і джерела її забруднення, нормативна база і система контролю якості повітряного басейну міст» виконується за матеріалом трьох змістових модулів і складається з теоретичної та розрахункової частин.

Теоретична частина:

Вступ: дати визначення атмосфери, стисло охарактеризувати джерела її забруднення, основні забруднювачі, критерії якості повітряного басейну міста.

Склад і будова атмосфери: навести компонентний склад атмосфери, дати характеристику основних зон атмосфери, розподілу тиску й температури атмосферного повітря за висотою.

Забруднення атмосфери: дати визначення термінів: забруднення атмосфери, концентрація домішок в атмосфері, домішки первинні та вторинні, забруднювач (речовина), поле концентрації домішок в атмосфері.

Джерела забруднення атмосфери та речовини, що викидаються в атмосферне повітря: назвати види джерел (природні й антропогенні); подати класифікацію антропогенних джерел; навести приклади трансформації основних домішок у тропосфері.

Основні показники якості атмосферного повітря: дати визначення термінів: гранично допустима концентрація речовин забруднювачів – ГДК; максимально разова – ГДК м. р., середньодобова – ГДК с. д., робочої зони – ГДК р. з., ОБРВ; ефект сумачії.

Статистичні характеристики стану забруднення атмосферного повітря: навести перелік статистичних характеристик, приклади їх розрахунку та використання.

Система контролю якості атмосферного повітря: дати характеристику АСКЗП – визначення, призначення; описати систему контролю якості повітря в містах України – пости спостереження, програми спостережень; види обстежень стану забруднення атмосфери.

Стан атмосферного повітря в м. Харкові та в інших містах України: дати характеристику якості атмосферного повітря в містах України і в м. Харків.

Розрахункова частина:

Кожен студент повинен розв’язати варіант задачі № 1 і варіант задачі № 2. Об’єм контрольної роботи – 18–20 с.

Задача 1

Визначити висоту (км) і температуру ($^{\circ}\text{C}$ і $^{\circ}\text{K}$) у точці над поверхнею землі за заданим атмосферним тиском $P(H)$ у цій точці. Атмосфера стандартна, температурний градієнт прийняти – $0,0066^{\circ}\text{C}/\text{м}$.

Таблиця 1 – Варіанти задач

№ варіанта	$P(H)$, мм Hg	№ варіанта	$P(H)$, мм Hg
1	700,0	14	535,0
2	510,0	15	635,0
3	250,0	16	405,0
4	280,0	17	345,0
5	336,0	18	385,0
6	690,0	19	415,0
7	565,0	20	460,0
8	505,0	21	490,0
9	225,0	22	515,0
10	205,0	23	540,0
11	315,0	24	563,0
12	335,0	25	611,0
13	435,0		535,0

Задача 2

Виконати розрахунок статистичних характеристик (\bar{q} , σ , V , I , I_n) рівня забруднення атмосферного повітря за даними спостережень на посту гідрометеоцентру для таких речовин - забруднювачів: оксид вуглецю, ангідрид сірчаний, пил). Оцінити рівень забруднення за значенням показника I_n .

Таблиця 2 – Варіанти задач

Номер варіанта	Речовина-забруднювач	Концентрація, мг/м ³									
		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	СО	2,90	3,10	1,95	4,70	2,30	3,30	4,80	2,85	4,10	4,60
	Пил	0,10	0,35	0,20	0,29	0,23	0,41	0,38	0,28	0,47	0,32
	SO ₂	0,22	0,35	0,41	0,17	0,21	0,32	0,28	0,42	0,28	0,33
2	СО	2,60	3,20	1,95	4,70	2,30	3,30	4,80	2,85	4,10	4,60
	Пил	0,20	0,36	0,20	0,29	0,23	0,41	0,38	0,28	0,47	0,32
	SO ₂	0,24	0,37	0,41	0,17	0,21	0,32	0,28	0,42	0,28	0,33
3	СО	2,60	3,20	1,85	4,60	2,30	3,30	4,80	2,85	4,10	4,60
	Пил	0,10	0,35	0,40	0,39	0,23	0,41	0,38	0,28	0,47	0,32
	SO ₂	0,22	0,35	0,61	0,37	0,21	0,32	0,28	0,42	0,28	0,33
4	СО	2,90	3,10	1,95	4,70	2,50	3,60	4,80	2,85	4,10	4,60
	Пил	0,10	0,35	0,20	0,29	0,43	0,48	0,38	0,28	0,47	0,32
	SO ₂	0,22	0,35	0,41	0,17	0,25	0,30	0,28	0,42	0,28	0,33
5	СО	2,90	3,10	1,95	4,70	2,30	3,30	4,50	3,85	4,10	4,60
	Пил	0,10	0,35	0,20	0,29	0,23	0,41	0,48	0,24	0,47	0,32
	SO ₂	0,22	0,35	0,41	0,17	0,21	0,32	0,18	0,46	0,28	0,33
6	СО	2,90	3,10	1,95	4,70	2,30	3,30	4,80	2,85	4,90	4,10
	Пил	0,10	0,35	0,20	0,29	0,23	0,41	0,38	0,28	0,43	0,38
	SO ₂	0,22	0,35	0,41	0,17	0,21	0,32	0,28	0,42	0,38	0,43
7	СО	2,50	3,20	1,95	4,70	2,80	3,30	4,80	2,85	4,90	4,10
	Пил	0,48	0,35	0,26	0,29	0,23	0,41	0,38	0,28	0,43	0,38
	SO ₂	0,23	0,45	0,41	0,17	0,21	0,32	0,28	0,42	0,38	0,43
8	СО	3,90	3,10	1,90	4,70	2,30	3,30	4,80	2,85	4,90	4,10
	Пил	0,70	0,35	0,25	0,29	0,23	0,41	0,38	0,28	0,43	0,38
	SO ₂	0,22	0,45	0,41	0,17	0,26	0,32	0,28	0,42	0,38	0,43
9	СО	3,30	3,10	1,80	4,70	2,30	3,30	4,80	2,85	4,90	4,10
	Пил	0,70	0,35	0,20	0,29	0,23	0,41	0,38	0,28	0,43	0,38
	SO ₂	0,37	0,46	0,41	0,17	0,26	0,32	0,28	0,42	0,38	0,43

Продовження таблиці 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
10	CO	3,20	3,60	1,80	4,70	2,80	3,30	4,80	2,85	4,90	4,10
	Пил	0,48	0,36	0,20	0,29	0,23	0,41	0,38	0,28	0,43	0,38
	SO ₂	0,35	0,44	0,41	0,17	0,36	0,32	0,28	0,42	0,38	0,43
11	CO	2,90	3,10	1,95	4,70	2,30	3,30	4,80	2,85	4,10	4,60
	Пил	0,10	0,35	0,20	0,29	0,23	0,41	0,38	0,28	0,47	0,32
	SO ₂	0,22	0,35	0,41	0,17	0,21	0,32	0,28	0,42	0,28	0,33
12	CO	2,60	3,20	1,95	4,70	2,30	3,30	4,80	2,85	4,10	4,60
	Пил	0,20	0,36	0,20	0,29	0,23	0,41	0,38	0,28	0,47	0,32
	SO ₂	0,24	0,37	0,41	0,17	0,21	0,32	0,28	0,42	0,28	0,33
13	CO	2,60	3,20	1,85	4,60	2,30	3,30	4,80	2,85	4,10	4,60
	Пил	0,10	0,35	0,40	0,39	0,23	0,41	0,38	0,28	0,47	0,32
	SO ₂	0,22	0,35	0,61	0,37	0,21	0,32	0,28	0,42	0,28	0,33
14	CO	2,90	3,10	1,95	4,70	2,50	3,60	4,80	2,85	4,10	4,60
	Пил	0,10	0,35	0,20	0,29	0,43	0,48	0,38	0,28	0,47	0,32
	SO ₂	0,22	0,35	0,41	0,17	0,25	0,30	0,28	0,42	0,28	0,33
15	CO	2,90	3,10	1,95	4,70	2,30	3,30	4,50	3,85	4,10	4,60
	Пил	0,10	0,35	0,20	0,29	0,23	0,41	0,48	0,24	0,47	0,32
	SO ₂	0,22	0,35	0,41	0,17	0,21	0,32	0,18	0,46	0,28	0,33
15	CO	2,90	3,10	1,95	4,70	2,30	3,30	4,50	3,85	4,10	4,60
	Пил	0,10	0,35	0,20	0,29	0,23	0,41	0,48	0,24	0,47	0,32
	SO ₂	0,22	0,35	0,41	0,17	0,21	0,32	0,18	0,46	0,28	0,33
16	CO	2,90	3,10	1,95	4,70	2,30	3,30	4,80	2,85	4,90	4,10
	Пил	0,10	0,35	0,20	0,29	0,23	0,41	0,38	0,28	0,43	0,38
	SO ₂	0,22	0,35	0,41	0,17	0,21	0,32	0,28	0,42	0,38	0,43
17	CO	2,50	3,20	1,95	4,70	2,80	3,30	4,80	2,85	4,90	4,10
	Пил	0,48	0,35	0,26	0,29	0,23	0,41	0,38	0,28	0,43	0,38
	SO ₂	0,23	0,45	0,41	0,17	0,21	0,32	0,28	0,42	0,38	0,43
18	CO	3,90	3,10	1,90	4,70	2,30	3,30	4,80	2,85	4,90	4,10
	Пил	0,70	0,35	0,25	0,29	0,23	0,41	0,38	0,28	0,43	0,38
	SO ₂	0,22	0,45	0,41	0,17	0,26	0,32	0,28	0,42	0,38	0,43
19	CO	3,30	3,10	1,80	4,70	2,30	3,30	4,80	2,85	4,90	4,10
	Пил	0,70	0,35	0,20	0,29	0,23	0,41	0,38	0,28	0,43	0,38
	SO ₂	0,37	0,46	0,41	0,17	0,26	0,32	0,28	0,42	0,38	0,43
20	CO	3,20	3,60	1,80	4,70	2,80	3,30	4,80	2,85	4,90	4,10
	Пил	0,48	0,36	0,20	0,29	0,23	0,41	0,38	0,28	0,43	0,38
	SO ₂	0,35	0,44	0,41	0,17	0,36	0,32	0,28	0,42	0,38	0,43

Продовження таблиці 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
21	CO	2,90	3,10	1,95	4,70	2,30	3,30	4,80	2,85	4,10	4,60
	Пил	0,10	0,35	0,20	0,29	0,23	0,41	0,38	0,28	0,47	0,32
	SO ₂	0,22	0,35	0,41	0,17	0,21	0,32	0,28	0,42	0,28	0,33
22	CO	2,60	3,20	1,95	4,70	2,30	3,30	4,80	2,85	4,10	4,60
	Пил	0,20	0,36	0,20	0,29	0,23	0,41	0,38	0,28	0,47	0,32
	SO ₂	0,24	0,37	0,41	0,17	0,21	0,32	0,28	0,42	0,28	0,33
23	CO	2,60	3,20	1,85	4,60	2,30	3,30	4,80	2,85	4,10	4,60
	Пил	0,10	0,35	0,40	0,39	0,23	0,41	0,38	0,28	0,47	0,32
	SO ₂	0,22	0,35	0,61	0,37	0,21	0,32	0,28	0,42	0,28	0,33
24	CO	2,90	3,10	1,95	4,70	2,50	3,60	4,80	2,85	4,10	4,60
	Пил	0,10	0,35	0,20	0,29	0,43	0,48	0,38	0,28	0,47	0,32
	SO ₂	0,22	0,35	0,41	0,17	0,25	0,30	0,28	0,42	0,28	0,33
25	CO	2,90	3,10	1,95	4,70	2,30	3,30	4,50	3,85	4,10	4,60
	Пил	0,10	0,35	0,20	0,29	0,23	0,41	0,48	0,24	0,47	0,32
	SO ₂	0,22	0,35	0,41	0,17	0,21	0,32	0,18	0,46	0,28	0,33

1.2 Контрольні питання до самоконтролю

1. Утворення атмосфери Землі, її склад.
2. Що таке атмосфера?
3. Функції атмосфери.
4. Антропогенні та природні джерела викидів. Класифікація антропогенних джерел.
5. Фізичне забруднення атмосфери.
6. Що таке хімічне забруднення атмосфери? Дайте пояснення.
7. Класифікація речовин-забруднювачів, поле концентрації.
8. Первинна та вторинна домішки.
9. Дайте характеристику основних речовин-забруднювачів.
10. Трансформація в атмосфері з'єднань азоту, сірки та вуглецю.
11. Дати визначення ГДК_{м.р.}, ГДК_{с.д.}, ОБРВ.
12. Ефект сумарної дії речовин-забруднювачів в атмосферному повітрі.

1.3 Список літератури

1. Экология города : учебник / Под общ. ред. Ф. В. Стольберга. – Киев : Либра, 2000. – 464 с.
2. Справочник по пыле- и золоулавливанию / Под ред. А. А. Русанова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Энергоатомиздат, 1983. – 296 с.
3. Старк С. Б. Пылеулавливание и очистка газов в металлургии / С. Б. Старк. – М. : Металлургия, 1977. – 328 с.
4. Алиев Г. М. – Техника пылеулавливания и очистки промышленных газов: Справочное издание / Г. М. Алиев. – М. : Металлургия, 1986. – 544 с.

2 МОДУЛЬ 2 ОСНОВИ УТВОРЮВАННЯ ТА ПРОЦЕСИ ФОРМУВАННЯ ВИКИДІВ В АТМОСФЕРНЕ ПОВІТРЯ

Модуль 2 складається із трьох змістовних модулів:

- змістовий модуль 2.1 – Забруднення атмосферного повітря об'єктами енергетики, розрахунок викидів
- змістовий модуль 2.2 – Забруднення атмосферного повітря автомобільним транспортом, розрахунок викидів
- змістовий модуль 2.3 – Забруднення атмосферного повітря промисловими підприємствами, розрахунок викидів.

2.1 Вимоги та склад курсового проекту

Передбачається виконання курсового проекту на тему «Інвентаризація викидів забруднюючих речовин у атмосферне повітря від промислових підприємств».

До курсового проекту студент отримує у викладача варіант завдання. Кожний варіант містить у складі підприємства котельню та автотранспортне господарство, далі – у кожному варіанті свій набір цехів та ділянок (ливарне виробництво, механічна обробка металів, лакофарбувальні ділянки,

деревообробка тощо). Курсовий проект складається з двох частин: теоретичної та розрахункової. У теоретичній частині має бути опис технологічного процесу з наявністю якісного складу викидів в атмосферне повітря та засобами зменшення їхньої кількості. У розрахунковій частині виконують розрахунок викидів від кожного джерела утворення, заповнюють таблиці за результатами розрахунків та будують карту-схему підприємства.

Склад курсового проекту, приклад оформлення графічного матеріалу й таблиць, рекомендовану літературу, подано в Методичних рекомендаціях до виконання курсового проекту. Методичні рекомендації можна придбати у бібліотеці університету (електронну версію Методичних рекомендацій можна отримати на кафедрі інженерної екології міст).

2.2 Контрольні питання до самоконтролю

1. Перерахуйте джерела забруднення атмосферного повітря на підприємствах енергетики.
2. Назвіть, які плавильні агрегати в ливарному виробництві ви знаєте?
3. Які вихідні дані повинні необхідні для розрахунку викидів від автотранспорту?
4. Які вихідні дані необхідні для розрахунку викидів від котельні?
5. Викидами яких речовин в атмосферне повітря супроводжується механічна обробка металів?
6. Від чого залежить інтенсивність пилоутворювання під час абразивної обробки та різання металів?
7. Від чого залежить кількість викидів двоокису сірки у викидах дизельних двигунів автотранспорту?
8. Які речовини-забруднювачі викидаються в атмосферу під час обробки деревини?

2.3 Список літератури

1. Збірник показників емісії (питомих викидів) забруднюючих речовин в атмосферне повітря різними виробництвами: у 3т. – Донецьк : Український науковий центр технічної екології, 2004.

2. Еремкин А. И. Нормирование выбросов загрязняющих веществ в атмосферу : учеб. пособие / А. И. Еремкин, И. М. Квашнин, Ю. И. Юнкеров. – М., изд-во АСВ, 2000 – 176 с.

3 МОДУЛЬ 3 ЗАХОДИ ЩОДО ОХОРОНИ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ ТА АПАРАТИ СУХОЇ ОЧИСТКИ ГАЗІВ

Модуль 3 складається з трьох змістовних модулів:

- змістовий модуль 3.1 – Заходи щодо охорони атмосферного повітря;
- змістовий модуль 3.2 – Апарати сухої очистки газів;
- змістовий модуль 3.3 – Фільтри, електрофільтри.

Контрольна робота виконується за матеріалом 3 змістовного модуля на тему «Розрахунок апарату очистки газів на прикладі циклону ЦН-15».

3.1 Склад контрольної роботи

Контрольна робота складається з двох частин: теоретичної та розрахункової. Обсяг контрольної роботи – 15–20 с.

Теоретична частина містить опис технічних засобів очищення викидів від пилу (устрій, принцип дії, основи розрахунку апаратів сухого очищення газів), таких як: пилоосаджувальні камери, циклони (прямоточні, батарейні та зворотьнопоточні), фільтри та електрофільтри.

Розрахункова частина складається з:

- розрахунку визначення ефективності роботи циклона на прикладі циклону ЦН-15;
- розрахунку конструктивних параметрів циклона.

Контрольна робота має таку структуру:

1. Титульний аркуш.
2. Вступ.
3. Зміст.
4. Теоретична частина (Опис та принцип роботи технічних засобів очищення викидів від пилу).
5. Вихідні дані до розрахунку.
6. Розрахункова частина.
7. Висновки.
8. Список літератури.

3.2 Завдання до контрольної роботи

Вихідні данні для виконання контрольної роботи визначаються в залежності від номера варіанта. Номер варіанта визначається за номером студента у списку групи.

Тема контрольної роботи – Розрахунок апарату очистки газів на прикладі циклону ЦН-15.

Вихідні дані для розрахунку (наведено у табл. 4):

- 1) об'ємні витрати газів Q_g , $\text{м}^3/\text{с}$;
- 2) динамічна в'язкість газів μ_g , $\text{Па}\cdot\text{с}$;
- 3) щільність газу ρ_g , $\text{кг}/\text{м}^3$;
- 4) дисперсний склад пилу, що задається двома параметрами d_m , мкм і $\lg\sigma_c$;
- 5) запиленість газів на вході в апарат $C_{вх}$, $\text{г}/\text{м}^3$;
- 6) щільність часток пилу ρ_c , $\text{кг}/\text{м}^3$.

Визначити:

1. Втрати тиску в циклоні.
2. Ступінь очищення циклона ЦН-15.

3. Викид пилу за годину роботи.

3. Основні конструктивні параметри апарату.

4. Надати схему циклона за розрахунковими параметрами у масштабі (формат А4).

3.3 Порядок виконання розрахункової частини

3.3.1 Розрахунок втрат тиску та визначення ефективності роботи циклона

Розрахунок ведеться в такій послідовності:

1. Задавши тип циклона, за таблицями з довідкової літератури визначають оптимальну швидкість газу в апараті. Для більшості циклонів $W_{\text{опт}} = 2 \div 4,5$ м/с. Для ЦН-15 $W_{\text{опт}} = 3,5$ м/с.

2. Визначають площу перетину (перерізу) циклона:

$$F = \frac{Q_{\Gamma}}{W_{\text{опт}}}$$

3. Визначають діаметр циліндричної частини циклона:

$$D^* = \sqrt{\frac{F}{0,785}}$$

Діаметр циклона округлюють до значення, яке рекомендовано стандартним рядом діаметрів: $D=200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1\ 000$ мм;

4. Визначають дійсну швидкість газу в циклоні. Ця швидкість не повинна відхилятися від оптимальної більш ніж на 15 %:

$$W_{\text{д}} = \frac{Q_{\Gamma}}{\frac{\pi D^2}{4}}$$

5. Визначають коефіцієнт гідравличного опору:

$$\zeta = K_1 K_2 \zeta_{500} + K_3,$$

де: ζ_{500} – коефіцієнт гідравличного опору одинарного циклона діаметром 500 мм; для ЦН-15 $\zeta_{500} = 155$;

K_1 – поправочний коефіцієнт на діаметр циклона;

K_2 – поправочний коефіцієнт на запиленість газу;

K_3 – поправочний коефіцієнт, який враховує додаткові втрати тиску, які пов'язані з компонуванням циклонів у групу: $K_3 = 0$ – для одинарного циклона; $K_3 = 35$ – для групового компонування.

ζ_{500} , K_1 , K_2 , K_3 визначають із таблиць довідкової літератури, (табл. 3 та табл. 4)

Таблиця 3 – Значення коефіцієнта K_1

Д, мм	Марка циклона		
	ЦН-11	ЦН-15, ЦН-15у ЦН-24	СДК-ЦН-33 СК-ЦН-34
150	0,94	0,85	1,0
200	0,95	0,90	1,0
300	0,96	0,93	1,0
450	0,99	1,0	1,0
500	1,0	1,0	1,0

Таблиця 4 – Поправочний коефіцієнт K_2 на запиленість газів

Марка циклона	Запиленість, г/м ³						
	0	10	20	40	80	120	150
ЦН-11	1	0,95	0,94	0,92	0,90	0,87	0,85
ЦН-15	1	0,93	0,92	0,91	0,90	0,87	0,85
ЦН-15У	1	0,93	0,92	0,91	0,89	0,88	0,87
ЦН-24	1	0,95	0,93	0,92	0,90	0,87	0,88
СДК-ЦН-33	1	0,81	0,785	0,78	0,77	0,76	0,745
СК-ЦН-34	1	0,98	0,947	0,93	0,915	0,91	0,90
СК-ЦН-34М	1	0,99	0,97	0,95	-	-	-

6. Визначають втрати тиску в циклоні за формулою:

$$\Delta P = \zeta \frac{\rho W_d^2}{2}.$$

7. Зі справочних таблиць визначають d_{50} і $\lg \sigma_{\eta}$ (діаметр часток пилу, які осідають з ефективністю 50 % і стандартне відхилення у функції розподілу

парціальних коефіцієнтів очищення) для стандартних умов:

Параметри, які визначають ефективність роботи циклона ЦН-15	
Параметри	Одиниці виміру
d_{50cy}	4,5мм
$lg\sigma_{\eta cy}$	0,352
W_{opt}	3,5 м/с

$$D_{cy} = 0,6 \text{ м};$$

$$W_{cy} = 3,5 \text{ м/с};$$

$$\rho_{cy} = 1\,930 \text{ кг/м}^3;$$

$$\mu_{cy} = 22,2 \times 10^{-6} \text{ Па} \cdot \text{с}.$$

8. Визначають d_{50} за робочих параметрів:

$$d_{50} = d_{50cy} \sqrt{\left(\frac{D}{D_{cy}}\right) \left(\frac{\rho_{cy}}{\rho}\right) \left(\frac{\mu_z}{\mu_{zcy}}\right) \left(\frac{W_{cy}}{W\partial}\right)}$$

9. Визначають параметр X :

$$x = \frac{\lg(d_m / d_{50})}{\sqrt{\lg^2 \sigma_{\eta} + \lg^2 \sigma_{\mu}}}$$

10. Визначають $\Phi(x)$ за таблицею 3 та розраховують ступінь очищення η за формулою

$$\eta_p = \frac{1}{2} [\Phi(x) + 1]$$

Таблиця 5 – Значення нормальної функції розподілу

X	$\Phi(X)$	X	$\Phi(X)$
1	2	3	4
0,6	0,725 7	1,14	0,872 9
0,84	0,799 5	1,18	0,881 0
0,86	0,805 1	1,20	0,884 9
0,88	0,810 6	1,22	0,888 8
0,90	0,815 9	1,24	0,892 5
0,92	0,821 2	1,26	0,899 7

Продовження таблиці 5

1	2	3	4
0,98	0,836 5	1,28	0,896 2
1,0	0,841 3	1,36	0,913 1
1,02	0,846 1	1,40	0,919 2
1,04	0,850 8	1,46	0,927 9
1,06	0,855 4	1,58	0,942 9
1,08	0,859 0	1,60	0,945 2
1,10	0,864 3	1,62	0,947 4
1,12	0,868 6	1,64	0,949 5

Після закінчення розрахунку значення η_p співставляють зі значенням η_t , яке необхідно. Якщо $\eta_p < \eta_t$, то необхідно вибрати другий тип циклона з більшим коефіцієнтом гідравлічного опору.

3.3.2 Розрахунок викиду пилу за годину

Викид пилу за годину роботи розраховують, якщо є об'ємна витрата та концентрація пилу на виході з циклона.

3.3.3 Розрахунок конструктивних параметрів циклона

Основні конструктивні співвідношення циклонів залежать від типу обраного апарата. Для циклона типу ЦН-15 рекомендуються такі співвідношення:

- внутрішній діаметр вихлопної труби $d = 0,59D$, (D - внутрішній діаметр корпусу циклону);
- діаметр пиловипускного витвору $d_1 = 0,3 \div 0,4 D$;
- ширина вхідного патрубку $b = 0,2 D$;
- висота вхідного патрубку $a = 0,66 D$;
- угол наклону кришки $\alpha = 15^\circ$;
- висота циліндричної частини $H = 2,26 D$;
- висота конуса $H_k = 2 D$
- угол наклону стінок бункеру $\beta = 55 \div 60^\circ$;

- діаметр бункеру $D_6 = 1,5 D$;
- висота бункеру $H_6 = 0,8 D$.

3.3.4 Контрольні питання до самоконтролю

1. Перерахуйте заходи щодо охорони атмосферного повітря.
2. Санітарно-захисна зона (СЗЗ): нормативна, розрахункова. Пояснити, як будують нормативну СЗЗ, яким документом регламентують її розмір.
3. Дати пояснення інженерно-організаційних та інженерно-технічних заходів, навести приклади.
4. Дати визначення показника оцінки ефективності роботи пилогазоочисного обладнання.

Список рекомендованої літератури

1. Справочник по пыле- и золоулавливанию / М. И. Биргер, А. Ю. Вальдберг, Б. И. Мягков и др ; Под общ. ред. А. А. Русанова. -2-е изд., перераб. и доп. – М. : Энергоатомиздат, 1983. – 312 с.
2. Экология города : ученик / Под ред. Ф. В. Стольберга. – Киев : Либра, 2000. – 464 с.
3. Конспект лекций по разделу «Аппараты сухой очистки газов» дисциплины «Прикладная аэроэкология» (для студентов 4 курса дневной и заочной форм обучения специальности «Экология и охрана окружающей среды») / В. Е. Бекетов, Г. П. Евтухова, Ю. Л. Коваленко. – Харьков : ХНУГХ, 2013. – 64 с.

ДОДАТОК А

Варіанти завдань:

Номер варіанта	Об'ємна витрата газів Q_r , $m^3/ч$	Динамічна в'язкість газів μ_r , х $10^{-6}Па*с$	Щільність газу ρ_r , $кг/м^3$	Дисперсний склад пилу, що задається двома параметрами		Запиленість газів на вході в апарат $C_{вх}$, $г/м^3$	Щільність часток пилу $\rho_ч$, $кг/м^3$
				d_m , мкм	$lg\sigma_ч$		
1	10 000	22	1,3	40	0,5	20	800
2	5 000	22	1,2	35	0,6	10	1 900
3	10 300	22,8	1,2	40	0,6	28	1 100
4	11 000	23	1,5	38	0,55	22	1 650
5	7 000	22,5	1,15	45	0,6	14	900
6	7 500	22	1,2	35	0,7	18	1 400
7	8 000	24	1,4	40	0,45	13	1 850
8	8 500	22	1,3	30	0,45	18	1 600
9	9 000	22	1,5	34	0,4	24	1 400
10	8 000	24	1,2	45	0,55	20	1 850
11	9 500	23,5	1,6	44	0,6	25	1 800
12	9 200	24	1,6	40	0,55	18	1 700
13	8 000	17,3	1,2	35	0,45	25	900
14	9 000	21,5	1,4	52	0,5	32	850
15	6 000	18,5	1,7	46	1,5	23	1 500
16	9 500	22	1,1	26	0,6	24	1 400
17	11 000	22	1,4	55	0,6	23	1 660
18	10 200	21,8	1,1	42	0,6	19	1 200
19	9 000	19,5	1,3	27	0,55	40	1 300
20	11 000	21	1,4	42	0,45	34	1 250
21	9 500	23	1,1	35	0,4	24	900
22	8 500	19	1,6	42	0,5	19	900
23	1 000	17,5	1,4	45	0,5	28	1 100
24	9 000	22	1,2	26	0,5	34	1 200
25	11 200	22	1,4	52	0,4	32	1 100
26	10 500	19,4	1,2	34	0,5	19	1 600
27	11 200	21,3	1,6	44	0,45	28	1 800
28	9 000	22	1,6	36	0,5	42	1 500
29	9 000	25	1,2	35	0,45	35	900
30	11 000	19	1,1	46	0,5	40	1 100

Виробничо-практичне видання

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

до виконання контрольних робіт
з навчальної дисципліни

«ПРИКЛАДНА АЕРОЕКОЛОГІЯ»

*(для студентів 3, 4 курсу заочної форми навчання
напряму підготовки 6.040106 – Екологія, охорона навколишнього середовища
та збалансоване природокористування, спеціальностей 101 – Екологія та
183 – Технології захисту навколишнього середовища)*

Укладачі: **БЄКЕТОВ** Володимир Єгорович,
ЄВТУХОВА Галина Петрівна

Відповідальний за випуск *Я. О. Герасименко*

Редактор *Ю. Ц. Ільницька*

За авторською редакцією

Комп'ютерне верстання *І. В. Волосожарова*

План 2018, поз.125 М

Підп. до друку 12.04.2018. Формат 60 x 84/16

Друк на ризографі. Ум. друк. арк. 0,6.

Тираж 50 пр. Зам. №

Видавець і виготовлювач:

Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. маршала Бажанова, 17, Харків, 61002.
Електронна адреса: rectorat@kname.edu.ua.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:

ДК № 5328 від 11.04.2017.