

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ТЕХНОЛОГІЇ ЗАХИСТУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Частина перша

ЗАХИСТ АТМОСФЕРИ

Підручник

Херсон
ОЛДІ-ПЛЮС
2019

УДК 502.3:556(075)

Т38

Автори:

**Петрук В.Г., Васильківський І.В., Петрук Р.В., Крусір Г.В.,
Клименко М.О., Сакалова Г.В.**

*Рекомендовано Міністерством освіти і науки України
для студентів вищих навчальних закладів.
Лист № 1/11-11549 від 15.07.2013 р.*

Рецензенти:

А. П. Ранський, доктор хімічних наук, професор

В.А. Порєв, доктор технічних наук, професор

М.Д. Гомеля, доктор технічних наук, професор

Т38

Технології захисту навколишнього середовища. Ч. 1. Захист атмосфери : підручник / Петрук В.Г., Васильківський І.В., Петрук Р.В., Крусір Г.В., Клименко М.О., Сакалова Г.В. – Херсон : Олді-плюс, 2019. – 432 с.

ISBN 978-966-289-256-7

В підручнику розглянуті природоохоронні технології захисту атмосфери, які базуються на способах очищення атмосферного повітря від забруднення промисловим пилом і газами. Приведений перелік очисних споруд, їх конструкції, методи розрахунків та необхідні довідкові матеріали.

Розрахований на студентів екологічних спеціальностей, фахівців управління охорони навколишнього природного середовища, екологічної інспекції та працівників комунального господарства.

УДК 502.3:556(075)

ISBN 978-966-289-256-7

© Авторський колектив, 2019
© Видавництво «ОЛДІ-ПЛЮС», 2019

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
Основні умовні позначення до 1 розділу	11
Розділ 1	
ОСНОВНІ ВЛАСТИВОСТІ ПРОМИСЛОВОГО ПИЛУ І ГАЗІВ.....	12
1.1 Природа атмосферних забруднювачів	12
1.2 Основні властивості пилу	15
1.2.1 Густина пилу	15
1.2.2 Дисперсність	16
1.2.3 Адгезійні властивості.....	19
1.2.4 Абразивність	20
1.2.5 Змочуваність.....	20
1.2.6 Гігроскопічність частинок.....	20
1.2.7 Електрична провідність	21
1.2.8 Електрична зарядженість.....	21
1.2.9 Здатність до самозаймання.....	21
1.3 Ефективність вловлювання пилу.....	22
1.4 Основні властивості газів.....	23
1.4.1 Густина і в'язкість.....	23
1.4.2 Вологість газів.....	25
1.4.3 Питома теплоємність газів.....	26
1.4.4 Ентальпія газів	26
1.5 Фізичні основи пиловловлювання.....	26
1.5.1 Гравітаційне осадження частинок.....	27
1.5.2 Відцентрове осадження частинок	30
1.5.3 Інерційне осадження частинок	32
1.5.4 Захоплювання частинок.....	35
1.5.5 Дифузійне осадження	37
1.5.6 Осадження під дією електричних зарядів.....	39
1.5.7 Магнітні поля	41
1.5.8 Акустичні поля.....	42
1.5.9 Термофорез.....	42
1.5.10 Фотофорез	44
1.5.11 Дифузіофорез	44
1.6. Природоохоронні технології захисту навколишнього середовища.....	46
1.6.1 Способи очищення газів	50
1.7 Необхідна ступінь очищення газів	53
1.7.1 Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин	54
1.7.2 Гранично допустимі викиди шкідливих речовин.....	55
Контрольні запитання.....	56

Основні умовні позначення до 2 розділу	58	
Прийняті скорочення.....	58	
Розділ 2		
ОБЕЗПИЛЮВАННЯ ПРОМИСЛОВИХ ГАЗІВ		
У СУХИХ ІНЕРЦІЙНИХ АПАРАТАХ.....	59	
2.1 Пилоосаджувальні камери	59	
2.2 Інерційні пиловловлювачі	62	
2.3 Жалюзійний пиловіддільник	63	
2.4 Циклони	65	
2.4.1 Технологічні розрахунки циклонів.....	72	
2.5 Групові та батарейні циклони.....	77	
2.5.1 Технологічні розрахунки батарейних циклонів	83	
2.6 Вихрові пиловловлювачі	85	
2.7 Динамічні пиловловлювачі	87	
2.8 Приклади вибору і розрахунку сухих інерційних пиловловлювачів	89	
Контрольні запитання	98	
Основні умовні позначення до 3 розділу	99	
Прийняті скорочення.....	99	
Розділ 3		
ОЧИЩЕННЯ ГАЗІВ ФІЛЬТРУВАННЯМ.....		100
3.1 Тканинні фільтри	101	
3.2 Волокнисті фільтри	105	
3.3 Зернисті фільтри	109	
3.4 Технологічні розрахунки фільтрів	114	
Контрольні запитання	125	
Основні умовні позначення до 4 розділу	126	
Прийняті скорочення.....	126	
Розділ 4		
ЕЛЕКТРИЧНЕ ОЧИЩЕННЯ ГАЗІВ		127
4.1 Типи і конструкції електрофільтрів.....	131	
4.2 Розрахунок і вибір електрофільтрів.....	139	
Контрольні запитання	147	
Основні умовні позначення до 5 розділу	149	
Розділ 5		
МОКРЕ ОЧИЩЕННЯ ГАЗІВ.....		150
5.1 Фізичні основи мокрого пиловловлювання	150	
5.2 Порожнисті газопромивачі.....	153	

5.3 Насадкові газопромивачі	155
5.4 Пінні пиловловлювачі	160
5.5 Механічні газопромивачі	166
5.6 Ударно-інерційні газопромивачі	167
5.7 Газопромивачі (скрубери) відцентрової дії.....	172
5.8 Швидкісні газопромивачі (скрубери Вентурі).....	176
5.9 Приклади вибору і розрахунку мокрих пиловловлювачів	187
Контрольні запитання	191
Основні умовні позначення до 6 розділу	193
Прийняті скорочення:	193
Розділ 6	
ОЧИЩЕННЯ ВИКИДІВ ВІД ГАЗО- І ПАРОПОДІБНИХ ЗАБРУДНЕНЬ	194
6.1 Абсорбція.....	194
6.2 Хемосорбція.....	198
6.3 Адсорбція.....	199
6.4 Термічне знешкодження газів.....	208
6.5 Каталітичне очищення газів	212
6.5.1 Апарати з фільтрувальним шаром каталізатора	214
6.5.2 Апарати з завислим (киплячим) шаром каталізатора.....	219
6.5.3 Апарати з пиловидним каталізатором.....	222
6.5.4 Розрахунок контактних апаратів з завислим шаром каталізатора	223
6.6 Біохімічні реактори	227
6.7 Гідрофільтри.....	234
6.8 Технологічні розрахунки	239
Контрольні запитання	241
Основні умовні позначення до 7 розділу	242
Розділ 7	
МАГНІТНЕ ОЧИЩЕННЯ ГАЗІВ.....	243
7.1 Електромагнітні фільтри з осердя-насадкою.....	245
7.2 Багатополюсні фільтри з „відділеними” електромагнітами	248
7.3 Фільтри з постійними магнітами	251
7.4 Вибір і розрахунок насадок	253
Контрольні запитання	260
Основні умовні позначення до 8 розділу	261
Прийняті скорочення	261

Розділ 8

ПРОБЛЕМИ І ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОСТІ

АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ	262
8.1 Зниження забруднення атмосфери відпрацьованими газами шляхом економії палива	263
8.2 Удосконалення двигунів внутрішнього згорання (ДВЗ)	265
8.3 Методи знезаражування відпрацьованих газів.....	267
8.4 Альтернативні двигуни	275
8.5 Пошук нових видів палива.....	279
8.6 Автоматизовані системи управління міським транспортом.....	283
8.7 Розрахунок викидів шкідливих речовин автомобільним транспортом	285
Контрольні запитання	294
Основні умовні позначення до 9 розділу	295
Прийняті скорочення.....	295

Розділ 9

РОЗСІЮВАННЯ ШКІДЛИВИХ РЕЧОВИН

В АТМОСФЕРНОМУ ПОВІТРІ	296
9.1 Розрахунок забруднення атмосфери викидами одиночного джерела.....	300
Приклади розрахунку розсіювання шкідливих речовин	313
Контрольні запитання	325

Розділ 10

ОСНОВНІ ПРИНЦИПИ ТА УМОВИ

РАЦІОНАЛЬНОГО РОЗТАШУВАННЯ

ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ	327
10.1. Вимоги до розташування та організації виробничої території	328
10.2. Вибір району будівництва підприємств	329
10.3. Компоновка будівель і споруд на промисловому майданчику	332
10.4. Санітарно-захисні зони	333
10.5. Регулювання викидів при несприятливих метеорологічних умовах	340
10.5.1. Заходи для скорочення викидів при першому режимі роботи підприємства	342
10.5.2. Заходи для скорочення викидів при другому режимі роботи підприємства	344
10.5.3. Заходи для скорочення викидів при третьому режимі роботи підприємства	345
10.6. Оцінювання забруднення атмосферного повітря населених місць	346
10.6.1. Гігієнічні нормативи допустимого вмісту хімічних і біологічних речовин в атмосферному повітрі населених місць	347
10.6.2. Правила оцінювання забруднення атмосферного повітря	349
10.7. Контроль стану навколишнього середовища	352
Контрольні запитання	355

Розділ 11

ЕКОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ	357
11.1 Поняття моніторингу довкілля	357
11.2 Загальні засади державного моніторингу навколишнього природного середовища України.....	360
11.3 Структура і рівні системи державного моніторингу навколишнього природного середовища	361
11.4 Організація роботи системи державного моніторингу навколишнього природного середовища	362
11.5 Порядок функціонування системи державного моніторингу навколишнього природного середовища	366
11.6 Організація спостережень та контролю за забрудненням атмосферного повітря.....	370
11.6.1 Види постів спостережень	374
11.6.2 Програми та терміни спостережень	377
11.6.3 Автоматизовані системи спостереження і контролю за атмосферним повітрям	378
11.7 Екологічне нормування якості атмосферного повітря	380
Контрольні запитання	382
 ЛІТЕРАТУРА	 384
 ГЛОСАРІЙ.....	 389
 ДОДАТКИ.....	 398

ВСТУП

Успадкована Україною спотворена структура промисловості, із переважанням брудних металургійних, хімічних та гірничорудних підприємств зумовила погіршення стану повітряного середовища.

Основними джерелами антропогенного забруднення атмосфери є: виробники енергії (ТЕС, АЕС, ГРЕС, сотні тисяч котелень); усі промислові об'єкти (в першу чергу металургійні, хімічні, нафтопереробні, цементні, целюлозно-паперові); сільське господарство; військова промисловість і військові об'єкти; автотранспорт та інші види транспорту; гірниче виробництво. Вони забруднюють атмосферу сотнями токсичних речовин, та шкідливими фізичними полями, шумами, вібраціями, теплом, тощо.

Загальна маса атмосферного забруднення в Україні оцінюється від 240 до 790 млн. т/рік. При цьому 50-60% припадає на енергетику, до 30% – промисловість, решта – сільське господарство.

За кількістю промислового забруднення на душу населення Україна посідає одне з перших місць в Європі.

На порівняно невеликій території України десятиліттями відбувалось гіпертрофічне зростання виробництва без урахування екологічних факторів, була збудована найбільша кількість атомних електростанцій. В результаті аварії на ЧАЕС близько 50 тон ядерного палива випарувалось і було викинуто в атмосферу у вигляді високорадіоактивних аерозольних продуктів розщеплення палива.

Найпоширенішими шкідливими газовими забруднювачами атмосфери є SO_2 , SO_3 , H_2S , NH_3 , CO , CO_2 , оксиди Нітрогену, бензапірен, сполуки Хлору, Флуору, вуглеводні. Серед промислових аерозолів – зустрічається вугільний пил, зола, сульфати та сульфідні металів (Феруму, Плюмбуму, Купруму, Цинку тощо), кремнезему, хлоридів, сполуки Кальцію, Натрію, Фосфору. У викидах містяться також пари основних кислот (HCl , H_2SO_4 , HNO_3), ртуті, феноли.

В міру збільшення абсолютних кількостей забруднюючих речовин в атмосфері можливості розсіювання викидів для більшості районів

України практично вичерпані. Здатність атмосфери до самоочищення, яке відбувається за рахунок протікання фізико-хімічних процесів між компонентами забруднювачів і компонентами самої атмосфери обмежується, особливо зі збільшенням масштабів її забруднення.

Оскільки виробнича діяльність викликає порушення природного середовища, суспільство зобов'язане взяти на себе турботу щодо відновлення її властивостей та охорони від подальшої деградації.

Захист атмосферного повітря є однією з найбільш актуальних проблем в сучасному технологічному суспільстві, оскільки науково-технічний прогрес і розширення виробництва пов'язане зі зростанням негативних антропогенних впливів на атмосферу.

Подолання сучасних і засторога ймовірних екологічних негараздів є неможливим без застосування сучасних природоохоронних технологій.

Впровадження природоохоронних технологій захисту атмосфери спрямовано на значне зменшення негативного впливу на атмосферу та навколишнє середовище в цілому з одночасним найраціональнішим використанням природних ресурсів і енергії та захистом навколишнього середовища.

Одним із головних напрямків реалізації природоохоронних технологій спрямованих на захист атмосфери є очистка газоподібних відходів перед їх викидом в атмосферу. Підприємства, установи, організації, діяльність яких пов'язана з негативним шкідливим впливом на атмосферне повітря, повинні вживати заходів щодо зменшення обсягів викидів забруднюючих речовин і зниження шкідливого впливу фізичних і біологічних факторів, здійснювати контроль за обсягом та складом забруднюючих речовин, забезпечувати безперебійну та ефективну роботу очисного обладнання. Для знешкодження газових викидів застосовують сорбційні, хімічні і конденсаційні методи.

Даний навчальний посібник присвячений природоохоронним технологіям в галузі охорони атмосферного повітря. Для обґрунтування необхідності захисту повітряного басейну від забруднень розглядаються основні відомості про фізичні та хімічні властивості газоподібних та дисперсних забруднень, про шкоду, яку вони можуть нанести здоров'ю людини, рослинному та тваринному світу.

Детально описані різні методи вловлювання газоподібних і дисперсних викидів, основи вибору та розрахунку очисного обладнання. Наведена методика та приклади розрахунку розсіювання шкідливих речовин в атмосферному повітрі. Розглядаються питання раціонального розташування промислових підприємств та моніторингу довкілля. У посібнику наведені інженерні розрахунки захисту атмосферного повітря від забруднень промисловим пилом і газами, описані конкретні заходи по попередженню і ліквідації негативних наслідків дії техногенних об'єктів на атмосферу і навколишнє середовище.