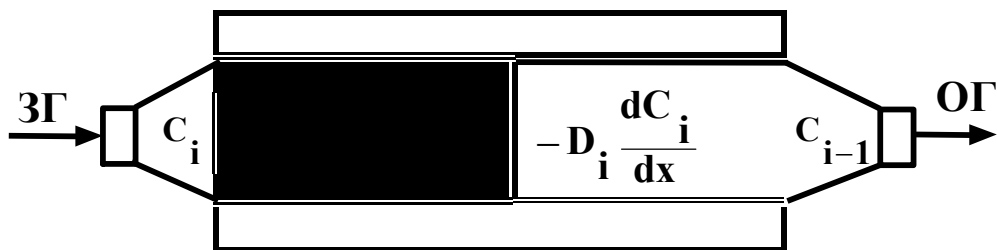


Г.В. Крусір  
М. М. Мадані  
О. Л. Гаркович

# Техніка та технології очищення газових викидів



Міністерство освіти і науки України  
Одеська національна академія харчових технологій

Г.В. Крусір  
М. М. Мадані  
О.Л. Гаркович

**Техніка та технології очищення  
газових викидів**

Рекомендовано Методичною Радою ОНАХТ  
як навчальний посібник для студентів вищих  
навчальних закладів

*Рецензенти:*

**Семенов В.Ф.**, доктор економічних наук, професор (ОНЕУ)

**К.....Є. В.**, кандидат екологічних наук, доцент (ХНАМГ)

Рекомендовано до видання Методичною Радою ОНАХТ.  
Протокол № ----- від -----.

**Крусір Г.В., Мадані М.М., О.Л. Гаркович**

**Техніка та технології очищення газових викидів.**

Навчальний посібник. – Одеса: ОНАХТ-Одеса, 2017. – 207 с.

Наведені класифікації та основні конструктивні особливості засобів для сухого та мокрого пиловловлювання, очищення газів фільтруванням, абсорбційного, адсорбційного й каталітичного очищення газових викидів від газо- й пароподібних забруднень, засоби термічного знешкодження та електричного й магнітного очищення. Викладені методики технологічних й конструктивних розрахунків найбільше поширеного обладнання.

Електронний варіант посібника, розміщений на сайті кафедри екології та природоохоронних технологій ОНАХТ, <http://www..> рекомендується для дистанційної форми навчання.

УДК  
ISBN

© Г.В. Крусір, М.М. Мадані,  
О.Л. Гаркович, 2017

## ЗМІСТ

Передмова. . . . .	6
1 Засоби очищення газових викидів сухими пиловловлювачами. . . . .	8
1.1 Фізичні основи технологічних процесів пиловловлювання. . . . .	8
1.1.1 Гравітаційне осадження частинок . . . . .	9
1.1.2 Інерційне осадження частинок. . . . .	11
1.1.3 Відцентрове осадження частинок . . . . .	14
1.1.4 Дифузійне осадження частинок . . . . .	16
1.1.5 Осадження частинок за рахунок зачеплення . . . . .	18
1.1.6 Ефективність очищення газів від пилу . . . . .	19
1.1.7 Класифікація технологічного обладнання для сухого й мокрого очищення газів від пилу . . . . .	21
1.2 Пилоосаджувальні камери. . . . .	24
1.3 Інерційні пиловловлювачі. . . . .	26
1.4 Циклони . . . . .	29
1.4.1 Загальна характеристика конструкції циклонів. . . . .	29
1.4.2 Циклони загального призначення. . . . .	31
1.4.3 Прямоточні циклони . . . . .	37
1.4.4 Групові і батарейні циклони. . . . .	39
1.5 Вихрові та динамічні пиловловлювачі. . . . .	45
1.6 Розрахунки конструкцій технічних засобів для очищення газових викидів сухими пиловловлювачами . . . . .	47
1.6.1 Визначення розмірів пилоосаджувальної камери. . . . .	47
1.6.2 Технологічні розрахунки циклонів і визначення їх конструктивних розмірів . . . . .	48
2 Засоби сухого очищення газових викидів від пилу фільтруванням . . . . .	54
2.1 Тканинні фільтри. . . . .	54
2.2 Волокнисті фільтри. . . . .	57
2.3 Зернисті фільтри. . . . .	61
2.4 Фільтри для очищення радіоактивних викидів . . . . .	63
2.5 Технологічні розрахунки фільтрів . . . . .	65
3 Засоби мокрого очищення газових викидів від пилу . . . . .	70
3.1 Класифікація обладнання для мокрого пиловловлювання . . . . .	70
3.2 Порожністі газопромивачі . . . . .	72
3.3 Насадкові газопромивачі . . . . .	73
3.4 Пінні пиловловлювачі . . . . .	76
3.5 Ударно-інерційні газопромивачі . . . . .	78
3.6 Газопромивачі відцентрової дії . . . . .	81
3.7 Швидкісні газопромивачі . . . . .	83
3.8 Технологічні розрахунки пінних пиловловлювачів. . . . .	85

4	Засоби для абсорбційного очищення газових викидів від газо- й пароподібних речовин . . . . .	90
4.1	Фізико-хімічні основи очищення газів від газо- й пароподібних забруднень абсорбційним методом . . . . .	90
4.1.1	Суть абсорбційного методу очищення газових викидів . . .	90
4.1.2	Рівновага в системі газ-рідина. . . . .	91
4.1.3	Кінетика процесу абсорбції . . . . .	95
4.2	Класифікація технологічного обладнання для абсорбційного очищення газових викидів . . . . .	100
4.3	Поверхневі насадкові абсорбери. . . . .	104
4.4	Барботажні абсорбери. . . . .	106
4.5	Розпилювальні абсорбери . . . . .	112
4.6	Механічні розпилювальні газопромивачі . . . . .	114
4.7	Технологічні розрахунки розпилювальних пустотілих форсунок абсорберів . . . . .	115
4.8	Технологічні розрахунки насадкових адсорберів . . . . .	120
5	Засоби для адсорбційного очищення газових викидів від газо- й пароподібних речовин. . . . .	125
5.1	Фізико-хімічні основи очищення газів від газо- й пароподібних забруднень адсорбційним методом. . . . .	125
5.1.1	Суть адсорбційного методу очищення газових викидів . .	125
5.1.2	Рівновага й швидкість адсорбції . . . . .	126
5.1.3	Характеристика адсорбентів . . . . .	129
5.2	Класифікація технологічного обладнання для адсорбційного очищення газових викидів. . . . .	133
5.3	Адсорбери з нерухомим шаром адсорбенту. . . . .	135
5.4	Адсорбери з рухомим шаром адсорбенту . . . . .	137
5.5	Адсорбери з киплячим шаром адсорбенту. . . . .	138
5.6	Адсорбери з віброкиплячим шаром адсорбенту. . . . .	140
5.7	Технологічні розрахунки адсорбера періодичної дії з нерухомим шаром адсорбенту. . . . .	143
6	Засоби для каталітичного очищення газових викидів . . . . .	147
6.1	Фізико-хімічні основи каталітичного очищення газових викидів. . . . .	147
6.1.1	Суть каталітичного методу очищення газових викидів	147
6.1.2	Характеристика каталізаторів	150
6.2	Класифікація апаратів для каталітичного очищення газів. . . . .	153
6.3	Апарати з фільтрувальним шаром . . . . .	154
6.4	Термокаталітичні реактори з фільтрувальним шаром. . . . .	156
6.5	Апарати з киплячим шаром каталізатора. . . . .	159
6.6	Реактор з пилеподібним каталізатором. . . . .	161
6.7	Розрахунок реакторів з фільтрувальним шаром . . . . .	163

7	Засоби термічного знешкодження газових викидів . . . . .	166
7.1	Суть термічного знешкодження газових викидів . . . . .	166
7.2	Класифікація пристроїв для термічного знешкодження газових викидів . . . . .	167
7.3	Камерні печі . . . . .	169
7.4	Регенеративні установки термічного знешкодження промис- лових газових викидів. . . . .	170
7.5	Комбіновані установки знешкодження газових викидів. . . . .	173
7.6	Факельні установки. . . . .	174
8	Засоби електричного та магнітного очищення газових викидів. . . . .	177
8.1	Суть електричного методу очищення газових викидів. . . . .	177
8.2	Конструктивні особливості електрофільтрів. . . . .	182
8.3	Технологічні розрахунки електрофільтрів. . . . .	188
8.4	Суть магнітного очищення газових викидів та класифікація технологічного обладнання. . . . .	192
8.5	Електромагнітні фільтри з осердя-насадкою. . . . .	194
8.6	Багатополюсні фільтри з відділеними електромагнітами. . . . .	197
8.7	Фільтри з відділеними постійними магнітами . . . . .	199
8.8	Розрахунок електромагнітного фільтра-осаджувача з осердя-насадкою . . . . .	202
	Література . . . . .	205

## ПЕРЕДМОВА

Цілеспрямовані антропогенні дії на природу зумовлюють не тільки позитивний вплив, але й призводять до негативних наслідків. Важливою характеристикою галузі промисловості та показником науково-технічного рівня й культури виробництва є ступінь екологічності роботи її підприємств. Антропогенна міграція хімічних елементів стала основним фактором зміни навколишнього середовища. Надходження хімічних елементів в навколишнє середовище більше ніж у 100 разів перевищує природний процес.

В зв'язку із збільшенням виробництва електроенергії, добування й переробки нафти, газу й вугілля, виробництва металів, цементу, добрив та інших продуктів хімічної промисловості дуже швидкими темпами забруднюється атмосфера. Щорічно в світі спалюється 7 млрд. т умовного палива. Промисловими, енергетичними та сільськогосподарськими комплексами щороку викидається понад мільярд тонн зважених і газоподібних домішок, що завдають екологічних збитків докілью та економічних втрат суспільству. За останні 100 років в атмосферу потрапило 1 млн. т кремнію; 1,5 млн. т миш'яку; 0,9 млн. т кобальту та багато інших шкідливих речовин. Зараз в атмосфері знаходиться майже 20 млн. т зважених частинок. При спалюванні палива звільняється значна кількість теплоти, яка розсіюється в навколишньому середовищі і суттєво змінює температурний режим та динаміку процесів, що протікають в атмосфері. Значна забрудненість атмосфери призводить до збільшення захворювань людей та зниження біологічної активності флори й фауни.

Найефективнішим методом захисту повітряного басейну від забруднення шкідливими речовинами є впровадження перспективних безвідходних ресурсо- й енергозберігаючих технологічних процесів з замкнутими виробничими циклами. Такі технології дозволяють виключити або суттєво знизити викиди шкідливих речовин в атмосферу. Але це не завжди технологічно можливо й економічно доцільно. Тому для більшості підприємств очищення газів є одним із заходів захисту атмосферного повітря від забруднення.

Значна різноманітність джерел забруднювачів атмосферного повітря, що відрізняються за природою й концентрацією шкідливих речовин, температурою, тиском, періодичністю й часом викиду визначає вибір раціонального обладнання для очищення газових викидів. Залежно від типу забруднювачів та їх фізико-хімічних властивостей використовують різні методи осадження твердих частинок, абсорбційне та адсорбційне очищення газів від паро- й газоподібних забруднень, каталітичне, термічне, електричне та магнітне очищення газових викидів. Вирішення актуальної проблеми – зниження забруднення атмосферного повітря за рахунок підвищення ефективності очищення вентиляційних і