

ВЫСШЕЕ ОБРАЗОВАНИЕ – БАКАЛАВРИАТ

серия основана в 1996 г.



А.В. ЛУКАНИН

ИНЖЕНЕРНАЯ ЭКОЛОГИЯ

ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ОЧИСТКИ ГАЗОВОЗДУШНЫХ ВЫБРОСОВ

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

*Рекомендовано в качестве учебного пособия
для студентов высших учебных заведений,
обучающихся по направлениям подготовки
20.03.01 «Техносферная безопасность»
(квалификация (степень) «бакалавр»)*

Электронно-
Библиотечная
Система
znanium.com

Москва
ИНФРА-М
2017

Оглавление

Введение	3
Глава 1. ОЧИСТКА ГАЗОВОЗДУШНЫХ ВЫБРОСОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ОТ ОКСИДОВ АЗОТА	13
1.1. Генерация оксидов азота и расчет их выбросов	13
1.2. Технологические способы снижения генерации NO_x	17
1.3. Снижение выбросов NO_x путем очистки отходящих газов	20
1.3.1. Высокотемпературное бескаталитическое восстановление оксида азота в зоне горения.....	22
1.3.2. Твердофазная каталитическая очистка газов от оксидов азота	23
1.3.3. Разложение NO_x гомогенными и гетерогенными восстановителями без катализатора.....	27
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	<i>29</i>
Глава 2. ОЧИСТКА ОТХОДЯЩИХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ГАЗОВ ОТ ДИОКСИДА СЕРЫ	30
2.1. Снижение и очистка газовойоздушных выбросов энергетических производств от SO_2	32
2.1.1. Удаление серы из угля	33
2.1.2. Снижение содержания серы в жидких топливах.....	33
2.1.3. Снижение выбросов SO_2 при горении	35
2.2. Методы очистки отходящих газов от SO_2	36
2.2.1. Абсорбции SO_x в водных растворах или суспензиях активного вещества.....	36
2.2.2. Адсорбционные методы	40
2.2.3. Каталитическое окисление SO_2	41
2.2.4. Комбинированные способы	41
2.2.5. Методы очистки ГВВ одновременно от оксидов азота и серы	42
2.3. Аппаратура для процессов абсорбции и хемосорбции SO_2	43
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	<i>46</i>
Глава 3. ОЧИСТКА ГАЗОВОЗДУШНЫХ ВЫБРОСОВ ОТ ОКСИДОВ УГЛЕРОДА	48
3.1. Генерация оксида углерода и расчет его выбросов	48
3.2. Методы борьбы с выбросами оксида углерода.....	51
3.2.1. Абсорбционные методы.....	51
3.2.2. Каталитические методы	54
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	<i>60</i>
Глава 4. ДИОКСИД УГЛЕРОДА И МЕТОДЫ ЕГО ВЫДЕЛЕНИЯ ИЗ ГВВ	61
4.1. Использование CO_2 в промышленности	61
4.2. Абсорбционные методы улавливания CO_2	62
4.3. Хемосорбционная очистка.....	66
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	<i>76</i>

Глава 5. ОЧИСТКА ОТХОДЯЩИХ ГАЗОВ ОТ СЕРОВОДОРОДА И СЕРООРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ	77
5.1. Общая характеристика и особенности воздействия H_2S на человека	77
5.2. Методы очистки газа от сероводорода	79
5.2.1. Абсорбционные и хемосорбционные методы	79
5.2.2. Адсорбционные методы	89
5.3. Очистка газа от сероорганических соединений	94
5.3.1. Абсорбционные методы улавливания	95
5.3.2. Адсорбционные методы	96
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	<i>98</i>
Глава 6. ОЧИСТКА ГАЗОВ ОТ ГАЛОГЕНОВ И ИХ СОЕДИНЕНИЙ	99
6.1. Очистка от хлора и его соединений	99
6.1.1. Свойства хлора и хлористого водорода, их получение и применение	99
6.1.2. Абсорбционные и хемосорбционные методы очистки от хлора	101
6.1.3. Адсорбционные методы очистки	107
6.2. Очистка газов от фтора и его соединений	108
6.2.1. Сырьевые ресурсы фтора и его характеристика	108
6.2.2. Основные источники выбросов соединений фтора	109
6.2.3. Сухие методы очистки ГВВ от соединений фтора	116
6.2.4. Мокрые способы очистки ГВВ от соединений фтора	118
6.3. Очистка газов от брома, йода и их соединений	124
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	<i>127</i>
Глава 7. ОЧИСТКА ОТХОДЯЩИХ ГАЗОВ ОТ ЛЕГКОЛЕТУЧИХ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ (ЛОВ)	128
7.1. Деструктивные методы очистки	128
7.1.1. Химические методы разложения ЛОВ	128
7.1.2. Каталитические методы разложения ЛОВ	129
7.2. Утилизационные методы очистки газов от ЛОВ	134
7.2.1. Абсорбция — десорбция	134
7.2.2. Адсорбционные методы	136
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	<i>142</i>
Глава 8. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПО СОКРАЩЕНИЮ ГАЗОВОЗДУШНЫХ ВЫБРОСОВ	143
8.1. Существующие системы очистки ГВВ крупнотоннажных производств кормового белка	143
8.2. Экологически усовершенствованные крупнотоннажные биотехнологические производства	147
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	<i>157</i>
Глава 9. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ, ПОСТУПАЮЩИХ В ВОЗДУХ ИЗ ГАЗОВОГО И ЖИДКОСТНОГО ОБЪЕМА ТРУБОПРОВОДОВ И ОБОРУДОВАНИЯ	158
9.1. Методы определения количества вредных веществ, поступающих в наружную среду	158
9.2. Расчет количества вредных веществ, поступающих в атмосферный воздух из газового объема трубопроводов и оборудования	160

9.2.1. Расчет выбросов от трубопроводов и оборудования, находящихся под давлением	160
9.2.2. Расчет выбросов от трубопроводов и оборудования, находящихся под разрежением	164
9.2.3. Эмпирические зависимости для инженерных расчетов выбросов вредных веществ для различных видов оборудования.....	168
9.3. Определение количества вредных веществ, поступающих в воздух из жидкостного объема трубопроводов и оборудования. Зависимости для инженерного расчета.....	172
9.4. Испарение вредных веществ со свободной поверхности жидкости.....	174
9.4.1. Зависимости для инженерного расчета испарения вредных веществ со свободной поверхности жидкости для различных аэрогидродинамических случаев.....	176
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	179

Глава 10. СУХИЕ СПОСОБЫ ОЧИСТКИ ГАЗОВОЗДУШНЫХ ВЫБРОСОВ 181

10.1. Пылеосадительные камеры, пылеосадители инерционного действия и жалюзийные аппараты	182
10.2. Циклонные аппараты	186
10.3. Вихревые пылеуловители	199
10.4. Динамические пылеуловители.....	202
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	206

Глава 11. ФИЛЬТРЫ 207

11.1. Общие сведения о процессе фильтрации и видах фильтров	207
11.2. Волокнистые фильтры	209
11.2.1. Теоретические основы осаждения частиц в волокнистых фильтрах	209
11.2.2. Волокнистые фильтры тонкой очистки	214
11.2.3. Глубокие фильтры.....	224
11.2.4. Фильтры грубой или предварительной очистки.....	226
11.2.5. Мокрые волокнистые фильтры	228
11.3. Воздушные фильтры.....	237
11.3.1. Воздушные фильтры III класса.....	239
11.3.2. Воздушные фильтры II класса.....	245
11.3.3. Воздушные высокоэффективные фильтры I класса.....	247
11.4. Зернистые фильтры.....	249
11.4.1. Зернистые насыпные фильтры	252
11.4.2. Зернистые жесткие фильтры	260
11.5. Тканевые фильтры.....	267
11.5.1. Принцип улавливания пыли тканями	267
11.5.2. Материалы, используемые для тканевых фильтров	272
11.5.3. Нетканые материалы	276
11.5.4. Гидравлическое сопротивление тканевых фильтров.....	278
11.5.5. Устройство тканевых фильтров.....	285
11.5.6. Способы регенерации тканевых фильтров	291
11.5.7. Методы расчета тканевых фильтров	300
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	303

Глава 12. ЭЛЕКТРОФИЛЬТРЫ	304
12.1. Принцип действия электрофильтра	305
12.2. Основы метода электрофильтрации	307
12.2.1. Коронный разряд	307
12.2.2. Осаждение частиц под действием электрических зарядов	311
12.2.3. Зарядка частиц в поле коронного разряда.....	312
12.2.4. Движение частиц в электрофильтрах.....	315
12.3. Классификация электрофильтров.....	317
12.4. Осадительные и коронирующие электроды, системы их подвески и встряхивания.....	318
12.4.1. Осадительные электроды	318
12.4.2. Коронирующие электроды	321
12.4.3. Системы подвески и встряхивания электродов.....	323
12.5. Корпуса электрофильтров и газораспределительные устройства	326
12.6. Сухие электрофильтры.....	328
12.7. Мокрые электрофильтры.....	341
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	344
Глава 13. МОКРОЕ ПЫЛЕУЛАВЛИВАНИЕ	345
13.1. Физические основы мокрой очистки газов	346
13.1.1. Гидродинамика пузырьков	349
13.1.2. Гидродинамика капель	351
13.1.3. Гидродинамика пленки	355
13.2. Осаждение частиц в аппаратах мокрой очистки	356
13.2.1. Осаждение частиц на пленку жидкости	356
13.2.2. Улавливание частиц при барботаже.....	359
13.2.3. Осаждение частиц распыленной водой.....	362
13.2.4. Осаждение частиц в турбулентном потоке	364
13.3. Гидравлическое сопротивление мокрых пылеуловителей.....	367
13.4. Эффективность мокрых пылеуловителей	371
13.4.1. Энергетический метод расчета мокрых пылеуловителей	374
13.5. Подвод орошающей жидкости в мокрые пылеуловители.....	379
13.5.1. Классификация распыливающих и оросительных устройств и области их применения.....	379
13.5.2. Основные характеристики механических форсунок	384
13.5.3. Распыливание жидкости пневматическими форсунками.....	386
13.6. Полюе газопромыватели.....	387
13.7. Насадочные скрубберы	394
13.7.1. Гидравлическое сопротивление насадочных скрубберов	398
13.7.2. Улавливание пыли в насадочных скрубберах.....	401
13.8. Тарельчатые пылеуловители	404
13.8.1. Эффективность улавливания пыли в пенных аппаратах.....	408
13.9. Газопромыватели с псевдооживленным слоем шаровой насадки	413
13.10. Газоочистные аппараты ударно-инерционного действия.....	419
13.11. Мокрые аппараты центробежного действия	428
13.12. Механические газопромыватели	436
13.13. Скоростные газопромыватели (скрубберы Вентури)	440
13.13.1. Конструкции скрубберов Вентури.....	442
13.13.2. Гидравлическое сопротивление и эффективность работы скрубберов Вентури.....	446

13.14. Брызгоунос и сепарация капель.....	454
13.15. Водное хозяйство мокрых газоочистных установок	465
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	<i>468</i>

Глава 14. БИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ДЕЗОДОРАЦИИ И ОЧИСТКИ

ГАЗОВОЗДУШНЫХ ВЫБРОСОВ 471

14.1. Рост и размножение микроорганизмов	475
14.2. Основы биологической очистки газовоздушных выбросов.....	482
14.2.1. Состав активного ила и биопленки	482
14.3. Деодорация газовоздушных выбросов в биофильтрах.....	487
14.4. Деодорация газовоздушных выбросов в биоскрубберах	492
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	<i>504</i>

Библиографический список 505