

М. Г. Ладыгинчев
Г. А. Бернер

ЗАРУБЕЖНОЕ И ОТЕЧЕСТВЕННОЕ
ОБОРУДОВАНИЕ
ДЛЯ ОЧИСТКИ ГАЗОВ

СПРАВОЧНОЕ ИЗДАНИЕ

“Теплотехник”

М. Г. Ладыгичев, Г. Я. Бернер

**ЗАРУБЕЖНОЕ
И ОТЕЧЕСТВЕННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ
ДЛЯ ОЧИСТКИ ГАЗОВ**

Справочник

“Теплотехник”
Москва, 2004

УДК 614.71:[669.504.3.054(03)]

ББК 22.365(2Рос)я2

Л15

Рецензент: канд. техн. наук В. Л. Гусовский

Л15 **Ладыгичев М. Г., Бернер Г. Я.**

Зарубежное и отечественное оборудование для очистки газов: Справочное издание / М. Г. Ладыгичев, Г. Я. Бернер. — М.: Теплотехник, 2004. — 696 с.

В данной книге приводятся материалы по наиболее актуальным проблемам защиты окружающей среды: ГОСТы на пыли и очистное оборудование, основные типы фильтров и их модернизация, новые материалы для увеличения срока службы фильтров, усовершенствование конструкции аппаратов, новая технология очистки газов, способы уменьшения потребления энергии очистными устройствами, методы расчета очистных устройств, методики исследования газовых потоков, наименование и адреса зарубежных фирм, производящих газоочистное оборудование. Книга дает возможность широкому кругу специалистов, как в области охраны окружающей среды, так и работающих на других производствах, решать актуальные вопросы по очистке газов от вредных выбросов с помощью материала, изложенного в предлагаемом справочнике. Она полезна для преподавателей и студентов вузов и колледжей.

Ил. 572. Табл. 214. Библиограф. список: 245 назв.

Работа представлена в авторской редакции.

Справочное издание

Михаил Григорьевич Ладыгичев

Геннадий Яковлевич Бернер

Зарубежное и отечественное оборудование для очистки газов

Компьютерная верстка *А.Г. Борисова*

Корректор *Е. С. Павлова*

Подписано в печать 08.01.04. Формат бумаги 60×88 1/8

Бумага офсетная № 1 Печать офсетная

Усл. печ. л. 87. Усл. кр.-отг. 87. Уч.-изд. л. 83,52

Тираж 1000 экз. Зак. 9690

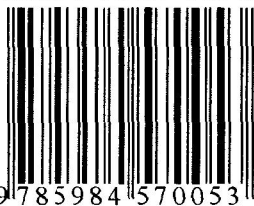
Издательство “Теплотехник”

103064, Москва, ул. Земляной Вал, 27, стр. 3

Отпечатано с оригинал-макета в ППП “Типография “Наука”

121099, Москва, Шубинский пер., 6

ISBN 5-98457-005-X



9 785984 570053

ISBN 5-98457-005-X (1-й з-д)

© Ладыгичев М. Г., Бернер Г. Я., 2004 г.

© “Теплотехник”, 2004 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|--|-----------|
| Введение..... | 9 |
| Глава 1. Международные стандарты по управлению качеством среды | 10 |
| Глава 2. Международные стандарты на фильтры, классификация пылей | 14 |
| Глава 3. Деятельность государств по сохранению чистоты окружающей среды | 19 |
| 3.1. Германия | 19 |
| 3.2. Швеция | 20 |
| 3.3. Франция | 21 |
| 3.4. Австралия | 23 |
| 3.5. Великобритания | 24 |
| 3.6. Япония | 25 |
| 3.7. США | 28 |
| Глава 4. Основные типы фильтров | 30 |
| 4.1. Типы фильтров | 30 |
| 4.2. Классификация пылей и область применения улавливающих устройств | 37 |
| 4.3. Характеристика фильтров | 40 |
| 4.3.1. Циклоны | 45 |
| 4.3.2. Электрофильтры | 46 |
| 4.3.3. Тканевые фильтры | 47 |
| 4.3.4. Аппараты мокрой очистки | 49 |
| 4.3.5. Абсорбционные и адсорбционные установки | 49 |
| 4.3.6. Обессеривание газов | 52 |
| 4.3.7. Термическая очистка | 53 |
| 4.3.8. Биологическая очистка | 55 |
| 4.4. Свойства материалов, используемых в фильтрах | 56 |
| 4.4.1. Материалы фильтров | 56 |
| 4.4.2. Натуральные и синтетические ткани | 59 |
| 4.4.3. Активированный уголь | 65 |
| 4.4.4. Керамический материал | 67 |
| 4.4.5. Металлический материал | 68 |
| 4.4.6. Прочие используемые материалы | 72 |
| Глава 5. Конструкция газоочистных устройств | 74 |
| 5.1. Совершенствование конструкций очистных устройств в зарубежной практике обезвреживания газов | 74 |
| 5.2. Газоочистное оборудование зарубежных фирм | 86 |
| 5.2.1. Газоочистное оборудование фирмы "Bristol" (Германия) | 86 |
| 5.2.2. Фильтры фирмы "Abo Fischer Filtertechnik" (Германия) | 89 |
| 5.2.3. Фильтровальные элементы фирмы "EMW Filtertechnik" (Германия) | 90 |
| 5.2.4. Фильтровальные элементы фирмы "PROCON" (Австрия) | 92 |
| 5.2.5. Фильтровальные элементы фирмы "LUHR" (Германия) | 94 |
| 5.2.6. Адсорбционные фильтры фирмы "RV" (Германия) | 99 |
| 5.2.7. Скрубберы фирмы "VENTI OELDE" (Германия) | 101 |
| 5.2.8. Фильтры фирмы "Filcon" (Дания) | 106 |
| 5.2.9. Аэрозольные сепараторы фирмы "NSW" (Германия) | 107 |
| 5.2.10. Установка для термического обезвреживания газа с утилизацией тепла фирмы "REECO" (Дания) | 108 |
| 5.2.11. Установка для термического обезвреживания газа фирмы "MOLNAR" (Германия) | 108 |
| 5.1.12. Газоочистные аппараты фирмы "NICHIAS" (Япония) | 109 |
| 5.2.13. Газоочистные установки фирмы "LTG" (Англия) | 113 |
| 5.2.14. Газоочистные модульные системы фирмы "Mikropul" (США) | 117 |
| 5.2.15. Аппараты мокрого каталитического окисления фирмы "DGE" (Германия) | 118 |
| 5.2.16. Биофильтры фирмы "FGMA" (Германия) | 120 |
| 5.2.17. Биофильтры фирмы "THOLANDER" (Германия) | 120 |
| 5.2.18. Установки десульфурации фирмы "Flakt" (США) | 120 |
| 5.2.19. Импульсно-струйные тканевые фильтры фирмы "Australia Ltd" (Австралия) | 125 |
| 5.2.20. Аппараты очистки воздуха от оксидов азота фирмы "Industriella Processer AB" (Швеция) | 128 |
| 5.2.21. Системы кондиционированной сухой абсорбции фирмы "Industrienlagen GmbH" (Германия) | 132 |
| 5.2.22. Газоочистное оборудование фирмы "A/S Norsk Viftefabrikk" (Норвегия) | 137 |

| | |
|--|-----|
| 5.2.23. Пылеочистное оборудование фирмы "Industri AB" (Швеция) | 139 |
| 5.2.24. Газоочистное оборудование фирмы "ABB" (Швеция) | 143 |
| 5.2.25. Устройства термического окисления фирмы "BLUM" (Германия) | 150 |
| 5.2.26. Газоочистное оборудование фирмы "Rotamil" (Германия) | 151 |
| 5.2.27. Электрофильтры зарубежных фирм | 156 |
| 5.3. Комплексная очистка газа | 161 |
| Глава 6. Очистка газа от химических соединений | 173 |
| 6.1. Рекомендуемая технология очистки газов | 173 |
| 6.2. Очистка газов от NO _x | 176 |
| 6.3. Очистка газов от SO ₂ | 178 |
| 6.4. Физические методы очистки газов. Очистка газов с помощью электрического разряда | 182 |
| Глава 7. Катализаторы для очистки газа | 184 |
| 7.1. Химические реакции в газовом потоке | 184 |
| 7.2. Каталитические свойства отдельных элементов и соединений | 185 |
| 7.2.1. Металлы | 185 |
| 7.2.2. Углеводороды | 194 |
| 7.2.3. Аммиак | 205 |
| 7.2.4. Соединения металлов | 211 |
| 7.2.5. Оксид углерода | 221 |
| 7.2.6. Восстановление катализаторов | 226 |
| Приложение 1. Наименование, адреса и телефоны зарубежных фирм, производящих газоочистное оборудование | 228 |
| П.1.1. Фирмы, изготавливающие тканевые фильтры | 228 |
| П.1.2. Фирмы, изготавливающие электрофильтры | 238 |
| П.1.3. Деятельность немецких фирм в области охраны окружающей среды | 248 |
| П.1.4. Адреса и телефоны немецких фирм | 252 |
| Приложение 2. Выбор отечественного газоочистного оборудования и его расчет | 257 |
| Глава П.2.1. Сухие механические пылеуловители | 257 |
| П.2.1.1. Пылеосадительные камеры | 257 |
| П.2.1.2. Инерционные пылеуловители | 262 |
| П.2.1.3. Циклоны | 266 |
| П.2.1.3.1. Типы циклонов и основные правила их эксплуатации | 268 |
| П.2.1.3.2. Циклоны типа ЦН-15 | 269 |
| П.2.1.3.3. Циклоны типа ЦН-15 во взрывобезопасном исполнении | 272 |
| П.2.1.3.4. Групповые циклоны | 273 |
| П.2.1.3.5. Конические циклоны конструкции НИИОгаза | 275 |
| П.2.1.3.6. Конические циклоны типа СКЦН-34 | 275 |
| П.2.1.3.7. Циклоны СИОТ | 278 |
| П.2.1.3.8. Определение гидравлического сопротивления и размеров циклона | 280 |
| П.2.1.3.9. Расчет производительности циклонов | 282 |
| П.2.1.3.10. Расчет эффективности циклонов | 283 |
| П.2.1.3.11. Батарейные циклоны | 290 |
| П.2.1.3.12. Батарейные циклоны БЦ-2 | 292 |
| П.2.1.3.13. Батарейные циклоны ПБЦ | 293 |
| П.2.1.3.14. Батарейные циклоны ЦБ-254Р | 296 |
| П.2.1.3.15. Батарейные циклоны ЦБР-150У | 297 |
| П.2.1.3.16. Расчет батарейных циклонов | 299 |
| П.2.1.4. Вихревые пылеуловители | 301 |
| П.2.1.5. Ротационные пылеуловители | 302 |
| Глава П.2.2. Аппараты мокрой очистки газов | 305 |
| П.2.2.1. Полые форсуночные скрубберы | 306 |
| П.2.2.1.1. Входные характеристики полых форсуночных скрубберов | 310 |
| – Механические форсунки | 310 |
| – Плоскофакельная форсунка | 312 |
| – Пневматические форсунки | 314 |
| П.2.2.1.2. Типовые параметры полых скрубберов | 315 |
| П.2.2.1.3. Тепло- и массообмен в слое | 317 |
| П.2.2.1.4. Расчет эффективности мокрых пылеуловителей | 320 |

| | |
|---|------------|
| – Энергетический метод расчета мокрых пылеуловителей | 320 |
| П.2.2.1.5. Гидравлическое сопротивление мокрых пылеуловителей | 324 |
| П.2.2.2. Скрубберы Вентури | 327 |
| П.2.2.2.1. Устройство и работа | 327 |
| – Дробление жидкости и захват пыли каплями в трубе Вентури | 328 |
| – Теоретические основы улавливания пыли в скруббере Вентури | 329 |
| – Теплообмен в трубе Вентури | 332 |
| – Организация орошения труб Вентури | 333 |
| – Различные типы скрубберов Вентури | 334 |
| – Расчет скрубберов Вентури | 338 |
| П.2.2.2.2. Унифицированные типоразмеры скрубберов Вентури | 341 |
| П.2.2.2.3. Брызгоунос и сепарация капель | 345 |
| – Гравитационные каплеуловители | 345 |
| – Инерционные каплеуловители | 345 |
| – Центробежные каплеуловители | 347 |
| П.2.2.3. Насадочные газопромыватели | 349 |
| П.2.2.3.1. Улавливание пыли в насадочных скрубберах | 351 |
| П.2.2.4. Тарельчатые газоочистные аппараты | 353 |
| П.2.2.5. Скрубберы с подвижной насадкой | 357 |
| П.2.2.5.1. Конические скрубберы с подвижной шаровой насадкой | 359 |
| П.2.2.5.2. Скрубберы с колеблющейся насадкой | 360 |
| П.2.2.6. Мокрые аппараты ударно-инерционного действия | 361 |
| П.2.2.6.1. Пылеуловитель типа ПВМ | 361 |
| П.2.2.6.2. Саморегулирующийся газопромыватель | 362 |
| П.2.2.6.3. Гидродинамический пылеуловитель тип ПВ-2 | 363 |
| П.2.2.6.4. Скруббер Дойля | 364 |
| П.2.2.7. Мокрые аппараты центробежного действия | 364 |
| П.2.2.7.1. Циклон с водяной пленкой (ЦВП) | 366 |
| П.2.2.7.2. Скоростной промыватель СИОТ | 367 |
| П.2.2.7.3. Центробежный скруббер с тангенциальным подводом газов | 368 |
| П.2.2.7.4. Аппарат ЦПА | 369 |
| П.2.2.7.5. Ротоклон типа “R” | 370 |
| П.2.2.7.6. Центробежный скруббер батарейного типа СЦВВ-20 | 371 |
| П.2.2.8. Мокрые пылеуловители с внутренней циркулирующей жидкости | 371 |
| П.2.2.8.1. Конструкции мокрых пылеуловителей с внутренней циркуляцией жидкости и их классификация | 371 |
| П.2.2.8.2. Организация гидродинамического взаимодействия фаз | 375 |
| П.2.2.8.3. Гидравлическое сопротивление и гидродинамический КПД | 378 |
| П.2.2.8.4. Механизм улавливания пыли | 382 |
| П.2.2.8.5. Перспективные конструкции МП ВЦЖ | 386 |
| П.2.2.9. Водное хозяйство мокрых газоочисток | 389 |
| Глава П.2.3. Очистка газов фильтрованием | 391 |
| П.2.3.1. Характеристики пористой перегородки | 392 |
| П.2.3.2. Определение эффективности и гидравлического сопротивления пористого фильтра | 393 |
| П.2.3.3. Фильтры тонкой очистки | 396 |
| П.2.3.4. Воздушные фильтры | 398 |
| П.2.3.4.1. Воздушные фильтры III класса | 398 |
| – Ячейковые (кассетные) сеточные фильтры | 398 |
| – Масляные самоочищающиеся фильтры | 399 |
| – Рулонные (катушечные) автоматические фильтры | 400 |
| П.2.3.4.2. Воздушные фильтры II класса | 401 |
| П.2.3.4.3. Воздушные фильтры I класса | 401 |
| П.2.3.5. Промышленные фильтры | 401 |
| П.2.3.5.1. Общие сведения | 401 |
| П.2.3.5.2. Фильтровальные материалы | 403 |
| – Шерстяные и смешанные ткани | 404 |
| – Ткани из синтетических волокон | 404 |
| – Нитроновые ткани | 404 |
| – Лавсановые ткани | 404 |
| – Оксалоновые ткани повышенной термостойкости | 404 |
| – Стекланые ткани | 404 |
| – Нетканые материалы | 406 |
| П.2.3.6. Конструкции промышленных фильтров | 407 |

| | |
|---|------------|
| П.2.3.6.1. Классификация промышленных фильтров по их конструктивным признакам | 407 |
| – Классификация по типу фильтрующих элементов | 407 |
| – Классификация по системе регенерации. Фильтры с посекционной и поэлементной системой регенерации | 408 |
| – Классификация по типу устройств регенерации | 409 |
| П.2.3.6.2. Основные типы фильтров | 410 |
| – Фильтры с посекционной регенерацией | 410 |
| – Фильтры с поэлементной регенерацией | 412 |
| П.2.3.6.3. Фильтрующие элементы | 415 |
| – Бескаркасные рукава | 415 |
| – Жесткокаркасные цилиндрические фильтрующие элементы | 417 |
| – Жесткокаркасные нецилиндрические фильтрующие элементы | 417 |
| П.2.3.6.4. Элементы продувочных систем | 418 |
| – Запорные клапаны | 418 |
| – Устройства импульсной продувки | 419 |
| – Устройства струйной продувки | 419 |
| П.2.3.6.5. Механические устройства регенерации | 420 |
| – Механизмы вертикального встряхивания | 420 |
| – Механизмы качания рукавов | 423 |
| – Механизмы вращения рукавов | 423 |
| – Вибрационные механизмы | 423 |
| П.2.3.7. Серийно выпускаемые промышленные рукавные фильтры и их характеристики | 424 |
| П.2.3.7.1. Рукавные фильтры типа ФРКИ | 424 |
| П.2.3.7.2. Рукавные фильтры типа ФРКДИ | 425 |
| П.2.3.7.3. Рукавные фильтры типа ФРО | 426 |
| П.2.3.7.4. Рукавные фильтры типа УРФМ | 427 |
| П.2.3.7.5. Фильтры типа СМЦ | 428 |
| П.2.3.7.6. Рукавный фильтр РФСП-1580 | 428 |
| П.2.3.8. Зернистые фильтры | 429 |
| П.2.3.8.1. Слоевые насыпные зернистые фильтры | 429 |
| П.2.3.8.2. Зернистые жесткие фильтры | 429 |
| – Металлокерамические фильтры | 430 |
| – Керамические фильтры | 430 |
| П.2.3.9. Волокнистые фильтры капле- и туманоуловители | 431 |
| П.2.3.9.1. Низкоскоростные мокрые волокнистые фильтры | 431 |
| П.2.3.9.2. Высокоскоростные мокрые волокнистые фильтры | 432 |
| П.2.3.9.3. Двухступенчатые мокрые волокнистые фильтры | 433 |
| П.2.3.9.4. Сеточные брызгоуловители | 433 |
| П.2.3.10. Расчет тканевых (рукавных) фильтров | 433 |
| П.2.3.10.1. Расчет фильтров по скорости фильтрации \bar{u}_f , выбранной по опытным эксплуатационным данным | 434 |
| П.2.3.10.2. Расчет скорости фильтрации по гидравлическому сопротивлению | 434 |
| Глава П.2.4. Электрофильтры | 438 |
| П.2.4.1. Классификация и конструкции электрофильтров | 438 |
| П.2.4.1.1. Элементы конструкций электрофильтров | 438 |
| П.2.4.1.2. Однозонные унифицированные сухие электрофильтры | 441 |
| – Электрофильтры серии УГ | 442 |
| – Электрофильтры серии ЭГА | 443 |
| – Электрофильтр серии ЭГТ | 446 |
| – Электрофильтры серии УВ | 447 |
| – Электрофильтры УВВ (ЭВВ) | 448 |
| П.2.4.1.3. Мокрые трубчатые однозонные электрофильтры типа ДМ | 449 |
| – Электрофильтры серий С и ПГ | 450 |
| П.2.4.1.4. Двухзонные электрофильтры | 451 |
| П.2.4.2. Электрическое оборудование электрофильтров | 452 |
| П.2.4.2.1. Способы повышения напряжения и выпрямления тока | 452 |
| П.2.4.2.2. Методы регулирования напряжения на электродах | 454 |
| П.2.4.2.3. Агрегаты питания электрофильтров | 455 |
| – Агрегаты питания типа АФАСи АРС | 456 |
| – Агрегаты питания типа АИФ | 456 |
| – Агрегаты питания типа АУФ | 456 |
| – Агрегаты питания серии АТФ. Прибор регулирования ПРТ | 456 |

| | |
|---|------------|
| – Агрегаты питания серии АТПОМ | 459 |
| – Прибор регулирования ПВП | 462 |
| – Прибор дистанционного управления ПДУ | 464 |
| – Выбор агрегатов питания | 465 |
| П.2.4.2.4. Высоковольтный кабель для электрофильтров | 466 |
| П.2.4.3. Преобразовательные подстанции | 467 |
| П.2.4.4. Эксплуатация электрофильтров | 468 |
| П.2.4.4.1. Влияние различных факторов на работу электрофильтра | 468 |
| П.2.4.4.2. Электрические режимы питания электрофильтров | 469 |
| П.2.4.4.3. Эксплуатация электрофильтров | 471 |
| П.2.4.4.4. Выбор и расчет эффективности электрофильтров | 472 |
| Глава П.2.5. Адсорбенты для улавливания газообразных примесей | 474 |
| П.2.5.1. Промышленные адсорбенты. Особенности структуры и адсорбционной способности | 474 |
| П.2.5.2. Адсорбционные аппараты | 481 |
| Глава П.2.6. Абсорберы и ионообменные аппараты | 491 |
| П.2.6.1. Интенсификация и аппаратное оформление абсорбционных процессов | 492 |
| П.2.6.1.1. Поверхностные абсорберы | 492 |
| П.2.6.1.2. Барботажные абсорберы | 497 |
| П.2.6.1.3. Распыливающие абсорберы | 501 |
| П.2.6.1.4. Абсорберы с секционированными тарелками | 504 |
| П.2.6.1.5. Сепараторы | 506 |
| П.2.6.2. Современное аппаратное оформление процессов ионообменной очистки | 508 |
| Глава П.2.7. Охлаждение газов перед очисткой | 510 |
| П.2.7.1. Охлаждение газов подмешиванием атмосферного воздуха | 510 |
| П.2.7.2. Охлаждение газов в поверхностных теплообменниках | 511 |
| П.2.7.3. Охлаждение газов при непосредственном контакте с водой | 513 |
| Глава П.2.8. Газоотводящие тракты | 515 |
| П.2.8.1. Компенсаторы газоходов | 515 |
| П.2.8.2. Предохранительные клапаны | 518 |
| П.2.8.3. Газоперекрывающие и регулирующие устройства на газоходах | 523 |
| П.2.8.4. Вентиляторы и дымососы | 526 |
| П.2.8.4.1. Основы аэродинамического расчета газоотводящего тракта | 526 |
| П.2.8.4.2. Выбор вентиляторов, дымососов и электродвигателей | 528 |
| П.2.8.4.3. Основные технические параметры вентиляторов и дымососов, используемых в системах пылеулавливания | 529 |
| Глава П.2.9. Выгрузка и транспортировка уловленной пыли | 537 |
| П.2.9.1. Устройство для сухой выгрузки пыли | 537 |
| П.2.9.1.1. Устройства для непрерывной выгрузки пыли | 537 |
| П.2.9.1.2. Устройства для периодической выгрузки пыли | 540 |
| П.2.9.2. Устройства для мокрой выгрузки пыли | 541 |
| П.2.9.3. Транспортировка пыли | 542 |
| П.2.9.3.1. Сухая механическая транспортировка | 542 |
| – Винтовые конвейеры | 542 |
| – Цепные транспортеры | 543 |
| – Загрузочная установка | 544 |
| П.2.9.3.2. Пневматический транспорт | 545 |
| – Высоконапорная система пылетранспорта | 546 |
| – Низконапорная система пылетранспорта | 550 |
| – Вакуумная система пылетранспорта | 551 |
| – Вакуум-насосы, воздухоподогреватели и компрессоры для пневматического транспорта | 553 |
| – Комбинированные системы пылетранспорта | 553 |
| – Аэрожелобы | 553 |
| – Смешанный пылетранспорт | 555 |
| – Трубопроводы для пневматического транспорта | 555 |
| – Устройства для выделения пыли из транспортирующего ее воздуха. Накопительные бункеры и донные выгрузатели | 559 |
| П.2.9.3.3. Массовая и объемная концентрация пыли в системах пневмотранспорта | 561 |
| П.2.9.3.4. Скорость транспортирующего воздуха в трубопроводах пневматического транспорта | 562 |

| | |
|--|-----|
| Глава П.2.10. Контроль и автоматизация пылеулавливающих установок | 563 |
| П.2.10.1 Основные контролируемые параметры | 563 |
| П.2.10.2. Автоматические приборы для определения запыленности газов косвенными методами | 564 |
| П.2.10.3. Некоторые автоматизируемые процессы установок пылеулавливания | 564 |
| П.2.10.3.1. Температурный режим | 564 |
| П.2.10.3.2. Манометрический режим | 564 |
| П.2.10.3.3. Отряхивание электродов | 565 |
| П.2.10.3.4. Распределение газов | 565 |
| П.2.10.4. Некоторые серийно выпускаемые регистрирующие, сигнальные и регулирующие приборы | 565 |
| П.2.10.4.1. Измерение температуры | 565 |
| П.2.10.4.2. Измерение статических напоров и разности напоров | 568 |
| П.2.10.4.3. Прибор регулирования нагрева изоляторов электрофильтров | 570 |
| П.2.10.4.4. Прибор автоматического управления механизмами встряхивания и вибрации (типа ПВВ) | 570 |
| П.2.10.4.5. Программное устройство управления регенерацией рукавных фильтров ПУРФ-1М для рукавных фильтров типа ФРКИ и ФРКДИ | 571 |
| П.2.10.4.6. Анализ газов | 572 |
| П.2.10.4.7. Индикаторы уровня | 573 |
| Библиографический список к приложению 2 | 575 |
| Приложение 3. Способы определения основных физико-химических свойств пылей | 580 |
| П.3.1. Определение плотности промышленных пылей | 580 |
| П.3.2. Определение удельной поверхности и среднего размера частиц пылей методом измерения воздухопроницаемости | 584 |
| П.3.3. Определение дисперсного состава пылей методом отбора весовых проб | 586 |
| П.3.4. Определение дисперсного состава пылей с помощью трехциклонного сепаратора | 591 |
| П.3.5. Определение дисперсного состава пылей с помощью струйного сепаратора (импактора) | 596 |
| П.3.6. Исследование дисперсного состава капель распыленной жидкости методом светорассеяния под малыми углами | 600 |
| Приложение 4. Методы измерения параметров запыленных газовых потоков | 605 |
| П.4.1. Измерение влажности запыленного газового потока | 605 |
| П.4.2. Исследование поля скоростей газового потока | 612 |
| П.4.3. Исследование эффективности применения выравнивающих устройств | 616 |
| П.4.4. Исследование запыленности газа методами внешней и внутренней фильтрации | 624 |
| П.4.5. Определение методом ЭГДА поля скоростей при обтекании потоком лопатки направляющего устройства газоочистного аппарата | 631 |
| П.4.6. Определение параметров плоской и осесимметричной изометрических свободных турбулентных струй | 634 |
| Приложение 5. Методы исследования эффективности работы газоочистных аппаратов | 640 |
| П.5.1. Исследование работы циклона | 640 |
| П.5.2. Испытание скруббера Вентури в разных режимах эксплуатации | 646 |
| П.5.3. Экспериментальное определение параметров B и χ зависимости эффективности пылеулавливания в скруббере Вентури от энергозатрат на очистку газов | 650 |
| П.5.4. Определение времени межрегенерационного периода для рукавного фильтра | 655 |
| П.5.5. Изучение процесса адсорбции в колонном аппарате со взвешенным слоем адсорбента | 658 |
| П.5.6. Исследование кинетики выпадения взвеси из сточных вод и гидравлической крупности осаждающихся частиц | 662 |
| П.5.7. Определение эффективности работы открытого гидроциклона | 664 |
| Приложение 6. Способы утилизации уловленных продуктов | 668 |
| П.6.1. Переработка шламов мокрых газоочисток конвертерного производства | 668 |
| П.6.2. Утилизация пыли, уловленной при плавке железо-титановых концентратов | 673 |
| П.6.3. Утилизация красного шлама | 677 |
| П.6.4. Взаимное обезвреживание твердых и жидких отходов титаномагниевого производства | 680 |
| Приложение 7. Сравнительная характеристика отечественных и зарубежных газоочистных устройств | 684 |
| Приложение 8. Давление водяных паров и влагосодержание газов при насыщении и давлении смеси 101,3 кПа . | 686 |
| Приложение 9. Основные физические свойства газов | 687 |
| Приложение 10. Формулы для пересчета основных характеристик газов применительно к различным условиям | 688 |
| Приложение 11. Примеры расчета циклона и рукавного фильтра | 690 |
| Библиографический список к главам 1–7 | 694 |