

№ 342

Е.В. Богатырева  
Ю.О. Колчин  
Л.С. Стрижко

# **Экология металлургического производства**

Расчеты аппаратов газоочистки

Учебное пособие

**№ 342**

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МИСиС»

Кафедра цветных металлов и золота

Е.В. Богатырева

Ю.О. Колчин

Л.С. Стрижко

# **Экология металлургического производства**

Расчеты аппаратов газоочистки

Учебное пособие

Допущено учебно-методическим объединением по образованию  
в области металлургии в качестве учебного пособия  
для студентов высших учебных заведений,  
обучающихся по направлению Металлургия



**ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ДОМ**

Москва 2011

УДК 669.504  
Б73

Рецензент  
канд. техн. наук, проф. *В.А. Муравьев*

**Богатырева, Е.В.**

Б73 Экология металлургического производства : расчеты аппаратов газоочистки : учеб. пособие / Е.В. Богатырева, Ю.О. Колчин, Л.С. Стрижко. – М. : Изд. Дом МИСиС, 2011. – 95 с.  
ISBN 978-5-87623-535-0

Пособие содержит краткое описание конструкций газоочистных и пылеулавливающих аппаратов металлургического производства и применяемых в цветной металлургии технологических схем пыле- и газоулавливания. Даны примеры расчетов аппаратов и варианты для самостоятельного решения. В приложениях приведены справочные материалы.

Учебное пособие предназначено для самостоятельного выполнения расчетов основных газоочистных аппаратов при выполнении домашних заданий по курсу «Экология металлургического производства» для студентов, обучающихся по направлению «Металлургия» и по специальности «Металлургия цветных металлов». Может быть использовано в дипломном проектировании при выполнении раздела «Охрана окружающей среды».

**УДК 669.504**

**ISBN 978-5-87623-535-0**

© Богатырева Е.В.,  
Колчин Ю.О.,  
Стрижко Л.С., 2011

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение .....	5
1. Очистка газов в цветной металлургии.....	6
1.1. Очистка газов в свинцовом и цинковом производствах.....	6
1.1.1. Обеспыливание отходящих газов агломерационных машин.....	6
1.1.2. Очистка отходящих газов шахтных печей для выплавки чернового свинца.....	8
1.1.3. Очистка газов купеляционных печей и шлаковозгоночных установок .....	9
1.1.4. Обеспыливание отходящих газов обжиговых печей кипящего слоя (КС) цинкового производства.....	10
1.1.5. Очистка газов вращающихся трубчатых печей (вельцпечей) цинкового производства.....	11
1.2. Пылеулавливание в медной промышленности.....	12
1.2.1. Очистка газов на заводах, выплавляющих медь из первичного сырья.....	12
1.2.2. Очистка газов на медеплавильных заводах при переработке вторичного сырья.....	16
1.2.3. Обеспыливание газов на медно-серных заводах.....	18
1.3. Очистка газов в производстве никеля .....	18
1.4. Очистка газов в производстве глинозема и легких цветных металлов .....	20
1.4.1. Очистка газов в производстве глинозема .....	21
1.4.2. Очистка газов в производстве алюминия .....	22
1.4.3. Очистка газов в производстве магния.....	24
1.5. Очистка газов в производстве редких металлов .....	26
1.5.1. Очистка газов в производстве тугоплавких металлов.....	26
1.5.2. Очистка газов в производстве рассеянных металлов .....	28
2. Основные аппараты для очистки газов .....	29
2.1. Аппараты сухой очистки газов от пыли.....	29
2.1.1. Пылеосадительные камеры.....	29
2.1.2. Циклоны.....	31
2.1.3. Батарейный циклон.....	40
2.1.4. Рукавный фильтр .....	44
2.1.5. Зернистый фильтр.....	51
2.2. Аппараты мокрой очистки газов от пыли.....	54
2.2.1. Форсуночный скруббер.....	54

2.2.2. Скрубберы Вентури.....	58
2.2.3. Труба Вентури.....	63
2.3. Электрическая очистка газов от пыли.....	66
2.4. Сорбционные методы очистки.....	75
Библиографический список.....	80
Приложения .....	81

## **ВВЕДЕНИЕ**

Разнообразие физико-химических свойств цветных и редких металлов и технологий их получения предопределяет большое различие свойств и составов выделяющейся пыли и отходящих газов в металлургических агрегатах. В связи с этим в первой части пособия рассмотрены некоторые схемы очистки отходящих газов аппаратов цветной металлургии, а во второй – приведены расчеты основных аппаратов газоочистки. Для индивидуальной работы даны варианты заданий для самостоятельного решения и необходимые справочные материалы.

Учебное пособие предназначено для студентов, обучающихся по направлению «Металлургия» и специальности «Металлургия цветных металлов», изучающих дисциплину «Экология металлургического производства».

# 1. ОЧИСТКА ГАЗОВ В ЦВЕТНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

## 1.1. Очистка газов в свинцовом и цинковом производствах

Токсичность свинцовой пыли предопределяют особую важность очистки отходящих газов при производстве свинца. Основными источниками пылевыведения в свинцовом производстве являются:

- агломерационные машины;
- шахтные печи;
- купеляционные печи;
- шлаковозгоночные установки.

Основными источниками пылевыведения в производстве цинка являются:

- обжиговые печи кипящего слоя;
- трубчатые печи (вельцпечи).

### 1.1.1. Обеспыливание отходящих газов агломерационных машин

В свинцовом производстве применяют агломерационные машины двух типов: с просасыванием и с дутьем снизу. Характеристики газов и пыли приведены в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Основные характеристики газов и пыли агломерационных машин  
свинцового производства

Характеристика	Агломерационные машины	
	с просасыванием	с дутьем снизу
Температура газов, °С	130...180	200...250/470...520*
Запыленность газов, г/м <sup>3</sup>	1,5...2,5	12,5/11,8
Содержание SO <sub>2</sub> в газе, % об.	0,5...1,5	5...6/1,5...2,0
Размер частиц пыли, мкм	0,5...1	0,5...1

\* В числителе – богатые газы, в знаменателе – бедные газы.

Богатые газы (5...6 % SO<sub>2</sub>) пригодны для производства серной кислоты, а бедные (1,5...2,0 % SO<sub>2</sub>) для этой цели не рентабельны. Во всех случаях газы содержат пыль, для улавливания которой необходимы ступенчатые схемы очистки. *Мокрые способы очистки не же-*

лательны вследствие возможности интенсивной коррозии оборудования, связанной с образованием серной кислоты.

Схемы, применяемые для тонкого обеспыливания газов агломашин, работающих с просасыванием, приведены на рис. 1.1. Запыленность газов на выходе из электрофильтра по схеме, показанной на рис. 1.1, *а* составляет  $0,15 \text{ г/м}^3$ , а на рис. 1.1, *б* –  $0,025 \dots 0,05 \text{ г/м}^3$ .

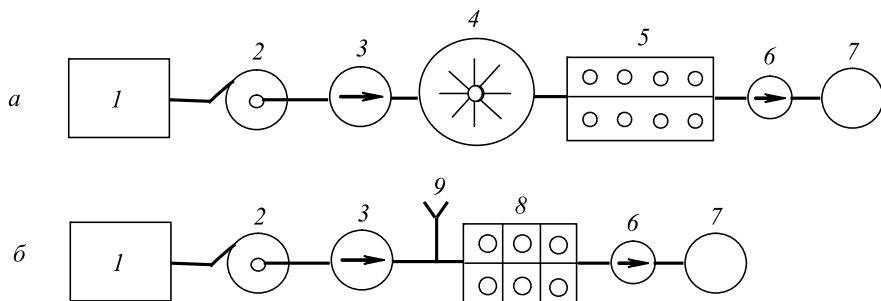


Рис. 1.1. Схемы, применяемые для тонкого обеспыливания газов агломашин, работающих с просасыванием: с сухими электрофильтрами (*а*), с тканевыми электрофильтрами (*б*):  
 1 – агломашина; 2 – циклон; 3 – эксгаустер<sup>1</sup>; 4 – полый скруббер;  
 5 – сухой электрофильтр; 6 – дымосос; 7 – дымовая труба;  
 8 – рукавный фильтр; 9 – подсос воздуха

Химический состав пыли, %: 45...50 Pb; 6...8 S; 2,8...3,2 Zn; 0,1...0,35 Cd; 0,7...0,8 Cu; 0,1...0,15 As; 0,45 Sb.

Схема очистки от пыли газов агломерационных машин с дутьем снизу приведена на рис. 1.2. Запыленность газов на выходе из электрофильтра составляет  $0,013 \text{ г/м}^3$ , а после рукавного фильтра –  $0,04 \text{ г/м}^3$ .

<sup>1</sup> Эксгаустер (англ. exhauster, от exhaust – высасывать) – вентилятор, создающий разрежение. Назначение – отсасывать воздух, газы, отходы производства.



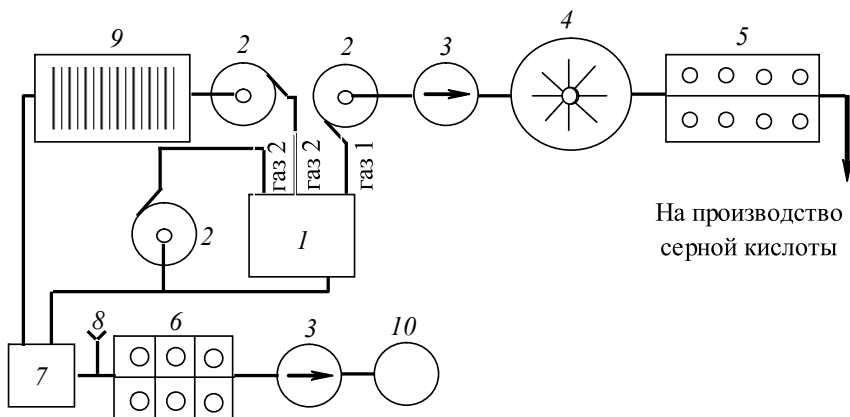


Рис. 1.2. Схема очистки от пыли газов агломерационных машин с дутьем снизу:  
 1 – агломерационная машина; 2 – циклон;  
 3 – вентилятор; 4 – полый скруббер; 5 – сухой электрофильтр;  
 6 – рукавный фильтр; 7 – смеситель; 8 – подсос воздуха;  
 9 – поверхностный охладитель; 10 – дымовая труба;  
 газ 1 – богатый газ ( $\geq 5\% \text{SO}_2$ ); газ 2 – бедный газ ( $\leq 2\% \text{SO}_2$ )

### 1.1.2. Очистка отходящих газов шахтных печей для выплавки чернового свинца

Газы шахтных печей имеют температуру  $200\text{--}300\text{ }^\circ\text{C}$  и следующий химический состав, % об.:  $15 \text{CO}_2$ ;  $16 \text{CO}$ ;  $1 \text{O}_2$ ;  $0,05\text{--}0,1 \text{SO}_2$ . Запыленность газов  $8\text{--}17 \text{ г/м}^3$  при среднем размере частиц  $0,6\text{--}0,8 \text{ мкм}$ . В пыли шахтных печей содержится, % масс.:  $55\text{--}65 \text{Pb}$ ;  $12\text{--}20 \text{Zn}$ ;  $1\text{--}3 \text{Cd}$ ;  $0,4 \text{As}$ ;  $0,1\text{--}0,2 \text{Sb}$ ;  $6\text{--}8 \text{S}$ ;  $0,4\text{--}0,8 \text{Cl}$ .

При расстройстве нормального хода печи температура отходящих газов может возрастать до  $800\text{--}1000\text{ }^\circ\text{C}$ , а запыленность увеличивается до  $100 \text{ г/м}^3$  и более.

Низкое содержание в газах сернистого ангидрида допускает применение наряду с сухими мокрых газоочистных аппаратов.

Схемы, применяемые для обеспыливания газов шахтных печей выплавки чернового свинца в аппаратах тонкой очистки (сухих электрофильтрах, рукавных фильтрах, мокрых электрофильтрах, скрубберах Вентури), приведены на рис. 1.3.