

№ 839

МИСиС

---

В.В. Белоусов

# **Теория процессов и аппаратов очистки газов**

Учебно-методическое пособие

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

№ 839

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

МОСКОВСКИЙ ИНСТИТУТ СТАЛИ  
И СПЛАВОВ

МИСиС



Кафедра теплофизики и экологии металлургического  
производства

В.В. Белоусов

# **Теория процессов и аппаратов очистки газов**

Учебно-методическое пособие

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

УДК 669.1.015.7.0.74  
Б43

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

**Белоусов В.В.**

Б43 Теория процессов и аппаратов очистки газов: Учеб.-метод. пособие. – М.: Изд. Дом МИСиС, 2008. – 64 с.

Пособие предназначено для выполнения практических работ по курсу «Теория процессов и аппаратов очистки газов»; содержит теоретические сведения по основным разделам курса, примеры решения задач, задачи для самостоятельного решения и задания по исследованию некоторых процессов с помощью компьютерных моделей. В приложениях приведен необходимый для решения задач справочный материал. Контрольные вопросы даны в целях проверки степени усвоения изученного материала.

Предназначено для студентов специальностей 150100, 280100.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие .....	4
1. Основы термодинамики аэродисперсных систем .....	5
2. Морфологические свойства аэрозольных частиц и основы статистического расчета дисперсного состава пыли .....	8
Задачи для самостоятельного решения .....	12
3. Кинетические и молекулярно-кинетические свойства аэродисперсных систем.....	13
Примеры решения задач .....	14
Задачи для самостоятельного решения .....	16
4. Оптические свойства аэродисперсных систем .....	18
Задачи для самостоятельного решения .....	19
5. Электрические свойства аэрозолей и процессы ионной зарядки частиц.....	21
Пример решения задачи .....	22
Задачи для самостоятельного решения .....	24
6. Процессы испарения и конденсации в аэродисперсных системах.....	27
Примеры решения задач .....	27
Задачи для самостоятельного решения .....	29
7. Образование тумана при смешении турбулентных потоков .....	30
Пример решения задачи .....	31
Задачи для самостоятельного решения .....	33
8. Коагуляция в аэродисперсных системах.....	35
Задачи для самостоятельного решения .....	36
Задание по исследованию движения частиц в акустическом поле .....	37
Контрольные вопросы (Часть I) .....	39
9. Движение и осаждение частиц в горизонтальных каналах.....	41
Примеры решения задач .....	41
Задачи для самостоятельного решения .....	42
10. Осаждение частиц на телах-препятствиях при их обтекании и в процессе фильтрации в волокнистых фильтрах .....	45
Примеры решения задач .....	45
Задачи для самостоятельного решения .....	47
11. Движение и осаждение заряженных частиц в электрическом поле.....	50
Примеры решения задач .....	50
Задачи для самостоятельного решения .....	52
Задание по исследованию движения частиц в электрическом поле.....	54
Контрольные вопросы (Часть II).....	57
Библиографический список .....	59
Приложения.....	60

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Учебно-методическое пособие подготовлено на базе внутривузовского сборника задач для практических занятий, изданного в МИСиС в 1986 году\*. Настоящее пособие дополнено теоретическими сведениями, заданиями для исследования с помощью компьютерных моделей процессов движения частиц в различных полях. Внесены исправления в формулировку некоторых задач, доработан библиографический список. Вместе с тем пособие не включает задачи по сорбции газовых примесей в связи с переизбытком материала. Данный материал студенты изучают факультативно. (В результате исчезла необходимость в соавторстве при работе над новой редакцией пособия.)

Цель пособия – научить студентов решать практические задачи, используя основные теоретические положения, излагаемые в учебнике и в курсе лекций. Методические основы решения задач приведены в курсе лекций, учебнике и в книгах, представленных в библиографическом списке. Каждая глава пособия содержит основные теоретические сведения и расчетные формулы, примеры решения задач, а также задачи для самостоятельного решения, каждая из которых включает 14 вариантов исходных данных.

Необходимый справочный материал приведен в приложениях.

Для контроля усвоения материала в пособии представлены контрольные вопросы.

---

\* См.: Белоусов В.В., Говорова Н.М. Теоретические основы процессов газозачистки: Учеб. пособие для практ. занятий. М.: МИСиС, 1986.

# 1. ОСНОВЫ ТЕРМОДИНАМИКИ АЭРОДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМ

В гетерогенных аэродисперсных системах (АДС), где очень развита межфазная поверхность, имеет место дополнительный вид энергии – поверхностная. Фактором интенсивности поверхностной энергии является поверхностное натяжение ( $\sigma$ ).

## *Превращения поверхностной энергии*

Рассмотрим гетерогенную систему с площадью межфазной поверхности  $S_{\Pi}$ , имеющей заряд  $q_3$  и  $n$  реактивных соединений с электрическим потенциалом  $\phi$  и химическим потенциалом  $\mu$ . Для приращения изобарного потенциала АДС можно записать:

$$dG = -sdT + vdp + \sigma dS_{\Pi} + \sum \mu dn + \phi dq_3,$$

где кроме механической работы участвует работа обобщенных сил (три последних члена правой части). Отсюда следует, что поверхностная энергия  $\sigma dS_{\Pi}$  может превращаться в любую из энергий:

$$\sigma dS_{\Pi} = dG + sdT - vdp - \sum \mu dn - \phi dq_3.$$

Изменение поверхностной энергии влияет на реакционную способность АДС, т.е. ее адгезию, способность к смачиваемости, капиллярность, скорость абсорбции и может привести к электрическим явлениям.

## *Связь дисперсности капель и внутреннего давления (уравнение Лапласа)*

Свободная энергия Гельмгольца без учета химической и электрической энергии может быть выражена так:

$$dF = -sdT + vdp + \sigma dS_{\Pi} - d(pv) = -pdv + \sigma dS_{\Pi} - sdT,$$

при  $T = \text{const}$  и при равновесии  $dF = 0$

$$0 = -pdv + \sigma dS_{\Pi}, \quad p = \sigma dS_{\Pi}/dv,$$

кривизна сферы  $dS_{\Pi}/dv = \pm 2/r$ , где  $r$  – радиус кривизны, м. Тогда избыток давления находится из соотношения

$$\Delta p = 2\sigma/r,$$

которое называется уравнением Лапласа.