**Планирование эксперимента по улавливанию летучей золы ТЭС в электроциклоне**

**Н.В. Инюшкин, И.П. Щелчков, А.И. Аитова, Е.А. Шевченко, М.Г. Маньков, С.А. Перфилов, Н.А. Токарева**

Для пылеулавливания на промышленных предприятиях используют различные виды оборудования, отличающегося как по конструкции, так и по механизму действия.

Электроциклон – комбинированный пылеуловитель, сочетающий центробежный и электростатический эффект для улавливания аэрозолей.

Степень очистки газов в электроциклоне зависит от многих факторов, таких как рабочее напряжение, скорость газового потока в активной зоне, концентрация аэрозоля на входе в аппарат, длина активной зоны, диаметр частиц, удельное электрическое сопротивление частиц и др[1,2].

Чтобы оценить влияние на степень очистки электроциклона концентрации и скорости аэрозоля на входе в аппарат при минимальном количестве необходимых опытов с сохранением статистической достоверности результатов проведено планирование эксперимента [3,4].

Для получения уравнения регрессии в виде полинома первого порядка, построен центральный композиционный рототабельный план, включающий 2 фактора: Х1 – скорость газового потока во входной трубе, Х2 – концентрация аэрозоля на входе в аппарат.Общий вид [5] уравнения регрессии для двух независимых факторов:

 (1)

где η - степень очистки газов, b0 – свободный член, bi – коэффициенты линейных членов.

Для вычисления коэффициентов уравнения регрессии построим матрицу планирования, взяв за основу центральный композиционный рототабельный план, включающий «звездные» точки. Общее количество экспериментов вычисляется по формуле:

 (2)

Для двухфакторного эксперимента число опытов в центре плана n0 равно 5, а величина «звездного» плеча составляет 1,414 [5].Необходимое число экспериментов для заданных условий равно 13.Значения каждого фактора в плане кодируются значениями: «-1» - минимальное, «0» - среднее, «+1» - максимальное, кроме того, в план вводятся по 2 «звездные» точки на каждый фактор с кодировкой «-1,414» и «+1,414». Матрица эксперимента с кодированными значениями факторов приведена в таблице:

Таблица№1

Матрица планирования эксперимента

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № опыта | Значение фактора | № опыта | Значение фактора |
| Х1 | Х2 | Х1 | Х2 |
| 1 | -1 | -1 | 8 | 0 | 1,414 |
| 2 | -1 | 1 | 9 | 0 | 0 |
| 3 | 1 | -1 | 10 | 0 | 0 |
| 4 | 1 | 1 | 11 | 0 | 0 |
| 5 | -1,414 | 0 | 12 | 0 | 0 |
| 6 | 1,414 | 0 | 13 | 0 | 0 |
| 7 | 0 | -1,414 |  |  |  |

Установим основной уровень Z0,i и интервалы варьирования ΔZi для каждого фактора. Основной уровень Z0,1 для фактора Х1 (скорость газового потока во входной трубе) примем равным 21 м/с, ΔZ1 = 4,5, Z0,2 для фактора Х2 (концентрация аэрозоля на входе в аппарат) примем равным 16,5 г/м3, ΔZ2 = 10.Рандомизация последовательности проведения опытов с помощью ЭВМ дала следующий порядок: 13, 4, 10, 8, 3, 9, 1, 2, 6, 12, 5, 11, 7.

Эксперименты были проведены на стенде, подробно описанном в работах [6, 7]. Показана высокая эффективность электроциклона (до 99,9%) при очистке улавливании перкарбоната натрия, золы ТЭС и других материалов [8,9,10]. Схема электроцклона дана на рис.1. Обозначения: 1 – царги корпуса, 2 – улитка, 3 – центральный осадительный электрод, 4 – коронирующий электрод, 5 – выхлопная труба, 6 – бункер, 7 – изолятор.



Рис. 1. Электроциклон

По результатам эксперимента с золой Красногорской ТЭЦ(d50 = 35мкм) методом наименьших квадратов получено уравнение регрессии:

 (3)

Визуализация данных в виде поверхности отклика функции может наглядно отразить характер зависимости. Рис. 2 показывает зависимость степени очистки от двух факторов – скорости и концентрации на входе. Точки – опытные данные, плоскость – рассчитанные результаты. Из рис. 2 и в соотвествии с уравнением (1) видно, что скорость оказывает гораздо более сильное влияние, чем концентрация аэрозоля на входе.



Рис. 2. - Поверхность отклика

**Список литературы:**

1. ПетровВ. А., ИнюшкинН. В., Ермаков С. А. Об осаждении частиц пыли в электроциклоне[Текст]// Вестник ТГТУ*,* 2010.- № 1,т. 16 -С.44-53.

2. LimK. S., KimH. S., Lee K. W. Comparative performances of conventional cyclones and a double cyclone with and without an electric field [Текст]// Journal of Aerosol Sciences, 2004. -№ 35.-С.103-116.

3. КрасовскийГ. И., ФиларетовГ. Ф.Планированиеэксперимента[Текст]:- Минск: БГУ, 1982. - 302 с.

4. БлохинВ. Г., ГлудкинО. П., Гуров А. И., ХанинМ. А. Современный эксперимент: подготовка, проведение, анализ результатов [Текст]: - Москва: Радио и связь, 1997.- 232 с.

5. КафаровВ. В. Методы кибернетики в химии и химической технологии[Текст]: - Москва: Химия, 1985. - 448 с.

6. Инюшкин,Н.В., Ермаков,С.А., Титов,А.Г., Гильванова,З.Р., Новиков,К.Л., Парамонов, Д. А.Исследование процесса улавливания летучей золы в экспериментальной модели электроциклона[Электронный ресурс] // «Инженерный вестник Дона», 2011, №4. - Режим доступа: http://ivdon.ru/magazine/archive/n4p1y2012/1271 (доступ свободный) – Загл. с экрана. – Яз.рус.

7.Титов А.Г.,Инюшкин Н.В., Коробкова И.В.,Парамонов Д.А.,Гильванова З.Р., Ермаков С.А., Седунов К.В., Щелчков И.П. Снижение вторичного уноса в электроциклоне[Электронный ресурс] // «Инженерный вестник Дона», 2012, №4. - Режим доступа: http://ivdon.ru/magazine/archive/n4p1y2012/1271 (доступ свободный) – Загл. с экрана. – Яз.рус.

8. Инюшкин Н.В., Югай Ф.С., Гильванова З.Р., Титов А.Г., Ермаков С.А. Исследование осаждения кристаллов перкарбоната натрия в электроциклоне[Текст]// Известия ВУЗов. Химия и химическая технология,2012.- № 10, т. 55. -С.104-107.

9. Инюшкин Н.В., Ермаков С.А., Гильванова Зал.Р., Титов А.Г., Коробкова И.В., Парамонов Д. А., Седунов К.В., Гильванова Зл.Р. Новая конструкция осадительных электродов электроциклона для снижения вторичного уноса[Текст]:Сборник докладов VIII-й Международной научной конференции «Актуальные вопросы современной техники и технологии». –Липецк, 2012. – С.44-46.

10. Tsai R., Mills A. F. A model of particle re-entrainment in electrostatic precipitators [Текст] // Journal of Aerosol Science, 1995. - №2.–С.227-239.