

зультат. Для получения более точной оценки погрешности необходимо использовать вероятностный метод, при котором систематические погрешности суммируются алгебраически, а случайные – квадратичным методом.

ЛИТЕРАТУРА

1. МИ 2164 – 91 Государственная система обеспечения единства измерений. Теплосчетчики. Требования к испытаниям, метрологической аттестации, поверке. Общие положения.
2. Рябинкин В.Н. Об алгоритмах учета тепловой энергии и теплоносителя в водяных системах теплоснабжения // Материалы VIII Международной научно-практической конференции «Коммерческий учет энергоносителей». – С-Пб, 1998.
3. Артемьев Б.Г., Голубев С.М. Справочное пособие для работников метрологических служб. Изд. 2-е. – М: Изд - во стандартов, 1986.

УДК 681.2.531.75

А.А. Василенко, аспирант

ИССЛЕДОВАНИЕ КОМБИНИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ МАССОВОЙ ДОЛИ КАЛИЯ В ТВЕРДОЙ ФАЗЕ СУСПЕНЗИИ В ПРОЦЕССЕ ФЛОТАЦИИ

The combined system of measuring a fraction of total mass of potassium in solid phase of suspension during flotation is describe and its metrology performances are test. The multiparameter method of control of a composition of aerated suspension designed. The system contains data units of density of suspension, electrical conductivity of suspension and liquid phase, scintillation detector for measuring the content of total mass of potassium and temperature sensor. The algorithm of calculation is realized on the microprocessor controller Л-112.

На обогатительных фабриках производства калийных минеральных удобрений информация о содержании твердого в суспензиях, массовой доли калия в твердой фазе суспензии необходима для управления многими технологическими процессами, как измельчение, классификация, обесшламливание, флотация, фильтрование, сгущение и др. Поэтому основной задачей является измерение массовой доли калия в твердой фазе, суспензии с учетом специфических условий эксплуатации аппаратуры, факторов влияющих на точность измерения, и высокой агрессивности измеряемой среды.

При флотационном способе обогащения руды основной технологической средой является аэрированная суспензия, состоящая из жидкой, твердой и газообразной фаз. Для измерения концентрации твердой фазы суспензии можно использовать радиоизотопный плотномер. Однако наличие в суспензии пузырьков воздуха приводит к дополнительной погрешности измерения. Эта погрешность пропорциональна концентрации газообразной фазы и может в несколько раз превышать основную погрешность измерения. Для повышения точности контроля дополнительно измеряют объемную концентрацию дисперсной фазы, а расчет ведут по формуле [1]

$$C_{TV} = \frac{\rho_{жс}}{\rho_T} C_V + \frac{\rho_C}{\rho_T} - \frac{\rho_{жс}}{\rho_T}, \quad (1)$$

где C_{TV} – объемная концентрация твердой фазы; $\rho_c, \rho_T, \rho_{ж}$ – плотность суспензии, твердой и жидкой фаз соответственно; C_V – объемная концентрация дисперсной фазы (суммы твердой и газообразной фаз).

Характерной особенностью калийных производств является то, что перерабатываемые суспензии не имеют равномерного распределения твердой фазы по объему. Поэтому измерение плотности суспензии и концентрации дисперсной фазы в разнесенных в пространстве точках приводит к увеличению погрешности измерения. Этот недостаток можно устранить, измеряя плотность и объемную концентрацию дисперсной фазы в зоне совмещенной по наибольшей чувствительности датчиков плотности и объемной концентрации. Например, луч плотномера пропускают через отверстие датчика концентромера. Измеряют плотность суспензии ρ и объемную концентрацию дисперсной фазы C_v . Концентрацию газообразной фазы C_{GV} и жидкой фазы $C_{ЖV}$ рассчитывают по уравнениям

$$C_{GV} = C - C_{TV}, \quad (2)$$

$$C_{ЖV} = 1 - C_v. \quad (3)$$

Например, для азрированной суспензии процесса основной флотации KCl обогатительной фабрики имеем плотность твердой фазы $\rho_T=2,12 \text{ г/см}^3$, плотность жидкой фазы $\rho_{ж}=1,24 \text{ г/см}^3$. Результат измерения плотности суспензии $\rho_c=1,441 \text{ г/см}^3$, результат измерения объемной концентрации $C_V=0,384$. Рассчитываем концентрацию твердой фазы по уравнению плотномера:

$$C_{TV} = \frac{\rho_c - \rho_{ж}}{\rho_T - \rho_{ж}} = \frac{1,441 - 1,240}{2,120 - 1,240} = 0,228.$$

Рассчитываем состав суспензии по уравнениям (1) – (3): $C_{TV} = 0,319$; $C_T = 0,065$; $C_{ЖV} = 0,616$. Результат весового анализа $C_{T(\theta)} = 0,328$. Относительная ошибка измерений концентрации твердой фазы по плотномеру составляет

$$\delta_{II} = \frac{C_T(\rho_c) - C_T(\theta)}{C_T(\theta)} \cdot 100\% = \frac{228 - 328}{328} \cdot 100\% = 30,5\%.$$

Относительная ошибка измерений по предложенному способу составляет

$$\delta_{II} = \frac{C_T - C_T(\theta)}{C_T(\theta)} \cdot 100\% = \frac{319 - 328}{328} \cdot 100\% = 2,7\%.$$

Данный способ позволяет значительно повысить точность контроля концентрации твердого в азрированной суспензии, но не позволяет измерять содержание массовой доли калия.

Измерение массовой доли калия в суспензии возможно путем использования радиометрического метода измерения калия, основанного на измерении естественной радиоактивности изотопа K-40, содержащегося в калие. Гамма-излучение попадает на сцинтилляционный детектор и преобразуется в нем в импульсы напряжения, амплитуда которых соответствует энергии излучения. Частота излучения пропорциональна интенсивности излучения и тем самым содержанию калия. Взаимосвязь между частотой импульсов и содержанием калия определяется в первом приближении через прямую калибровки.

Погрешность измерения данного метода определяется как

$$\delta = \sqrt{\delta_v^2 + \delta_{\text{калибр}}^2 + \delta_{\text{приб}}^2}, \quad (4)$$

где δ_v – погрешность, возникающая на месте измерения из-за изменения плотности, уровня наполнения, толщины стенки и т.д.; $\delta_{\text{калибр}}$ – погрешность калибровки, обусловленная неточностью прямых калибровки; $\delta_{\text{приб}}$ – погрешность, обусловленная прибором, которая представляет собой статистическую погрешность и погрешность, вызванную влиянием на прибор окружающей среды.

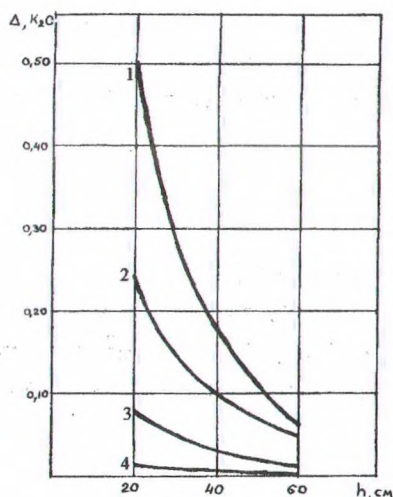


Рис. 1. Влияние погрешности высоты насыпки: 1–для 60% K_2O ; 2–для 40% K_2O ; 3–для 12% K_2O ; 4–для 2% K_2O

Погрешность калибровки связана с неточностью, которая вызывается количествами или объемами измеряемого материала и зависит от условий места измерения. Содержание калия всего объема не может быть определено абсолютными методами измерения. Посредством взятия проб находится представительное для объема среднее значение. Число проб зависит от однородности продукта, погрешности измерения сравнительных методов, скорости измеряемого продукта, времени измерения. Рекомендуется проводить измерения не менее 5 точек, равномерно распределенных по всему диапазону, и каждая точка должна быть измерена 10 раз.

Кривая калибровки определяется как $Y = a + b \cdot X$, (5) где a и b – коэффициенты; X – процентное содержание KCl ; Y – количество импульсов.

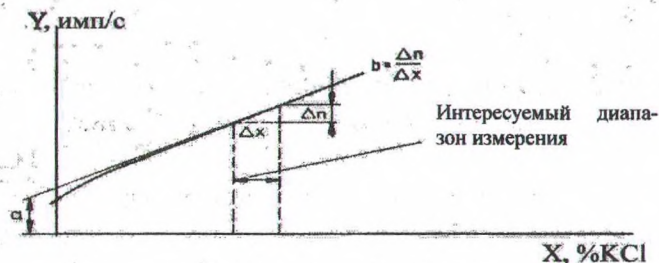


Рис. 2. Кривая калибровки

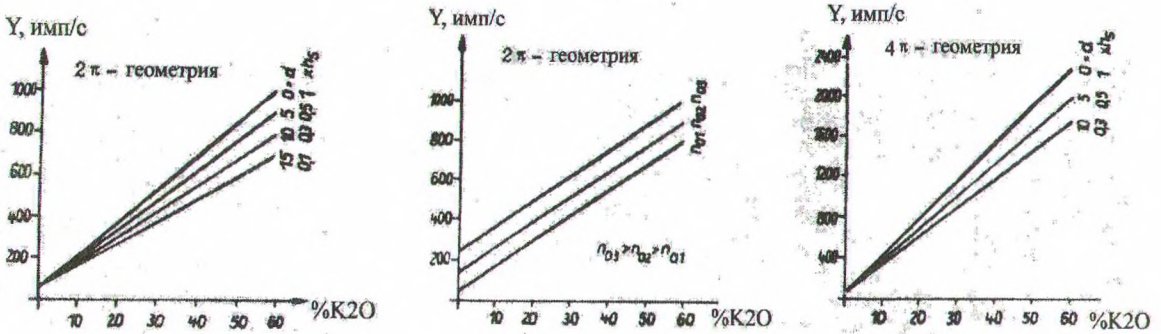


Рис. 3. Влияние геометрии измерения на калибровку

(d – толщина стенок сосудов, мм; h_s – толщина слоя насыщения, см; p_0 – частота импульсов для содержания K_2O ; Y – количество импульсов в секунду)

Статистическая погрешность имеет вид

$$S = \frac{1}{\sqrt{N}} \cdot 100\%, \quad (6)$$

где N – число импульсов.

Уменьшить статистическую погрешность можно увеличивая время измерения.

Однако данный способ не позволяет измерить отдельно содержание массовой доли калия в твердой и жидкой фазах суспензии, а измеряется суммарное содержание калия в суспензии. Регистрируемое сцинтилляционным зондом излучение представляет собой суммарное излучение определенного объема $N = f(N_{m.f.}, N_{ж.ф.}, \rho)$.

Решить данную проблему можно комбинируя метод измерения плотности с радиометрическим методом измерения калия. Тогда мы можем измерить массовую долю калия в твердой фазе суспензии.

$$N = N_{m.f.} - N_{m.f.} e^{-\mu \rho d} + N_{ж.ф.} e^{-\mu \rho d}, \quad (7)$$

где μ – массовый коэффициент ослабления; ρ – плотность суспензии; N – регистрируемое сцинтилляционным зондом количество электрических импульсов в единицу времени; d – внутренний диаметр трубопровода; $N_{m.f.}$, $N_{ж.ф.}$ – количество электрических импульсов, создаваемых твердой и жидкой фазой суспензии без учета поглощения.

Выражая $N_{m.f.}$ из (7), получим

$$N_{m.f.} = \frac{N - N_{ж.ф.} e^{-\mu \rho d}}{1 - e^{-\mu \rho d}}. \quad (8)$$

Учитывая, что d , $\mu = const$ и при постоянной температуре $N_{ж.ф.} = const$ из (8), измеряя N и ρ , мы можем рассчитать $N_{m.f.}$, а это, в свою очередь, позволяет, имея сравнительные данные из эксперимента, построить линейную зависимость $C = f(N_{m.f.})$.

$$C_{m.f.} = a \cdot N_{m.f.} + b. \quad (9)$$

Уравнение (10) позволяет рассчитать массовую долю калия в твердой фазе суспензии, измеряя объемную активность и плотность суспензии.

В подавляющем большинстве случаев дисперсионная среда суспензий калийных производств представляет собой насыщенный при рабочей температуре водный раствор хлористого калия и натрия. В зависимости от температуры суспензии изменяется равновесное содержание калия и натрия, что влияет на измерение калия в суспензии [2].

$$C_{ж.ф.} = 7,6 + 0,14 \cdot t. \quad (10)$$

Для корректировки показаний сцинтилляционного детектора и повышения точности измерения вводим измерение температуры суспензии.

Поставленная задача достигается тем, что одновременно измеряем массовую долю калия (по естественной радиоактивности), температуру суспензии, плотность суспензии (радиоизотопным плотномером) и объемную концентрацию дисперсной фазы (кондуктометрическим концентратомером) в совмещенной зоне [3], и расчет массовой доли проводят по алгоритму (11):

$$\begin{cases} K_{м.ф.} = \frac{K - C_{жс} K_{жс.ф.} e^{-\mu \rho_c d}}{C_T (1 - e^{-\mu \rho_c d})} \\ C_T = \rho_{ж} C_V + \rho_c - \rho_{ж} \\ C_{жс.ф.}^K = 7,6 + 0,14 \cdot t \end{cases}, \quad (11)$$

где μ – массовый коэффициент ослабления; $\rho_c, \rho_{жс}, \rho_T$ – плотность суспензии, жидкой и твердой фаз соответственно; d – внутренний диаметр трубопровода; t – температура суспензии; C_V – объемная концентрация дисперсной фазы; C_T, C_V – масса твердой и жидкой фаз в единице объема суспензии; K – массовая доля калия в суспензии; $K_{м.ф.}, K_{жс.ф.}$ – массовая доля калия в твердой и жидкой фазах суспензии.

Система уравнений (11) позволяет рассчитать массовую долю калия в твердой фазе суспензии, измеряя объемную активность, плотность суспензии, массовую долю калия в суспензии и температуру.

На обогатительной фабрике 1 РУ ПО «Беларуськалий» для автоматического контроля за содержанием КС1 «хвостов» в флотосекции используется сцинтилляционный детектор для измерения массовой доли калия М7308 с блоком М2630 и радиоизотопный плотномер 7215 с источником ионизирующего излучения типа БГИ-60А. Данные обрабатывались с помощью микропроцессорного контроллера Л-112. Детектор был установлен на боковой поверхности гидроциклона, через который осуществляется откачка хвостов флотосекции. Для снижения влияния естественного радиоактивного фона использовалось экранирование детектора свинцовым защитным экраном. Интенсивность излучения обрабатывалась блоком М2630. Градуировка системы осуществлялась путем отбора проб из специально оборудованного пробоотборника с последующим проведением химического анализа лаборантами ЦЛ. Для определения точностных характеристик проводился контрольный параллельный отбор проб для радиоизотопного плотномера и для сцинтилляционного детектора. Была получена представительная выборка. Обработка результатов выборки позволила сделать следующие выводы:

- погрешность измерения содержания массовой доли калия в твердой фазе суспензии не превышает $\pm 0,5\%$ КС1;
 - относительная погрешность измерения плотности суспензии не превышает $\pm 1,5\%$.
- Это позволяет использовать систему для контроля массовой доли калия в твердой фазе суспензии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Колпиков Г.Г. и др. Методы и средства автоматического контроля твердой фазы в суспензиях калийных обогатительных фабрик: Обзорн. инф. // ВНИИГ. – М.: НИИТЭХИМ, 1976. – (Развитие калийной промышленности.)
2. Головков Б.Ю. Автоматизация калийных обогатительных фабрик. – М.: Недра, 1983.
3. А.с. СССР №968702 опубл. в Б.И. №39, 1982.

УДК 681.3:665.6

И.Ф. Кузьмицкий, доцент; В.П. Кобринец, доцент; В.В. Лихавицкий, аспирант

СТАТИСТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА МНОГОКОМПОНЕНТНОЙ РЕКТИФИКАЦИИ В АТМОСФЕРНОЙ КОЛОННЕ

During operation the statistical data of hunting groups of the process were assembled and their processing with application correlation and regression of the analyses is conducted.

In outcome the main statistical characteristics of parameters of the process are defined, their correlation analysis is conducted and the equations of regression for main metrics of the process are obtained.

Основная ректификационная колонна К-102, в которой отбензиненная нефть подвергается разделению на целевые фракции, является важнейшим аппаратом во всем цикле нефтепереработки в условиях ОАО «Мозырский НПЗ». От эффективного управления ею повышаются качество и количество получаемых продуктов разделения: бензина и мазута. Повышение эффективности управления колонной может быть достигнуто улучшением показателей качества переходных процессов в системах автоматического регулирования (АСР) основных технологических параметров путем оптимальной настройки автоматических регуляторов. При этом первым и важным этапом решения данных задач является анализ потоков информации об объекте управления, определение основных характеристик параметров процесса и взаимосвязей между ними на основе статистической обработки данных этой информации.

Для исследования процессов многокомпонентной ректификации в колонне К-102 были использованы непрерывные опробования (в количестве 360) процессом с интервалом в 2 часа.

В таблице приведены наименования исследуемых параметров, их условные обозначения и рассчитанные значения основных статистических характеристик: среднее значение \bar{X}_i , дисперсия $S_{X_i}^2$ и коэффициент вариации V_{X_i} .