

А. И. Фоменко (Череповец, ЧГУ). Математическое моделирование в решении задач утилизации осадков производственных сточных вод.

Создание замкнутых систем водоснабжения предприятий и разработка рациональных методов утилизации осадков, образующихся в процессе очистки сточных вод, являются основой ресурсосберегающих технологий. В качестве объекта исследований в работе, представленной данным сообщением, выбрано производство сварочных электродов, отходами которого являются сточные воды и образующиеся при их очистке осадки. По минералогическому составу эти осадки соответствуют компонентам сырьевой шихты обмазочной массы электродов, приготовленной из рудного сырья, и характеризуются значительным (24,27–35,47 мас. %) содержанием рутила (основного компонента обмазочной массы электродов). Однако по результатам анализа установлено, что содержание рутила в составе отхода находится в значительной зависимости от выбора места отбора пробы отхода в объеме шламоотстойника.

Ввиду значительных трудностей экспериментального определения химического состава каждой партии осадка, для решения задачи его использования в технологических целях была построена математическая модель зависимости массовой доли рутила от расстояния между местом выброса пульпы в шламоотстойник и точками отбора проб. Задача построения математической модели решалась экспериментально-статистическим методом вычисления корреляционных уравнений при помощи чисел Чебышева. Такой подход обусловлен тем, что характер изучаемой зависимости между случайными величинами неизвестен и не позволяет установить предполагаемый порядок корреляционного уравнения.

При вычислении корреляционных уравнений при помощи чисел Чебышева данные химического анализа состава осадка в зависимости от места отбора пробы в объеме шламоотстойника дают основание рассматривать для исследуемого объекта отклик y как функцию одного аргумента: $y = f(x)$, что существенно упрощает задачу построения корреляционного уравнения экспериментально-статистическим методом. Для построения модели функция $y = f(x)$ была представлена в виде

$${}_λf(x) = k_0 + k_1\psi_1(x) + k_2\psi_2(x) + \dots + k_\lambda\psi_\lambda(x).$$

Установление корреляционного уравнения требуемого порядка проведено путем нахождения членов ряда Чебышева

$${}_λf(x) = \frac{\sum y_j}{n} + \frac{\sum y_j\psi_1(x_j)}{\sum \psi_1^2(x_j)}\psi_1(x) + \dots + \frac{\sum y_j\psi_\lambda(x_j)}{\sum \psi_\lambda^2(x_j)}\psi_\lambda(x).$$

Полученные искомые корреляционные уравнения зависимости массовой доли рутила от расстояния между выпуском пульпы и местом отбора проб по слоям шламоотстойника и в его вертикальном разрезе имеют вид:

- в верхнем слое ${}_λf(x) = k_0 + k_1\psi_1(x) + k_2\psi_2(x)$;
- в среднем слое ${}_λf(x) = k_0 + k_1\psi_1(x)$;
- в нижнем слое ${}_λf(x) = k_0 + k_1\psi_1(x)$;
- по глубине шламоотстойника ${}_λf(x) = k_0 + k_1\psi_1(x)$.

Для проверки правильности найденных вероятных значений массовой доли рутила в исследованном осадке по объему шламоотстойника выполнен переход от кодированных к натуральным величинам. При этом значения x , входящие в корреляционное уравнение, приняты как выраженные в единицах разряда отклонения величин X от начального значения X_α , равного предшествующему первому члену ряда: $x = (X - X_\alpha)/\Delta X$, где шаг ΔX при определении вида корреляционного уравнения прогнозирования массовой доли рутила в осадке по слоям шламоотстойника принят равным 3 м, а по глубине — 0,75 м.

В результате вычислений установлено, что в явном виде функциональная зависимость содержания рутила в исследованном осадке по длине шламоотстойника в

верхнем слое имеет параболический характер: $y_1 = 43,859 + 0,257X - 0,105X^2$, а в среднем и нижнем слоях и по глубине шламоотстойника имеет место линейная зависимость, определяемая соответственно выражениями: $y_2 = 32,618 - 1,102X$, $y_3 = 26,318 - 1,582X$, $y_4 = 39,608 - 6,975X$.

Корреляционные отношения полученных уравнений реальному объекту соответственно равны: $\eta_1 = 0,76$, $\eta_2 = 0,65$, $\eta_3 = 0,80$, $\eta_4 = 0,59$.

Таким образом, данный подход сделал возможным описание связи между массовой долей рутила в исследованном осадке и расстоянием от точки отбора пробы до места выброса пульпы в шламоотстойник. При этом показано, что в условиях практической реализации утилизации осадка задача определения его состава при заданных значениях точек отбора проб решается построением математической модели без проведения трудоемких и затратных экспериментальных исследований.