

ПОДХОДЫ К МОДЕЛИРОВАНИЮ СИСТЕМЫ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ ВОДОПОДГОТОВКИ

Олиферович Н. М. , Гринюк Д.А., Оробей И.О.

*Белорусский государственный технологический университет,
г. Минск, Республика Беларусь*

Подготовка воды для питьевого и промышленного водоснабжения имеет некоторые отличия от других областей химической технологии: процессы водоподготовки протекают в больших объемах воды и при очень малых количествах растворенных веществ и их отличает существенный стохастический характер.

На УП «Минскводоканал» сырая вода поступает на сооружения очистной водопроводной станции (ОВС) из канала Вилейско-Минской водной системы в резервное водохранилище «Крылово», а из него по трем гравитационным водоводам поступает на вход очистной водопроводной станции в контактные камеры первичного озонирования, где происходит разрушение сложных органических соединений, снижается цветность, мутность, привкус, запах. Из контактных камер вода поступает в смесители, где происходит ее смешивание с реагентами и коагулянт. Расчетные дозы назначаются химико-технологической лабораторией по показаниям анализов. Из смесителей вода поступает в камеры хлопьеобразования.

После камер хлопьеобразования вода поступает в горизонтальные отстойники для осветления, где освобождается от основной массы находящихся в ней взвешенных веществ.

Для постоянного контроля качества воды на всех ступенях ее очистки на ОВС имеется химико-технологическая лаборатория, которая отбирает пробы воды и производит анализы ее показателей (физико-химического, бактериологического и гидробиологического состава) по всей технологической цепочке обработки на сооружениях ОВС. Доза коагулянта устанавливается специалистами химико-технологической

лаборатории совместно с инженером-технологом при проведении пробного коагулирования, что с одной стороны обеспечивает робастность, с другой не позволяет достигнуть максимально возможного качества.

Рассматривая очистные сооружения как объект управления, можно прийти к выводу, что качество очистки воды (под качеством природной воды в целом понимается характеристика ее состава и свойств, определяющая ее пригодность для конкретных видов водопользования) зависит от ряда факторов:

- состояния источника водоснабжения;
- качества применяемых реагентов (коагулянтов, флокулянтов и т. д.);
- процессов, протекающих в аппаратах, на каждой из стадий очистки.

Сложной задачей является анализ и моделирование процессов, протекающих в аппаратах во время очистки.

Динамика процесса коагуляции имеет следующую картину. Вначале при интенсивном перемешивании проходят не наблюдаемые визуально процессы; далее происходит помутнение системы, которое заканчивается формированием хлопьев (как мелких, так и крупных), а предполагаемые три стадии могут иметь различную длительность.

Статическая характеристика очистных сооружений по каналу «расход коагулянта - качество очистки воды» имеет экстремальный характер: максимальная степень очистки воды достигается при определенной дозе коагулянта. Наглядное представление о влиянии дозы коагулянта на процессы осветления и обесцвечивания воды дает коагуляционная кривая. Ее можно разбить на три зоны. В зоне I при малых дозах коагулянта эффект осветления и обесцвечивания воды отстаиванием или фильтрованием незначителен. В зоне II увеличение дозы коагулянта резко сказывается на эффекте осветления и обесцвечивания воды. Граница между зонами I и II носит название порога коагуляции. В зоне III увеличение дозы коагулянта не дает заметного улучшения эффекта осветления и обесцвечивания воды.

Для определения оптимальных параметров процесса коагуляции, позволяющих получить наиболее высокие показатели качества воды, необходима разработка математической модели с возможностью подстройки коэффициентов после проведения лабораторных анализов коагулянта и очищенной воды.

Существует несколько подходов к построению математической модели очистки воды методом коагуляции.

Первый метод заключается в том, что процессы, протекающие при коагуляции в аппарате смешения, могут быть рассмотрены аналогично процессам, происходящим в проточном реакторе полного перемешивания с учетом адсорбции [1]. В данной модели предполагается следующее: 1) слой взвешенного осадка может быть представлен в виде проточного реактора полного перемешивания; 2) «ионный» алюминий поглощается растущими хлопьями по механизму адсорбции; 3) адсорбция в равновесии подчиняется уравнению Ленгмюра; 4) кинетика адсорбции соответствует смещению этого равновесия; 5) кинетика коагуляции подчиняется уравнению Смолуховского.

Вторым подходом к построению модели процессов, протекающих при коагуляции, может являться рассмотрение объекта с точки зрения распределенной системы конвективно-диффузионного переноса [2]. В этом случае для построения математической модели необходимо учитывать параметры краевых условий, коэффициенты диффузии, скорости конвективного переноса, параметры слабопроницаемой тонкой составляющей среды. Для идентификации данных параметров можно воспользоваться параболическими уравнениями.

Существует подход, в котором предполагается рассмотрение системы водоочистки как одного из процессов химической технологии и считается, что эти процессы имеют детерминированно-стохастическую природу, проявляющуюся в наложении стохастических особенностей гидродинамической обстановки в аппарате на процессы массо- и теплопереноса и процессы химического превращения [3, 4]. Стохастические особенности объясняются случайным взаимодействием фаз или случайным характером геометрии граничных условий в аппарате.

В технологических аппаратах физико-химические процессы протекают в условиях значительной неоднородности полей по температуре, давлению, составу и другим параметрам. При этом информация о распределении частиц по времени пребывания в аппарате уже недостаточна, необходимо учитывать распределение частиц по траекториям. Данный учет производится на основе статистической теории динамических систем, понятий многомерного фазового пространства и плотности распределения вероятности в фазовом пространстве.

Еще один подход предполагает считать систему водоочистки объектом с распределенными параметрами, который можно представить в виде марковской системы, память которой равна либо времени контакта сред, взаимодействующих в аппарате, либо времени пребывания в нем субстанции.

В большинстве существующих систем управления водоподготовки доминирует принцип «черного ящика», когда динамика каналов управления определяется экспериментально. Например, может быть использован подход частотной идентификации [5], который хорошо работает в условиях нелинейных ограничений, характерных для систем водоподготовки.

Список литературы

1. Лукашева Г. Н., Буткевич Д. М. Математическая модель коагуляции, протекающей в проточном реакторе полного перемешивания // Теоретические и прикладные проблемы сервиса. 2009. №1 (30). С. 32–38 с.

2. Сергиенко И. В., Дайнека В. С. Идентификация параметров системы конвективно-диффузионного переноса // Кибернетика и системный анализ. 2009. № 1 (45). С. 42–63 с.

3. Кафаров В. В., Дорохов И. И., Липатов Л. Н. Системный анализ процессов химической технологии. М.: Наука, 1982. 344 с.

4. Кафаров В. В., Дорохов И. И. Системный анализ процессов химической технологии: основы стратегии. М.: Наука, 1976. 498 с.

5. Oliferovich N., Hryniuk D., Orobei I. Harmonic identification of technological objects in real time // 2016 Open

УДК 621.3.072.6

К ВОПРОСУ ОПТИМИЗАЦИИ РАЗМЕЩЕНИЯ И МОЩНОСТИ КОМПЕНСИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ ЭЭС

Александров О. И., Демьянкова В.С

*УЗ «Белорусский государственный технологический
университет»,
г. Минск, Беларусь*

При проектировании электрических сетей приходится решать задачу оптимального размещения источников реактивной мощности (ИРМ). Для решения задачи выбора мощности и целесообразного размещения ИРМ в электрической сети предложено и опубликовано несколько методов и алгоритмов, отличающихся разной степенью точности в формулировке и различными способами ее решения. Однако, для проведения многовариантных оценочных расчетов необходимо иметь вариант упрощенной (оценочной) модели. Предлагается статическая постановка задачи с представлением в ней интегральной нагрузки в виде кусочно-постоянного графика. Решение этой задачи определяет места размещения и мощности КУ, исходя из заданного уровня реактивных нагрузок узлов энергопотребления, что дает возможность выбрать оптимальную установленную мощность КУ с учетом целесообразного режима использования их. Результат решения указывает, какие КУ должны быть регулируемы и какие нерегулируемы.

Если в результате решения окажется, что

$$Q_1^{ky} = Q_2^{ky} = \dots = Q_g^{ky},$$

то мощность КУ должна быть нерегулируемой. В противном случае (т.е. при условии $Q_1^{ky} \neq Q_2^{ky} \neq \dots \neq Q_g^{ky}$) должны быть