

$$\Delta(p) = \tilde{D}_r \sqrt{\frac{p}{\tilde{D}_r}} \left( \operatorname{ch} \sqrt{\frac{p}{\tilde{D}_r}} h_r + \frac{1}{\tilde{\beta}} \sqrt{\frac{p}{\tilde{D}_r}} \operatorname{sh} \sqrt{\frac{p}{\tilde{D}_r}} h_r \right) \operatorname{sh} \sqrt{\frac{p}{\tilde{D}_n}} h_n +$$

$$+ \tilde{D}_n \sqrt{\frac{p}{\tilde{D}_n}} \left( \operatorname{sh} \sqrt{\frac{p}{\tilde{D}_r}} h_r + \frac{1}{\tilde{\beta}} \sqrt{\frac{p}{\tilde{D}_r}} \operatorname{ch} \sqrt{\frac{p}{\tilde{D}_r}} h_r \right) \operatorname{ch} \sqrt{\frac{p}{\tilde{D}_n}} h_n . \quad (17)$$

Формулы (15)-(17) дают исчерпывающую информацию о пространственно-временном распределении концентрации соли в двухслойном месторождении. Если в них выполнить разложения в степенные ряды (усеченные) гиперболических функций [1,2], то можно получить аналитические зависимости  $C(x,t)$ , а если использовать предельные теоремы операционного исчисления, то легко записываются новые установившиеся значения концентраций:

$$C(x) = C_{\text{г}} \frac{\tilde{D}_n \tilde{\beta}}{\tilde{K}} \cdot x + C_{\text{г}} \frac{\tilde{D}_n}{\tilde{K}}, \quad x \in [0; h_p];$$

$$C(x) = C_{\text{г}} \frac{\tilde{D}_p \tilde{\beta}}{\tilde{K}} \cdot x + C_{\text{г}} \frac{\tilde{D}_n + \tilde{\beta} h_p (\tilde{D}_n - \tilde{D}_p)}{\tilde{K}}, \quad x \in [h_p; h_p + h_n],$$

где  $\tilde{K} = \tilde{\beta} (\tilde{D}_p (h_p + h_n) + \tilde{D}_n h_p) + \tilde{D}_n$ .

Полученные зависимости позволяют прогнозировать поведение двухслойных месторождений как в динамическом, так и в установившемся режимах.

Перечень ссылок

1. Привалов И.И. Введение в теорию функций комплексного переменного.— М.: Наука, 1977. — 444 с.
2. Градштейн И.С., Рыжик И.М. Таблицы интегралов, сумм, рядов и произведений. — М.: Наука, 1971. — 1008 с.

УДК 622.8.7.

## ПРИНЦИПЫ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ПОЛИЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ ОБЪЕКТАМИ И СИСТЕМАМИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ШАХТ

**Булыч А.С., магистрант; Малеев В.Б., проф., д.т.н.; Гого В.Б., доц., к.т.н.**  
(Донецкий национальный технический университет, г. Донецк, Украина)

Современное состояние энергетики Украины имеет ряд проблем, обусловленных несоответствием между существующими объемами потребления и предложения собственных первичных энергоресурсов, низкой эффективностью их использования при напряженном воздействии на окружающую среду.

Генеральной идеей предлагаемой концепции является снижение энергетической и, взаимосвязанной с ней, экологической напряженности в условиях угольных предприятий Донбасса на основе децентрализации производства электроэнергии путем перехода к локальной (автономной) системе комбиниро-

ванной выработки необходимых видов энергии (тепловой, электрической, механической и т.п.) на основе использования собственных топливных ресурсов, а также низкосортных и высокозольных углей, отходов углеобогащения, каптируемого шахтного метана и т.п. на месте их добычи и как следствие, формирования на базе существующих угольных предприятий шахтных автономных технологического-энергетических комплексов (ШАТЭК) с эффективной автоматической системой управления (АСУ) и экологической безопасности. Как следствие реализации данной концепции возникает проблема разработки эффективной АСУ ШАТЭК и принципов моделирования ее процессов.

Известен ряд методов построения математических моделей тепловых объектов [1,2]. В тоже время многие аспекты методологии физико-математического описания объектов ШАТЭК, как объектов управления, остаются открытыми. АСУ ШАТЭК – в природе своей - это технологическая система, в которой субъективные факторы играют весьма важную роль в объективном управлении. Поэтому актуально решение вопросов совместимости технических решений с социальной структурой производства угольных шахт Донбасса. Формирование принципов автоматизации объектов управления ШАТЭК требует решения ряда задач: обеспечения наибольшей точности, наглядности и максимального быстродействия, чтобы перевести системы комплекса из одного состояния в другое.

На стадии теплотехнических расчетов объектов ШАТЭК можно с достаточной степенью точности получить уравнения их статического состояния. Описание динамики объектов ШАТЭК возможно, если в качестве аналогов взять процессы, происходящие на угольных электрических станциях и промышленных котельных в квазистатических процессах.

Динамические свойства этих сходных объектов можно описать наиболее общими по форме дифференциальными уравнениями с решением во времени. Составление этих уравнений основано на физических законах однозначно определяющих процессы в системах. Например, описание котлоагрегатов базируется на уравнениях теплового и материального балансов, теплообмена и теплопроводности и т.д., которые имеют конкретное выражение основных физических законов сохранения энергии, массы, количества движения, основ термодинамики и молекулярной физики в пространстве и во времени.

При построении математических моделей автоматических систем регулирования термодинамических объектов ШАТЭК удобно использовать простейшие системы линейных дифференциальных уравнений не выше второго порядка. Аналитическое выражение типовой характеристики интегрирующего линейного звена управления ШАТЭК можно представить в виде:

$$y(t) = k \int_0^t x(t) dt,$$

где  $k(t)$  – коэффициент передачи динамической системы;

$x(t)$  – переменный параметр.

Представив комплексную частотную характеристику в виде:

$$W(j\omega) = kW^{-1} \exp(-j\frac{\pi}{2}),$$

получаем изображение по Лапласу выходной величины передаточной функцией  $W(p)$ , т.е.:

$$y(p) = W(p) \cdot x(p).$$

При заданном входном параметре  $x(p)$  можно определить выходную величину  $y(t)$  во времени, используя известные методы операционного исчисления. Исходя из отмеченных выше задач, можно предложить общую форму математической модели объекта управления ШАТЭК как векторное дифференциальное уравнение такого типа:

$$dy = f(y, u) dt,$$

где  $y$  - многомерный вектор выходных переменных;

$u$  - многомерный вектор управляющих воздействий;

$f$  - многомерная векторная функция векторных аргументов.

По физической сущности, заложенной во всех объектах ШАТЭК, а именно трансформации и передачи энергии, управляющие воздействия  $u(t)$  ограничиваются кусочно-непрерывными управлениями с ограниченными компонентами. Задача оптимизации при этом может быть определена следующим образом: отыскать такое значение  $u(t)$ , чтобы перевести объект (систему) из состояния  $y(0)$  в заданное состояние  $y(T)$ , т.е.

$$I = \int_0^T f_0[y(t), u(t)] dt = \min.$$

В конкретном случае можно использовать принцип максимума Понтрягина, который позволяет установить необходимые условия оптимальности. Учитывая, что ряд физико-математических моделей объектов управления ШАТЭК нестационарны, оптимизация может быть осуществлена динамическим программированием.

**Выводы.** Сформулированы:

- принципы моделирования тепловых объектов управления ШАТЭК и систем экологической безопасности;
- принципы математического описания моделей термодинамических объектов и систем управления ШАТЭК;
- принципы оптимизации динамических режимов работы объектов управления ШАТЭК и экологической безопасности.

Перечень ссылок

1. Ротач В. Я. Теория автоматического управления теплоэнергетическими процессами, М.: Энергоатомиздат.-1985.
2. Гого В.Б. Концептуальные положения автономного энергоснабжения угольных шахт и экологической безопасности //Известия Донецкого горного института: Всеукраинский научно-технический журнал горного профиля/ Гл. ред. Александров С.Н. – Донецк: ДонГТУ- №2,-2000.-118с.