

териала, частотой источника питания, температурой нагрева и др. Нагрев немагнитных материалов сопровождается существенным изменением удельного сопротивления процессе нагрева, а индукционный нагрев ферромагнитных материалов, кроме того, характеризуется существенным изменением магнитной проницаемости металла, соответственно, глубины проникновения. К тому же, как известно из многочисленных источников, даже для тел правильной цилиндрической формы, характерно наличие существенных краевых эффектов в распределении напряженности магнитного поля, которые в конечном итоге оказывают влияние на характер распределения внутренних источников тепла. Следовательно, для анализа динамических свойств объекта управления, синтеза высокоточных систем регулирования температуры необходимо знать зависимость характера, распределения внутренних источников тепла в металле в процессе нагрева.

Для составления целостной картины изменения характера распределения плотности тока и мощности в нагрузке в процессе нагрева и возможности аналитического описания функции распределения внутренних источников тепла требуется последовательное решение электромагнитной и тепловой задач. Разделение во времени процедур расчета электромагнитного поля и теплового поля объясняется разной инерционностью этих процессов. Поэтому электромагнитная задача может быть сформулирована как квазистационарная, а тепловая имеет в дифференциальном уравнении временную производную первого порядка. Все это позволяет создать полностью или частично независимые процедуры расчетов электромагнитных и тепловых полей.

Модели, учитывающие взаимное влияние электромагнитного и температурного полей в процессе нагрева, так называемые электротепловые, дают исчерпывающую характеристику индукционного устройства с точки зрения потребления энергии от внешнего источника питания и выделения ее в нагрузке. Алгоритм расчета электротепловых процессов в модели при известном начальном распределении температур заключается в следующем:

- исходя из температурного поля нагрузки, находится удельное сопротивление и магнитная проницаемость каждого элемента дискретизации области нагрузки;

- проводится расчет электромагнитного поля;

- в интерполяционном блоке происходит формирование массива внутренних источников теплоты для решения тепловой задачи из массива, найденного после решения электрической задачи;

- находится температурное поле на следующем временном интервале, определяемом шагом по времени;

- если критерий окончания процесса нагрева не удовлетворены, то происходит переход к началу.

Выбор шага по времени определяется требуемой точностью расчета. В то же время при фиксированном t точность определения температурного поля зависит от свойств схемы решения и от того, насколько сильно изменились внутренние источники теплоты за время t . Если источники меняются слабо, то на выбор

шага по времени влияние оказывает только первый фактор.

Из численных методов наибольшее распространение получил метод конечных разностей. Обладая такими достоинствами, как трех диагональный характер матрицы жесткости, малый объем памяти, в случае применения процедур для ленточных матриц, быстрое время счета, высокая устойчивость вычислительного процесса, метод конечных разностей все же не позволяет описать объект сложной формы. Метод граничных элементов, сочетая достоинства аналитических и численных методов, позволяет легко описать объект любой формы, обладает высокой устойчивостью за счет малой ширины ленты матрицы жесткости, более точно описывает распределение температур при небольшом числе элементов по сравнению с методом конечных разностей. Метод конечных элементов позволяет за счет большего числа элементов по сравнению с методом граничных элементов решить и нелинейную задачу для тел сложной формы. Применение специальных процедур для ленточных матриц позволяет снизить объем памяти. Недостатком является лишь снижение устойчивости вычислительного процесса, что требует в некоторых случаях принятия необходимых мер, в частности уменьшения шага по времени.

Практически неограниченные возможности метода конечных элементов по описанию сложной геометрии исследуемых объектов и учету существующих нелинейностей при анализе полевых задач, универсальность формы построения вычислительных алгоритмов позволяют отдать ему предпочтение по сравнению с другими численными методами.

На основании выше сказанного, более удобным методом для решения поставленной задачи является метод конечных элементов.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ В НЕФТЯНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Утепбергенов И.Т., Калиева К.А., Кенжебаева Ж.Е.
*Казахский Национальный Технический Университет
имени К.И. Сатпаева,
Алматы*

В работе рассмотрена модель оперативного управления технологическим процессом в нефтяной промышленности. Объект управления представлен системой обыкновенных дифференциальных уравнений с соответствующими компонентами управления. Программная реализация модели оперативного управления представлены как процесс сбора, переработки информации и принятия решения. Определенная часть принимаемых решений представляет собой переработки информации с выдачей некоторых предложений и соответствующих рекомендаций [1].

Закон движения объекта управления можно представить системой обыкновенных дифференциальных уравнений в векторной форме:

$$\dot{x} = f(x, u) \quad (1)$$

где $f(x, u)$ - вектор-функция с элементами

f_1, f_2, \dots, f_n , x - вектор с компонентами

x_1, x_2, \dots, x_n принадлежащий пространству управления R^n , u - вектор с компонентами

u_1, u_2, \dots, u_m

$$\dot{x} = \frac{dx}{dt} \quad \text{производная}$$

вектора x по переменной t .

Общая форма математического описания закона движения объекта (1) задана в виде системы линейных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами:

$$\dot{x} = Ax + Bu \quad (2)$$

которая характеризует линеаризованное движение объекта управления в малой окрестности некоторой стационарной точки. Часто объект управления представляется системой линейных дифференциальных уравнений с переменными коэффициентами:

$$\dot{x} = A(t)x + B(t)u \quad (3)$$

При оптимальном управлении движение объекта часто распространяется на большие области пространства состояний и не ограничено малой окрестностью некоторой стационарной точки. Поэтому математическое описание его нельзя линеаризовать, т. е. представить в форме (2). Приходится представлять объект управления в виде системы нелинейных дифференциальных уравнений.

Достаточно полно реальные объекты в энергетике, химии, металлургии, горном деле, обогащении и т. д. обычно можно описать в виде общей системы нелинейных дифференциальных уравнений

$$\dot{x} = A(x) + B(x)u \quad (4)$$

где $A(x)$ — матрица-столбец с элементами

$$f_1(x_1, x_2, \dots, x_n), \dots,$$

$f_m(x_1, x_2, \dots, x_n)$; $B(x)$ — матрица размером $m \times n$ элементами

$$f_{ij}(x_1, x_2, \dots, x_n), \quad i = 1, 2, \dots, n,$$

$$j = 1, 2, \dots, m; \quad u \text{ — вектор с компонентами } u_1, \dots,$$

u_2, \dots, u_m , причем $u \in R^m \in R^n$ (здесь R^m — замкнутое ограниченное множество). Уравнение (4) линейно относительно вектора u , и это обстоятельство значительно упрощает в дальнейшем решение задач оптимального управления [2].

Математическое описание динамических режимов производственных циклов базируется на уравнениях материального и энергетического баланса или на уравнениях равновесия сил, моментов, напряжений, токов и т.д. Несоответствие поступления объекту энергии или вещества с их расходом и вызывает переходные режимы. Варьируя объемом емкостей и расходами вещества или энергии, можно влиять на динамические процессы в объектах. Нелинейность функции, входящих в математическое описание объекта, определяется несколькими факторами: геометрией машины или аппарата; нелинейностью того физического или химического закона, который положен в основу технологического процесса; зависимостью коэффициентов функций от параметров процесса; свойствами материалов, из которых изготовлена машина или аппарат.

Оперативное управление сложными технологическими процессами предоставляет пользователю технологию, позволяющую провести полный цикл обработки всей геолого-геофизической и промышленной информации с целью построения геологической модели месторождения углеводородов. Технология построения геологической модели залежи углеводородов, включающая все этапы обработки и анализа, начиная с ввода данных и заканчивая выдачей итоговых документов, опирающаяся на единую базу данных и позволяющая реализовать алгоритмы обработки и комплексирования разнородной информации в рамках одной системы.

Нами рассматриваются каждый из этапов: определяются решаемые задачи, входные и выходные данные, описываются технология и методы решения поставленных задач.

Процесс построения модели месторождения начинается с геологического анализа, целью которого является выявление и взаимная увязка стратиграфических, фациальных, структурно-тектонических особенностей строения месторождения и поиск закономерностей в их распределении во времени и в пространстве. Стратиграфические исследования начинают с изучения (стратификации) единичных разрезов скважин, затем переходят к изучению и установлению закономерностей строения отложений на площади их развития и их генетической интерпретации, т.е. к фациальному районированию [3].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анисимов С.А., Дынькин В.И. и др. Основы управления технологическими процессами. - М.: Наука, 1966.-167 с.
2. Максимов М.И., Рыбичкая Л.П. Математическая модель процессов разработки нефтяных месторождений. - М.: Недра, 1976.-264 с.
3. Мамиконов А.Р., Пискунов А.Н. Модели и методы проектирования информационного обеспечения АСУ. - М.: Статистика, 1978.-221 с.