

### ТЕХНОЛОГИЯ СОВМЕСТНОГО ДОЗИРОВАНИЯ КОАГУЛЯНТА И ФТОРСОДЕРЖАЩЕГО РЕАГЕНТА ПРИ ПОДГОТОВКЕ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ

Прончева Л.Е., Чудновский С.М.  
Вологодский Государственный  
Технический Университет,  
Вологда

Для фторирования питьевой воды традиционно используются такие фторсодержащие соединения, как кремнефтористый натрий и кремнефтористоводородная кислота. Эти реагенты являются дорогими, технологии с их использованием – трудоемкими. Кроме того, указанные фторсодержащие соединения обладают высокой токсичностью.

В Вологодском государственном техническом университете разработана новая технология фторирования природных вод, на которую получен патент на изобретение. [Патент на изобретение №2181700 «Способ фторирования воды» от 27.04.02г./ Прончева Л.Е., Тихановская Г.А., Чудновский С.М.]

Данная технология позволяет улучшить процесс фторирования воды, повысить безопасность и уменьшить эксплуатационные затраты. Она заключается в дозировании оксифторида магния  $MgOHF$  в раствор сернокислого алюминия, применяемого для коагуляции природных вод.

Оксифторид магния можно приготовить непосредственно на водоочистных сооружениях, кроме того, его можно получить при дефторировании фторсодержащей воды оксидом магния  $MgO$ .

Возможность относительно быстрого растворения оксифторида магния в растворе сернокислого алюминия позволяет упростить технологию фторирования, так как для реализации этой технологии не требуется устройство дополнительных сооружений, а могут быть использованы традиционно применяемые растворные и расходные баки, которые используют для приготовления раствора сернокислого алюминия и дозаторы, вводящие расчетную дозу  $Al_2(SO_4)_3$  в обрабатываемую воду.

Кроме того, стоимость оксифторида магния, по сравнению с другими фторсодержащими реагентами, является минимальной.

### ВЫБОР МЕТОДА МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ИНДУКЦИОННОГО НАГРЕВА ЦИЛИНДРА ПЛАСТИКАЦИИ

Сорокин А.Г.  
Самарский государственный технический  
университет, филиал в Сызрани,  
Сызрань

Рассматриваемый объект представляет собой теплообменный аппарат, состоящий из полого цилиндра и расположенного внутри него шнека. Нагрев полимерного материала происходит за счет теплообмена со стенками и шнеком теплообменного аппарата, в которых индуцируются вихревые токи охватывающим их индуктором.

Задача определения процесса индукционного нагрева для получения информации о требуемой температуре в заданных зонах нагреваемого цилиндра с резко переменным радиусом вращения, как объекта управления является сложной задачей. Сложность формы объекта нагрева предъявляет ряд требований к индукционным нагревателям: высокая эффективность, интенсивность процесса нагрева высокий КПД, малый вес и габариты. Создание индукционной нагревательной установки удовлетворяющей предъявленным требованиям, невозможно без предварительных исследований на основе математической модели, достаточно полно и точно отражающей процесс индукционного нагрева.

Методом математического моделирования решается широкий круг задач теории индукционного нагрева. Преимущества метода математического моделирования наиболее ярко проявляются при решении задач оптимизации конструкции и режима работы устройства индукционного нагрева. Критериями оптимизации могут служить показатели качества формирования температурного поля загрузки, энергозатраты, производительность и т. д. При оптимизации конструкции и режимов работы исследуемого объекта, важно выделить параметры, которые существенно влияют на функцию качества:

- пространственное распределение тепла, обусловленное формой цилиндра пластикации;
- частота питающего тока;
- напряжения подаваемое на индуктор;
- энергозатраты;

Для успешного решения указанных задач требуется разработка численных методов, качественная реализация их в виде программных средств, обеспечение диалогового общения пользователя с ЭВМ, так как аналитические методы имеют жесткие ограничения по области применения и используются обычно для геометрически простых систем или частей сложной системы, как правило, в линейной постановке. Такая технология исследований с широким применением цифровых моделей и ЭВМ получила название вычислительного эксперимента.

Вычислительный эксперимент отличается от натурального объемом и качеством информации. В вычислительном эксперименте объем получаемой информации не ограничивается числом датчиков и их быстродействием. Оказываются возможными вычислительные эксперименты в очень широком диапазоне конструктивных параметров и режимов работы устройств, включая аварийные. Изменение физических свойств материалов, геометрических размеров позволяет просмотреть всю возможную номенклатуру. Важной особенностью вычислительного эксперимента является повторяемость результатов, отсутствие случайной ошибки, связанной с действием неучтенных факторов.

Основным управляющим воздействием в установках индукционного нагрева являются распределенные по объему нагреваемого изделия внутренние источники тепла, индуцированные электромагнитным полем индуктора. Характер распределения вихревых токов зависит от многих факторов, обусловленных электрическими и теплофизическими свойствами ма-

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: