

Матвеев Ю.Н., Стукалова Н.А., Михальцов Н.Г. Использование математического моделирования в задачах диагностики технологических систем. // Проблемы информатики в образовании, управлении, экономике и технике: Сб. статей XV Междунар. научно-техн. конф. – Пенза: ПДЗ, 2015. – С. 160-164.

УДК 519.711.3:681.3:623.45

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ЗАДАЧАХ ДИАГНОСТИКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Ю.Н. Матвеев, Н.А. Стукалова, Н.Г. Михальцов

THE USE OF MATHEMATICAL MODELING IN PROBLEMS OF DIAGNOSTICS OF TECHNOLOGICAL SYSTEMS

Y.N. Matveev, N.A. Stukalova, N.G. Michalsov

Аннотация. Вопросы разработки математических моделей и алгоритмов диагностики состояний для эффективного и безопасного функционирования систем управления технологическими процессами являются весьма актуальными. Позитивных сдвигов в методах управления технологической безопасностью химических производств можно достигнуть, модернизировав существующие информационно-управляющие системы на основе современных информационных технологий и достижений в области математического моделирования. Рассматриваются вопросы разработки методов диагностики состояний технологических процессов, алгоритмов поиска диагностических решений для систем управления технологической безопасностью в условиях неопределенности исходной информации.

Ключевые слова: математическая модель, химическое производство, технологическая операция, оптимальное управление, прогнозирование.

Abstract. The development of the mathematical models and algorithms of diagnostics of the conditions for the safe and efficient functioning of control systems of technological processes are very important. Positive developments in the methods of process safety management for chemical production can be achieved through upgrading the existing information management systems based on modern information technologies and achievements in the field of mathematical modeling. The article addresses the development of methods of diagnostics of States of technological processes, diagnostic algorithms for finding solutions to systems of process safety management in conditions of uncertainty of initial information.

Keywords: mathematical model, chemical production, technological processes, optimal control, prediction.

Повышение эффективности функционирования химико-технологических процессов предъявляет требования к системам управления, превращая их в многоцелевую структуру. Современные химические производства отличаются сложностью технологии и взаимосвязанностью составляющих процессов, поэтому решение задачи по повышению эффективности работы технологических процессов требует подхода, опирающегося на использование методов математического моделирования и средств вычислительной техники.

Диагностика неисправностей технологического оборудования для стационарных случаев эксплуатации объектов достаточно изучена, при этом используются методы, основывающиеся на статистических или эвристических представлениях. При создании систем управления широким классом объектов рационально использовать методы математического моделирования. Специфика диагностики

состояний оборудования в химической технологии состоит в том, что диагностирование осуществляется в режиме нормального функционирования оборудования без подачи на его входы каких-либо тестовых или других воздействий. Более того, многие параметры объекта, важные для оценки его текущего состояния, не могут быть непосредственно измерены. Поэтому необходимым условием для построения современной системы автоматического обнаружения и идентификации неисправностей является наличие математической модели, восполняющей недостающую информацию о диагностируемом объекте. Основными требованиями, предъявляемыми к моделям, является их адекватность и достаточность для решения поставленных задач.

Современная постановка вопроса предполагает активное привлечение средств вычислительной техники, как на этапе построения диагностической модели, так и во время оперирования этой моделью. Поэтому математическая модель должна быть машинно-ориентированной и предполагать активную обработку не только информации, имеющейся в банках данных и поступающей от объекта в ходе его эксплуатации, но также и информации, изначально заданной в самой модели. Модели, используемые в системах диагностирования, можно разделить на три группы: логические, причинно-следственные и аналитические [1]. Эти три типа моделей не являются альтернативными и могут быть использованы совместно.

Химические производства хорошо структурированы и характеризуются наличием агрегатов большой единичной мощности - аппаратов, в которых протекают сложные химико-физические процессы. Если технологическая схема рассматривается как совокупность последовательных участков, содержащих типовые устройства, то целесообразно использовать логические и причинно-следственные модели. Но если объект не удастся разделить на отдельные взаимосвязанные узлы, используют аналитические модели.

При диагностике технологического состояния непрерывных объектов широкое распространение получили методы, характеризующиеся тем, что о состоянии объекта судят по значениям его контролируемых параметров. Результаты контроля параметров приводят к оценкам вида "в норме – не в норме". Для описания поведения непрерывных объектов, диагностирование которых осуществляется посредством анализа допусков, вполне естественно применять математические модели логического типа. Нахождение параметра в допустимых пределах можно классифицировать как "1", а выход из заданной области - как "0". Подобным образом преобразуются как входные, так и выходные переменные объекта. В конечном итоге задача диагностирования непрерывного объекта сводится к аналогичной задаче диагностирования дискретных объектов, элементы которых могут принимать логические значения "ДА" – "НЕТ". При таком подходе появляется возможность использования хорошо изученных и достаточно давно применяемых на практике методов диагностирования цифровых схем.

Объект диагностирования представляется в виде блоков P_i с вектором внешних входов x_i , вектором входов u_i , являющимися выходами предыдущих блоков объекта, и вектором выходных сигналов z_i , часть из которых может быть входами последующих блоков. После чего входы и выходы представляются множеством измеряемых параметров (контрольных точек) и полагается, что каждый из этих параметров может принимать лишь два значения - "в допуске", "не в допуске". Далее каждый блок P_i функциональной схемы заменяется абстрактными

блоками K_j с одним выходом b_{ij} и существенными для выхода входами. При этом один и тот же входной сигнал может "расщепляться" на различные блоки с одним выходом. По выходу z_{ij} составляется булева функция F_{ij} , которую можно записать в виде совершенной нормальной дизъюнктивной формы и затем минимизировать ее методами алгебры логики.

На основе F_{ij} строится таблица неисправностей. Строки таблицы неисправностей составляет множество контрольных точек $P=\{\pi_1, \dots, \pi_n\}$, называемое также множеством попарно-различимых проверок, а столбцы - множество попарно-различимых состояний $S=\{s_1, \dots, s_m\}$. Элементами построенной таким образом таблицы является множество $A=\{a_{11}, \dots, a_{nm}\}$ результатов проверок a_{ij} , принимающих значения либо "1", либо "0", в зависимости от того, находится ли параметр π_i в допустимых пределах или нет в данном состоянии s_j .

Логическая модель, заданная в виде таблицы неисправностей, позволяет с помощью специальных процедур нахождения минимального покрытия этой таблицы системой столбцов выбирать минимальное число контрольных точек для обеспечения различимости одиночных и кратных дефектов или, наоборот, определять минимальное множество точек контроля для возможного диагностирования неисправностей произвольной кратности.

В задачах диагностирования объектов химической технологии, как правило, используют не двух-, а трехзначное представление результатов измерений: +(плюс)-отклонение от области допустимых значений в сторону увеличения; 0(ноль)-нормальное значение контролируемого параметра; – (минус)-отклонение от области допустимых значений в сторону уменьшения. Количество состояний таблицы неисправностей при этом составляет 3^n , где n – число контролируемых параметров. Число состояний может быть уменьшено, если для минимизации таблицы неисправностей использовать не только формальные, но также и эвристические приемы, то есть основываться на имеющемся опыте и правдоподобных рассуждениях.

Библиографический список

1. Богатиков В.Н., Тоичкин Г.А. Технология построения систем технической диагностики состояний // Информационные ресурсы России. – 2006. – №1. – С. 33.

Матвеев Юрий Николаевич

Тверской государственный
технический университет,
г. Тверь, Россия

E-mail: matveev4700@mail.ru

Matveev Y.N.

Tver State Technical University,
Tver, Russia

Стукалова Наталия Александровна

Тверской государственный
технический университет,
г. Тверь, Россия

E-mail: nast77@mail.ru

Stukalova N.A.

Tver State Technical University,
Tver, Russia

Михальцов Николай Григорьевич

Тверской государственный
технический университет,
г. Тверь, Россия

E-mail: wellcometotver@mail.ru

Michalsov N.G.

Tver State Technical University,
Tver, Russia