ВВЕДЕНИЕ

Задача управления сложными промышленными объектами неотъемлемо связана с постановкой и решением задачи идентификации исследуемого процесса. Данной проблеме посвящено большое количество трудов различных отечественных и зарубежных ученых [13, 17, 31, 51, 62, 83, 135, 150, 173 и др.]. В частности, данные вопросы широко освещены в работах Эйкхоффа [139], Я.З. Цыпкина [132-134], Х. Унбегауэна [168], Т. Седерстрема [166] и др. При этом можно выделить несколько подходов к идентификации динамических систем. Первый базируется на применении параметрических алгоритмов идентификации. В этом случае, ещё на этапе постановки задачи структура модели исследуемого процесса предполагается известной с точностью до параметров, то есть динамический объект может быть описан, например, в виде линейного дифференциального уравнения с известным порядком при старшей производной, передаточной функцией или же набором типовых звеньев и др. Следует отметить, что в большинстве случаев специалистам приходится сталкиваться с малоизученными процессами, для которых не представляется возможным подобрать параметрическую структуру модели. Таким образом, в условиях недостатка априорной информации использование параметрических алгоритмов не представляется возможными. Второй подход состоит в определении переходной и весовой функций, которые позволяют оценить поведение динамической системы как в переходном, так и в установившемся режимах. Для идентификации линейных динамических систем применяются различные частотные и корреляционные методы. Среди последних можно отметить методы, основанные на описании объекта в виде уравнения Винера-Хопфа. Основная сложность здесь состоит в решение данного уравнения. Связанно это прежде всего с трудностью получения аналитического описания корреляционных функций. Одним из примеров рекурсивного алгоритма идентификации динамических систем является фильтр Калмана [56]. Здесь описание многомерной системы осуществляется в виде пространства состояний. Следующая группа методов объединяет в себе алгоритмы позволяющее определить структуру модели динамического процесса. При этом подавляющее большинство методов отыскания оптимальной структуры сводится в конечном итоге к перебору и сравнению всех возможных вариантов модели, при этом для каждого, из этих вариантов приходится вычислять оценки параметров. При относительно большой глубине памяти динамического процесса такой перебор, даже если он не полный является весьма трудоемкой задачей. Также следует отметить в данной области метод типовой идентификации, предложенный Н.С. Райбманом, который позволяет по виду взаимных корреляционных функций входных-выходных переменных определить вид линейного дифференциального уравнения и его коэффициенты.

Идентификацией нелинейных систем, в том числе и систем класса Винера и Гаммерштейна занимаются многие исследователи, среди которых могут быть отмечены работы КунцевичаВ.М.[70], Каминскаса В.А.[57, 58], Кацюбы О.А.[61], Пащенко А.Ф.[94,95], Болквадзе Г.Р.[18], Греблицкого В.[143,144] и других. Однако опыт успешного практического применения большинства существующих методов идентификации нелинейных систем при построении моделей реальных объектов невелик. Это обусловлено, прежде всего, большим разнообразием нелинейных динамических объектов, а также методов их идентификации и условий их применения. Эти методы могут быть основаны на: представлении системы в виде суммы рядов Вольтерра, линеаризации системы или на представлении системы в виде модели Винера и Гаммерштейна. Каждый из этих методов имеет как достоинства, так и недостатки. Для исследования нелинейных динамических объектов в теории управления часто применяют модели, представленные функциональными операторами Винера и Гаммерштейна. Модели этого класса образованы различными комбинациями линейных динамических звеньев и безынерционных нелинейных элементов.

В условиях недостатка априорной информации целесообразным является применение непараметрической теории, которая предполагает, что известны только качественные характеристики исследуемого объекта. На сегодняшний день непараметрические методы широко используются для решения различных задач системного анализа, в том числе задач идентификации и управления дискретно-непрерывными процессами. Поэтому разработка и исследование непараметрических моделей и алгоритмов управления, в том числе и для случая динамических объектов, является актуальной научно-технической задачей.

Непараметрическая теория берет свое начало с работ М. Розенблатта, в дальнейшем непараметрическая теория была развита в работах Э.А. Надарая [88] , В. Хардле [131], В.П. Живоглядова [45, 46], A.B. Медведева [75-83], В.А. Васильева, А. В. Добровидова, Г. М. Кошкина [68]. Последними был предложен метод фильтрации полезных сигналов на фоне помех в условиях непараметрической неопределенности. Непараметрические модели и алгоритмы управления для линейных динамических объектов были предложены Медведевым А.В, в которых для описания динамической системы использовался интеграл Дюамеля. В дальнейшем задача сводилась к непараметрическому оцениванию весовой функции по результатам наблюдений «входа-выхода» объекта. Вопросы применения непараметрической теории для нелинейных объектов обсуждались в работах Чайки С.Н, где задача решалась в условиях как параметрической, так и непараметрической неопределенности, так как параметрическая структура нелинейного блока предполагалась известной.

Несмотря на довольно высокую эффективность непараметрических методов в решении задач идентификации и управления как линейными динамическими объектами, так и объектами, относящимися к категории нелинейных, можно отметить ряд недостатков, присущих данным методам. В частности, применение разработанных на сегодняшний день непараметрических алгоритмов возможно только для некоторых классов динамических объектов. В ряде случаев отметается необходимость в частичной параметризации модели, которая производится на основании априорной информации, а также подаче на вход специальных входных сигналов, что невозможно в условиях нормального функционирования объектов. Таким образом, повышение эффективности непараметрических методов для решения задач идентификации динамических систем по данным наблюдений и дуального управления динамическими системами в условиях недостатка априорной информации является актуальной научно-технической задачей.

В работе использован комплекс существующих методов непараметрической теории идентификации и адаптивного управления. Раскрыты противоречия существующей теории, дающие возможность выявления новых проблем идентификации и управления динамическими системами в условиях частичной неопределенности, когда параметризованная структура управляемого процесса неизвестна. Изложены элементы разработанной непараметрической теории идентификации и управления нелинейными динамическими системами класса Винера и Гаммерштейна. Отличие последней от распространенных методов управления нелинейной динамикой состоит в том, что неизвестна параметрическая структура управляемого процесса. Рассмотрен класс задач идентификации и управления объектами класса Винера и Гаммерштейна, где представление нелинейной системы в виде двух блоков таково, что один из них (нелинейный блок) параметрически определен, а другой (линейный динамический) – нет. Изучено влияние основных факторов на эффективность идентификации и управления системами с применением разработанных алгоритмов. Проведена модернизация существующих непараметрических методов для идентификации динамических систем. Результаты исследований, представленные в монографии, способствуют развитию непараметрической теории управления динамическими процессами, в частности, системами, общая структура которых состоит из сочетания нескольких динамических и безынерционных элементов в их различном сочетании.

В монографии приведены результаты применения непараметрической теории к решению задач идентификации и управления сложными промышленными объектами. Приведенные алгоритмы применяются в разработке дополнений к технологическим инструкциям для выплавки и подготовки стали к непрерывной разливки в ККП №2 на предприятии ОАО «ЕВРАЗ Объединенный Западно-Сибирский металлургический комбинат». В исследовании так же приводятся разработка и внедрении новых методик, на основе которых созданы непараметрические модели и алгоритмы управления процессом сжигания угля в котлоагрегате ТЭЦ. Предложенные методики могут быть применены в компьютерных системах моделирования и управления различными технологическими объектами класса Винера или Гаммерштейна. Процессы данного типа достаточно распространены в различных областях промышленности, например, в теплоэнергетике (ТЭЦ), стройиндустрии, металлургии, нефтепереработке и др., где роль нелинейного элемента часто выполняют исполнительные механизмы, установленные как на входе, так и на выходе технологических аппаратов.