

МНОГОКРИТЕРИАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ЗАДАЧ УПРАВЛЕНИЯ**Е.В. Никульчев****(Московская государственная академия приборостроения и информатики)**

Рассматриваются существующие подходы к проектированию многокритериальных систем поддержки принятия решений (СППР). Излагается метод групп симметрий как один из возможных подходов к решению практических задач данного класса. В качестве примера практического использования метода описывается построение системы управления теплообменом в кондитерской промышленности.

Сложные динамические системы, как правило, включают значительное число управляемых объектов, к которым предъявляется несколько критериев оценки качества функционирования, а также задаются различные ограничения. Невозможно математически сформулировать процесс поиска стратегии при принятии решения для реальной системы в условиях, заданных несколькими целевыми функциями и критериями качества, т. к. их цели обычно противоречат друг другу. Такие задачи, возникающие при управлении промышленными системами, являются задачами принятия решения в условиях неопределенности целей, которые также можно назвать задачами проектирования многокритериальных систем управления.

В настоящее время в теории принятия решений сложилось два подхода к решению многокритериальных задач оптимального управления. Первый основан на введении дополнительных гипотез, заключающихся в попытке найти способы сведения многокритериальных задач к обычным задачам с одним критерием, поскольку для них существуют хорошо отработанные методы решения. Эти гипотезы должны носить неформальный характер, т. к. они не могут быть получены как результат решения какой-либо математической задачи. Наиболее распространенный способ — свертывание критериев, когда одна задача заменяется другой, причем содержание новых гипотез заключается в правомочности подобной замены. Однако объединение критериев ухудшает значение качественных характеристик.

Другой подход основан на применении принципа Парето. Суть принципа заключается в нахождении области компромиссов, в которой улучшение качества решения по одним локальным критериям приводит к ухудшению качества решения по другим. Разработаны эвристические схемы получения области компромисса — принципы равномерности, справедливой уступки, выделения одного оптимизирующего критерия и т. д. В настоящее время в большинстве практических приложений для принятия решений в многокритериальных системах используется метод Соболя-Статникова [1].

Вместе с тем алгебраические методы построения области компромиссных зависимостей (множества Парето) для нелинейных объектов практически отсутствует. Одним из аппаратов, который позволил осуществить поиск аналитических решений, является дифференциальная геометрия, которую в практическом смысле можно рассматривать как "тонкую"

линеаризацию. Достоинствами геометрического подхода являются возможность по одному частному решению строить множество частных решений и использование теоремы Нетер, позволяющей строить сложные законы сохранения на основании вариационных принципов [2]. Существует ряд работ по использованию методов дифференциальной геометрии для решения многокритериальных задач. Например, метод Колесникова [3] применен рядом исследователей к задачам аналитического конструирования систем управления. Метод основан на задании инвариантных притягивающих многообразий в замкнутой системе и построении связанной с ним системы уравнений, определяемой функционалами качества. Метод позволяет найти точное решение задачи оптимальной стабилизации. Однако выбор притягивающего многообразия не позволяет определить реальных затрат на переходной процесс.

В связи с этим был разработан математический аппарат для выявления компромиссной области неулучшаемых по совокупности критериев качества решений, основанного на инвариантности уравнений Эйлера-Лагранжа относительно групп вариационных симметрий Ли [4]. Было доказано, что инвариантность относительно групп симметрий комплекса уравнений вариационных задач, определяемых уравнениями Эйлера-Лагранжа каждого функционала качества, представляет собой компромиссную зависимость критериев качества. Доказательство основано на теореме Нётер и того факта, что переменные в функционалах связаны одной системой дифференциальных уравнений. Метод проектирования систем парето-оптимальных решений можно представить в следующей последовательности шагов: моделируется или идентифицируется объект; задаются критерии качества и ограничения; строятся уравнения Эйлера-Лагранжа для каждого заданного функционала; для группы симметрий, определяемых особенностями задачи, вычисляются соответствующие инфинитезимальные образующие; вычисляются характеристики законов сохранения; в соответствии с теоремой Нётер строится закон сохранения; Парето-оптимальное решение задачи выбирается из условий соответствия найденному закону сохранения.

Метод нашел применение в ряде промышленных систем [4, 5]. Рассмотрим в качестве примера решение задачи управления промышленной системой теплообмена на ООО "Кондитерская фабрика "Марс" [6]. Необходимо реализовать СППР по управ-

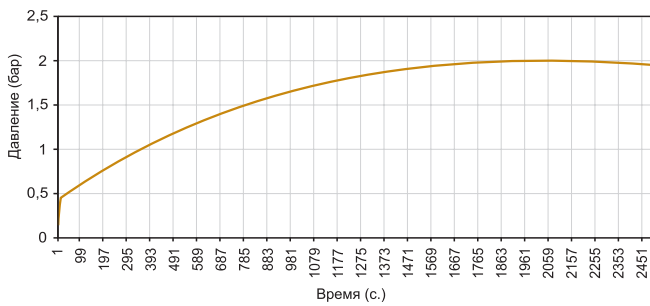


Рис. 1. Динамика изменения давления пара с учетом критериев качества

лению бесконтактным теплообменником, на вход которого в качестве теплоносителя подается пар, в качестве теплоприемника используется шоколад. Измеряемыми параметрами являются: давление пара (теплоносителя) и выходная температура нагретого продукта. Воздействия на процесс осуществляются управляемым клапаном. Необходимо регулировать значения давления и температуры выходного продукта при заданных ограничениях на скорость роста давления пара и максимально допустимое значение температуры продукта. Критериями функционирования являются: минимальное значение скорости увеличения давления пара и максимальное быстродействие. Дополнительной сложностью при создании данной системы управления стала невозможность проведения большого числа экспериментов из-за чувствительности оборудования к ошибкам в настройках режимов работы, поэтому математическое моделирование и аналитическое проектирование СППР являлось единственным возможным вариантом.

Применяя разработанные алгоритмы и построенные модели, были получены результаты функциони-

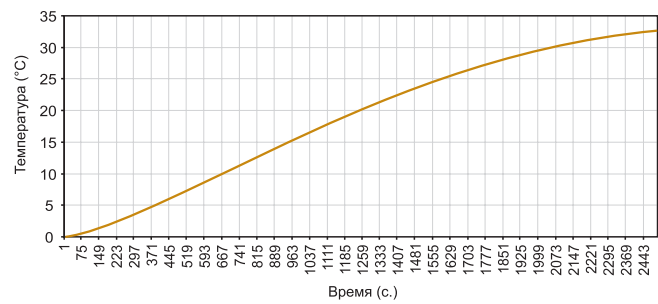


Рис. 2. Динамика изменения температуры продукта с учетом критериев качества

рования системы с учетом заданных критериев качества. Пример функционирования системы в переходном режиме показан на рис. 1 и 2.

Список литературы

1. Соболев И.М., Статников Р.Б. Выбор оптимальных параметров в задачах со многими критериями. М.: Наука, 1981.
2. Нетер Э. Инвариантные вариационные задачи. Вариационные принципы механики. М.: Физматгиз, 1959.
3. Колесников А.А., Гельфгат А.Г. Проектирование многокритериальных систем управления промышленными объектами. М.: Энергоатомиздат, 1993.
4. Никульчев Е. В. Разработка методов и моделей обеспечения качества управления в многокритериальных системах // Дисс. канд. тех. наук.: 05.13.01. М.: МГАПИ, 2000.
5. Хныкин А.П., Никульчев Е.В. Построение компромиссной зависимости в задаче управления промышленным манипулятором // Сб. науч. трудов: Математическое моделирование и управление в сложных системах. Вып. 4.- М.: МГАПИ, 2001.
6. Никульчев Е.В. Моделирование промышленной системы теплообмена // Автоматизация в промышленности. 2004. №7.

Никульчев Евгений Витальевич — канд. техн. наук, доцент, зам. зав. каф. управления и моделирования систем ГОУ ВПО "Московская государственная академия приборостроения и информатики".

Контактный телефон (095)-268-37-75

"Бизнес-инжиниринговые технологии"

услуги по управленческому консультированию, бизнес-обучению, разработке и внедрению современных управленческих технологий

Консалтинговые услуги в различных формах, включая дистанционный консалтинг

- Разработка и внедрение стратегии и системы сбалансированных показателей — BSC (Balanced Scorecard); системы менеджмента качества в соответствии со стандартами ИСО серии 9000; системы управления проектами; процессных и структурных регламентирующих документов.
- Описание, совершенствование, оптимизация и реинжиниринг бизнес-процессов. Внедрение системы процессного управления и программных средств моделирования бизнес-процессов.
- Построение и оптимизация организационной структуры предприятия.
- Разработка, внедрение и совершенствование информационных технологий.
- Постановка и совершенствование системы управления финансами.

CD-решения предназначены для повышения эффективности работ по постановке основных систем управления предприятием. Содержат: методические материалы, различные примеры бизнес-процессов, организационно-функциональных структур, схем распределения ответственности, форм документов, примеры процессных и структурных регламентирующих документов предприятий из различных отраслей бизнеса.

Серия "Управленческие бизнес-процессы": CD-1 (Plus) — "Бизнес-процессы"; CD-2 — "Стратегия и Проекты"; CD-3 — "Бизнес-планирование"; CD-4 — "Финансы"; CD-5 — "Персонал"; CD-6 — "Оргструктура"; CD-7 — "Стратегия и BSC".

Серия "Отраслевые решения": CD/OP-1 — "Ликероводочный комбинат"; CD/OP-2 — "ЗАО "Электрокабель"; CD/OP-3 (Plus) — "Станкостроительное Объединение"; CD/OP-4 — "ОАО "Ампер"; CD/OP-5 — "Торговая компания".

Контактный телефон (095) 788-72-47, 103-95-15.

E-mail: Info@betec.ru, <http://www.betec.ru>