

А. В. СПЕСИВЦЕВ

Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации Российской академии наук, Санкт-Петербург

И. Т. КИМЯЕВ

ООО ИК «Сибинтек», Москва

МНОГОКРИТЕРИАЛЬНЫЙ ЛОГИКО-ЛИНГВИСТИЧЕСКИЙ АЛГОРИТМ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПЕЧЬЮ ПИРОЛИЗА

В докладе предлагается рассмотреть применимость оригинального подхода к созданию многокритериальных систем управления такими сложными многофакторными технологическими объектами как печи пиролиза с помощью оригинального подхода к описанию и созданию систем управления сложными производственными и технологическими комплексами, которые могут стать менее затратной альтернативой существующим на рынке «традиционным» средствам создания систем улучшенного управления технологическими процессами на основе предиктивных управляющих контроллеров.

Введение. В современной нефтехимии производство олефинов является краеугольной технологической цепочкой и источником основных «строительных блоков» – этилена, пропилена, бутена, бутадиена и бензола [1]. Устойчивость и качество работы которых определяют устойчивость, качество и экономические показатели работы всех последующих производственных переделов. Создание эффективных, но при этом экономически высокоэффективных на длительном – до 10 лет – промежутке времени систем управления многокритериальными технологическими цепочками является актуальной научно – технической задачей.

Содержательная постановка задачи

Общемировая практика показывает, что наиболее распространенной технологией для олефиновых производственных цепочек является высокотемпературный крекинг углеводородного сырья, т. н. пиролиз, который происходит в специализированных технологических агрегатах - печах пиролиза (ПП) с последующим выделением путем очистки (фракционированием) из пирогаза (ПГ) товарного этилена и сопутствующих фракций.

Конструктивно ПП представляет собой объемный стальной «короб», изнутри футерованный огнеупорными материалами, и внутри которого размещены т. н. «радиантная» и «конвекционная» камеры с установленными стальными же змеевиками для термического разложения углеводородного сырья (камера радиантная) и испарения и перегрева углеводородного сырья (камера конвекционная).

На средних и крупных производствах количество отдельных ПП может достигать 15..18 одновременно работающих единиц, устойчивость и качество работы которых определяют устойчивость, качество и экономические показатели работы всех последующих производственных переделов. При этом нужно учесть, что при работе блока ПП каждый отдельный агрегат может работать на «своем», отличном соседнего агрегата, сырье (широкая фракция легких углеводородов, бензин, газойль, нефтя и пр.), что дополнительно усложняет подходы к управлению.

Т.е., олефиновый производственно – технологический комплекс представляет собой сложный, многофакторный и многокритериальный объект управления (ТОУ).

Типовыми целями управления для ПП является ведение процесса крекинга в близких к экономическим и технологическим ограничениям режимах, с извлечением максимальной прибыли от реализации продуктов и/или снизить себестоимость продукции, а именно:

- увеличить выход олефинов путем снижения потерь конечного продукта (этилена / пропилена) в возвратный продукт;
- снизить потери этилена в метан (топливный газ);
- уменьшить среднеквадратические отклонения целевых показателей качества по содержанию этилена и пропилена;
- поддерживать качественные показатели работы ПП на уровнях, не выходящих за регламентированные значения.

Достижение указанных целей возможно путем последовательного решения следующих задач управления:

1. Многопараметрическое управление подачей сырья и топливного газа:

- a. общее («грубое») управление средней температурой ПГ для ее поддержания в заданном диапазоне;
 - b. корректирующее («тонкое») управление температурой ПГ по потокам (змеевикам) для недопущения перегрева трубопроводов;
 - c. выравнивание температуры ПГ по змеевикам с точностью до $1,5^{\circ}\text{C}$.
2. Поддержание максимально (или – минимально) допустимой температуры ПГ в зависимости от целевого продукта.
3. Минимизация содержания O_2 в дымовых газах (в нормативных пределах по разрежению в камере).
4. Плавная подача пара разбавления по режимной кривой, без резких ступенчатых перепадов соотношения «пар – сырье».

Как известно, за решение приведенных задач многокритериального управления столь сложными ТООУ отвечает специфический сегмент (класс) систем управления технологическими процессами, называемый «усовершенствованным» (СУУТП) [2]. Именно системы класса СУУТП решают задачу рутинного поддержания основных режимов ТООУ в таком состоянии, которое обеспечит его наилучшую эффективность по выбранным производственным / ценовым критериям (например, производительность или энергоэффективность).

В широко представленных на рынке программных комплексах, средствами которых на промышленных объектах реализованы системы класса СУУТП, математическим и алгоритмическим ядром является т. н. «прогнозирующий управление на основе модели» контроллер (в англоязычной среде называемый Model-based predictive control или сокращенно Model predictive control, MPC) [3].

При создании СУУТП формируется набор технологических факторов, т. н. Controlled и Manipulated Variables (CV и MV соответственно), которыми изначально технологический персонал решает задачи управления пиролизом в режиме реального времени. Этими же переменными (факторами) будет оперировать и система класса СУУТП.

Несмотря на неоспоримые для современного предприятия значимость и эффективность технологий СУУТП на базе «прогнозирующей» матрицы, данные технологии имеют как ряд методологических ограничений при развертывании и поддержке, так существенную стоимость внедрения: в частности, бюджет СУУТП для комплекса ПП из 20 единиц составляет десятки млн руб. (в ценах 2015 г.).

Одним из способов обойти ограничения создания управляющих комплексов сложными ТООУ на базе «традиционных» СУУТП, а так же снизить стоимость как внедрения, так и последующего владения СУУТП, является создание интеллектуальной модели управления на основе знаний операторов-технологов [4, 5].

Практика показывает, что комплект идентифицированных CV и MV для решения заявленных выше задач управления как непосредственно человеком, так и системами класса СУУТП, является минимально необходимым.

Существующая методика построения нечеткого логического регулятора (НЛР) на основе знаний эксперта (оператора-технолога) позволяет принять факторы контроля и управления ПП в качестве базового (допускающего расширение) факторного пространства управляющей модели для ПП. При этом:

- управляемые переменные CV_n – принимаем как «входные» факторы X_n
- управляющие переменные MV_m – принимаем как «выходные» факторы Y_m .

Заключение. Современные методики синтеза нечетких логических регуляторов позволяют существенно снизить затраты на создание сложных многокритериальных систем управления, по сравнению с «традиционными» подходами в части построения систем класса СУУТП для сложных производственно-технологических комплексов нефтехимической отрасли.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дональд Л. Бардик, Ульям Л. Леффлер. Нефтехимия. М., Олимп Бизнес, 2005г.
2. Дозорцев В.М., Ицкович Э.Л., Кнеллер Д.В. Усовершенствованное управление технологическими процессами (APC): 10 лет в России // Автоматизация в промышленности. 2013, №1, с.12–19.
3. Sandip Lahiri K. Multivariable predictive control. Applications in industry ISBN: 9781119243519 John Wiley & Sons Limited, 2017.

4. Спесивцев А.В., Кимяев И.Т. Усовершенствованное управление технологическими процессами (АРС) на базе регулятора на нечеткой логике для сложных технологических комплексов. Моделирование и анализ безопасности и риска в сложных системах. Россия, СПб., 23–25 июня 2020 г.
5. Патент РФ 2204616. Способ автоматического управления обжигом никелевого концентрата в печи кипящего слоя / Салихов З.Г., Спесивцев А.В., Дроздов А.В., Кимяев И.Т., Степин В.Г. Опубл. 20.05.2003 г.

A.V. Spesivtsev (St. Petersburg Institute for Informatics and Automation of the Russian Academy of Sciences, St. Petersburg), I.T. Kimyaev (LLC IC “Sibintek”, Moscow)

Multi-criterial Logic-Linguistic Algorithm of the Pyrolysis Furnace Control System

The report proposes to consider the applicability of an original approach to the creation of multi-criteria control systems for such complex multifactor technological objects as pyrolysis furnaces using an original approach to the description and creation of control systems for complex production and technological complexes, which can become a less costly alternative to existing ones. The market for “traditional” means of creating systems for improved control of technological processes based on predictive controllers.