

## ПРИМЕНЕНИЕ ADVANCED PROCESS CONTROL В ЗАДАЧАХ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ УСТАНОВКАМИ НЕФТЕДОБЫЧИ

Щустова О.О., Разумова Е.И., Громаков Е.И.

Научный руководитель: Громаков Е.И., к.т.н., доцент

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: [olga\\_shustova92@mail.ru](mailto:olga_shustova92@mail.ru)

Крупные российские компании нефтегазовой отрасли рассматривают проекты автоматизации в перспективе их жизненного цикла. Так ОАО «НК «Роснефть» выделяет три этапа развития автоматизации («минимальный»), («базовый») и («перспективный») [1]. Объемы автоматизации в процессе такого развития отражают значительный рост внедрения (использования) систем автоматического регулирования (САР). В результате увеличения объемов САР формируются сложные многоконтурные схемы автоматического регулирования. Особую роль при решении новых задач автоматизации будут играть системы класса *Advanced process control* [2].

Нотация *Advanced process control (APC)* относится к методологии с широким набором методов и технологий, применяемых в промышленных системах управления технологическими процессами. Она обычно используется при необходимости и в дополнение к простейшим способам управления, которые закладываются поставщиком оборудования для достижения ими нужной эффективности.

Наиболее известными типами *APC* являются:

- Алгоритмы и структуры, которые относятся к проверенным передовым технологиям управления, таким как *FF/FB*,  *OVERRIDE*,  *Split-range control*,  *Cascade*;  *IMC (Internal Model Control)*;  *Предиктор Смита*;  *Parallel control*;  *Valve Position Control*;  *Ratio control* и др.[3]. Это класс систем, в которых используют какие-либо заказные непростые методы управления, не попадающие в своей классификации в обычные категории САР.

- Многопеременное управление типа *ММО* или  *Model predictive control (MPC)*. Последняя является популярной технологией, которая, как правило, устанавливается на компьютере диспетчерского управления, что позволяет связывать наиболее важные независимые и зависимые переменные процесса и их динамические модели с использованием матричной математики и управлять процессом на основе алгоритмов оптимизации.

- *Inferential control* – параметрическое управление с использованием косвенных оценок на основе таких легкодоступных и недорогих измерений процесса как температура, давление.

- *Sequential control* – это автоматное управление, которое относится к дискретно-непрерывным схемам автоматизации.

В данной работе рассматривается задача совершенствования подготовки нефти на

установке подготовки нефти (УПН) с использованием *APC*-алгоритмов. Одной из важных задач этой установки является экономия энергетических затрат при подготовке нефти заданного объема и заданного ТУ качества в установленные сроки с минимизацией износа регулирующих органов и отложений солей в трубопроводной обвязке. Это можно достигнуть за счет использования алгоритмов, оптимизирующих все составляющие процесса подготовки нефти. Основные объекты управления УПН – насосные станции, сепараторы, подогреватели нефти, отстойники воды.

Сквозным технологическим процессом является поддержание установленного нормативными требованиями давления и расхода в трубопроводной обвязке, эффективное регулирование температуры при сепарации газа (рис. 1).

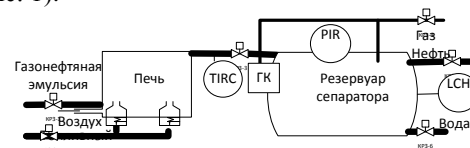


Рис.1 Схема подготовки нефти с минимальным уровнем автоматизации

Оценим эффективность управления сквозным процессом подготовки нефти в части процессов «Управление подачей нефти, печью и сепарацией газа» (рис.2).

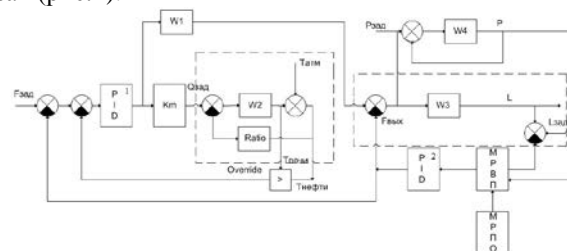


Рис.2. *APC*-схема управления сквозным процессом сепарации

На данной схеме (рис.2) используются следующие обозначения: *PID1* – ПИД-регулятор по расходу; *PID2* – ПИД-регулятор по уровню; *K<sub>m</sub>* – масштабирующее звено; *W1* – передаточная функция насоса (клапана); *W2* – передаточная функция печи; *W3* – передаточная функция сепаратора (по уровню); *W4* – передаточная функция сепаратора (по давлению); *MPBP* – модель расчета выходного потока; *MPPO* – модель расчета проходного отверстия.

При выборе алгоритмов оценим перспективу применения *APC* - алгоритмов.

*FF*-прямая связь позволяет компенсировать воздействие возмущения быстрее, чем *FB*-обратная связь, которая обнаруживает только сам факт ее воздействия в виде ошибки, вызванной разностью между управляемой величиной и управляющим воздействием. Однако это существенно, если точно известно место возникновения и модель обратного оператора. Для распределенной системы, такой как УПН это проблематично. Кроме того такие значимые возмущения как изменения погодных условий, проявляются медленным образом и необходимость их быстрой компенсации в УПН не актуальна.

Достоинством *каскадного управления* является возможность эффективной компенсации возмущения во внутренних контурах САР сквозного процесса. Такое управление позволяет снизить эффекты, связанные с транспортным запаздыванием. Выходную реакцию внутренних контуров можно значительно улучшить с помощью ПИД-регулирования.

*Предиктор Смита и Internal Model Control* - похожие алгоритмы. Их достоинством является эффективная компенсация транспортного запаздывания, что увеличивает реактивность их действий. Эти схемы особенно перспективны для управления внутренними контурами, имеющими большие транспортные запаздывания.

Возможности *Split-range control* и *Parallel control* также в некоторой степени похожи. Их достоинством является сравнительно высокая точность регулирования в широком диапазоне изменения рабочих точек процесса. Для УПН эта проблема не является актуальной.

*Override control* и *Selective control* относятся к САР переменной структуры. Их достоинством является возможность «умного выбора» структуры управления в зависимости от складывающейся ситуации с регулируемыми параметрами. В результате достигается повышение устойчивости работы САР при изменении условий технологического процесса.

Таким образом, для решения задачи комплексного управления показателями качества и объемов подготовки нефти УПН возможны различные архитектурные решения САР. Оценим вариант управления процессом подготовки нефти: каскадную схему САР с внутренними и общей внешней обратными связями (рис.2). На схеме показаны основные объекты управления – компоненты УПН: насос, печь и сепаратор. Для обеспечения выполнения условий робастности автоматического управления воспользуемся каскадным управлением с использованием таких структурных решений как *Ratio*, *Override* и *Inferential-управление*.

Для обеспечения нужного качества регулирования используются ПИД-алгоритмы управления. Для повышения качества

регулирования уровня нефти в сепараторе используются программные модули расчетов выходного потока сепаратора и проходного сечения его входного клапана, предложенные в [5].

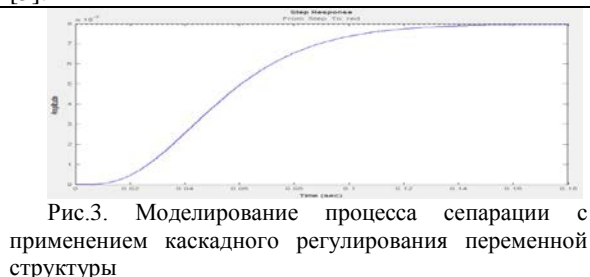


Рис.3. Моделирование процесса сепарации с применением каскадного регулирования переменной структуры

С использованием данной схемы решается задача обеспечения выполнения производственного задания по объему подготовки нефти на УПН в целом (подобно «швейной машинке», обеспечивающей выполнение конкретной задачи пользователя).

Внутренние контуры обеспечивают регулирование потока нефти  $F_{вых}$ , температур в печи нагрева  $T_{печи}$  и нефти в трубопроводе  $T_{нефти}$ . САР температуры печи отвечает за регулирование температуры в трубопроводе путем изменения подачи газа в горелку.

Анализ результатов, полученных при моделировании этих структур управления показывает следующие достоинства каскадной схемы САР с внутренними и общей внешней обратными связями: возможность формирования безлюдной технологии управления процессом подготовки нефти на УПН; обеспечение высокой робастности процесса подготовки нефти при различных режимах технологического процесса.

Применение каскадного управления позволяет снизить перерегулирование и колебательность в системе, что, снижает износ регулирующих органов и увеличивает срок службы системы, ее безопасность и быстродействие.

#### Литература

1. ОАО Роснефть, стандарт компании. Автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУ ТП) нефтегазодобычи. Требования к функциональным характеристикам, № ПЗ-04 СД-038, версия 1, М: 2008, 109 с.
2. Carlos A. Smith, Principles and Practice of Automatic Process Control 2 edition John Wiley & Sons, Inc.2006 563 p.
3. B. Roffel, B.H.L. Betlem, "Advanced Practical Process Control" Springer, 2004.
4. Jean Pierre Corriou, "Process Control: Theory and applications" Springer, 2004.
5. Зориктуев В.Ц., Дребская Ю.М., Рошупкин В.В. Синтез математической модели процесса сепарации нефти в системе управления промысловой подготовкой нефти, Вестник УГАТУ Управление ВТ и И Т.13, №2 (35), Уфа: УГАТУ, 2009 78-82 с.