

УДК 62-52:681.2

УПРАВЛЕНИЕ ОБЪЕКТАМИ ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТИ ПО МОДЕЛИ CONTROL OF OBJECTS OF OIL REFINING MODEL

Л. Г. Тугашова, К. Л. Горшкова

L. G. Tugashova, K. L. Gorshkova

Альметьевский государственный нефтяной институт, г. Альметьевск

Ключевые слова: модель; переработка нефти; управление; настройка регулятора
Key words: model; oil refining; operation; setting of the regulator

К объектам первичной переработки нефти относятся колонны ректификации, сепараторы, теплообменники, емкости, аппараты воздушного охлаждения, печи нагрева и др. Для одних объектов (емкости, теплообменники) применяются одноконтурные системы автоматического регулирования (САР), для других (колонны, печи) — многоконтурные. В многоконтурных системах включение в работу каждого нового контура регулирования меняет динамические свойства уже работающих контуров. Для устранения взаимных связей между каналами регулирования применяются специальные устройства — компенсаторы. Важной задачей является определение оптимальных параметров регуляторов в условиях взаимного влияния контуров регулирования и нелинейности моделей процессов.

Многие реальные системы являются нелинейными, и их представление в виде линейных или линеаризованных моделей не приводит к положительным для практики результатам. Для нелинейных объектов в условиях возмущений применение линейных ПИД-регуляторов с постоянными коэффициентами затруднительно. При действии возмущений или изменении уставок линейные регуляторы не обеспечивают необходимого качества переходного процесса.

Для улучшения качества управления различными объектами нефтепереработки применяются следующие способы:

- управление с применением моделей;
- адаптация ПИД-регулятора с помощью нечеткой логики, нейронных сетей, генетических алгоритмов;
- применение нечетких, нейронных, нейро-нечетких регуляторов.

Первый и второй способы позволяют учитывать нелинейные свойства объекта, не внося больших изменений в схему управления процессом. Соответствующий блок настройки и модель подключаются к существующей системе. В третьем способе может понадобиться замена программно-технического обеспечения.

Для системы управления может быть решена задача параметрической оптимизации по различным критериям. Применяются интегральные критерии качества регулирования (квадратичный, модульный), и критерии, содержащие прямые показатели качества переходного процесса (перерегулирование, время регулирования).

Рассмотрим применение блока настройки коэффициентов регуляторов с помощью генетического алгоритма (ГА). ГА используются для решения задач дискретной и непрерывной оптимизации — для идентификации моделей объектов управления, поиска оптимальных параметров регулятора (рис. 1), поиска оптимальных положений функций принадлежности в нечетких регуляторах, а также для обучения нейронных сетей.

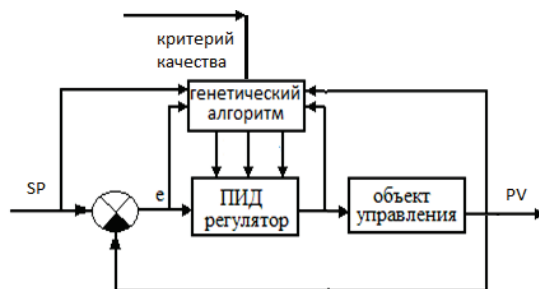


Рис. 1. Упрощенная схема настройки параметров регулятора

Преимуществом ГА является отсутствие существенных ограничений на виды целевых функций и модели объекта. Недостаток ГА — долгий поиск экстремума и негарантированная сходимость. Генетические алгоритмы обрабатывают не сами параметры задачи, а их закодированную форму. Поиск решения осуществляется не из единственной точки, а из некоторого множества, называемого популяцией.

Эффективность и качество настройки регуляторов можно повысить, применяя современные средства моделирования. В среде Matlab реализованы ПИД-регуляторы с настройкой коэффициентов посредством генетического алгоритма.

Использовался интегральный квадратичный критерий качества с ограничением входного сигнала

$$\varepsilon = \int_0^T (\eta((x(t) - x_s(t))_i^2 + \rho \cdot \Delta U(t)_i) dt, \quad (1)$$

где ΔU_i — изменение управления; η , ρ — коэффициенты пропорциональности.

Существуют различные варианты управления по модели. В настоящее время на некоторых установках нефтепереработки внедрены и успешно функционируют системы усовершенствованного управления технологическими процессами (например, компаний Yokogawa, Honeywell), основанные на методологии прогнозирующего управления (MPC — Model Predictive Control). В этом случае используется схема прогнозирования будущего состояния выходов на основании измеренных прошлых значений управляемых величин и измеренных переменных внешних воздействий [1].

В нашем случае управление по модели реализовано следующим способом. Получена динамическая модель ректификационной колонны, которая будет применяться в системе управления процессом ректификации на установке первичной перегонки нефти [2]. Общая система уравнений для многокомпонентных смесей состоит из уравнений общего, покомпонентного материального и теплового балансов по всем тарелкам, уравнений парожидкостного равновесия.

Полученная система уравнений решалась с применением Matlab. При решении системы обыкновенных дифференциальных уравнений применялся «решатель» Matlab ode15s, а также явный метод Эйлера второго порядка, неявный метод Эйлера.

Управляющими воздействиями являются: расход верхнего орошения, расход дизельной фракции, расход перегретого водяного пара. Возмущающие воздействия — расход сырья, состав сырья.

Динамическая модель получена с учетом многих факторов процесса и является точной, но сложной. Должен быть компромисс между сложностью, точностью и временем вычисления. Для применения в системе управления полученная модель преобразована к виду модели Гаммерштейна ММО-структуры по критерию минимума суммы квадратов отклонений. При расчете параметрической чувствительности определено, что отклонение расхода перегретого пара в куб колонны не оказывает существенного влияния на температуру отбора бензиновой и дизельной фракций. Это обстоятельство учтено при получении модели.

Получены зависимости показателей качества (температур начала и конца кипения нефтяных фракций) от технологических параметров. Рассматривались варианты построения регрессионных моделей, авторегрессионно-регрессионных моделей, ARMAX-моделей, а также с применением нейронных сетей. Исходными данными являются оперативные листы нефтеперерабатывающей установки и результаты химико-аналитической лаборатории (фракционный состав нефтепродуктов, нефти и др.) мини-НПЗ за 2011–2015 гг. При оценке адекватности (коэффициента детерминации R^2) получены примерно одинаковые результаты. Выбраны регрессионные модели с применением метода главных компонент для устранения мультиколлинеарности. Причем при поступлении новых лабораторных данных (из заводской химико-аналитической лаборатории) зависимости корректируются.

Ограничения по температурам начала и конца кипения фракций получены из регламента нефтеперерабатывающей установки.

Полученная в [3] зависимость для истинной температуры кипения (ИТК) применяется для определения отборов нефтяных фракций по потенциальному содержанию

$$F_i = (Ps(T_{kk})_i - Ps(T_{нк})_i) \cdot F_n, \quad (2)$$

где $Ps(T_{kk})_i - Ps(T_{нк})_i$ — потенциальное массовое содержание бензиновой и дизельной фракции, определяемое по зависимости для ИТК; F_i, F_n — массовые расходы нефти и нефтяных фракций.

При управлении по модели применяется критерий оптимизации, являющийся условием минимума квадратов невязки температур отбираемых фракций (T_i) и их заданных значений (T_{zi})

$$S = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^N (T_i - T_{zi})^2 \rightarrow \min, \quad (3)$$

где m — число выходов.

В Matlab для этого используется функция

$$x = \text{fmincon}(@\text{reg2}, x0, A, b, A_e, b_e, lb, ub, @\text{nelin}).$$

В результате применения динамической модели и критерия оптимизации вычисляются управляющие воздействия, обеспечивающие стабилизацию контролируемых переменных (температур на отборных тарелках).

Для проверки полученной модели системы выбрана структура, содержащая компоненты, приведенные на рисунке 2. В системе используется OPC-сервер CoDeSys, связанный с контроллером CoDeSys SP PLCWinNT через общий шлюз типа TCP/IP. Список переменных для обмена формируется в контроллере. Matlab и SCADA являются OPC-клиентами. Была произведена настройка связи по OPC, запущен проект и установлена связь между всеми компонентами системы. Для этих целей в Matlab используется приложение OPC Toolbox, а именно OPC-блоки для записи и чтения значений (OPC-Write и OPC-Read) и OPC-конфигуратор.

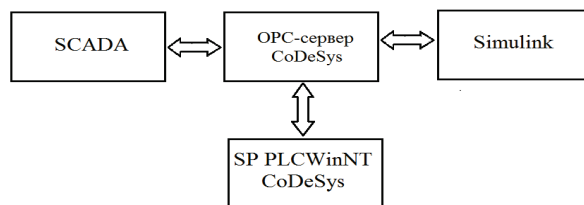


Рис. 2. Взаимодействие программ

На рисунке 3 показана температура бензиновой фракции: в момент времени 100 с действует возмущение по расходу сырья, в момент 2 000 с меняется задание 138–140 °С.

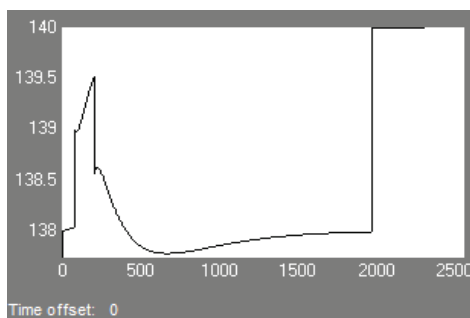


Рис. 3. Переходные процессы

Визуализация процесса управления выполнена с применением Trace Mode 6.0 (рис. 4).

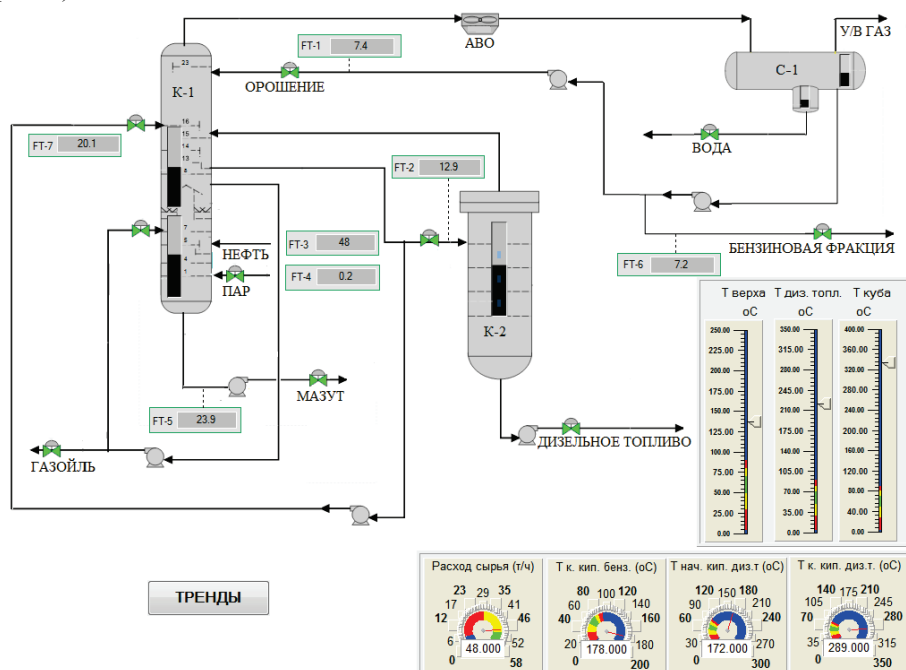


Рис. 4. Мнемосхема процесса

Вышеприведенные способы управления объектами применимы на технологических установках. Управляющий уровень с контроллером осуществляет непосредственное управление объектом. Контроллер получает данные от датчиков и отправляет на рабочую станцию. В Matlab передаются данные о параметрах, по которым формируются значения управляющих воздействий, поступающие в контроллер.

Таким образом, генетические алгоритмы могут применяться как для идентификации объекта управления, так и для настройки параметров ПИД-регулятора. При применении управления по математической модели вычисляются управляющие воздействия, обеспечивающие стабилизацию контролируемых переменных.

Список литературы

1. Основные решения и преимущества СУУТП компании Июкогава / Хатимов М. Р. [и др.] // Экспозиция Нефть Газ. – 2015. – № 5. – С. 92–95.
2. Тугашова Л. Г. Исследование возможности управления процессом ректификации нефти с применением типовых регуляторов // Вестник ЮУрГУ. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». – 2016. – Т. 16. – № 3. – С. 120–131.
3. Затонский А. В., Тугашова Л. Г. Моделирование статического режима процесса ректификации с идентификацией состава и свойств нефти // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. – 2015. – № 6. – С. 109–116.

Сведения об авторах

Тугашова Лариса Геннадьевна, старший преподаватель кафедры автоматизации и информационных технологий, Альметьевский государственный нефтяной институт, г. Альметьевск, тел: 8(8553)310151, e-mail: tugashova@yandex.ru

Горшкова Кристина Леонидовна, старший преподаватель кафедры автоматизации и информационных технологий, Альметьевский государственный нефтяной институт, г. Альметьевск, тел: 8(8553)310151, e-mail: chri_leon@mail.ru

Information about the authors

Tugashova L. G., the-senior teacher of department of automation and information technologies, Almetevsk state oil institute, phone: 8(8553)310151, e-mail: tugashova@yandex.ru

Gorshkova K. L., the-senior teacher of department of automation and information technologies, Almetevsk state oil institute, phone: 8(8553)310151, e-mail: chri_leon@mail.ru

Проблемы экологии нефтегазовых регионов

УДК 504.064.43:631.821.2:504.53.062.4

ВОЗМОЖНОСТИ УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ БУРЕНИЯ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ПОЧВОПОДОБНОЙ СРЕДЫ POSSIBILITIES OF WASTE MANGEMENT WHILE FORMING SOIL-LIKE ENVIRONMENT

Е. В. Гаевая, Я. Э. Богайчук, С. С. Тарасова, Е. В. Захарова

E. V. Gaevaya, Ya. E. Bogaychuk, S. S. Tarasova, E. V. Zakharova

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

*Ключевые слова: утилизация; буровой шлам; токсичность;
отработанный буровой раствор; нефтепродукты; грунт*

Key words: recovery; drilled solids; toxicity; spent drilling mud; petroleum products; ground

В процессе бурения скважин происходит трансформация исходного сырья/материала в отходы бурения. В результате образуются жидкая фаза отходов бурения — буровые сточные воды и отработанный буровой раствор, твердая фаза — буровой шлам [1].

Буровой раствор является поликомпонентной смесью веществ. В состав бурового раствора входят глинопорошок бентонитовый модифицированный (ПБМА, ПБМВ) или палыгорскитовый (ППБ); сода каустическая (гидроокись натрия, едкий натр); низковязкая и высоковязкая полианионная целлюлоза (ПАЦ-Н, ПАЦ-В); низкомолекулярный (низковязкий) полиакриламид (ПАА-Н); высокомолекулярный (высоковязкий) полиакриламид (ПАА-В); понизитель вязкости; карбонат кальция (мраморная крошка); пеногаситель; органический разжижитель; биополимер; бактерицид; калий хлористый (KCl); органический ингибитор глин; модифицированный крахмал; натрий хлористый (NaCl); гипс; гидроокись кальция (известь); баритовый утяжелитель (сульфат бария). Компоненты буровых растворов относятся к III и IV классам опасности. Процентное соотношение материалов и химреагентов может варьироваться в зависимости от метода бурения, пластового давления, происхождения пород-коллекторов. Плотность буровых растворов варьируется от 1,0 до 1,2 г/см³ [1].