

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ РЕКТИФИКАЦИИ НЕФТИ

During operation the basic versions of operation of a string K-102 for different sorts of a feed stock (oil of WestSyb and RB) with simultaneous obtaining of main products of the different nomenclature (benzine, mineral colza oil, rocket fuel, solar oil summer, solar oil winter) were researched. For each of surveyed industrial variants of operation of a string the mathematical model designed, the calculation of optimum regimes of operation of a string is conducted, the efficiency of designed algorithms of optimization and their implementation in the mode of the adviser to the operator is exhibited. The program on optimization of mode of operations of a string on the language C++ and instruction on its application in the mode of the adviser to the operator composed.

Особенностью процессов многокомпонентной ректификации в колонне К-102, состоящей из многих физико-химических явлений, протекающих при высоких температурах, является их большая сложность. Эта сложность проявляется в значительном числе и многообразии параметров, определяющем течение процесса, в большом числе внутренних связей между параметрами, их взаимном влиянии друг на друга, причем изменение одного параметра вызывает нелинейные изменения других параметров.

Этими обстоятельствами предопределяется необходимость и целесообразность управления такого рода процессами с использованием их математических моделей и алгоритмов оптимизации.

Технологический процесс в атмосферной колонне можно представить в виде многомерного объекта, где можно выделить основные группы параметров, определяющие его течение и характеризующие состояние в любой момент времени:

– входные параметры $x_i (i=1, \dots, n)$ – количество и качество отбензиненной нефти, поступающей в атмосферную колонну: расход нефти (F), температура нефти (t_f);

– управляющие параметры $u_k (k=1, \dots, r)$ – расход пара (F_{II}), расход орошения (F_O), расход верхнего циркуляционного орошения (ВЦО) (S_1), расход 1-го ЦО (S_2), расход 2-го ЦО (S_3), давление в колонне (P), температура верха колонны (t_1), температура 1 ЦО в колонну (t_2), температура 2 ЦО в колонну (t_3), температура низа колонны (t_H);

– возмущающие воздействия $\xi_g (g=1, \dots, e)$, значения которых случайным образом изменяются с течением времени и которые недоступны для измерения, такие, как климатические условия (внешние), изменение в оборудовании, изменение состава нефти, режимы теплообмена и др.;

– выходные параметры $y_j (j=1, \dots, m)$ – расход фракции 140–180°C (W_1) и температура 98% выкипания данной фракции (T_1), расход фракции 180–230°C (W_2) и температура 98% ее выкипания (T_2), расход фракции 230–360°C (W_3) и температура 96% ее выкипания (T_3).

Для описания совокупностей входных управляющих и выходных параметров применяется следующая векторная форма записи:

$$X=(F, T_f), U=(F_{II}, F_O, S_1, S_2, S_3, t_1, t_2, t_3, t_H), Y=(T_1, T_2, T_3, W_1, W_2, W_3), \quad (1)$$

с учетом которой математическую модель процесса можно записать в виде

$$Y=\varphi(X, U). \quad (2)$$

Выбор критерия оптимизации и, соответственно, целевой и ограничительных функций обусловлен определенной технологией ведения процесса в колонне К-102. В первую очередь необходимо более полное извлечение из нефти потенциала светлых нефтепродуктов.

Поэтому задача оптимизации статических режимов работы колонны К-102 сводится к максимизации выхода фракции 180–230°C (W_2) при выполнении заданных ограничений

на: расходы фракций 140–180°C (W_1) и 230–360°C (W_2), температуры выкипания 98% фракций 140–180°C (T_1) и 180–230°C (T_2), выкипания 96% фракций 230–360°C (T_3).

Кроме того, накладываются позиционные ограничения на все управляющие воздействия $U_k (k=1, \dots, r)$.

Математически постановка данной задачи оптимизации формулируется следующим образом:

$$\begin{aligned} W_2 &= f_2(X, U) \rightarrow \max ; \\ W_{i \min} &\leq W_i(X, U) \leq W_{i \max} \quad (i=1, 3) ; \\ T_{i \min} &\leq T_i(X, U) \leq T_{i \max i} \quad (i=1, 2, 3) ; \\ U_{i \min} &\leq U_j \leq U_{i \max} \quad (j=1, 2, \dots, 10) . \end{aligned} \quad (3)$$

При этом величина ограничений на выходные переменные и управляющие воздействия может изменяться в соответствии с технологическими требованиями ведения процесса.

Решение задачи оптимизации в этом случае получается в виде зависимости управляющих параметров процесса U от входных параметров:

$$U_{\text{opt}} = U(X). \quad (4)$$

В соответствии с технологическими целями, варианты работы колонны определяются используемыми видами сырья (нефть западно-сибирская (НЗС), нефть Республики Беларусь (НРБ)) и номенклатурой получаемых продуктов (бензиновая фракция, осветкеросин (ОК), реактивное топливо (РТ), дизельное топливо летнее (ДТЛ), дизельное топливо зимнее).

При этом исследованы следующие варианты работы колонны:

Сырье – НЗС, продукты – Б – ОК – ДТЛ;

Сырье – НЗС, продукты – Б – РТ – ДТЛ;

Сырье – НЗС, продукты – Б – ОК – ДТЗ;

Сырье – НЗС, продукты – Б – РТ – ДТЗ;

Сырье – НРБ, продукты – Б – ОК – ДТЛ;

Сырье – НРБ, продукты – Б – РТ – ДТЛ.

Для получения математической модели оптимизируемого объекта вида (3) для каждого варианта работы колонны использованы данные о технологических параметрах процесса в колоннах К-102 и К-103, взятые из режимных листов ведения технологического процесса в количестве 1500 опробований с интервалом 2 ч.

С учетом принятой формы уравнений регрессии с использованием статистических данных о технологических параметрах процесса для каждого варианта работы колонны с помощью метода наименьших квадратов для всех выходных параметров процесса были рассчитаны уравнения регрессии. Все полученные уравнения регрессии адекватны и могут применяться для решения задачи оптимизации в соответствии с принятой математической формулировкой (3).

В соответствии с математической формулировкой задачи оптимизации (3), полученных уравнений математической модели процесса и выбранного метода оптимизации (одного из методов нелинейного программирования – метода сканирования), разработана блок-схема алгоритма оптимизации, по которой в пакете Matlab составлена программа решения задачи оптимизации статических режимов работы колонны К-102.

Сравнительный анализ режимов нормальной эксплуатации и расчетных оптимальных режимов показал возможность повышения эффективности процесса за счет увеличения выхода светлых нефтепродуктов, а именно фракции 180–230°C (в среднем на 3,7%).

Проведенная оценка работоспособности и эффективности разработанного алгоритма оптимизации показала возможность его применения в различных диапазонах изменения

нагрузки колонны по расходу отбензиненной нефти, а также его универсальность, заключающаяся в возможности перестройки в связи с изменением целевой функции: например, необходим максимум выхода фракции 230–360°C при заданных ограничениях на выход и качество остальных фракций или максимум выхода фракции 140–180°C при заданных ограничениях на выход и качество остальных фракций.

Разработана и составлена программа по оптимизации статических режимов работы для обоих вариантов алгоритма оптимизации на языке C++ и инструкция по ее применению в режиме советчика оператору при любом из рассмотренных вариантов работы колонны.

Реализация данной программы в режиме советчика оператору повысит эффективность процесса ректификации в колонне за счет точного и оперативного управления им, в результате уменьшится время выхода на заданные оптимальные режимы, что позволит сократить потери выхода фракций и их качество в переходных режимах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Красильников В.С., Кузьмин С.Т., Шумский В.М., Кацмет В.В. Особенности разработки и внедрения систем оптимального управления комбинированными технологическими комплексами переработки нефти // НТИС «Нефтепереработка и нефтехимия», 1988, № 10.
2. Жаров Ю.М. Моделирование физико-химических процессов нефтепереработки и нефтехимии. – М.:Химия, 1978.
3. Мановян А.К. Технология первичной переработки нефти и природного газа. – М.: Химия, 2001.