

АНАЛИЗ ДИНАМИКИ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ РЕКТИФИКАЦИОННОЙ КОЛОННОЙ

Пасько Е. С., студ.; Жукова Н. В., доц., к.т.н., доц.

(ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк, ДНР)

Общая постановка проблемы. Ректификация с помощью ректификационных колонн – эффективный и широко применяющийся метод разделения жидких смесей, состоящих из двух или большего количества компонентов с разными температурами кипения. В данной работе рассматривается случай разделения смеси на две фракции. Общий вид подобной колонны показан на рис. 1. G_f, x_f – расход и концентрация исходной смеси, x_d, x_w – концентрации дистиллята и кубового остатка соответственно, V – расход пара, выходящий из верха колонны, G_d, G_f, G_w – расходы дистиллята, флегмы и кубового остатка соответственно[1].

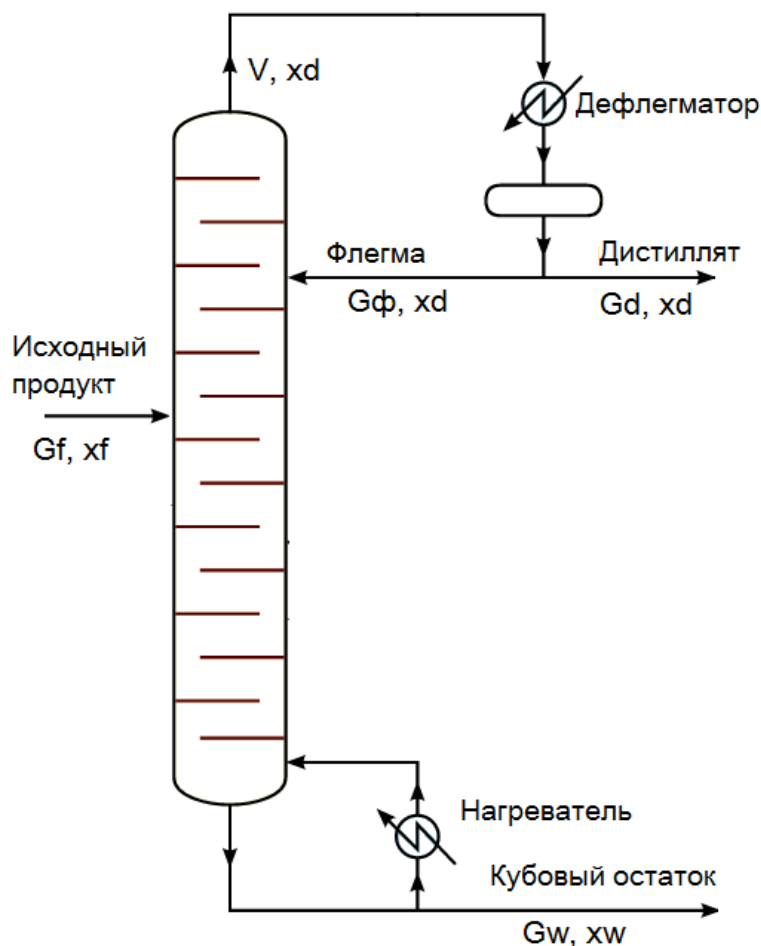


Рисунок 1 – Вид колонны и изображение основных переменных процесса

Показателем эффективности технологического процесса принимается концентрация легкокипящей фракции в дистилляте, состав же кубового остатка может меняться в произвольных пределах. Возмущающими воздействиями являются расход исходной смеси и ее состав. Управляющие воздействия – расход флегмы (рефлюкса), подаваемой в колонну орошением и расход пара, подаваемого в кипятильник[2].

Представив объект в виде «черного ящика», можно получить следующую схему анализа технологического процесса ректификации с точки зрения основных материальных потоков и их информационных переменных (рис. 2).

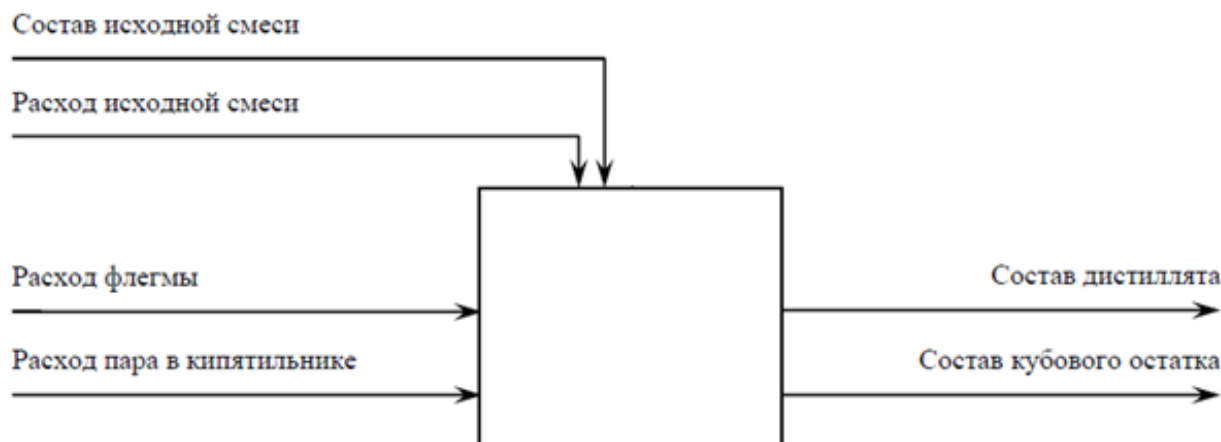


Рисунок 2 – Схема анализа ТП ректификации с точки зрения основных информационных потоков

Методика решения. Для моделирования процесса ректификации воспользуемся моделью Вуда и Берри, которые экспериментально вывели МИМО-модель.

$$\begin{bmatrix} Y_d(s) \\ Y_B(s) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{12.8 * \exp(-s)}{16.7s + 1} & \frac{-18.9 * \exp(-3s)}{21s + 1} \\ \frac{6.6 * \exp(-7s)}{10.9s + 1} & \frac{-19.4 * \exp(-3s)}{14.4s + 1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R(s) \\ V(s) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{3.8 * \exp(-8s)}{14.9s + 1} \\ \frac{4.9 * \exp(-3s)}{13.2s + 1} \end{bmatrix} F(s) \quad (1)$$

где Y_d , Y_b – концентрации полезного продукта в ректификате и кубовом остатке соответственно, R – расход орошения, подаваемый в колонну, V – расход водяного пара, подаваемый в кипятильник, F – неконтролируемый расход питания, подаваемый в колонну.

В данной модели имеется два выхода (концентрации ректификата и остатка), два входа (расходы орошения и пара в кипятильник) и одно возмущение (расход питания).

Проверим функционирование модели без регулятора в цепи. Для этого в Simulink соберем следующую схему (рис. 3).

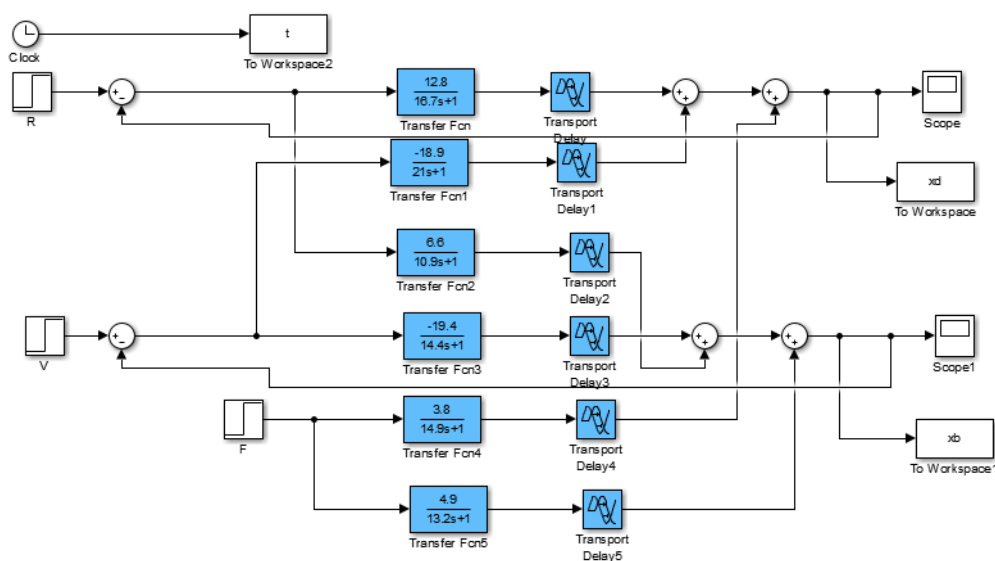


Рисунок 3 – Схема моделирования объекта без регулятора

В таком случае переходные процессы имеют вид, как на рис. 4.

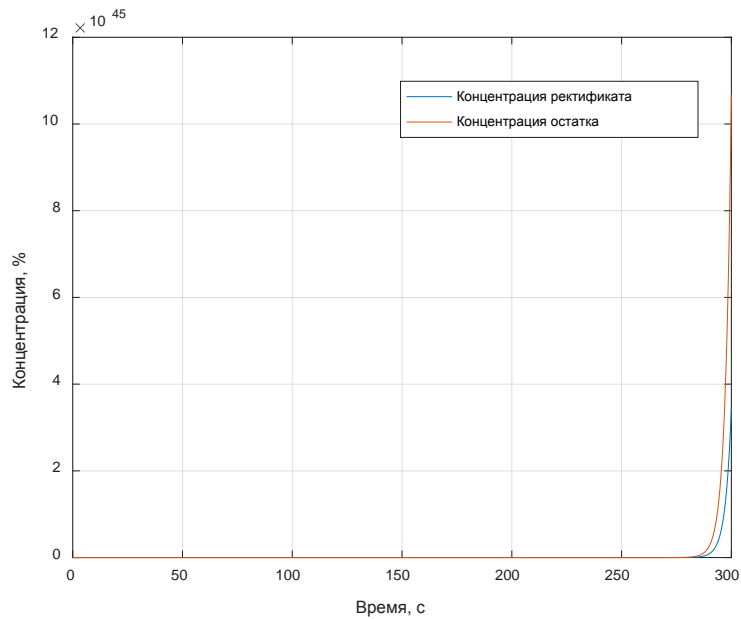


Рисунок 4 – Переходные процессы без регулятора в цепи

Из графика видно, что объект неустойчив, так что необходимо применить регулятор для достижения заданных показателей качества (нулевая статическая ошибка и время регулирования < 5 мин.).

Введем в обе цепи рассогласования ПИ-регуляторы. Их коэффициенты вычислим с помощью надстройки PID Tune. Установлено, что переходный процесс обладаем удовлетворительным качеством при следующих коэффициентах ПИ-регуляторов: $P_1 = 0.375$; $I_1 = 0.045$; $P_2 = -0.075$; $I_2 = -0.003$.

Схема регулирования теперь имеет следующий вид (рис. 5).

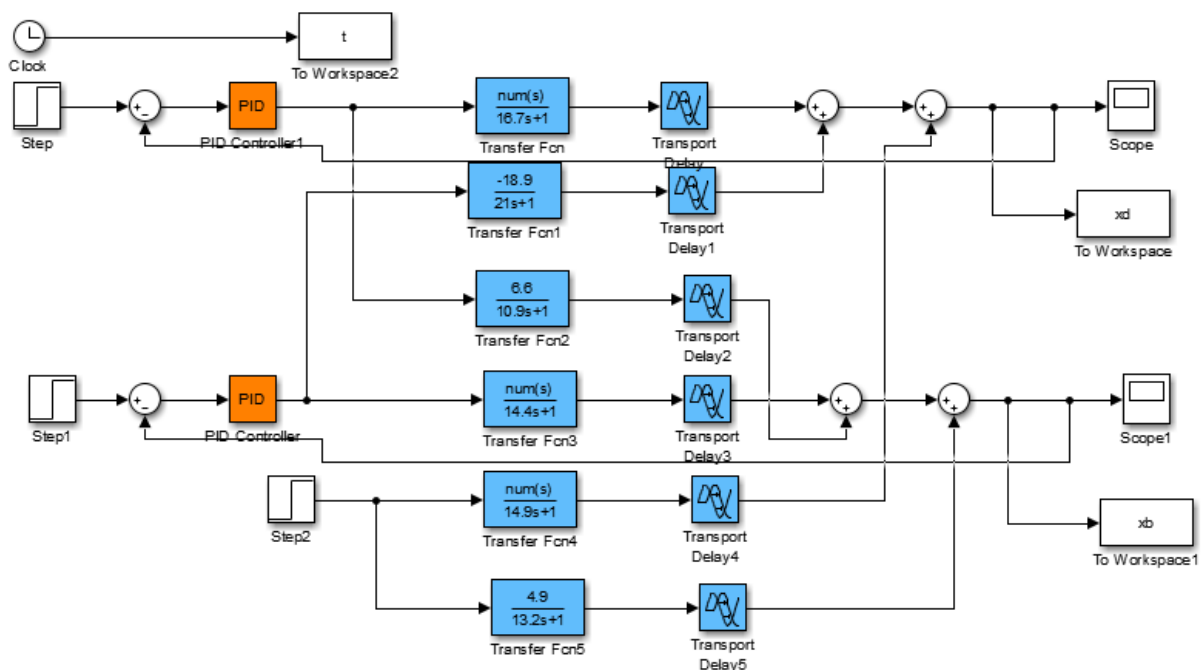


Рисунок 5 – Схема регулирования с ПИ-регуляторами в цепях рассогласования

Переходные процессы изображены на рис. 6.

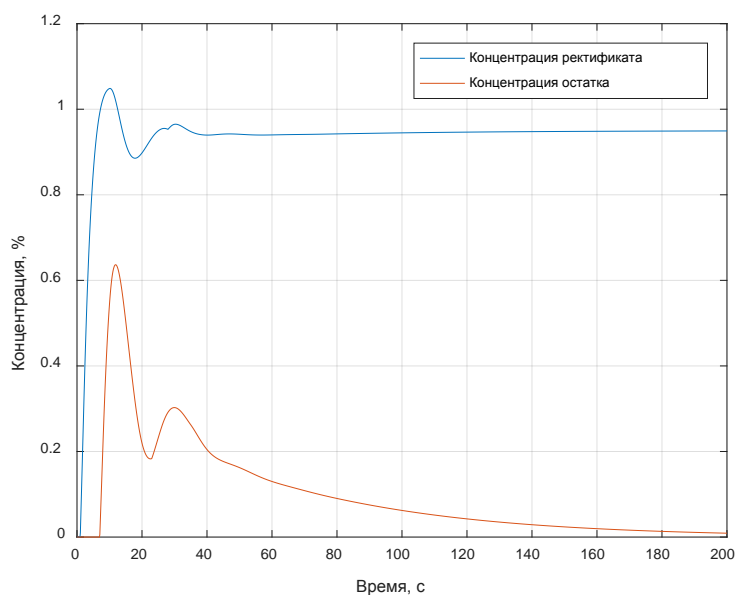


Рисунок 6 – Переходные процессы в цепи с регуляторами

Статическая ошибка отсутствует, время регулирования – 160 с, т.е. меньше 5 минут, так что требуемые показатели качества достигнуты.

Проверим устойчивость системы к возмущающим воздействиям. Для этого в момент времени $t=200$ с. увеличим расход питания в 4 раза. Переходный процесс при этом имеет вид, изображенный на рис. 7.

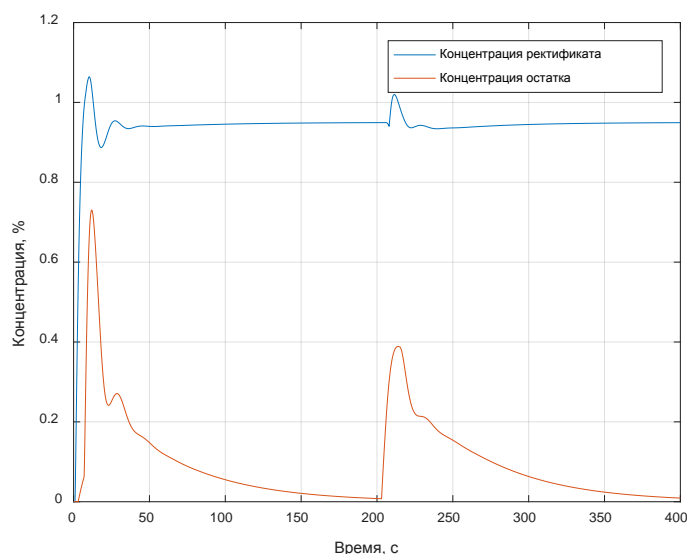


Рисунок 7 – Переходные процессы под воздействием возмущения

Как видно, система обрабатывает возмущение удовлетворительно, за приемлемое время, без колебаний, так что можно сказать, что регулятор для ректификационной системы успешно разработан.

Перечень ссылок

1. Дудникова, Е. Г. Автоматическое управление в химической промышленности: учебник для вузов / Е. Г. Дудникова. – Москва : Химия, 1987. – 111 с.
2. Голубятников, В. А. Автоматизация технологических процессов в химической промышленности. / В. А. Голубятников, В. В. Шувалов – Москва : Химия. 1985. – 212 с.