

СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ РЕКТИФИКАЦИОННОЙ КОЛОННОЙ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ

Савчук М. В., магистрант; Жукова Н. В., доц., к.т.н., доц.

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

Актуальность работы. Ректификация – процесс, основанный на различном распределении компонентов смеси между жидкой и паровой фазами. При ректификации потоки пара и жидкости, перемещаясь в противоположных направлениях, многократно контактируют друг с другом, причём часть выходящего из аппарата пара возвращается обратно после конденсации или испарения. Такое противоточное движение контактирующих потоков сопровождается процессами теплообмена и массообмена, которые на каждой стадии контакта протекают до состояния равновесия; при этом восходящие потоки пара непрерывно обогащаются более летучими компонентами, а стекающая жидкость — менее летучими.

На сегодняшний день с помощью этого процесса получают основной объем мирового запаса бензина и очищенного от примесей спирта.

В производственных масштабах используют ректификационные колонны непрерывного действия, которые показывают лучшие результаты при производстве сырья в больших объемах.

Постановка задачи. С точки зрения теории автоматического управления технологический процесс ректификации можно охарактеризовать как многомерный объект (рис. 1), обладающий некоторым запаздыванием [1]. Проанализируем данный процесс как объект управления с точки зрения основных материальных потоков и их информационных переменных.

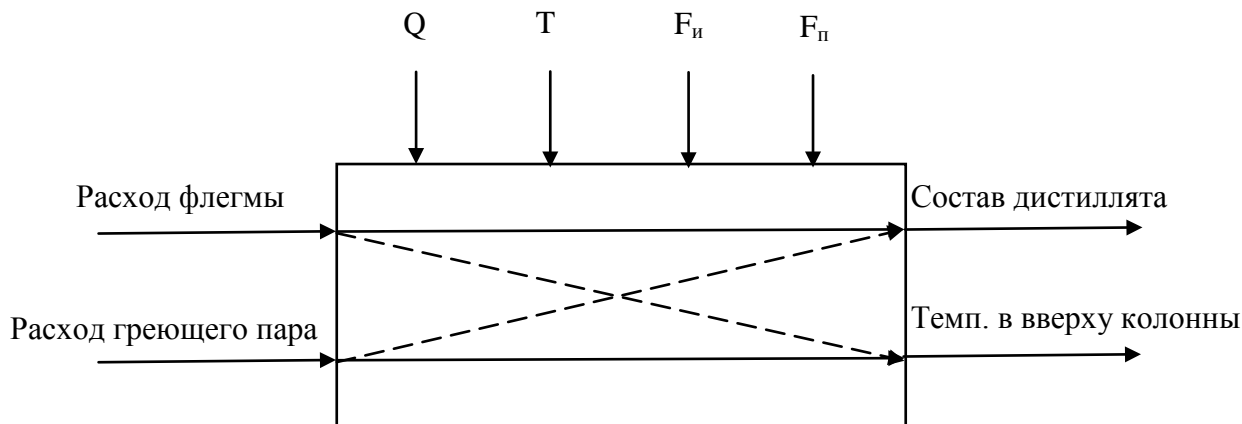


Рисунок 1 – Схема анализа процесса ректификации как объекта управления

На рис. 1 обозначено:

Q – состав исходной смеси;

T – температура исходной смеси;

F_n – расход исходной смеси;

F_p – расход пара.

Анализ процесса ректификации (рис.1) показал, что основными регулируемыми переменными являются состав дистиллята и температура в верхней части колонны. Управляющие воздействия, соответственно, расход флегмы и расход греющего пара. Причем расход греющего пара возмущающим образом влияет на состав дистиллята, а расход флегмы, в свою очередь на температуру пара в верхней части колонны. Кроме того, на объект действуют следующие возмущения: состав исходной смеси, температуру исходной смеси, расход исходной смеси и расход пара. Перекрестные связи в таких объектах часто

вызывают сложности при синтезе системы. Для упрощения подобных задач часто пытаются «развязать» выходные величины, что бы каждая управляемая величина зависела только от «своей» управляющей. Однако за таким решением может последовать потеря устойчивости реального объекта. Следовательно, при синтезе подобного объекта не желательно пренебрегать подобными связями.

Методика решения. В качестве основы для проектирования решено использовать схему регулирования состава дистиллята с учетом измерения состава исходной смеси (без анализатора состава исходной смеси) [2]. Поскольку система содержит множество возмущений, а регулирование осуществляется посредством каскадного управления, то было принято в качестве метода регулирования использовать каскад из ПИД-регуляторов. Внутренний контур регулирует угол открытия заслонки расхода флегмы / расхода греющего пара, а внешний управляет непосредственно составом дистиллята / температурой в верхней части колонны (рис. 2).

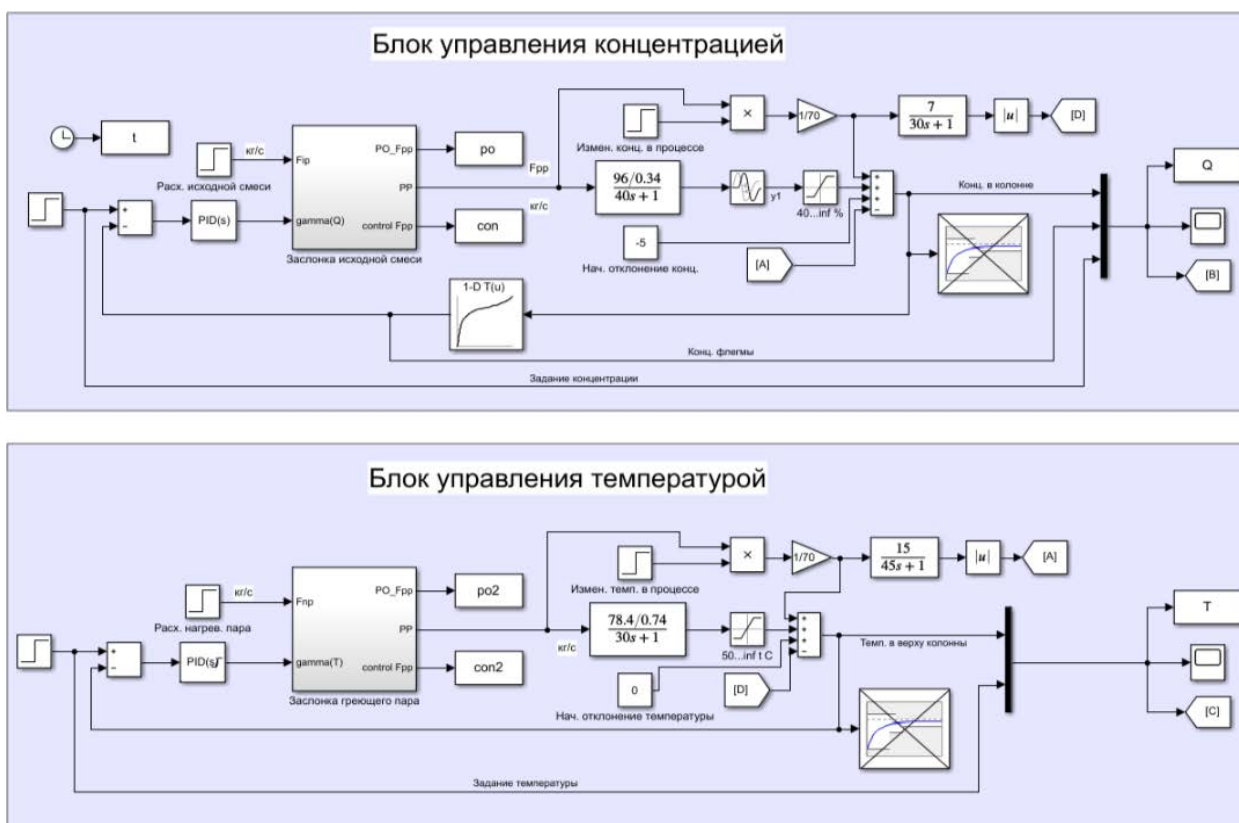


Рисунок 2 – Схема моделирования САУ ректификационной колонной непрерывного действия

Таким образом, система состоит из двух параллельно работающих блоков, первый (основной) описывает управление концентрацией, а второй (вспомогательный) управление температурой. Поскольку зависимость концентрации флегмы от концентрации жидкости в колонне имеет специфическую форму [3], то для корректного описания этой зависимости имеет смысл применить блок Lookup Table.

Содержимое подсистем «Заслонка исходной смеси» (рис. 3) и «Заслонка греющего пара» одинаково, т.к. обе заслонки идентичны.

Содержимое внутреннего контура представляет из себя поворотную заслонку под управлением электропривода. Настройка регуляторов системы подобной структуры вручную представляется весьма трудоемкой, а наличие запаздывания в системе усложняет задачу на порядок. Исходя из этого стоит использовать блок Check Step Response Characteristics из библиотеки Simulink Design Optimization, для получения коэффициентов ПИД-регуляторов (Рис. 4).

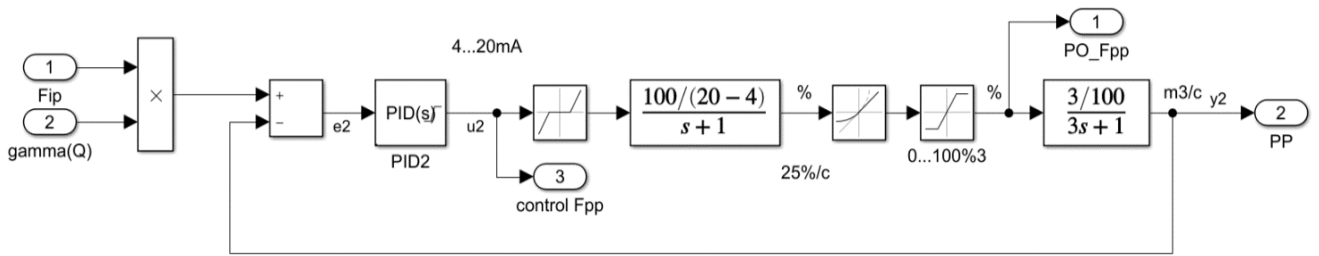


Рисунок 3 – Внутренний контур (Содержимое блока «Заслонка исходной смеси»)

Регуляторы основного каскада

Регуляторы вторичного каскада

Внешний		Внутренний		Внешний		Внутренний	
Kp1	2.689e-05	Kp2	-0.0106	Kp11	13.71	Kp12	0.0007815
Ki1	1.085e-05	Ki2	0.2264	Ki11	0.0004586	Ki12	9.562e-05
Kd1	0.01671	Kd2	-0.08198	Kd11	0.1388	Kd12	-0.08219

Рисунок 4 – Коэффициенты ПИД-регуляторов

Переходные процессы в САУ с настроенными коэффициентами, приведены на рис. 5, рис. 6.

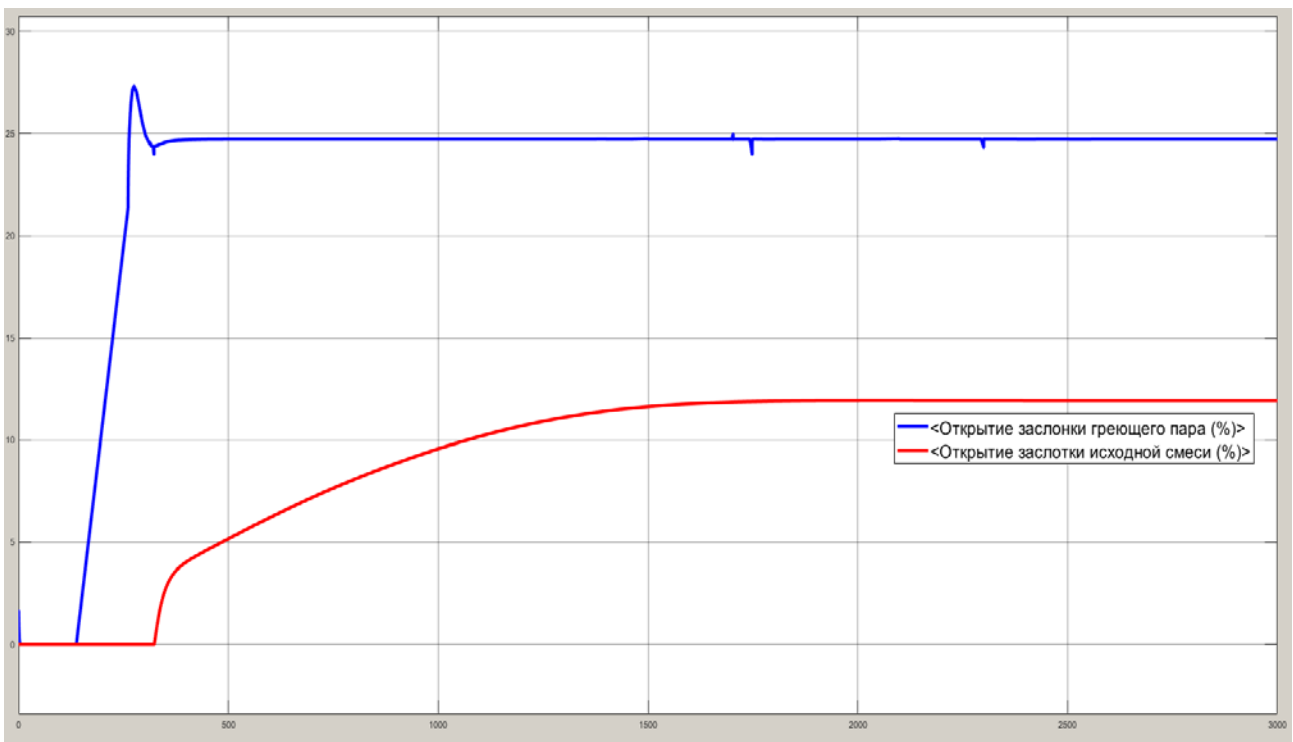


Рисунок 5 – Уровень открытия заслонок (в процентах)

Исходя из результатов, полученных на графиках можно сделать вывод, что система устойчива и не обладает перерегулированием. Переходные процессы, отвечающие за концентрацию флегмы и температуру вверху колонны удовлетворяют показателям качества регулирования, предъявляемых к объектам данного класса. Можно констатировать, что использование метода каскадного регулирования полностью справляется управлением многомерным объектом.

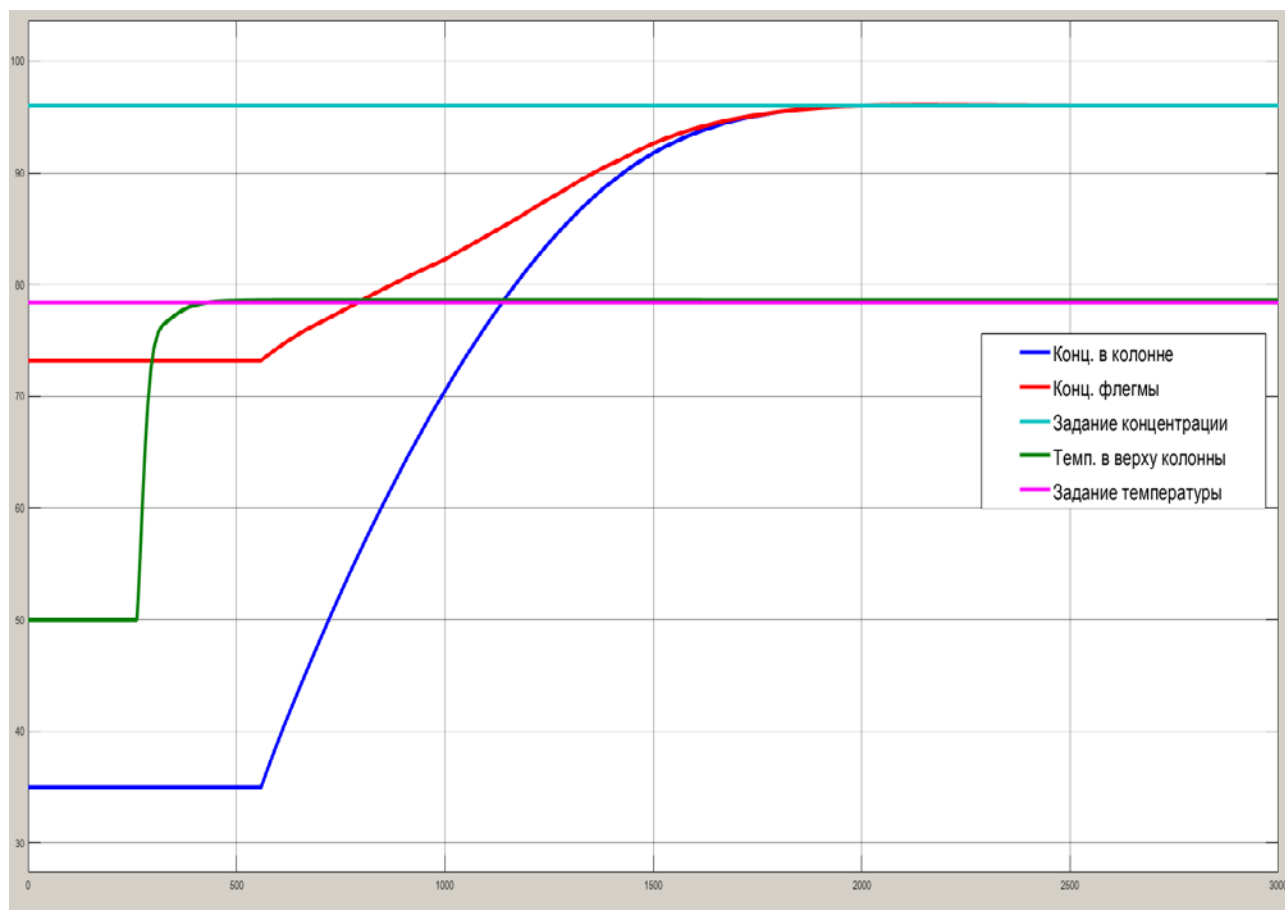


Рисунок 6 – Переходные процессы температуры и концентрации

Выводы.

1. Технологический процесс непрерывной ректификации рассмотрен в качестве объекта управления с точки зрения основных материальных потоков и его информационных переменных. Объект является многомерным и многосвязным, имеющим перекрестную структуру, требующую применения каскадных схем регулирования.

2. В качестве метода управления решено использовать схему регулирования состава дистиллята с учетом измерения состава исходной смеси (без анализатора состава исходной смеси).

3. Разработана схема моделирования САУ с использованием ПИД-регуляторов, настроенных посредством блока Check Step Response Characteristics. Переходные процессы по основным каналам управления удовлетворяют показателям качества регулирования, предъявляемых к объектам данного класса.

Перечень ссылок

1. Дудников, Е. Г. Автоматическое управление в химической промышленности. / Е. Г. Дудников. – Москва : Химия, 1987. - 368 с.
2. Кузьменко, Н. В. Автоматизация технологических процессов и производств. Часть 1. / Н. В. Кузьменко. – АГТА, 2005. - 78 с.
3. Филиппов, В. В. Ректификация смеси этилового спирта и воды / В. В. Филиппов, А. А. Скороход. - Самара, 2013.- 37 с.