

СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРОЙ НА ВЫХОДЕ ИЗ ТЕПЛООБМЕННИКА СМЕШЕНИЯ

Кравченко А.Д., KravchenkoAlina92@yandex.ru

Научный руководитель - Жукова Н.В., доц., к.т.н.

(Донецкий национальный технический университет, г. Донецк, Украина)

Общая постановка проблемы.

Теплообменные аппараты являются неотъемлемой частью большинства технологических процессов, поэтому задача автоматизации смесительных теплообменных аппаратов является весьма важной вследствие существенной энергоемкости теплообменников и их широкой распространенности в промышленной практике.

Регулирование теплообменников смешения заключается в поддержании постоянства температуры суммарного потока на выходе. В качестве базового объекта управления для исследования системы автоматического управления температурой на выходе из теплообменника выбран технологический процесс (ТП) охлаждения сероводородных газов с $750\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $450\text{ }^{\circ}\text{C}$, путем их смешения с воздухом [1].

Из большого количества факторов, которые влияют на температуру выходных газов можно выделить подачу сероводородного газа. Подача газа (расход сероводородного газа) и температура газа являются основным источником возмущений, а подача воздуха – управляющим воздействием, температуру воздуха можно считать постоянной.

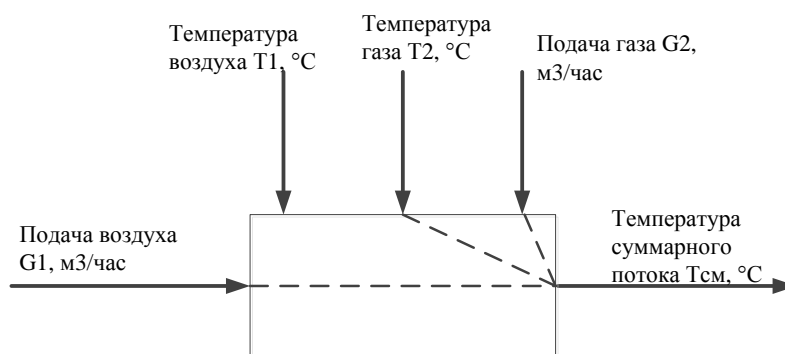


Рисунок 1 – Схема анализа процесса охлаждения сероводородных газов в теплообменнике, как объекта управления

Теплообменник смешения, как объект управления описывается дифференциальным уравнением первого порядка с постоянной времени, равной времени пребывания вещества в камере.

Если температура газов будет больше температуры выходного потока и температуры воздуха, при этом теплоемкости веществ одинаковы, то пренебрегая потерями в окружающую среду, получим:

$$T_{vux} = T_{voz} + \frac{G_2}{G_1 + G_2} \cdot (T_{gaz} - T_{voz}), \quad (1)$$

где G_1 - расход воздуха; G_2 – расход газов.

Для определения статических характеристик объекта по каналам регулирования рассмотрим уравнение теплового баланса (2):

$$G_1 \cdot T_{voz} \cdot c_{voz} + G_2 \cdot T_{gaz} \cdot c_{gaz} = (G_1 + G_2) \cdot T_{vux} \cdot c_{cm}, \quad (2)$$

где c_{cm} - теплоемкость выходного потока, которая равна:

$$c_{cm} = (G_1 \cdot c_{voz} + G_2 \cdot c_{gaz}) / (G_1 + G_2) \quad (3)$$

Из уравнений (2) и (3) найдем температуру выходного потока:

$$T_{vux} = \frac{G_1 \cdot T_{voz} \cdot c_{voz}}{G_1 \cdot c_{voz} + G_2 \cdot c_{gaz}} + \frac{G_2 \cdot T_{gaz} \cdot c_{gaz}}{G_1 \cdot c_{voz} + G_2 \cdot c_{gaz}} \quad (4)$$

Даже при обычных возмущениях, наблюдаемых на практике, ошибка в результате линеаризации может оказаться существенной [2]. При увеличении расхода газов на 30% по сравнению с заданным, коэффициент усиления k_p может измениться на 5-20%, а k_1 - на 25-40% от расчетных, в зависимости от соотношения расходов G_1 и G_2 . Как видно из (4) стабилизация отношения $G_1/G_2 = \gamma^\circ$ позволяет уменьшить влияние этой нелинейности, так как при отсутствии других возмущений, кроме G_2 , будет обеспечиваться постоянство выходной температуры:

$$T_{vux} = \frac{T_{voz}^\circ \cdot c_{voz}}{c_{voz} + \frac{G_2}{G_1} \cdot c_{gaz}} + \frac{T_{gaz}^\circ \cdot c_{gaz}}{\frac{G_2}{G_1} \cdot c_{voz} + c_{gaz}} = \frac{T_{voz}^\circ \cdot c_{voz}}{c_{voz} + \frac{1}{\gamma^\circ} \cdot c_{gaz}} + \frac{T_{gaz}^\circ \cdot c_{gaz}}{\gamma^\circ \cdot c_{voz} + c_{gaz}} \quad (5)$$

Наличие других источников возмущения, кроме расхода газов, потребует введение коррекции γ° , в нашем случае, от значения температуры на выходе из теплообменника смешения.

Таким образом, проведенный анализ математической модели объекта требует разработки системы автоматического управления ТП охлаждения сероводородных газов, которая обеспечит высокое качество регулирования при возможных больших отклонениях возмущающих воздействий.

Методика решения проблемы.

Опыт и практика показали, что для объектов таких классов хорошо зарекомендовали себя комбинированные автоматические системы регулирования, в которых обеспечивается компенсация основных возмущений и вводится обратная связь по регулируемой координате.

Рассмотрим два варианта таких структур и проведем их сравнительный анализ по качеству процессов регулирования.

На рис. 2 представлены функциональная и структурная схемы системы регулирования расходов G_1 и G_2 с коррекцией коэффициента по температуре выходного потока. Она представляет собой двухкаскадную САР. Основным (внешним) регулятором является регулятор температуры 1, а вспомогательным (внутренним) – регулятор соотношения 2 потоков, который осуществляет компенсацию возмущения по расходу G_2 (в нашем случае по

расходу газов). При наличии других возмущений, например, изменение теплотерь в окружающую среду, такая структура будет поддерживать температуру выходного потока в заданных границах.

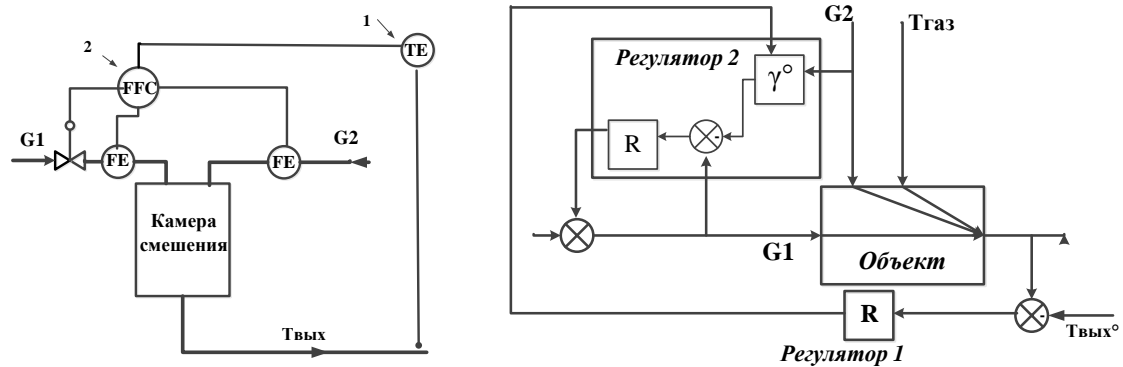


Рисунок 2- Функциональная (а) и структурная (б) схемы САУ выходной температуры с коррекцией коэффициента по температуре суммарного потока

Так же нужно учитывать нелинейность начальных условий. Для исследования САУ теплообменным аппаратом было принято, что температура воздуха является постоянной величиной, и равна 20 °С. Воздух в камеру смешения поступает из окружающей среды. На практике температура воздуха не может быть постоянной, нужно учитывать, что в разное время года она изменяется. Таким образом, необходимо разработать систему автоматического управления, которая будет учитывать нелинейность начальных условий.

Выводы

1. Рассмотрен технологический процесс охлаждения сероводородных газов как объект управления. Из математической модели следует, что стабилизация отношения потоков $G_1/G_2 = \gamma^\circ$ позволит уменьшить влияние этой нелинейности.

2. Сравнительный анализ структур управления показал, что для данного класса объектов применяют комбинированные САУ с внутренним регулятором соотношения потоков газ-воздух, которые осуществляют компенсацию возмущения по расходу газа. Учтены все возможные возмущения, в том числе и нелинейность начальных условий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Производственная инструкция аппаратчика производства серной кислоты Авдеевского коксохимического завода. Авдеевка 2013. – 57с.
2. Кузьменко Н.В. Автоматизация технологических процессов и производств: Учеб. Пособие – Ангарск 2005, АГТА. – 78с.
3. Дорф Р., Бишоп Р. Современные системы управления. Пер. с англ. Копылова Б.И. - М.:Лаборатория базовых знаний, С_Пб, 2002. -832 с.