

УДК 681.5

Студ. А.В. Корнилов, Д.И. Чакур
Науч. рук. доц. В.В. Сарака; доц. Д.А. Гринюк
(кафедра автоматизации производственных процессов и электротехники, БГТУ)

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ГИДРООЧИСТКИ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА

Сущность процесса гидроочистки состоит в превращении соединений, содержащих серу, азот, кислород и дальнейшем гидрировании их на катализаторе с образованием летучих сернистых, азотистых, кислородосодержащих соединений (сероводорода, аммиака, воды), которые удаляются путем отпарки в ректификационных колоннах. Одновременно происходит насыщение непредельных углеводородов и абсорбция металлов из состава металлоорганических соединений катализатором. Кроме того, частично протекают реакции изомеризации парафиновых и нафтеновых углеводородов, а также реакции гидрокрекинга.

Известные в настоящее время АСУТП гидроочистки на нефтеперерабатывающих предприятиях не учитывают ряд общеизвестных факторов. К ним относится значение концентрации серы на выходе из реактора, снижение активности катализатора, количество выделившегося газа в зависимости от температуры реактора, изменение выхода сероводорода при варьировании входной температуры реактора, изменение выхода нестабильного дизельного топлива (ДТ) в зависимости от входной температуры реактора и некоторые другие.

Изучение влияния данных факторов на процесс управления в реальных условиях непосредственно на промышленном объекте связано с наличием регламентных ограничений и трудоемкостью проведения экспериментов. В связи с этим была предложена математическая модель (ММ), позволяющая провести численные эксперименты.

В качестве входных параметров ММ используются:

- расход водородосодержащего газа (ВСГ) в реакторный блок;
- состав ВСГ (количество водорода, сопутствующих газов);
- расход фракции ДТ (ФДТ, кг/ч) и ее свойства (количество серы, плотность, фракционный состав, количество кислорода и др.);
- входная температура смеси (ВСГ и ФДТ) и давление на входе в реакторный блок;
- расход топливного газа и воздуха на сжигание в печи реакторного блока;
- расход ВС, для стабилизации гидроочищенного ДТ;
- входная температура ВСГ в колонну стабилизации процесса гидроочистки ДТ;

- температура стабильного дизельного топлива;
- коэффициенты теплоотдачи и поверхность (m^2) 1-го и 2-го теплообменников реакторного блока;
- количество катализатора и марка катализатора.

С помощью модели определяются:

- состав гидроочищенной смеси (количество бензина, газа, сероводорода, нестабильного ДТ, воды);
- температура гидроочищенной смеси на выходе из реактора;
- давление гидроочищенной смеси на выходе из реактора;
- температура ВСГ колонны стабилизации ДТ.

Расчеты проводятся при изменении расхода ФДТ независимо от расхода ВСГ в реакторный блок, изменении давления смеси на входе в реакторный блок, расходов топливного газа и воздуха в печь, а также изменении расхода ВСГ для нагрева в печи для стабилизационной колонны ДТ.

В качестве возмущающих факторов при этом рассматриваются количество серы в исходном сырье, плотность и разгонка ФДТ, входная температура и состав ВСГ, входная температура ВСГ для блока стабилизационной колонны, выходная температура стабильного ДТ из стабилизационной колонны, количество ВСГ рецикла и содержание водорода в нем. Изменение активности катализатора учитывается косвенно, на основе измерения фактического содержания серы при выходе из реактора.

Модель реакторного блока представляет совокупность моделей реактора, печи и теплообменников, схема взаимосвязей которых показана на рисунке 1.

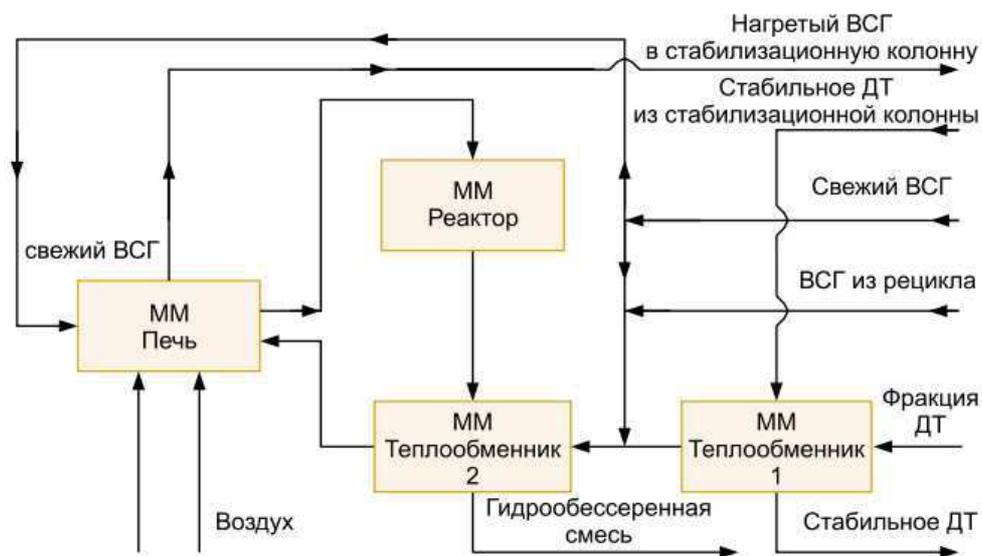


Рисунок 1 – Блок-схема математической модели реакторного блока

Расчитанные по модели зависимости не противоречат реальному ТП, так как получены на основании уравнений материального и тепловых балансов для соответствующих структурных элементов ММ.

На основе анализа данных численных экспериментов предложены структура системы управления (СУ) (рисунок 2) и алгоритм ее функционирования, где ИМ1, ИМ2, ИМ3 – исполнительные механизмы; S_k и S_{\min} – максимальный и минимальный расход парожидкостной; G_H – расход чистого водорода ВСГ в парожидкостной Смеси, кг/ч; $G_{\text{ВСТ}}$ – изменение расхода свежего ВСГ; S_H (рец) – расход водорода в циркулирующем ВСГ; $S_{\text{всг(рец)}}$ – расход циркулирующего ВСГ; $G_{\text{св}}$ – расход свежего ВСГ для Стабилизационной колонны; $G_{\text{ВСТ(СТ.)}}$ – изменение расхода свежего ВСГ для стабилизационной колонны; $T_{\text{всг}}$ – температура ВСГ до и после печи; $G_{\text{пр}}$ – расход углеводородных газов в ВСГ газе в парожидкостной смеси; $T_{\text{дт}}$ – температура стабильного ДТ из колонны стабилизации; ΔP – изменение давления парожидкостной смеси на входе в реактор; P_k и P_n – максимально и минимально допустимое давление для парожидкостной Смеси на входе в реактор; $T_{\text{вых}}$ – температура парожидкостной смеси на выходе из реактора, РС.

Результаты реализации алгоритма управления, обусловленные изменением содержания серы во входном потоке ФДТ. Отличительной особенностью СУ является наличие в ее составе блока коррекции параметров ММ реакторного блока, предназначенной для учета падения активности катализатора. С помощью алгоритма управления последовательно реализуются процедуры определения ключевых показателей процесса, а именно температуры и давления на входе/выходе реактора, содержания серы в ДТ, температуры ВСГ колонны стабилизации.

Приведенная структура СУ позволяет:

- учитывать падение активности катализатора;
- регулировать расход ФДТ с/без учета определенного соотношения с ВСГ газом;
- регулировать расход свежего ВСГ с учетом расхода его на рецикл;
- регулировать давление смеси ФДТ и ВСГ и ее расход в случае чрезмерного перегрева катализатора;
- регулировать температуру смеси ФДТ и ВСГ путем изменения расходов топливного газа и воздуха в печь;
- регулировать расход топливного газа в зависимости от его свойств;
- регулировать расход свежего ВСГ для нагрева в печи для колонны стабилизации, с учетом содержания бензина и температуры вспышки в стабильном ДТ.

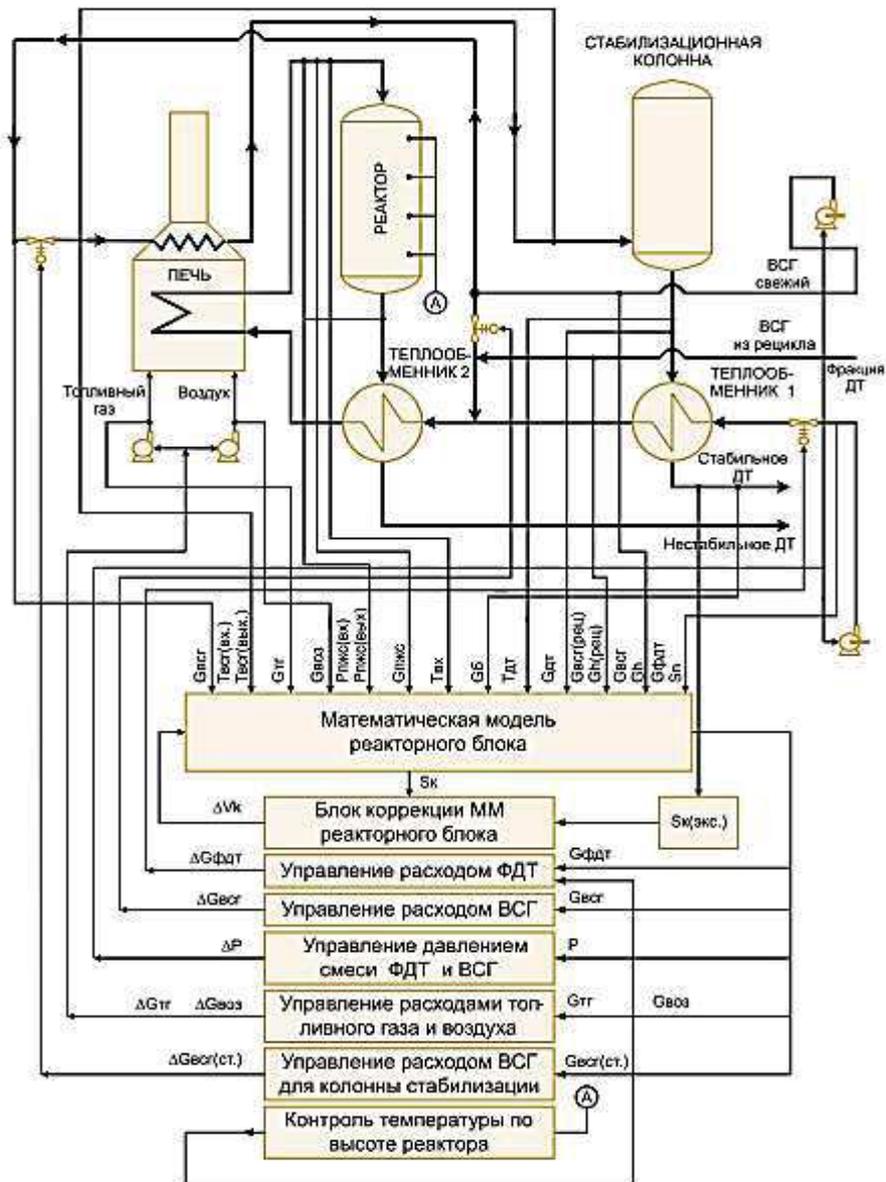


Рисунок 2 – Структура системы управления

Производится сравнение давления парожидкостной смеси с максимальным и минимальным значениями.

Заключение: Таким образом, предлагаемый алгоритм и система управления являются более эффективным для управления процессом гидроочистки ДТ за счет коррекции управляющих воздействий по показателям, характеризующие текущую активность катализатора, формируемых на основе ММ реактора. Величины управляющих воздействий рассчитываются с помощью ММ реакторного блока и реализуются посредством алгоритма управления. Предложенный подход можно распространить и на другие процессы нефтепереработки.