

## Система автоматического управления процессом выпаривания гидроксида калия

Киричок С.А. ([kyrychokS@mail.ru](mailto:kyrychokS@mail.ru))

Научный руководитель - Жукова Н.В.

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

Общая постановка проблемы.

Выпарные аппараты являются неотъемлемой частью большинства технологических процессов в химической промышленности, поэтому задача автоматизации процесса выпаривания является весьма важной вследствие того, что много веществ получают в виде разбавленных водных растворов, а для дальнейших производственных этапов они нужны в концентрированном виде. Задача автоматизации выпарной установки состоит в поддержании заданного значения концентрации выходного потока путем изменения расхода греющего пара при условии, что основным источником возмущений является расход и концентрация исходного раствора.

Исследование структуры САУ процессом выпаривания на выходе из выпарного аппарата проводится на примере получения концентрированного раствора гидроксида калия в двухкорпусной выпарной установке. Среди основных факторов, влияющих на концентрацию упаренного раствора можно выделить расход и концентрацию исходного раствора, расход греющего пара. Расход исходного раствора и его концентрация являются основным источником возмущений, а подача греющего пара – управляющим воздействием. Поддержание уровня в выпарных аппаратах можно считать постоянным. Исходя из вышеперечисленных факторов, схема анализа технологического процесса выпаривания гидроксида калия как объекта управления с точки зрения его материальных потоков и их информационных переменных приведена на рис. 1

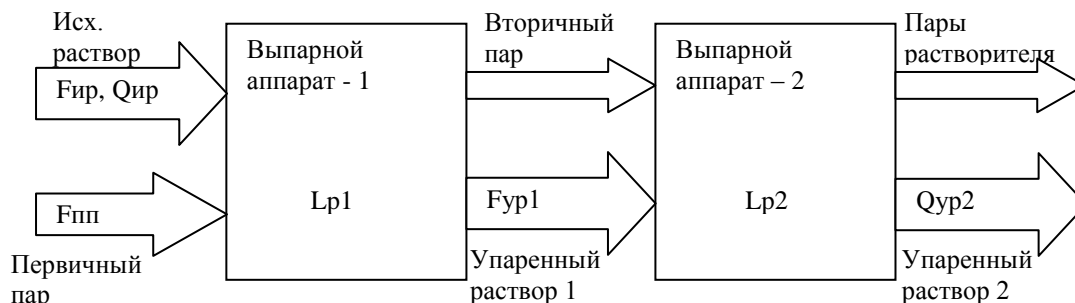


Рисунок 1 – Схема анализа процесса выпаривания гидроксида калия, как объекта управления

На схеме присутствуют следующие обозначения:  $F_{ир}$  – расход исходного раствора;  $Q_{ир}$  – концентрация исходного раствора;  $F_{пп}$  – расход первичного (греющего) пара;  $L_{p1}$ ,  $L_{p2}$  – уровень в первом и втором выпарных аппаратах;  $F_{ур1}$  – расход частично упаренного раствора;  $Q_{ур2}$  – концентрация упаренного раствора на выходе выпарной установки.

Существует несколько вариантов решения задачи автоматизации:

1) с помощью многоконтурной разомкнутой системы регулирования, в которой регулирующее воздействие – это расход упаренного раствора [2]. В этом случае регулятор концентрации воздействует на клапан, установленный на линии отвода упаренного раствора из последнего выпарного аппарата;

2) изменение расхода раствора, подаваемого на последний корпус из предыдущего [2]. Упаренный раствор из последнего корпуса отводят по команде регулятора по уровню. При таких схемах регулирования выпарной установки количество поступающего на нее исходного раствора определяется условиями ее работы. Это требует установки дополнительной технологической емкости исходного раствора.

3) при незначительных колебаниях исходного раствора концентрацию упаренного раствора можно регулировать изменением подачи греющего пара на установку [2]. При этом с помощью регуляторов уровня в выпарных аппаратах изменяют количество отводимого из них раствора.

Важнейшим недостатком этих всех систем является то, что они не предназначены для работы в условиях больших колебаний расхода и концентрации исходного раствора. Следует отметить, что не рекомендуется стабилизировать концентрацию упаренного раствора в последнем корпусе воздействием на подачу свежего раствора на установку. Вследствие большого запаздывания объекта такая схема не обеспечит высокого качества регулирования.

Методика решения задачи.

Целью данной публикации является разработка идеологии построения системы автоматического контроля и стабилизации концентрации упаренного раствора на выходе выпарной установки с учетом ограничений на ее производительность и больших колебаний расхода и концентрации исходного раствора.

Для стабилизации концентрации упаренного раствора предложена двухкаскадная система автоматического управления, структурная схема которой представлена на рис.2. На схеме САУ, под цифрой 1 обозначен регулятор соотношения расхода исходного раствора и греющего пара, с корректировкой по концентрации растворенного вещества в исходном растворе. Греющий пар подают на установку в определенном соотношении с расходом исходного продукта, применяя регулятор соотношения (1), воздействующий на подачу пара. Это соотношение корректируют регулятором концентрации растворенного вещества в исходном растворе. Для стабилизации работы второго выпарного аппарата частично упаренный раствор, направляемый в него, регулируется по каскадной схеме регулирования расхода с коррекцией по уровню раствора в первом выпарном аппарате. Упаренный раствор отводят с установки по уровню в последнем аппарате, регулятором, задание которому изменяет регулятор концентрации растворенного вещества в упаренном растворе. Концентрация упаренного раствора на выходе выпарной установки, для рассматриваемого технологического процесса выпаривания гидроксида калия, определена на основе проведенных исследований и опыте эксплуатации выпарной установки [1] и составляет 40%.

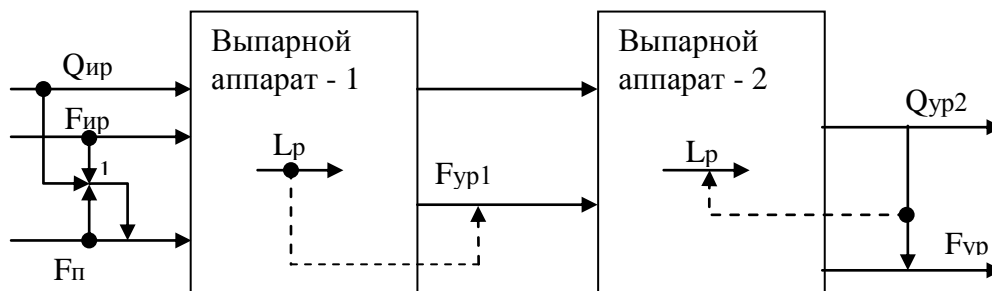


Рисунок 2 – Структурная схема САУ процессом выпаривания гидроксида калия

В соответствии с выбранной идеологией управления комбинированная САУ стабилизации концентрации раствора гидроксида калия состоит из двух контуров (рис.2). Внутренний контур - это контур стабилизации соотношения расходов «исходный раствор - греющий пар». Внешний контур стабилизирует концентрацию полученного раствора и меняет задание регулятору соотношения в зависимости от концентрации раствора на выходе выпарного аппарата.

Структурная схема САУ соотношения потоков построена в соответствии с принципом управления по отклонению (рис.3).

Выход регулятора соотношения ограничен возможным диапазоном его выходного сигнала 4...20 мА, а также существует блок зоны нечувствительности в интервале -4...4 мА, что следует из нижнего порогового значения диапазона выходного сигнала контроллера. Далее идет модель исполнительного механизма (ИМ), регулирующего органа (РО) и трубопровода.

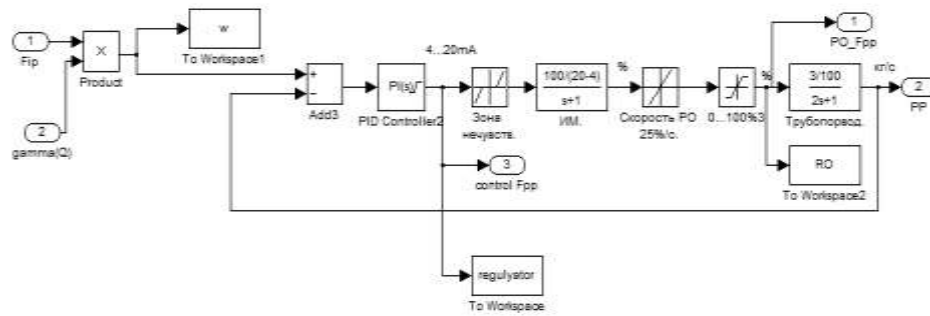


Рисунок 3 – Схема моделирования САР соотношения потоков исходного раствора и греющего пара

Для данного контура регулирования примем ПИ-закон управления. В качестве метода нахождения настроечных параметров регулятора выберем метод автоматической настройки блока PID-control пакета моделирования Matlab. Результаты автоматической настройки обеспечили заданные требования качества переходного процесса (рис.4): аperiodический характер переходного процесса с перерегулированием 8% и временем регулирования  $t_p=473$ с. Данные показатели являются удовлетворительными для внутреннего контура.

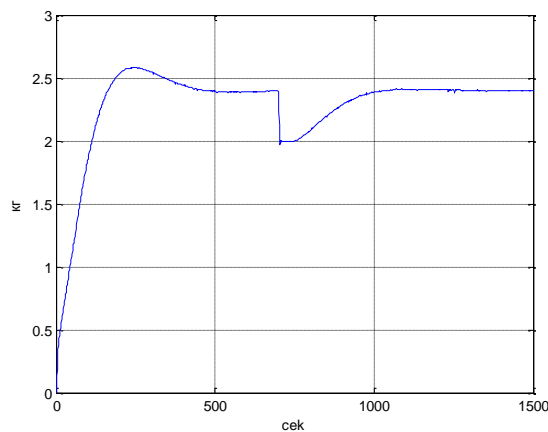


Рисунок 4 – График переходного процесса расхода пара при изменении расхода исходного раствора с 0,6 кг/с до 0,5 кг/с

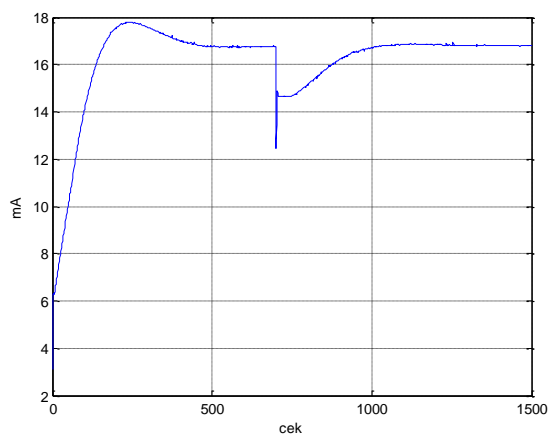


Рисунок 5 – График переходного процесса выхода регулятора при изменении расхода исходного раствора с 0,6 кг/с до 0,5 кг/с

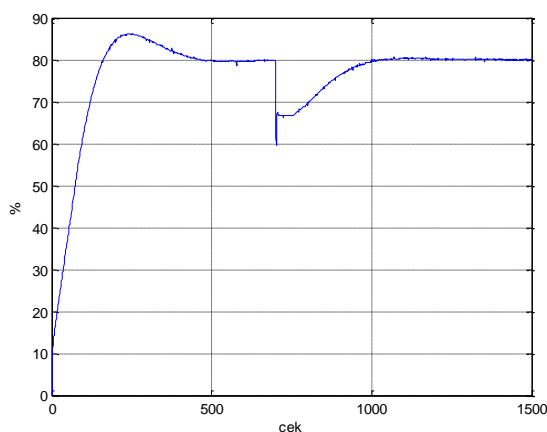


Рисунок 6 – График переходного процесса хода регулирующего органа при изменении расхода исходного раствора с 0,6 кг/с до 0,5 кг/с

Регулятор не выходит за пределы зоны ограничения 4...20 мА (рис.5), необходимый расход греющего пара 2,4 кг/с обеспечивается открытием клапана на 80% (рис.6).

Структурная схема САР концентрации раствора гидроксида калия (рис.7). Выход концентрации раствора гидроксида калия на уставку 40% требует настройки внешнего регулятора по концентрации. Для данного контура выберем ПИД-закон управления. В качестве метода нахождения настроечных параметров регулятора выберем метод автоматической настройки блока PID-control пакета моделирования Matlab.

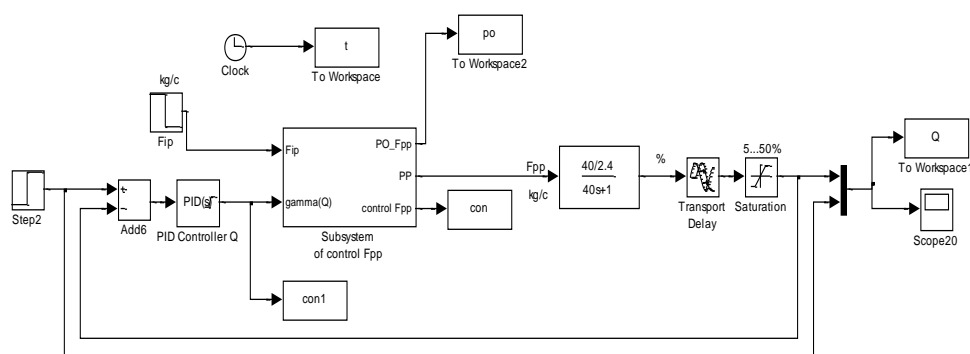


Рисунок 7 - Схема моделирования двухконтурной САР концентрации раствора гидроксида калия

Результаты автоматической настройки обеспечили заданные требования по качеству переходного процесса (рис. 8):

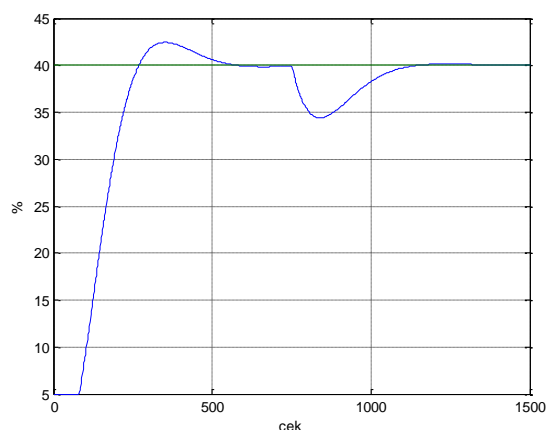


Рисунок 8 – График переходной характеристики концентрации КОН

Регулятор обрабатывает внешнее возмущение на систему за 9 мин, не выходя за допустимый диапазон изменения по концентрации, соответствующий требованиям. Переходная характеристика по концентрации раствора носит апериодический характер с перерегулированием 6% и временем регулирования  $t_p=527$  с.

Переходная характеристика регулятора расхода показана на рис.9:

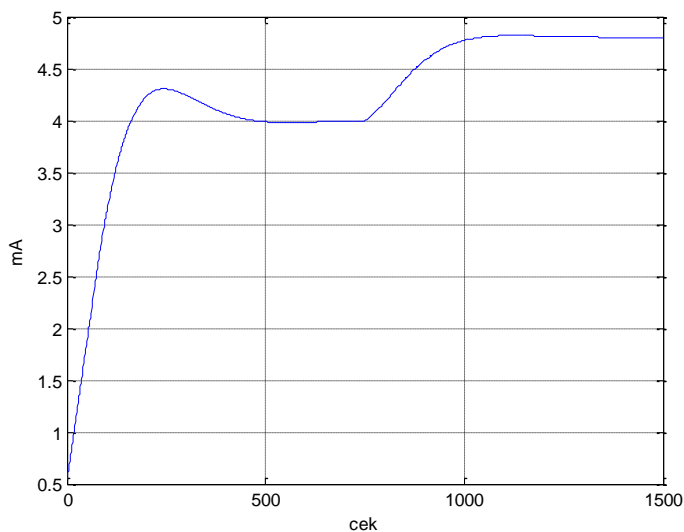


Рисунок 9 – График переходного процесса регулятора соотношения при отработке уставки концентрации на 40%

Разработка алгоритма и реализация регулятора соотношения потоков, а также исследование динамики системы, позволят автору сделать вывод о работоспособности предложенного способа управления и качестве регулирования.

Выводы.

1. Проведен анализ САР процессом выпаривания гидроксида калия.
2. Получена структурная схема по каналу управления «расход исходного раствора – расход греющего пара», а также структурная схема САР концентрации раствора. Выполнена настройка параметров регулятора соотношения «исходный раствор – греющий пар».
3. Доказана работоспособность разработанной САУ процессом выпаривания гидроксида калия методами математического моделирования в среде Matlab-Simulink. Анализ динамики САУ процессом выпаривания показал, что система соответствует предъявляемым к ней требованиям и улучшает качество регулирования с учетом ограничений на производительность выпарной установки.

#### **Библиографический список:**

1. Производственная инструкция аппаратчика производства концентрированных растворов ЗАО «Реактив». Донецк 2012. – 64с.
2. Кузьменко Н.В. Автоматизация технологических процессов и производств: Учеб. Пособие – Ангарск 2005, АГТА. – 78с.
3. Таубман Е.И. Выпаривание (Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии) – М.: Химия, 1982. – 328 с., ил.