

«Анализ структуры и состава системы управления технологическими параметрами в процессе рекуперации бензина»

И.А. Семенова, Л.И. Медведева

На промышленном предприятии ОАО «Волжский завод асбестовых технических изделий» (ОАО «ВАТИ») процессы адсорбции и рекуперации позволяют получать из паровоздушной смеси (ПВС) и вторично использовать бензин. Возврат бензина в производство составляет 71%, что позволяет снижать себестоимость продукции а, следовательно, за счет оптимальной цены предприятие занимает ведущее место в отрасли по общему объёму производства, отгрузке и реализации продукции. В процессе рекуперации бензина на стадии адсорбции отработанный воздух сбрасывается в атмосферу. Предельно допустимая концентрация паров бензина в воздухе должна быть безопасна для окружающей среды (не более 100 мг/м^3) [1]. Процесс должен быть непрерывным, безопасным, с заданной производительностью $2500 \text{ м}^3/\text{ч}$ при минимальных материальных и энергетических затратах. Следовательно, возникает необходимость разработки системы управления температурой в адсорбере.

Широкое распространение получили одноконтурные системы управления, которые обеспечивают стабилизацию регулируемой величины и обработку простейших типов воздействий. Но одноконтурная система регулирования температуры в адсорбере обладает низким качеством и большим запаздыванием, поэтому необходимо рассматривать многоконтурные системы регулирования.

В настоящее время с развитием микропроцессорных систем управления, с применением программируемых логических контроллеров (ПЛК), появилась возможность организовывать гибкое управление объектом [2], что, в свою очередь, позволяет реализовывать сложные законы управления на базе сложных многоконтурных систем.

В работе рекуперационной установки центральное место занимает процесс адсорбции. Объектом исследования является цилиндрический адсорбер горизонтального типа рис 1.

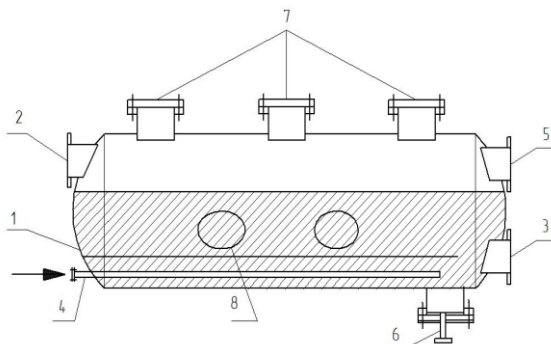


Рис. 1. – Горизонтальный адсорбер с неподвижным слоем поглотителя:
 1 – корпус, 2 – штуцер для подачи паровоздушной смеси (ПВС), 3 – штуцер для отвода отработанного воздуха, 4 – барботер для подачи острого пара при десорбции, 5 – штуцер для отвода паров при десорбции, 6 – штуцер для отвода конденсата, 7 – люки для загрузки поглотителя, 8 – люки для выгрузки поглотителя

Структурная схема объекта управления (ОУ) приведена на рис. 2.

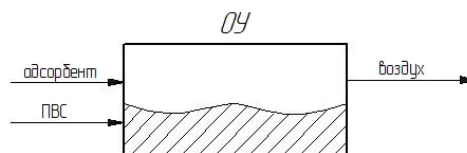


Рис. 2. – Структурная схема ОУ

ПВС, содержащая пары бензина при $t=32^{\circ}\text{C}$ поступает в адсорбер через штуцер 2 рис.1. Средний расход подаваемой ПВС в адсорбер составляет $57,7 \text{ м}^3/\text{мин}$. Уголь активированный рекуперационный АР-В, АР-Б является адсорбирующим веществом. Отработанный воздух ($t=40-42^{\circ}\text{C}$), очищенный от паров бензина отводится через выхлопную трубу 3 в атмосферу рис.1. Средний расход отводимого воздуха составляет $17,31 \text{ м}^3/\text{мин}$.

Важно поддержание следующих показателей эффективности [3, 4]: температуры внутри адсорбера, производительности адсорбера, материальных затрат на процесс. Вывод об эффективности системы управления формулируется на основании значения среднеквадратичного критерия качества (1) [5, 6].

$$I_C \int_0^t (y(\infty) - y(t)) dt, \quad (1)$$

где $y(\infty)$ – установившееся значение выходной величины, $y(t)$ – значение выходной величины в текущий момент времени, T_p – время регулирования.

При разработке системы рассматривается контур управления температурой в адсорбере. Основным возмущением в процессе является расход подаваемой ПВС, который необходимо стабилизировать. Следовательно, исследуются показатели *двухконтурной каскадной* [7, 8] *системы: регулирование расхода подаваемой ПВС на входе в адсорбер по температуре в адсорбере.* При этом обеспечивается поддержание основного показателя эффективности на заданном уровне 40 °С. В такой системе внутренний контур регулирования обеспечивает стабилизацию расхода ПВС, устраняя тем самым основное из возмущений, а регулятор внешнего контура поддерживает температуру на заданном значении [4].

Функциональная схема имеет вид:

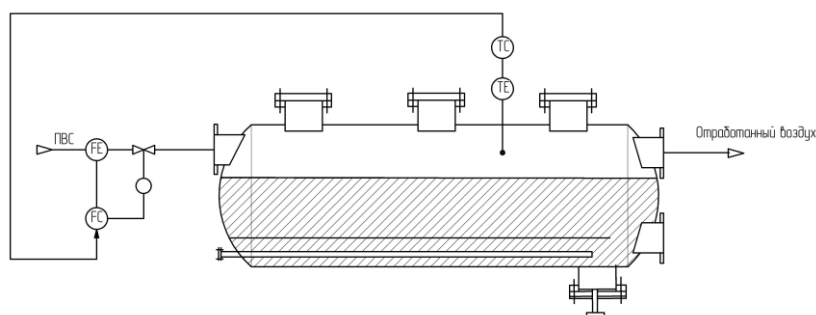


Рис. 3. – Функциональная схема двухконтурной каскадной САУ

В результате проведенного анализа эффективности *двухконтурной каскадной системы* с использованием П, ПИ, ПИД регуляторов наиболее качественной оказалась система автоматического управления (САУ) с ПИ регулятором (таблица №1).

Значения среднеквадратичного критерия качества с применением П, ПИ, ПИД регуляторов в двухконтурной каскадной САУ

Параметры САУ	П	ПИ	ПИД
передаточная функция	$R(p) = 0,7 \epsilon$	$R(p) = 0,7 \epsilon \frac{0,1}{p}$	$R(p) = 0,7 \epsilon \frac{0,1}{p} - \frac{1}{12}$
значение среднеквадратичного критерия качества, I_C	18657,2	17361,5	29404,4

В программном средстве VisSim моделируется процесс и находится минимальное значение среднеквадратичного критерия качества при оптимальных настроечных параметрах ПИ-регулятора.

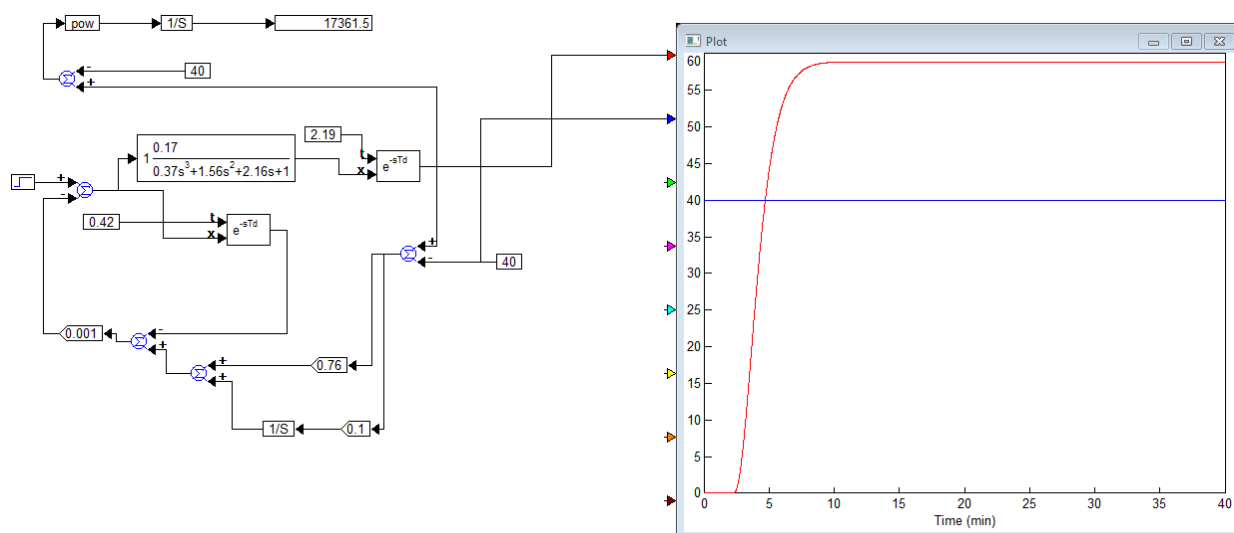


Рис. 4. – Схема двухконтурной каскадной САУ с ПИ-регулятором

Следующей системой является *система регулирования температуры в адсорбере путем изменения расхода ПВС с компенсацией [8] возмущения в виде концентрации паров бензина ПВС, поступающей из холодильника.*

Вместе с изменением расхода ПВС по этому же каналу приходит и другое возмущение – температура исходной ПВС, поступающей из холодильника и влияющей на процесс адсорбции в целом. Если исходная ПВС поступает в адсорбер при температуре выше требуемой, то ее необходимо охладить до требуемой. При нарушении температурного режима может произойти воспламенение и нарушение технологического процесса.

Функциональная схема имеет вид:

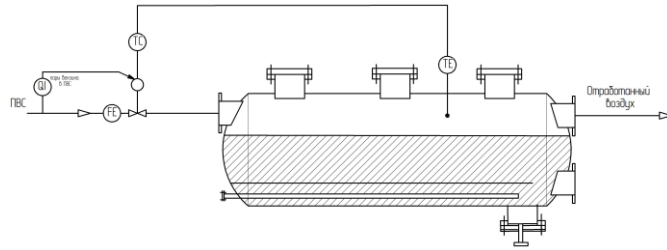


Рис. 5. – Функциональная схема двухконтурной САУ с компенсацией возмущения

Для проведения анализа эффективности САУ с динамической компенсацией были использованы П, ПИ, ПИД регуляторы. При построении систем управления были получены значения среднеквадратичного критерия.

Таблица № 2

Значения среднеквадратичного критерия качества с применением П, ПИ, ПИД регуляторов в двухконтурной САУ с компенсацией возмущения

Параметры САУ	П	ПИ	ПИД
передаточная функция	$R(p) \approx 107$	$R(p) \approx \frac{0.75}{p}$	$R(p) \approx \frac{0.04}{p}$
значение среднеквадратичного критерия качества, I_C	200473	15055,6	14991,2

В программном средстве VisSim моделируется процесс и находится минимальное значение среднеквадратичного критерия качества при оптимальных настроечных параметрах регуляторов [9,10].

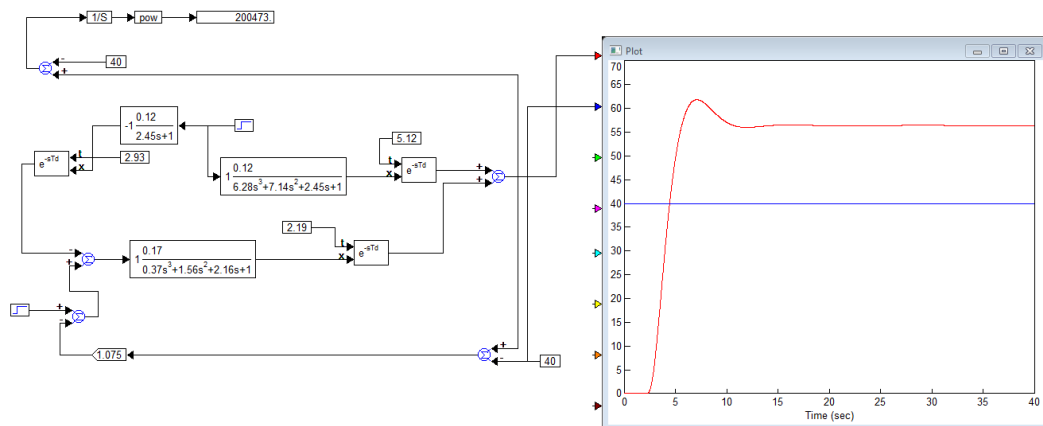


Рис.6 – Схема двухконтурной САУ с компенсацией возмущения с П-регулятором

При исследовании двухконтурной САУ с компенсацией возмущения при оптимальных настроечных параметрах П-регулятора значение среднеквадратичного критерия качества оказалось высоким, что не отвечает требованиям эффективности, поэтому были построены системы управления с ПИ и ПИД-регуляторами, наиболее эффективной из которых является САУ с ПИД-регулятором.

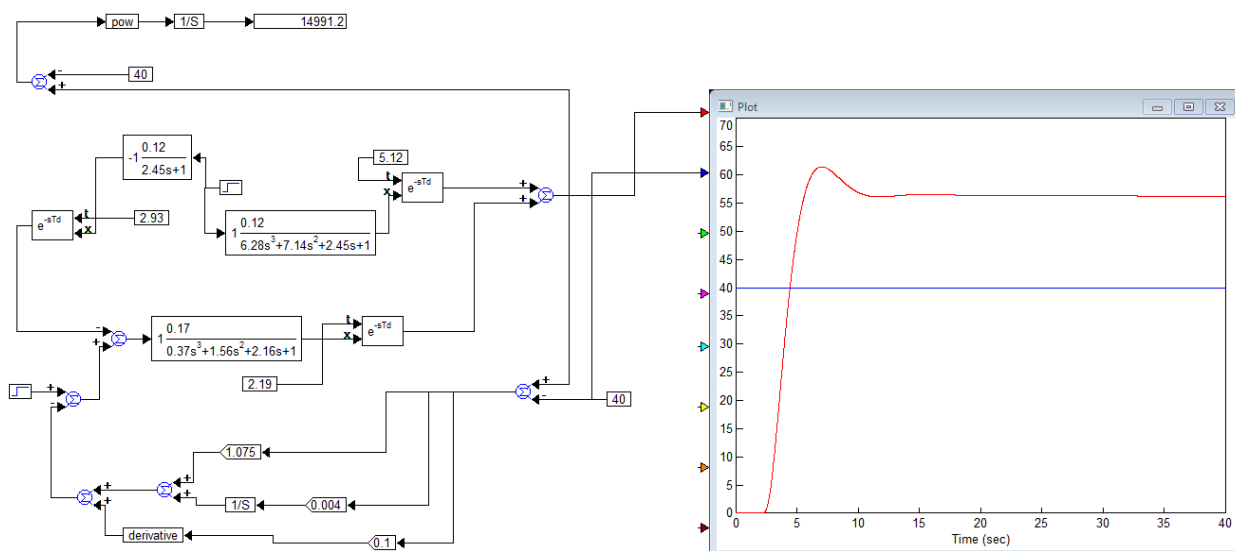


Рис. 7. – Схема двухконтурной САУ с компенсацией возмущения с ПИД-регулятором

По результатам моделирования исследованных систем управления можно сделать вывод, что более эффективной является система регулирования температуры в адсорбере путем изменения расхода ПВС с компенсацией возмущения в виде концентрации паров бензина в ПВС, поступающей из холодильника. Минимального значения среднеквадратичный критерий достигает при значениях настроечных коэффициентов ПИД-регулятора.

Литература:

1 Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны [Текст]: постановление о введении в действие ГН 2.2.5.1313-03 от 30 апреля 2003 г. №76 // Собрание законодательства Российской Федерации. –2003. 2000 – № 31. – Ст. 3295.

2 Пупков К.А., Егупов Н.Д. Методы классической и современной теории автоматического управления. Т. 1: Математические модели, динамические характеристики и анализ систем автоматического управления / Под ред. К.А. Пупкова, Н.Д. Егупова. – М.: Изд-во МВТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. – 656 с.

3 Гартман, Т.Н. Основы компьютерного моделирования химико-технологических процессов / Т.Н. Гартман. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2006. – 416 с.

4 Бесекерский, В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического управления / В.А. Бесекерский, Е.П. Попов. – Спб.: Профессия, 2003. – 757 с.

5 Шишмарев, В.Ю. Основы автоматического управления / В.Ю. Шишмарев. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 352 с.

6 Костоглотов А.А., Костоглотов А.И., Лазаренко С.В., Андрашитов Д.С. Многопараметрическая идентификация конструктивных параметров методом объединенного принципа максимума [Электронный ресурс] // «Инженерный вестник Дона», 2011, №1. – Режим доступа: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n1y2011/348> (доступ свободный) – Загл. с экрана. – Яз. рус.

7 Ganchev I. Auto-tuning of cascade systems with auxiliary corrector // Proc. of the 18th Intern. Conf. on SAER. – Varna, 2004. – Sofia, 2004. – P. 46–50.

8 Астрахан В.Д. Справочник по проектированию автоматизированного электропривода и систем управления технологическими процессами / В.Д. Астрахан. – М.: Энергоиздат, 1982. – 416 с.

9 Astrom K.J. Advanced PID control. –ISA. Triangle Park, 2006. – P. 446.

10 Абрамов К.В. Методика определения коэффициентов ПИД-контроллера при моделировании автоматизированных систем управления ректификационной колонной с применением пакета ChemCAD [Электронный ресурс] // «Инженерный вестник Дона», 2011, №2. – Режим доступа: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n2y2011/444> (доступ свободный) – Загл. с экрана. – Яз. рус.