

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В СИСТЕМЕ РОБАСТНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ПОЛУЧЕНИЯ СЕРНИСТОГО АНГИДРИДА

У статті представлені результати моделювання динамічних процесів в модернізованій системі автоматичного керування процесом виробництва сірчистого ангідриду з використанням програми MATLAB & SIMULINK. Розроблена система регулювання дозволяє поліпшити прямі показники якості на 30-40% по відношенню до системи, що побудована за принципом відхилення.

The results of modeling of dynamic processes in the modernized system of automatic process control of sulfur dioxide using the program MATLAB & SIMULINK. The developed control system can improve the quality of direct measures by 30-40% compared to a system built on the principle of deviation.

Введение

Из множества математических методов моделирования процесса получения сернистого ангидрида, для реализации оперативного управления, наибольший интерес представляют теоретические методы, базирующиеся на математических описаниях механизмов протекающих процессов. Такие модели обладают хорошими прогностическими возможностями в широких диапазонах изменения свойств объекта и режимных параметров технологического процесса.

Для решения инженерных и исследовательских задач получили распространение такие пакеты математических программ как Maple, MathCAD, Mathematica, MATLAB, Statistika и MAXIMA. Для исследования и анализа объектов управления, синтеза современных систем управления наиболее подходящим пакетом программ является MATLAB [1]. MATLAB содержит в своем составе большое количество функций и, в частности, пакет Simulink – интерактивный инструмент для моделирования, имитации и анализа динамических систем, полностью интегрированный с MATLAB, обеспечивающий доступ к широкому спектру инструментов анализа и проектирования.

Цель работы

Моделирование динамических процессов в замкнутой системе управления с использованием предложенных методов синтеза регулирующих устройств и компенсаторов, при действии

возмущений и параметрической неопределенности математической модели процесса.

Постановка задачи

Разработать программное обеспечение в среде MATLAB&SIMULINK для проведения моделирования и оценки качественных показателей системы управления процессом производства сернистого ангидрида.

Разработка структурной схемы робастного управления

На рис. 1 приведена структурная схемы моделирования системы автоматического управления процессом получения сернистого ангидрида при производстве серной кислоты методом мокрого катализа в пакете SIMULINK [2].

Математическое описание процессов в технологических участках: печь-котел, камера дожигания и смешения получено в виде выражений, которые характеризуют изменение температуры газов во времени, обусловленное, во-первых, движением потока и, во-вторых, теплопередачей. При выводе уравнений математической модели исследуемого процесса, принят гидродинамический режим идеального перемешивания с отсутствием влияния неоднородностей на структуру гидродинамики потоков, что позволило получить разумное сочетание сложности модели с физическими упрощениями для совершенствования системы автоматического управления [3,4,5].

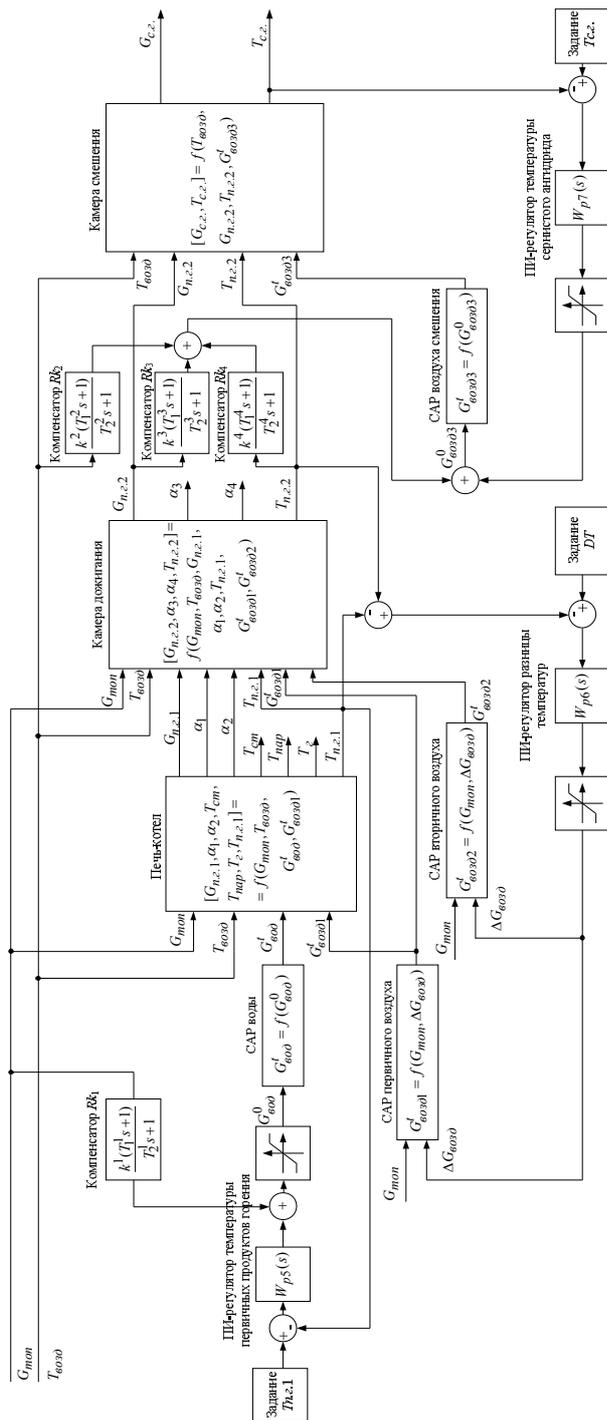


Рис. 1. Схема моделирования системы робастного управления технологическим процессом получения сернистого ангидрида

Проведем моделирование САУ с использованием компенсаторов и без них, с учетом задающих воздействий: температура газа после печь-котла 780°C , разность температур после и до камеры дожигания 15°C и температура сернистого ангидрида 445°C .

Допустим, что расход сероводородного газа изменяется ступенчато, причем амплитуда колебаний составляет $100 \text{ м}^3/\text{ч}$.

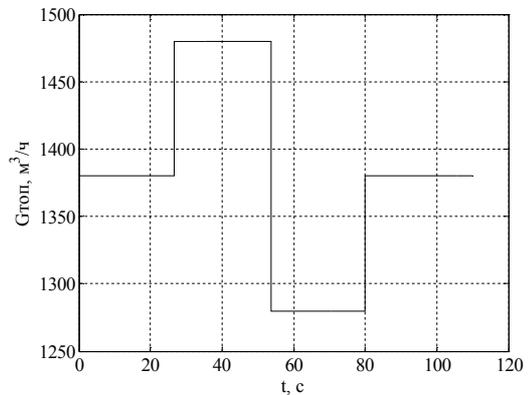
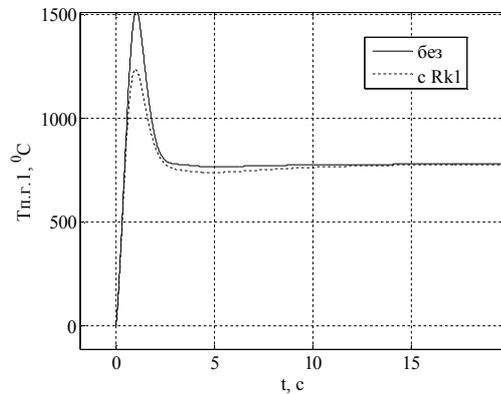
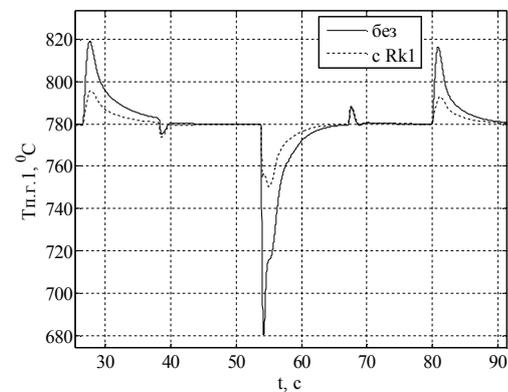


Рис. 2. График изменения возмущающих воздействий

В результате воздействия на систему сигналов возмущения $G_{мон}$ и $T_{возд}$, получены следующие переходные процессы по основным параметрам технологического процесса: температура первичных продуктов горения; температура вторичных продуктов горения; температура сернистого ангидрида; сигналы управления.

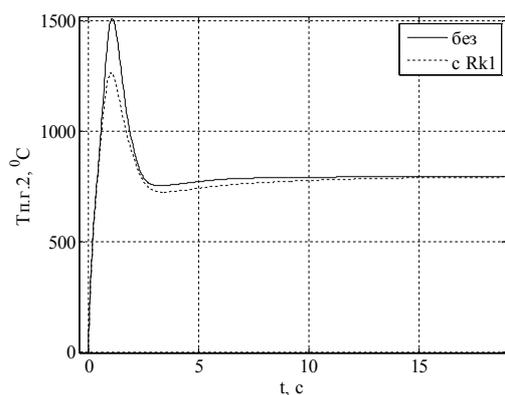


а) пусковой режим

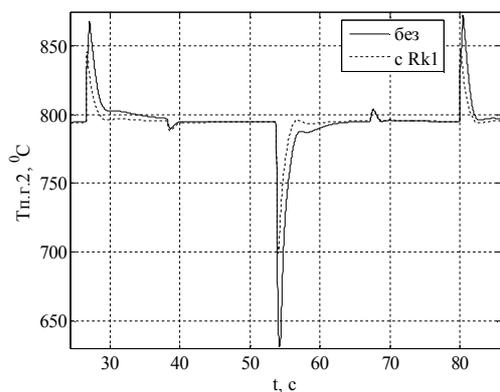


б) установившийся режим

Рис. 3. Переходной процесс температуры $T_{н.з.1}$



а) пусковой режим



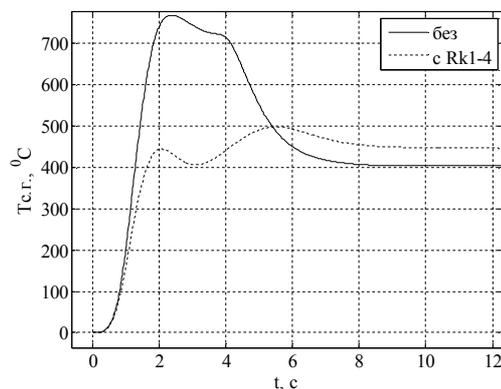
б) установившийся режим

Рис. 4. Переходной процесс температуры $T_{n.z.2}$

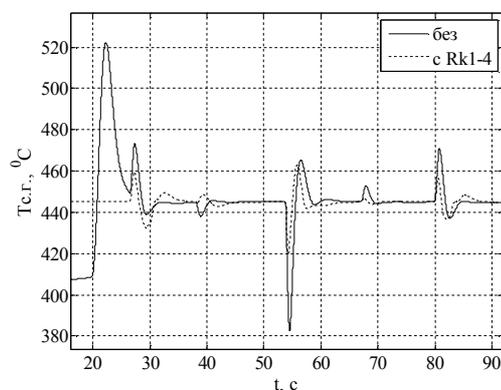
В результате анализа графиков изменения температур (рис. 3-5) можно сделать вывод, что применение компенсаторов уменьшает амплитуду отклонения температур от задающего воздействия и время переходного процесса. Достижение полной инвариантности в системе управления практически невозможно по причине использования компенсаторов с реальной структурой, обладающими схожими динамическими свойствами с идеальными компенсаторами в рабочем диапазоне частот.

Так, например, с компенсатором максимальное отклонение температуры $T_{n.z.1}$ от заданного значения при действии возмущения снизилось с 100 до 30 °С, время переходного процесса уменьшилось с 18 до 14 с, значительно снизилась величина перерегулирования с 92 до 60% (рис. 3). Применение компенсаторов в системе регулирования температурой сернистого ангидрида, позволило уменьшить отклонение регулируемой координаты с 240 до 45 °С от задания в динамическом режиме, а при действии возмущений с 70 до 25 °С. Время переходного процесса отработки возмущения уменьшилось

с 10 до 7 с (рис. 5).



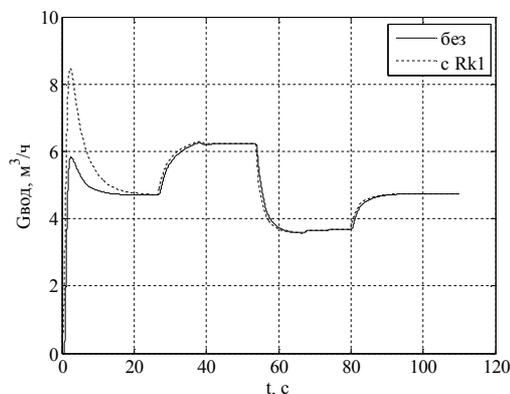
а) пусковой режим



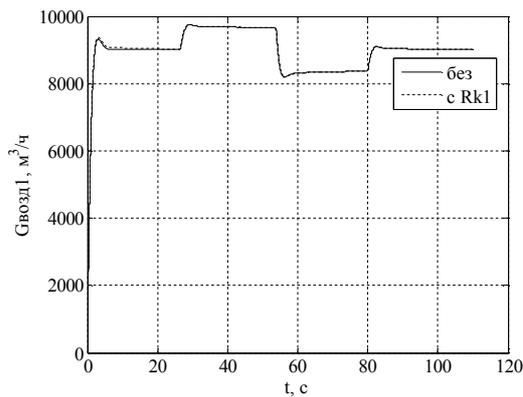
б) установившийся режим

Рис. 5. Переходной процесс температуры $T_{c.g.}$

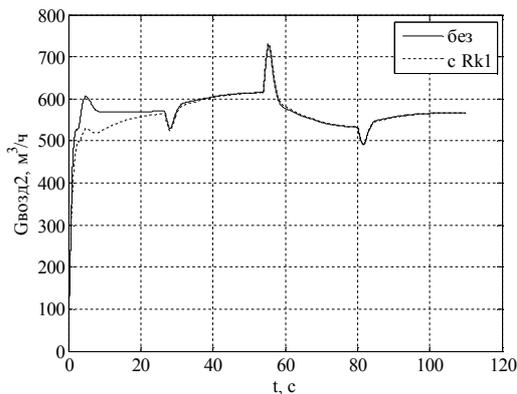
Анализ управляющих воздействий (рис. 6) показывает что, при данной амплитуде колебаний расхода перерабатываемого топлива и температуры атмосферного воздуха в системе с компенсаторами отсутствует режим насыщения и резкие изменения сигнала управления, что является благоприятным режимом работы для исполнительных механизмов и не приводит к эффекту интегрального насыщения.



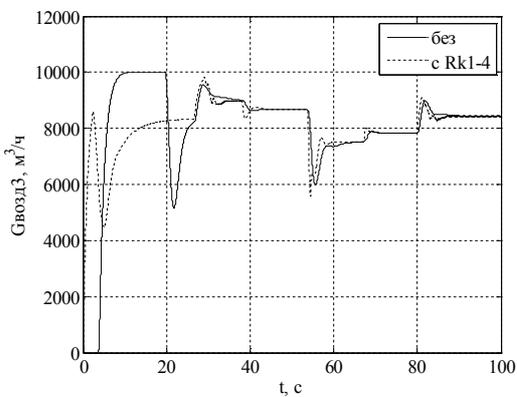
а) расход воды $G_{вод}$



б) расхода воздуха $G_{возд1}$



в) расход воздуха $G_{возд2}$



г) расход воздуха $G_{возд3}$

Рис. 6. Переходные процессы по управляющим воздействиям

Выводы

1. Разработано программное обеспечение в среде MATLAB&SIMULINK для проведения моделирования и оценки качественных показателей динамических процессов в замкнутой системе управления с использованием предложенных методов синтеза регулирующих устройств и компенсаторов, при действии возмущений и параметрической неопределенности математической модели процесса.

2. Исследования показали, что модернизированная система автоматического управления процессом получения сернистого ангидрида обладает свойством робастности и ее применение позволяет улучшить прямые показатели качества на 30-40% по отношению к системе, построенной по принципу отклонения.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Дьяконов В.П. Matlab 6.5 SP1 / 7.0 Simulink 5/6. Основы применения / В.П. Дьяконов. – М.: СОЛОН-Пресс, 2005. – 806 с.

2. Улавливание химических продуктов коксования: [учебное пособие] / А.Ф. Гребенюк, В.И. Коробчанский, Г.А. Власов, С.И. Кауфман. - ч.2. – Донецк: Восточный издательский дом, 2002. – 208 с.

3. Ткаченко В.Н. Разработка и исследование математической модели технологического процесса производства серной кислоты / В.Н. Ткаченко, Н.Н. Чернышев // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Сер. обчислювальна техніка та автоматизація, випуск 16 (148). – Донецьк: ДонНТУ. – 2009. – С. 22-29.

4. Чернышев Н.Н. Системная декомпозиция процесса производства серной кислоты как объекта автоматизации / Н.Н. Чернышев // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Сер. обчислювальна техніка та автоматизація. – Донецьк: ДонНТУ. – 2010. – Вип. 19 (153). – С. 27-33.

5. Чернышев Н.Н. Модель процесса получения сернистого ангидрида в пространстве состояний / Н.Н. Чернышев // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Сер. обчислювальна техніка та автоматизація, випуск 20 (182). – Донецьк: ДонНТУ. – 2011, С. 82-87.

N.N. Chernishev. **Modeling of dynamic processes in the robust control of sulfur dioxide.**

Н.Н. Чернышев. **Моделирование динамических процессов в системе робастного управления процессом получения сернистого ангидрида.**

В статье представлены результаты моделирования динамических процессов в модернизированной системе автоматического управления процессом производства сернистого ангидрида с использованием программы MATLAB&SIMULINK. Разработанная система регулирования позволяет улучшить прямые показатели качества на 30-40% по отношению к системе построенной по принципу отклонения.