

Мощность шума задана исходя из погрешности измерения датчиков. При ознакомлении с документацией выбранных датчиков была выяснено, что погрешность измерения датчика давления воздуха составляет ± 0.05 , а газоанализатора - ± 0.04 . Для того что бы наложить помехи на данные которые передают датчики воспользуемся функцией wgn (whiteGaussiannoise), поскольку она позволяет задать уровень генерируемого шума в единицах, задаваемых параметром.

Анализ реакции системы с синтезированным ПИ-регулятором показала, что САУ с учетом шумов не выполняет предъявляемые к ней требования по показателям качества регулирования. Поэтому было принято решение оптимизировать полученные параметры настройки в реальном времени с помощью средств SimulinkResponseOptimization. Для настройки данного блока необходимо создать в рабочем пространстве Workspace переменные $k_{var}=0.0017$, $k_p=7.2683$, $k_i=0.0049$ и указать k_p и k_i в блоке PID-control. Основные показатели качества регулирования переходного процесса при ступенчатом воздействии задаются в блоке CheckStepResponseCharacteristics для расчета коридора отклика системы (рис. 2).

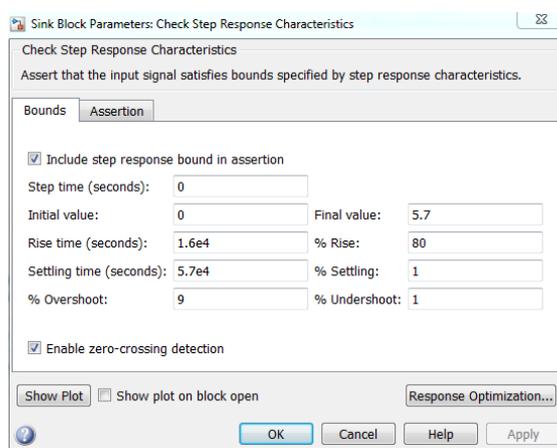


Рисунок 2 – Показатели качества переходного процесса

Во время каждой итерации оптимизации, программа моделирует систему, и метод оптимизации изменяет параметры регулятора с целью уменьшения расстояние между полученной в результате моделирования реакцией системы на выходе и кусочно-линейными спецификациями допустимых границ выходного сигнала.

Сообщение Optimizationconverged указывает, что найдено оптимальное решение, которое отвечает требованиям к границам выходного сигнала (рис.3).

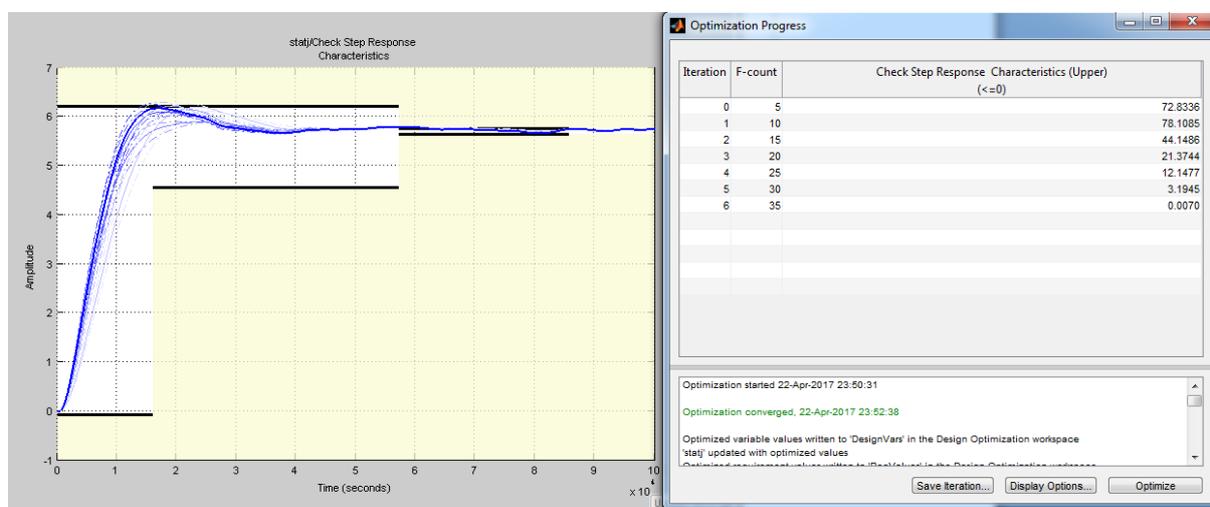


Рисунок 3 – Окна прогресса оптимизации после завершения подбора параметров k_p , k_i .

Проанализируем переходные характеристики концентрации кислорода(рис.4).

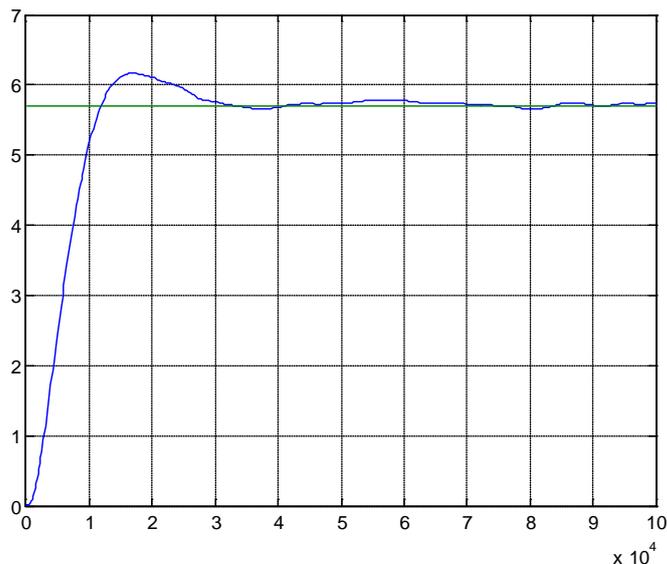


Рисунок 4 – Переходная характеристики концентрации кислорода

Регулятор концентрации, стремясь стабилизировать заданную концентрацию кислорода на выходе, в течение 1200 секунд обрабатывает изменение уставки по соотношению «топливо-воздух», не выходя за допустимый диапазон по концентрации $5,7\pm 5\%$, что соответствует предъявляемым требованиям к системе. Этот процесс соответствуетнастроечным параметрам ПИ-регулятора: $k_p = 18.5093$, $k_i = 0.0072$.

На основании полученных результатов для ПИ регулятора, имеет смысл проанализировать изменение коэффициента передачи k_{var} при увеличении (уменьшении) подачи газа. При увеличении подачи газа на $3.8e3\text{Па}$ и при $k_{var}=0.0015$, результаты автоматической настройки обеспечили заданные требования по качеству переходного процесса с перерегулированием 9% и обрабатывает изменение уставки по соотношению «топливо-воздух в течение 1100 секунд, не выходя за допустимый диапазон по концентрации $5,7\pm 5\%$ (5.а). При уменьшении подачи газа на $3e3\text{Па}$ ($k_{var}=0.0019$), регулятор концентрации стремится стабилизировать заданную концентрацию кислорода на выходе, в течение 1400 секунд, не выходя за допустимый диапазон по концентрации $5,7\pm 5\%$ (рис. 5. б).

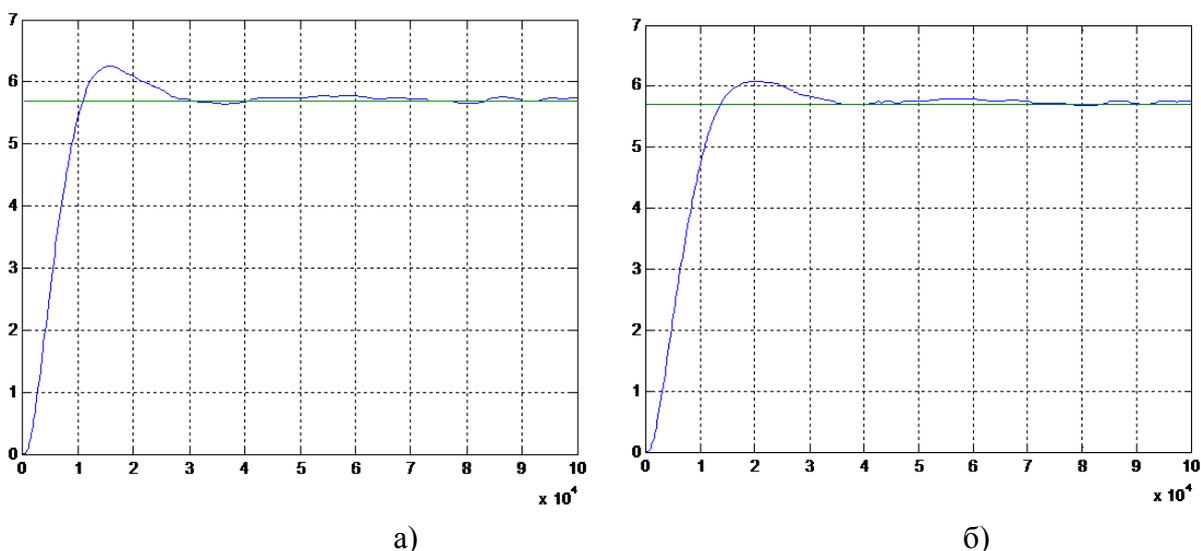


Рисунок 5 – Переходные характеристики концентрации кислорода при изменении k_{var} и давлении газа

Таким образом при исследовании системы автоматического управления процессом качеством сгорания топлива в условиях парового котла котельной выяснено что система робастна при изменении k_{var} от 0.0015 до 0.0019(см.рис.1) за счет изменения подачи газа от $3\epsilon 3\text{Па}$ до $3.8\epsilon 3\text{Па}$.При этом время переходного процесса не выходит за допустимую границу и это соответствует требуемому 5700 с. Из этого следует что были выбраны правильные настройки ПИ-регулятора за счет блока CheckStepResponseCharacteristics.

Выводы.

1. Предложена схема регулирования процессом качества горения топлива, учитывающая практически все флуктуации качества топлива, температуры подаваемого в топку воздуха. Это обеспечивается за счет каскадного регулирования и возможности работы системы автоматизации, как при нормальной производительности котла, так и в режиме розжига.

2. Данная схема регулирования качества горения топлива использует существующую закономерность между качеством горения топлива и содержанием кислорода в уходящих газах. Это каскадная схема, главным регулятором в которой является регулятор содержания кислорода, воздействующий на вспомогательный регулятор соотношения топливо – воздух. Соотношение топливо – воздух имеет вид линейного уравнения. Данная схема регулирования качества горения топлива использует существующую закономерность между качеством горения топлива и содержанием кислорода в уходящих газах. Это каскадная схема, главным регулятором в которой является регулятор содержания кислорода PO_2 , воздействующий на вспомогательный регулятор соотношения топливо – воздух PB . Соотношение топливо – воздух имеет вид линейного уравнения $P_B(t) = k_1 \cdot P_T(t) = \gamma(Q^{O_2}) \cdot P_T(t)$, где $k_1 = \gamma(Q^{O_2})$ коэффициент соотношения топливо – воздух в функции производительности содержания кислорода в выходных газах котла у основания вытяжной трубы.

3. Методами математического моделирования проведен анализ робастности разработанной системы. Результаты моделирования показали, что при учете в системе шумовых сигналов от датчиков с дисперсией равной погрешности измерения, а также возможных изменениях параметров объекта управления на 15% система сохраняет свойство робастности, при этом настроечные параметры ПИ-регулятора оптимизированы средствами SimulinkResponseOptimization.

Перечень ссылок

1. Бирючева, А. С. Система автоматизации управления качеством процесса горения топлива в условиях парового котла котельной / А. С. Бирючева, Н. В. Жукова // Завалишинские чтения: молодежная секция. Сб. докл. – Санкт-Петербург : ГУАП, 2016. – С.12 – 15.

2. Компьютерные методы исследования систем автоматического управления : метод. указания к выполнению лаб. работ / А. В. Писаренко, Н. Б. Репникова. – Киев: НТУУ «КПИ», 2015. – 97 с.

3. Кузнецов, Б. И. Исследование влияния нелинейностей и вариации параметров объекта управления на динамические характеристики электромеханических следящих систем / Б. И. Кузнецов, Т. Б. Никитина // Вестник Нац. техн. ун-та «ХПИ» : сб. науч. тр. / НТУ «ХПИ». – Харьков, 2015. - № 12 (1121) : Проблема автоматизированного электропривода. Теория и практика. – С. 68 – 71.

4. Dr. Davidov, V. Автоматическая оптимизация Simulink моделей и регуляторов [Электронный ресурс] / Dr. Bob Davidov. – Режим доступа: http://portalnp.ru/wp-content/uploads/2013/10/05.01_MATLAB.-Simulink-Response-Optimization_Ed_2.pdf. – Загл. с экрана.

5. Зыков, А. К. Автоматика регулирования работы котлов [Электронный ресурс] / А. К. Зыков // Паровые и водогрейные котлы: справочное пособие. – Москва: Энергоатомиздат, 1987. – Режим доступа : <http://www.bibliotekar.ru/spravochnik-101-kotly/15.htm>. – Загл. с экрана.