

## СТЕНД ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ НЕЧЕТКИХ И АДАПТИВНЫХ ПОЗИЦИОННЫХ СИСТЕМ РЕГУЛИРОВАНИЯ

---

*valerymag@nm.ru*

**Магергут В.З., д-р техн. наук, проф.,  
Шевцов М.Ю., аспирант,  
Рыбин И.А., аспирант,  
Мишуров С.В., студент,  
Носальчук Р. О., студент**

*Белгородский государственный технологический  
университет им. В. Г. Шухова*

**Аннотация.** В стенде реализованы нечеткие и адаптивные позиционные алгоритмы управления в соответствии с патентом №2514127, а сам стенд выполнен на базе промышленной горелки фирмы Baltur btg 15p (Италия). Аппаратная часть системы управления, встроенная в горелку, реализована на отечественных устройствах – контроллере ОВЕН ПЛК 154 и панели оператора ИП 320, связь между которыми осуществляется через интерфейс RS-485. В качестве исполнительных устройств системы применены дискретные соленоидные клапана с разными пропускными способностями, позволяющими получать  $2^4=16$  дискретных управляющих воздействий.

**Ключевые слова:** нечеткое и адаптивное позиционное управление, газовая горелка, стенд, дискретные исполнительные устройства.

Постоянно возрастающая сложность и разнообразие задач, конечный результат которых возлагается на автоматические системы, определяют повышенный спрос на системы управления с более универсальными свойствами. К таким системам можно отнести нечеткие и адаптивные позиционные системы управления или их комбинации. Последняя была изложена в патенте [1], в котором описывается нечеткий адаптивный позиционный способ управления объектами с дискретными исполнительными устройствами, реализуемый посредством логического контроллера.

Нами на основе патента создан лабораторный стенд, укрупненная схема которого представлена на рисунке 1. Стенд выполнен на базе промышленной горелки Baltur btg 15p итальянского производства.

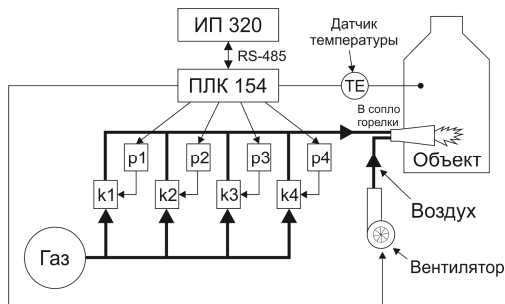


Рисунок 1 – Укрупненная схема стенда

Все оборудование стенда фактически размещено на горелке, что демонстрирует рисунок 2.

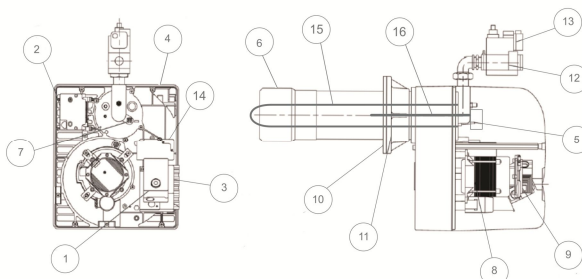


Рисунок 2 – Основные элементы стенда

1. Блок управления (ОВЕН ПЛК 154);
2. Трансформатор;
3. Блок реле;
4. Кнопка включения питания;
5. Указатель позиционирования диска;
6. Головка горения;
7. Винт регулировки диска головки;
8. Двигатель;
9. Воздушный прессостат;
10. Изоляционная прокладка;
11. Соединительный фланец горелки;
12. Индикационная панель ОВЕН ИП 120;
13. Газовые клапаны (4 шт.);
14. Сервопривод регулировки воздуха;
15. Трубчатый электронагреватель (ТЭН-1,25кВт);
16. Термопара (ТХК).

Для подачи газа в сопло горелки используются четыре двухпозиционных, то есть имеющих два положения: «открыт» и «закрыт», клапана разного сечения. Это обеспечивает разные их пропускные способности –  $K_{Vv}$ , что дает возможность использовать  $2^4=16$  режимов их работы при параллельном соединении между собой. Клапаны, в свою очередь, соединены с управляющим устройством (блоком управления) через блок реле контактов р1-р4. Ввиду того, что стенд является учебным, отпала необходимость соединять клапаны с соплом горелки специальными металлическими трубами. Клапаны к1-к4 соединены между собой металлопластиковой трубой с диаметром 15 мм, что является целесообразным с экономической точки зрения.

Программа управления, записанная в ПЛК 154, представляет собой набор нечетких и адаптивных производственных правил вида «ЕСЛИ - ТО» и написана в среде разработки CoDeSys для управления клапанами подачи газа посредством реле. Она же может включать дискретные модели объектов [2] для создания систем управления (см. рис.3).

Для удобства управления и конфигурации настроек в стенд добавлена индикационная панель ИП 320 фирмы «ОВЕН», которая закреплена на кожухе горелки. Она связана с ПЛК через интерфейс RS-485 и работает в режиме slave. Панель оператора поддерживает универсальный протокол ModbusRTU и умеет читать и редактировать значения параметров, заложенных в программе, что является очень удобным для управления промышленной горелкой. На ИП 320 есть возможность выводить тренды, например, расхода, температуры или мощности, а так же те или иные зависимости между ними.

Так как промышленная горелка Baltur btg 15p является двухступенчатой газовой горелкой (высокое/низкое пламя), то для реализации нечеткого и адаптивного позиционного управления она в том виде не подходила. Поэтому было принято решение усовершенствовать ее, добавив четыре клапана регулирующие поток газа в горелку. Во время разработки стенда особое внимание уделялось безопасности его эксплуатации студентами. Поэтому, чтобы учесть все критерии по безопасной эксплуатации горелки, горение газа было решено заменить на эквивалентное включение трубчатого электронагревателя. Так же были заменены клапана, управляющие потоком газа на заслонку, которая регулирует воздушный поток исходящий от вентилятора и ведет контроль температуры воздуха в головке горения. Модернизированная система управления заслонкой имеет шестнадцать положений, что полностью отражает работу клапанов регулирующие поток газа.

Стенд, работающий в соответствии с алгоритмом, заложенным в патенте [1], позволяет реализовать комбинированное нечеткое и адаптивное управление. Суть управления заключается в симбиозе двух способов – нечеткого и адаптивного трехпозиционного. Первоначально с помощью нечеткой логики реализуется алгоритм нахождения диапазон регулирования, в котором будет производиться дальнейшая адаптация. Определение этого основного (базового) диапазона управления ведется по формуле (1) [3].

$$U_{\text{адп}} = U_0(1 - \beta) + U_k\beta, \quad (1)$$

где  $U_{\text{адп}}$  – адаптируемый параметр управления,  $U_0$  и  $U_k$  – параметры управления в двух крайних (противоположных) состояниях объекта,  $\beta$  – нормированный эквивалент состояния В объекта ( $\beta = 0$  при  $B_0$ ,  $\beta = 1$  при  $B_k$ , где  $B_0$  – начальное состояние объекта,  $B_k$  – конечное состояние объекта), принимаемого за значение параметра адаптивной средней позиции на данном диапазоне управления.

Далее внутри этого диапазона реализуется алгоритм адаптивного трехпозиционного регулирования с адаптивной средней позицией в соответствии с [4, стр. 172]. Суть управления объектом в соответствии с этим комбинированным алгоритмом поясняет рисунок 3.

Необходимость применения адаптивных и нечетких систем управления, в том числе позиционных, для управления технологическими процессами обусловлена рядом причин, описанных, например, в [4, стр. 161].

Создание адаптивных систем управления осуществляется в принципиально иных условиях, чем неадаптивных, а именно, адаптивные методы должны способствовать достижению высокого качества управления при отсутствии достаточной полноты информации о характеристиках управляемого процесса в условиях неопределенности. Это можно назвать как недостаточность знаний об объекте.

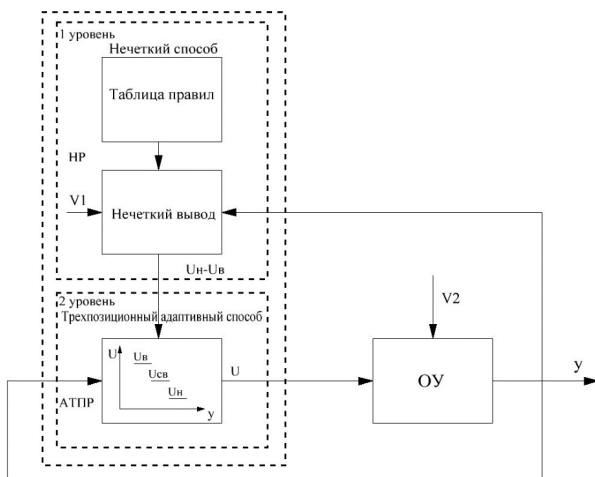


Рисунок 3 – Нечеткий адаптивный позиционный способ регулирования

С другой стороны, трудности в обеспечении надлежащего качества управления так же возрастают по мере уменьшения объема знаний о системе, например, из-за ее усложнения как это имеет место в многосвязных системах, системах каскадного или экстремального регулирования.

Эффект приспособления к изменяющимся условиям в адаптивных системах достигается за счет того, что часть функций по получению, обработке и анализу недостающей информации об управляемом процессе осуществляется уже не проектировщиком на предварительной стадии, а самой системой в процессе ее нормальной эксплуатации.

Таким образом, под адаптивными системами понимаются такие, в которых параметры управляющих устройств, структура системы или алгоритм управления автоматически и целенаправленно изменяются для осуществления в каком-либо смысле наилучшего управления объектом [5-8]. Причем, характеристики объекта управления и внешних воздействий изменяются заранее непредвиденным способом.

Нечеткие системы имеют ряд преимуществ по отношению к адаптивным системам [3, 9, 10], что и обусловлено их применение для управления подачей газа в горелки.

Для изучения нового вида управляющих систем – адаптивных, нечетких и их комбинации и предназначен изготовленный стенд. Опыт, полученный при выполнении лабораторных работ, может быть

использован будущими специалистами и бакалаврами в практике дальнейших работ, поскольку горелка, лежащая в основе стенда, широко распространена в промышленности и быту, так как данное устройство работает на сравнительно дешевом топливе и обладает достаточно высоким коэффициентом полезного действия. Достаточно сказать, что горелка стенда и подобные ей устройства широко применяются в различных тепловых устройствах: котлах, водонагревателях, тепловых пушках и др.

*Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Белгородской области в рамках проекта №14-41-08016 «р\_офи\_м».*

#### **Список литературы:**

1. Пат. 2514127 РФ, МПК G05B 19/00 (2006.01). Нечеткий адаптивный позиционный способ автоматического управления объектами с дискретными исполнительными устройствами / Магергут В.З., Жук С.А.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «БГТУ им. В.Г. Шухова». № 2013121183/08; заявл. 07.05.2013; опубл. 27.04.2014. бюл. № 12. 9 с.
2. Подходы к построению дискретных моделей непрерывных технологических процессов для синтеза управляющих автоматов / В.З. Магергут, В.А. Игнатенко, А.Г. Бажанов, В.Г. Шапгала // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. № 2. С. 100-102.
3. Прикладные нечеткие системы: Пер. с япон. / К. Асаи, Д. Ватада, С. Иван и др.; под ред. Т. Тэрано, К. Асаи, М. Сугэно. М.: Мир, 1993. 368 с.
4. Магергут В.З., Венг Д.П., Кацер И.А. Выбор промышленных регуляторов и расчет их оптимальных настроек // Белгород: Изд-во БГТУ, 2009. С. 143-146.
5. Александровский Н.М., Егоров С.В., Кузин Р.Е. Адаптивные системы автоматического управления сложными техническими процессами // М.: Изд-во Энергия, 1973. С. 272.
6. Перов В.Л., Егоров А.Ф. Использование принципов адаптации при построении гибких автоматизированных производственных систем // Журнал ВХО им. Д.И. Менделеева, № 3. Т. XXXII, 1987. С. 322-328.
7. Александров А.Г. Оптимальные и адаптивные системы. М.: Изд-во Высшая школа, 1989. С. 263.
8. Павлов Б.Ф., Соловьев И.Г. Системы прямого адаптивного управления. М.: Изд-во Наука, 1989. С. 136.

9. Пегат А. Нечеткое моделирование и управление / А. Пегат: пер.с англ. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. 798 с.
10. Гостев В.Н. Проектирование нечетких регуляторов для систем автоматического управления / СПб.: БХВ Петербург, 2011. 416 с.