

Чигрин Денис Юрьевич

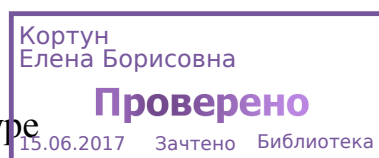
МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕЧЕТКИХ СИСТЕМ ДЛЯ МОДУЛЕЙ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ

Направление 27.04.04 – «Управление в технических системах»

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание степени
магистра техники и технологии

Комсомольск-на-Амуре

2017



Актуальность:

Исторически сложилось так, что специалисты в области управления занимались лишь поиском процедуры управления объектом (ОУ), когда и сам объект, и критерий управления им были уже описаны в точных терминах. Лишь на последнем этапе развития ТАУ внимание специалистов переместилось на проблему идентификации ОУ. С течением времени ОУ развивались, стали более сложными, из-за чего типовые наработанные приемы стали неприменимы к нетрадиционным ОУ [4].

В свое время появление формальной логики было шагом вперед в борьбе с неопределенностью, расплывчивостью представления человеческих знаний. [1] Логика была призвана исключить не строгость, неоднозначность из рассуждений. Теперь же возникла необходимость создания теории, позволяющей формально описывать нестрогие, нечеткие понятия и обеспечивающие возможность продвинуться в познании процессов рассуждений, содержащих такие понятия. Крупным шагом в этом направлении явился подход, основанный на использовании понятий нечеткого множества.

В области техники теория нечетких алгоритмов стимулирует развитие гибких автоматизированных производств и робототехнических комплексов, в частности, роботов, способных выполнять отдельные интеллектуальные действия человека. Это создает предпосылки как развитию командного управления (выполнения нечетких инструкций), так и созданию управляемых систем с повышенной автономностью [1].

Нечеткая логика, алгебра нечетких отношений и т.д. Эти и ряд других методов применяются в области искусственного интеллекта – одной из наиболее перспективных научных дисциплин, использующих теорию нечетких множеств [5].

Цель работы: провести анализ интеллектуальной системы с многокаскадным нечетким регулятором и модулем прогнозирования при изменении его внутренней структуры, а именно качество и точность его работы с разными нечеткими алгоритмами вывода Мамдани и Сугено.

Достижение указанных целей обеспечивается постановкой и решением следующих основных задач:

- математическое описание нечетких регуляторов;
- описание объекта управления;
- синтез интеллектуальной системы управления;
- описание и исследование нечетких многокаскадных регуляторов при изменении их внутренней структуры с модулем прогнозирования;
- оценка качества и точности нечеткого модуля прогнозирования.

Решение поставленных задач и достижение цели диссертационной работы позволяет перейти к исследованию и разработки элементарной прогнозирующей системы.

Апробация работы. Основные положения работы были представлены на 45-й научно-технической конференции студентов и аспирантов в г. Комсомольск-на-Амуре, 2016 г.

По теме диссертационного исследования опубликована статья рекомендованная ВАК РФ

Содержание диссертации

Во введении произведен краткий обзор исследуемой тематики, обозначена актуальность проблемы исследования.

В первом разделе рассмотрены принципы математического описания объекта управления .

Во втором разделе представлены основные задачи ,методы и требования к прогнозирующим системам .

Задача прогнозирования изменения свойств технической системы тесно связана с задачей диагностики текущего состояния этой системы. Принципиальное отличие заключается в том, что при прогнозировании оценка состояния диагностируемой системы производится для будущего момента времени. Эту оценку находят по результатам текущих наблюдений на определенном промежутке времени путем экстраполяции значений параметров на будущий момент

времени. Естественно, что достоверность прогноза определяется объемом информации о механизме происходящих в диагностируемой системе процессах, наличием обоснованных физических и математических моделей отдельных изменений, возможностью учета множества действующих факторов. Кроме того, имеется еще одна сложность при решении задачи прогнозирования, которая заключается в индивидуальном характере изменения параметров устройств, что связано с первоначальным разбросом параметров комплектующих элементов, погрешностями сборки и другими факторами.

В основу решения задачи прогнозирования могут быть положены два различных подхода. Первый базируется на том, что оценка прогнозируемого явления осуществляется на основе аналогии с достаточно хорошо известными явлениями и процессами, позволяющей построить соответствующую прогностическую модель. Вторым подход к получению прогноза предполагает условное продолжение в будущее тенденций и закономерностей изменения состояния диагностируемого объекта в настоящем и прошлом, т.е. является экстраполяционным.

Прогнозирующая система, как правило, – это некая организационно-техническая система, обрабатывающая поступающие на вход данные о прогнозируемом объекте с целью получения на выходе данных о будущем состоянии этого объекта, то есть с целью получения прогноза.

Прогноз может быть качественным и количественным. Качественный прогноз можно получить как через цепь дедуктивных или индуктивных выводов, так и посредством количественного анализа. Количественный прогноз связан с «возможностями», с которыми происходит то или иное событие в будущем, а также с некоторыми количественными характеристиками этого события (например, его математическим ожиданием, наиболее вероятным значением и т.д.).

В третьем разделе рассмотрены основные понятия нечетких множеств

В четвертом разделе произведены разработка и исследование классической математической модели углевыжигательной установки мобильного типа.

Структурная схема на рисунке 1 отражает свойства тепловых элементов системы и взаимосвязь между ними, что позволяет произвести расчет промежуточных температур в узлах тепловой схемы во временной координате.

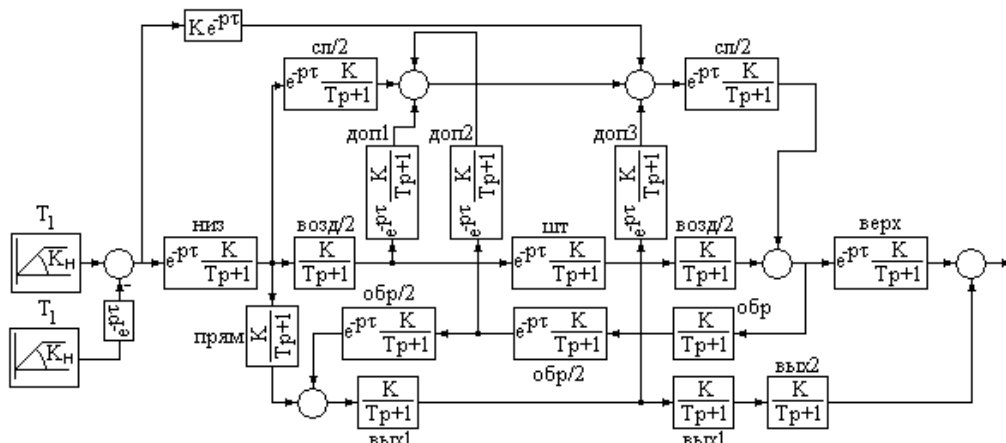


Рисунок 1 - Структурная схема пиролизной установки с пассивным способом регулирования

Математическое описание рассматриваемой установки, как объекта регулирования, во временной области можно представить в виде системы нелинейных дифференциальных уравнений 17 порядка (рисунок 1). Вид системы управления с многокаскадным нечетким логическим регулятором представлен на рисунке 2.

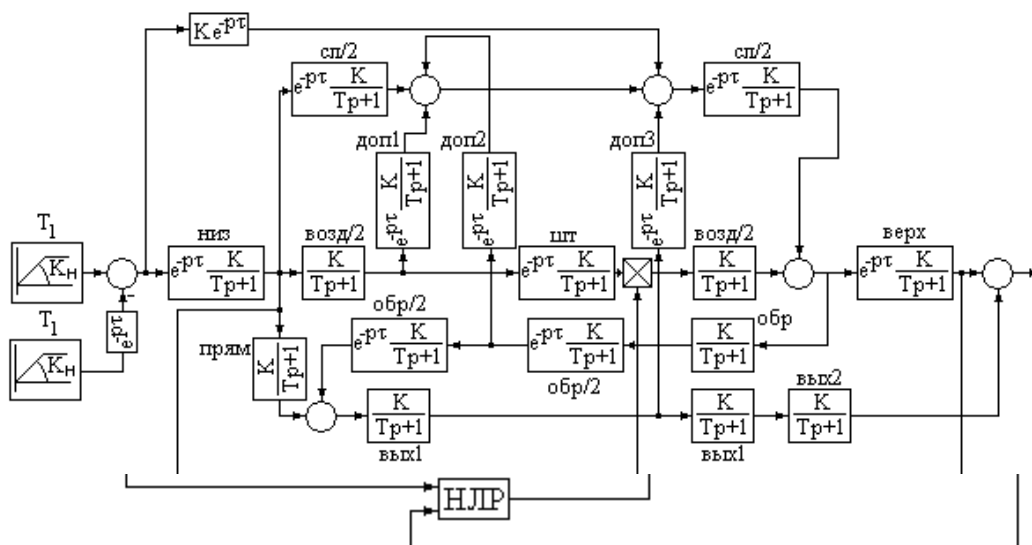


Рисунок 2 - Структурная схема системы регулирования пиролизной установкой

Построим многокаскадный НЛР с раздельным управлением нижней и верхней шторами (рисунок 3). Первый НЛР имеет два входа, соответствующие температуре пода и свода установки (*pod* и *svod*), и два выхода. На выходах регулятора формируются сигналы, соответствующий тому или иному сочетанию значений *pod* и *svod*, индивидуальные для нижней и верхней штор. Второй каскад состоит из двух одинаково настроенных регуляторов, управляющих пространственным положением нижней и верхней штор (*lower_stora* и *upper_stora*). Каждый такой НЛР имеет один вход и один выход.

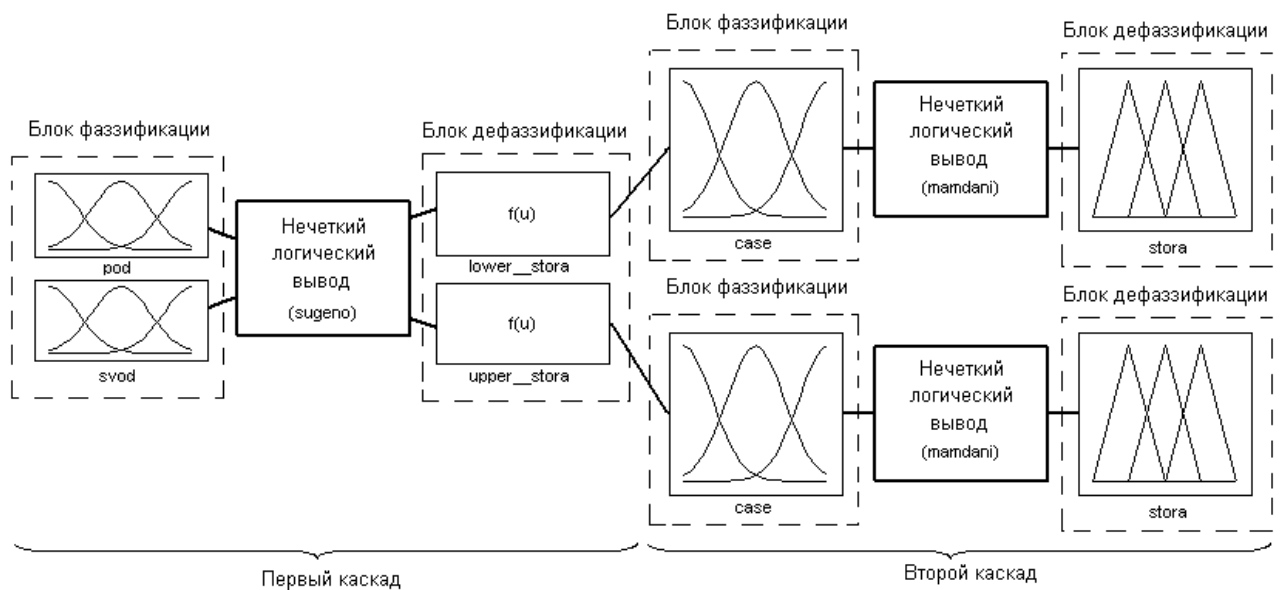
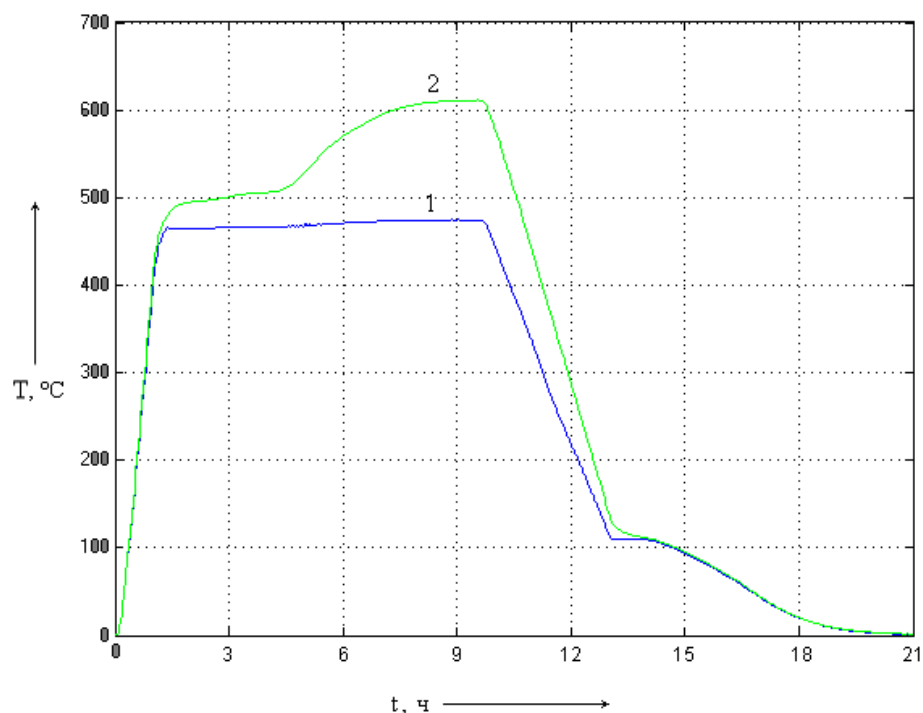


Рисунок 3– НЛР с переменной структурой

Смоделируем процесс пиролиза древесины в углевыжигательной печи с синтезированным НЛР. Полученные динамические характеристики сравним с характеристиками системы без регулятора (рисунок 4).



1 – система с двухкаскадной НЛР; 2 – система без НЛР
 Рисунок 4 - Динамические характеристики процесса пиролиза

Анализ результатов моделирования показывает, что введение нечеткого управления повышает стабилизацию температурного поля, уменьшая температурное рассогласование углевыжигательной печи на этапе прокаливания угля. Температура удерживается в диапазоне 460...470 °C, т.е. в данном случае применение НЛР с переменной структурой с отдельным управлением верхней и нижней шторами обеспечивает улучшение качества регулирования.

В пятом разделе произведен синтез прогнозирующих нечетких регуляторов алгоритмами вывода Мамдани и Сугено.

Для объекта управления пиролизная установка мобильного типа с многокаскадным НЛР, построим *прогнозирующий нечеткий логический регулятор* (ПНЛР), который прогнозирует температуру свода печи опираясь на значения состояния задающей температуры ($T_{зад}$) и температуры пода печи (pod). Вид системы с прогнозирующим НЛР (рисунок 5).

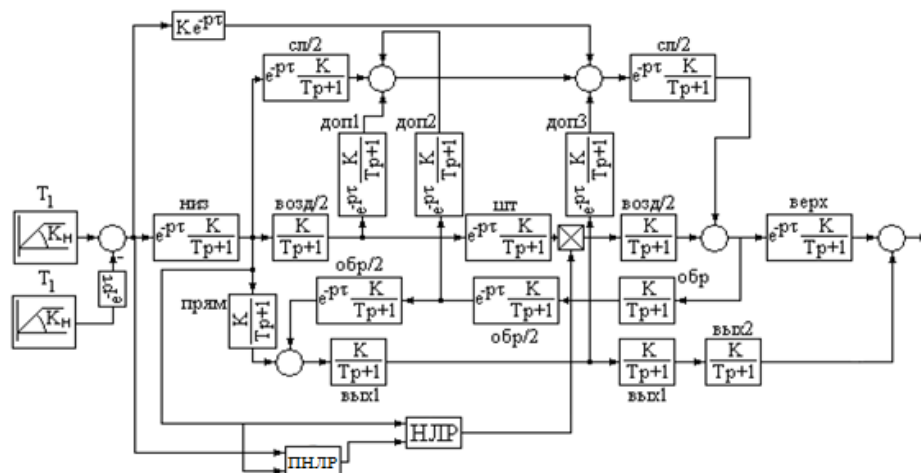


Рисунок 5 - Структурная схема системы с прогнозирующим НЛР

При внедрении в систему ПНЛР изменится и функциональная схема многокаскадного нечёткого лирического регулятора (МНЛР). В место сигнала свода печи полученного с помощью датчиков в регулятор будет подаваться сформированный ПНЛР. В ходе выполненных изменений функциональная схема примет вид (рисунок 6).

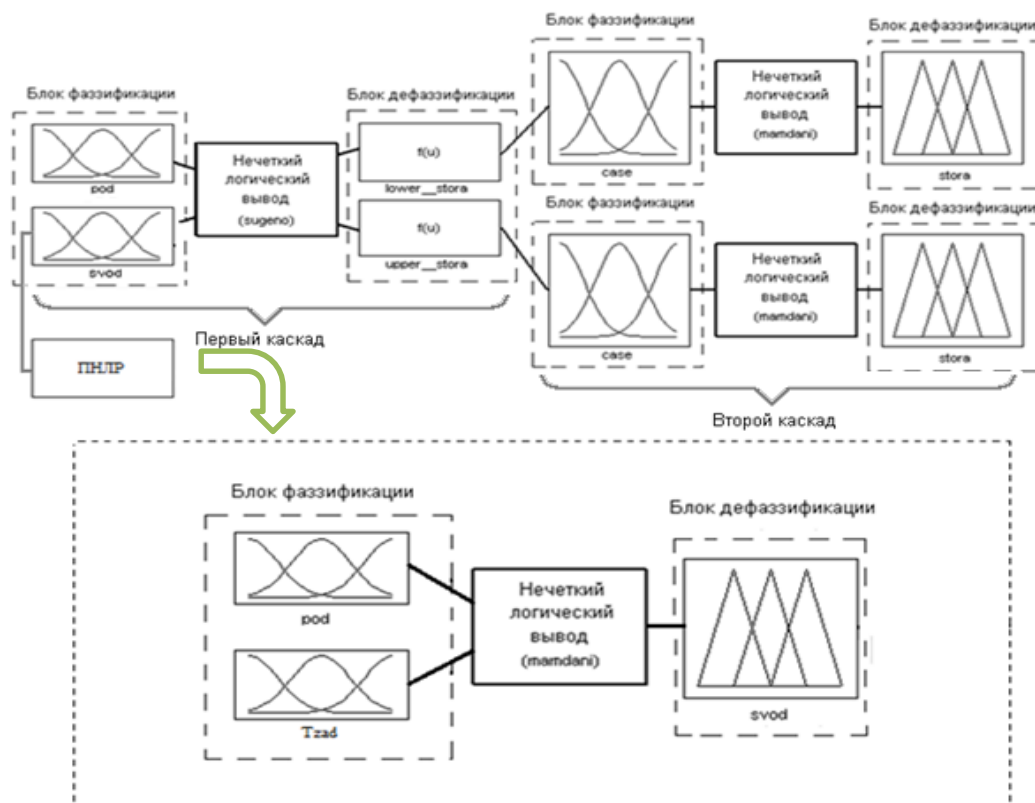
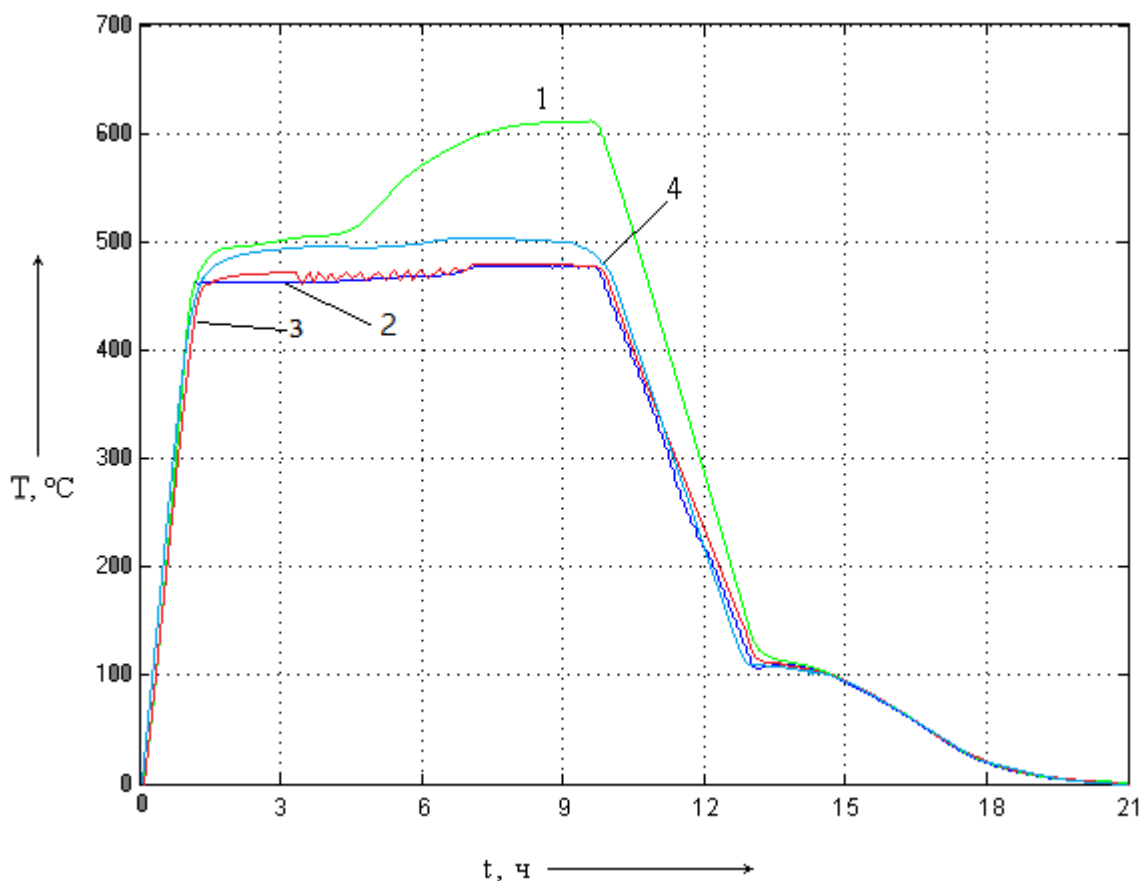


Рисунок 6 – функциональная схема МНЛР с прогнозирующим НЛР

Смоделируем процесс проходящий в сложном объекте регулирования с применением интеллектуальной системы управления с синтезированными НЛР. Полученные динамические характеристики сравним с характеристиками системы без регуляторов. (рисунок 5.12).



- 1 - Система без НЛР; 2 – система с двухкаскадным НЛР; 3 – система с МНЛР и ПНЛР (алгоритм вывода Мамдани); 4 - система с МНЛР и ПНЛР (алгоритм вывода Сугено)

Рисунок 5.12 - Динамические характеристики процесса пиролиза

Анализ результатов моделирования показывает, что введение нечеткого управления с модулем прогнозирования и алгоритмом вывода Мамдани практически повторяет стабилизацию температурного поля в системе с двухкаскадным НЛР без модуля прогнозирования и отдельным управлением верхней и нижней шторами. Незначительные колебания в температурном рассогласовании

пиролизной установки, обусловленные применением нечеткого метода в реализации ПНЛР. Температура удерживается в диапазоне 465...485 °С, т.е. в данном случае применение ПНЛР сохраняет желаемый температурный диапазон. Ошибка прогнозирования составляет примерно 10-15 °С. ПНЛР с алгоритмом вывода Сугено имеет стабилизацию температурного поля немного хуже чем в системе с двухкаскадным НЛР без модуля прогнозирования и отдельным управлением верхней и нижней шторами. Температура удерживается в диапазоне 490...510 °С, т.е. в данном случае применение ПНЛР сохраняет желаемый температурный диапазон. Ошибка прогнозирования относительно системы с МНЛР составляет примерно 30-50 °С.

Выводы

В диссертационной работе показано, что применение прогнозирующих нечетких модулей позволяют заменить утерянные или недоступные для снятия сигналы и использовать их для дальнейшего применения к объекту управления. Наиболее качественные показания можно получить с помощью ПНЛР с алгоритмом вывода Мамдани. Он обеспечивает оптимальную стабилизацию температурного поля в углевыжигательной печи, что улучшает качество производство древесного угля. Применение ПНЛР с алгоритмом вывода Сугено, так же улучшает стабилизацию температурного поля в желаемых пределах, но ошибка прогнозирования у него больше чем у ПНЛР с алгоритмом вывода Мамдани.

Результаты моделирования подтвердили эффективность применения НЛР с переменной структурой систем управления к нестационарным тепловым процессам в мобильной установке пиролиза древесины. Данный метод позволяет оптимизировать переходные процессы в системе за счет уменьшения температурного рассогласования на этапе экзотермического процесса и повысить качество выходной продукции – древесного угля, т.к. процесс пиролиза протекает при более равномерном распределении температур.

Список использованных источников

- 1 Пospelов, Д. А. Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта/Д. А. Пospelова. – М.: Наука., 1986. – 312с.
- 2 Пospelов, Д. А. Логико – лингвистические модели в системах управления / Д. А.Пospelов. – М. : Энергия.,2011. – 254с.
- 3 Бесекерский, В.А.Робастные системы автоматического управления /В. А. Бесекерский, А. В. Небылов – М: Наука.,1983. – 240с.
- 4 Асаи, К. Прикладные нечеткие системы / К. Асаи, С. Иваи, Д. Ватада.- М.: Мир., 2010.- 198с.
- 5 Соловьев, В. А. Применение нечёткой логики в устройствах регулирования энергетических объектов / В. А. Соловьев, А. Г. Владыко, В. С. Легенкин // Электроэнергетика и энергосберегающие технологии: межвузовский сб. науч. тр. – Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 1998. – С. 125-133.
- 6 Черный, С. П. Нечёткая многокаскадная система управления электроприводом постоянного тока /С. П. Черный, А. А. Гусаров // Учёные записки Комсомольского – на - Амуре государственного технического университета. Науки о природе и технике. – 2011. – № II-1(6). – С. 24-30.
- 7 Чигрин, Д.Ю. Анализ возможностей снижения информационной избыточности нечетких регуляторов / Черный С.П., Духно А.А., Чигрин Д.Ю.,Толлибов Б.Н // Ученные записки Комсомольского – на – Амуре государственного технического университета. Энергетика. – 2017. - № 2 – 1 (30). – С. 15-21.
- 8 Чигрин, Д.Ю. К вопросы об адаптивных свойствах многокаскадного нечеткого ПИД – регулятора / А.С.Филатова, С.П.Черный, Д.Ю.Чигрин // материалы 46-й научно-технической конференции студентов и аспирантов, Комсомольск – на – Амуре , 14-15 апреля 2016 г. – Комсомольск – на – Амуре : ФГБОУ ВО «КнАГТУ», 2016. – С. 618 – 620.