



УДК 6283.621.3

© 2002 г. **В.В. Бакаев,**

В.А. Соловьев, канд. техн. наук,

С.П. Черный

(Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет)

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ УСТАНОВКОЙ ПИРОЛИЗА ДРЕВЕСИНЫ С ЭЛЕМЕНТАМИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Предложен подход к синтезу системы управления пиролизной установкой. Разработанная система управления с нечетким логическим регулятором позволяет учитывать ряд неконтролируемых возмущающих воздействий, обеспечивает достижение заданных показателей качества.

Введение

Современное производство древесного угля за счет пиролиза древесины предусматривает два направления организации производственного процесса – в стационарном режиме и с помощью мобильных углевыжигательных установок [1]. В первом случае требуется доставка древесины на предприятие и ее специальная подготовка, во втором процесс получения угля приближают к месту добычи древесины и не требуется специальной ее подготовки. При этом в качестве сырья может быть использована неделовая древесина, отходы деловой древесины, т.е. производство древесного угля может быть организовано в районе нижних складов лесодобывающего комплекса. Кроме того, на производство древесного угля может быть направлена древесина горельников.

Однако процесс получения древесного угля в мобильных углевыжигательных установках имеет ряд недостатков, связанных с экстенсивным управлением процессом пиролиза, что в конечном итоге приводит к снижению процента выхода качественного продукта. В [1] проанализированы тепловые процессы в мобильных углевыжигательных печах и предпринята попытка получить динамическую управляемую модель процесса пиролиза. Но реализация такой модели связана с внесением существенных ограничений (источником тепла является все дно камеры, объектом сугливания является сплошной деревянный куб, внутренние источники тепловыделения неизменны, плотность древесины неизменна, коэффициент теплопроводности

постоянен и т. п.). Все перечисленные выше факторы в процессе пиролиза являются неконтролируемыми и согласно терминологии, принятой в [1], могут быть отнесены к нечетким. Кроме того, учитывая тот фактор, что ряд параметров, характеризующих процесс пиролиза древесины (влажность, плотность самой древесины, плотность укладки древесины в контейнере), может быть описан только качественными характеристиками (норма, около нормы, почти заполнен), при реализации системы управления углежжением целесообразно воспользоваться нечетким подходом.

При этом в качестве базовой модели управления можно использовать упрощенную математическую модель, приведенную в [2] (см. рис.1) и полученную при ряде значительных упрощающих допущений.

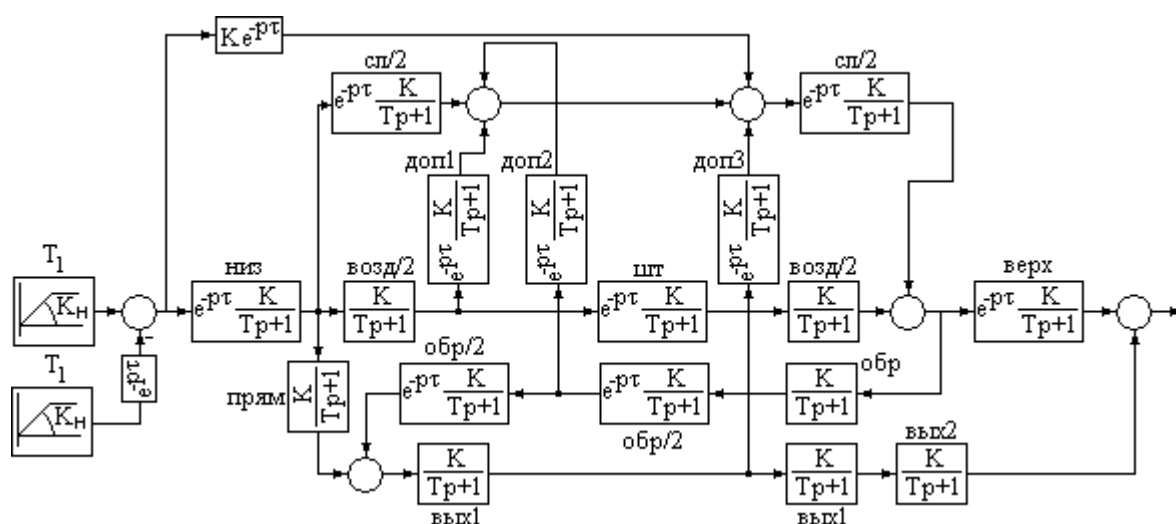


Рис. 1. Структурная схема пиролизной установки.

Целью задачи управления будет являться как ослабление влияния нестационарных параметров процесса на выходную величину, так и уменьшение неточности регулирования, обусловленной упрощающими допущениями.

Построение системы управления

Для управления описанным выше объектом построим нечеткий логический регулятор (НЛР) на основе алгоритма нечеткого логического вывода Мамдани, обладающего наибольшими интуитивными возможностями. В качестве входных воздействий НЛР будем использовать информацию о температуре у пода и свода пиролизной установки. Такой выбор сигналов обусловлен особенностями процесса пиролиза – разность температур приводит к пережогу верхних слоев и недоугливлению нижних, а также технологическими возможностями установки. Основная задача НЛР – выравнивание температур за счет перераспределения тепловых потоков с помощью

подвижных штор, врезанных в стенки контейнера (так называемый пассивный способ управления, см. рис. 2).

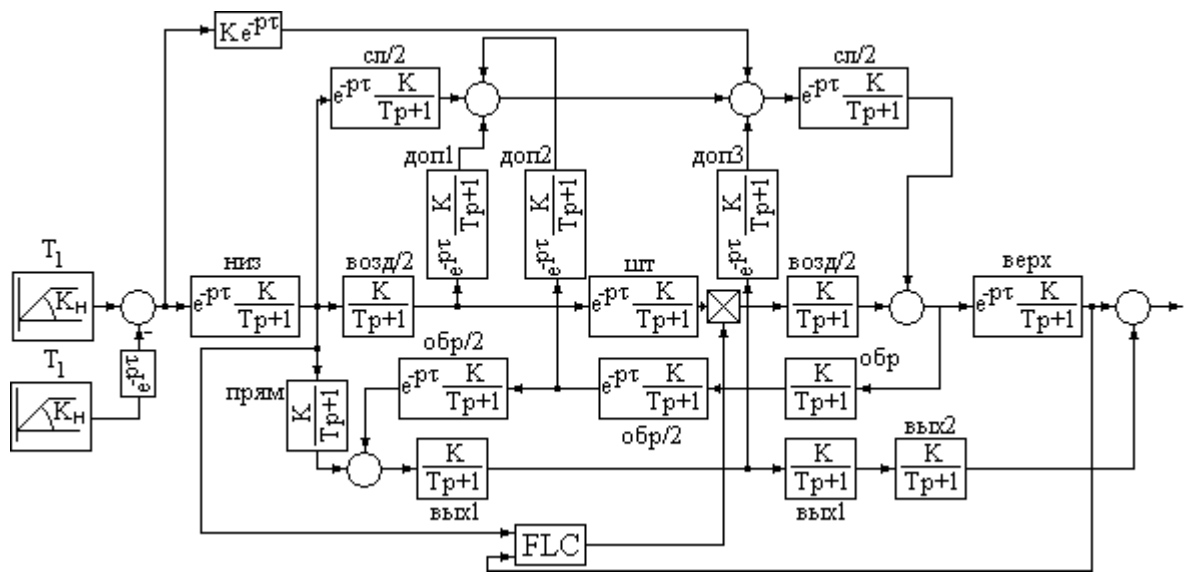


Рис. 2. Структурная схема пиролизной установки с нечетким логическим регулятором.

На этапе фаззификации «четкая» переменная преобразуется в нечеткую, попадая в один из термов нечеткого множества в заданной области определения. Поскольку требование к точности регулирования в данном случае не является определяющим, то при задании количества термов можно ограничиться семью. При распределении функций принадлежности воспользуемся методикой, предложенной в [3]. База знаний (БЗ) НЛР состоит из ряда продукционных правил вида:

- 1) если $VERX - LN$ и $NIZ - LN$, то $stora - LP$;
- 2) если $VERX - LN$ и $NIZ - LP$, то $stora - LN$;
- 3) если $VERX - LP$ и $NIZ - LN$, то $stora - LP$.

При помощи БЗ происходит коррекция коэффициента усиления, отвечающего за угол отклонения технологической шторы на диапазоне, заданном на этапе дефаззификации. НЛР оказывает влияние на изменение положения штор в боковых стенках контейнера, за счет чего происходит перераспределение тепловых потоков в пиролизной установке. Для выбора диапазона выходной лингвистической переменной пронормируем угол поворота штор (от 0° до 90°) шкалой $[-1; +1]$. Тогда нулевое значение выходного терма согласно шкале будет соответствовать положению шторы под углом 45° .

Сравнивая температуры у свода и пода печи, НЛР корректирует коэффициент усиления звена $W_{ум}$. Дефаззификация проходит на основе стандартного метода центра тяжести.

Повысить эффективность пассивного способа управления процессом пиролиза можно за счет «дробления» теплового потока на ряд составляющих – таким образом, чтобы каждая составляющая теплового потока оказывала воздействие на необходимый участок теплового поля. Технологически это решение можно реализовать за счет использования нескольких теплоизолирующих штор, расположенных вдоль стенок печи. Для сравнительной оценки такого решения на рис. 3 приведена структурная схема системы управления с НЛР, управляющим двумя теплоизолирующими шторами.

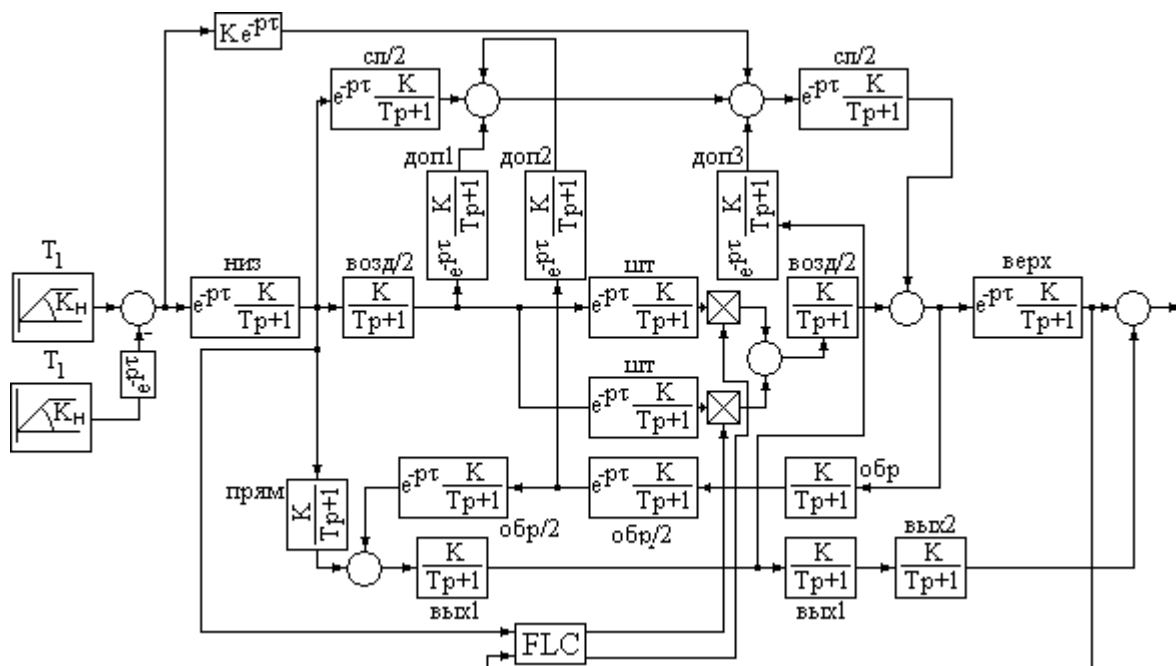


Рис. 3. Структурная схема пиролизной установки с нечетким логическим регулятором, с разделением технологических штор.

Размещение штор вдоль стенки печи принято произвольным, на расстоянии 1/3 и 2/3 от пода печи соответственно для верхней и нижней шторы. При этом база знаний НЛР осталась без изменений.

Влияние таких факторов как коэффициент теплопроводности, плотность древесины и удельная теплоемкость среды, расположение древесины в контейнере, ее влажность и структуру оценим как эквивалентное (обобщенное) возмущающее воздействие. Поскольку точка приложения такого возмущения строго не фиксирована, то данное возмущение будем оценивать с помощью изменения одного из параметров структурной схемы – коэффициента усиления звена $W_{сл/2}$.

На рис. 4-6 приведены результаты моделирования процесса пиролиза древесины в мобильной углевыжигательной установке на языке технических вычислений *MatLab*.

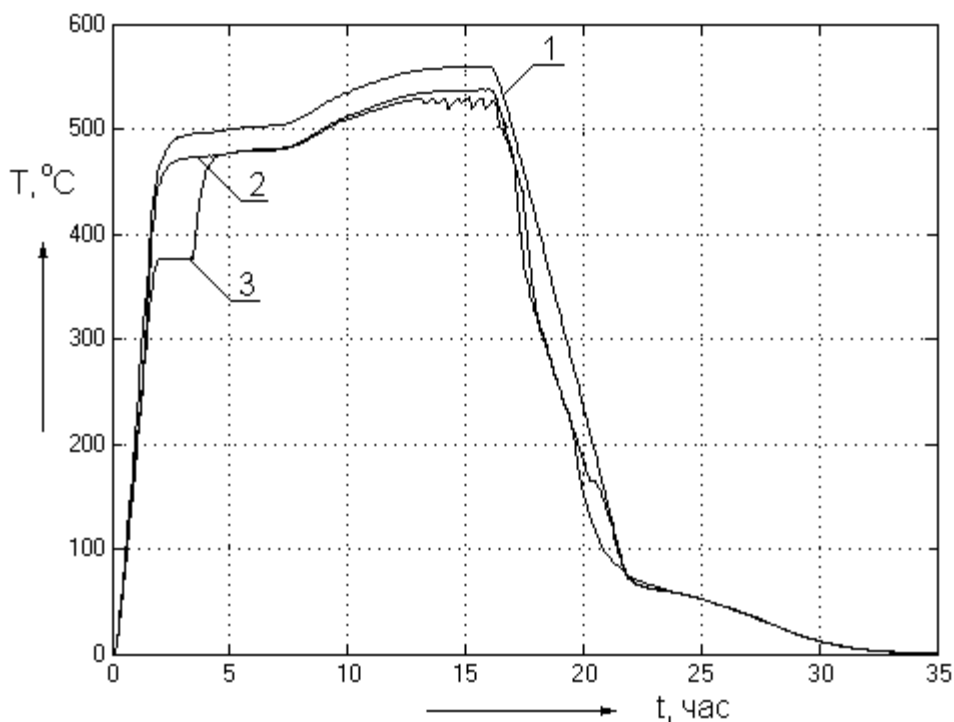


Рис. 4. Динамические характеристики процесса пиролиза.

На этих рисунках кривая 1 описывает переходный процесс в системе, структура которой изображена на рис. 1, кривая 2 отображает переходный процесс в системе с НЛР и одной технологической шторой в стенке контейнера (рис. 2), кривая 3 иллюстрирует переходный процесс в системе с НЛР и двумя технологическими шторами (рис. 3).

При этом графики на рис. 4 отражают динамику процесса углежжения при стационарных параметрах модели, на рис. 5 — при увеличении эквивалентного нестационарного коэффициента на 30%, а на рис. 6 — при уменьшении этого же коэффициента на 30%.

Анализ результатов моделирования наглядно иллюстрирует, что введение нечеткого управления несколько повышает стабилизацию температурного поля углевыжигательной печи на этапе пиролиза древесины даже при использовании пассивного способа управления.

Дробление теплового потока на две составляющие дает некоторое повышение степени стабилизации теплового поля, но выигрыш от такого решения незначителен, что объясняется пассивностью способа управления. При учете нестационарных параметров системы управления эффективность использования нечеткого управления повышается (см. графики на рис. 5 и 6).

Для сравнительной оценки эффективности использования НЛР в системе управления процессом углевыжигания на рис. 7 приведены зависимости температурного рассогласования ΔT теплового поля установки в начале и конце процесса пиролиза от относительной величины изменения неста-

ционарного коэффициента δ при различных способах управления.

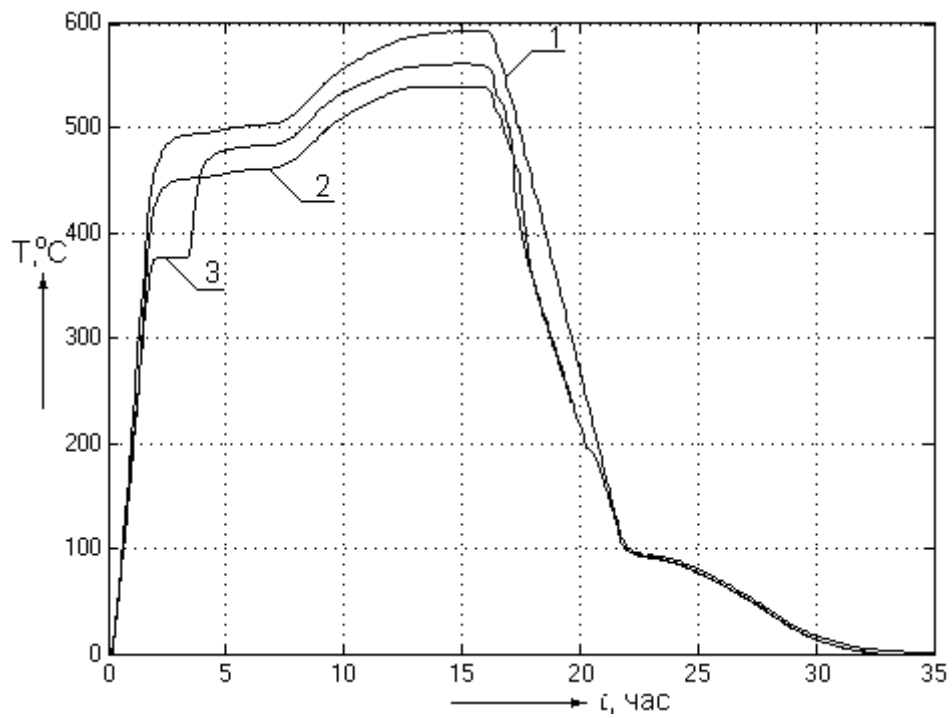


Рис. 5. Динамические характеристики процесса пиролиза при учете возмущающих факторов.

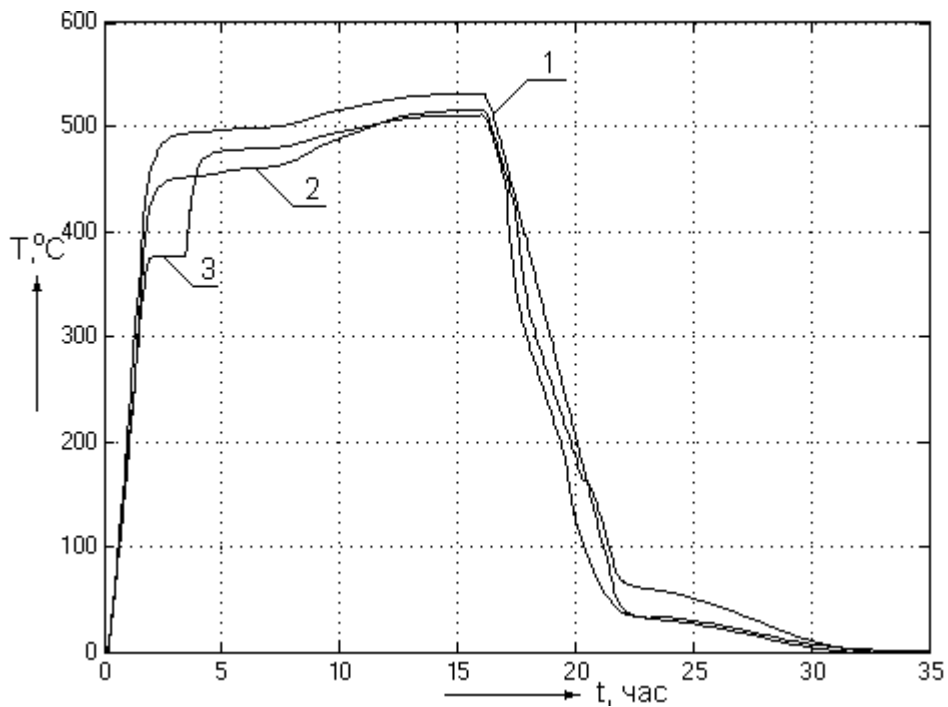


Рис. 6. Динамические характеристики процесса пиролиза при учете возмущающих факторов (ослабляющее действие). Возмущение – 30%.

Анализ кривых показывает, что при введении НЛР рассогласование

температуры даже при изменениях δ до 25% не выходит из допустимого предела 70°.

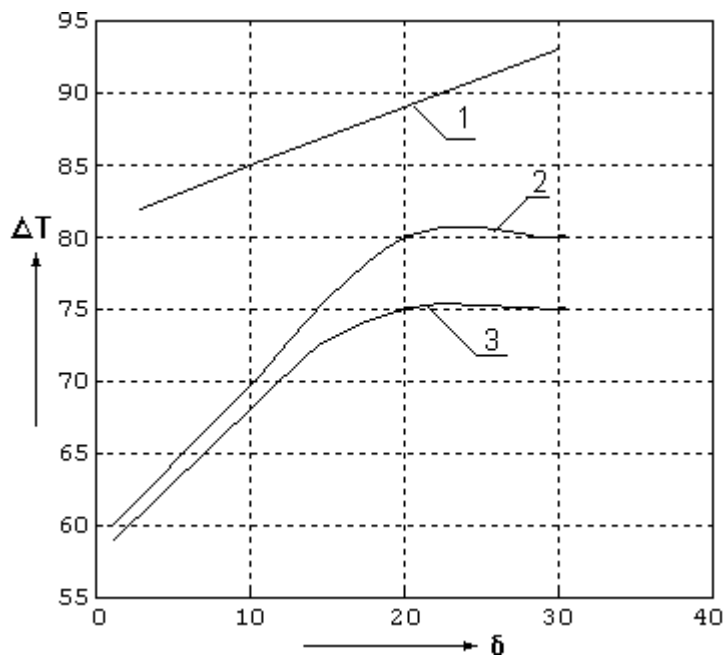


Рис. 7. Сравнительный анализ эффективности использования НЛР в системе управления процессом углевыжигания.

Таким образом, предложенный подход к синтезу системы управления процессом пиролиза обеспечивает достижение заданных показателей качества при количественном возрастании выхода древесного угля.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бакаев В.В., Рубцов Ю.В., Соловьев В.А. Мобильная углевыжигательная пиролизная установка // Лесная промышленность. 2000. №1. С. 20-21.
2. Бакаев В.В. К вопросу разработки математической модели тепловых процессов в углевыжигательных установках // Вестник Комсомольского-на-Амуре гос. техн. ун-та. Вып. 2. Сб. 1. Часть 3. Прогрессивные технологии в машиностроении, 2000. С. 98-111.
3. Кабалдин Ю.Г., Соловьев В.А., Владыко А.Г., Черный С.П. К вопросу синтеза нечетких регуляторов систем электропривода подачи // Нелинейная динамика, фракталы и нейронные сети в управлении технологическими системами / Под ред. Ю.Г. Кабалдина. Владивосток: Дальнаука, 2001.

Статья представлена к публикации членом редколлегии Чье Ен Уном.