

СИНТЕЗ СИСТЕМЫ ЭКСПЕРТНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ НИЗА СТАБИЛИЗАЦИОННОЙ КОЛОННЫ

А.М. Джамбеков, студент 5 курса

г. Астрахань, ФГБОУ ВПО АГТУ

В настоящее время существует множество промышленно-производственных объектов, которые включают в себя традиционные локальные системы регулирования отдельных физико-химических параметров. В данные локальные системы заложены типовые методы управления, теоретическими аналогами которых служат пропорциональные (П), интегральные (И) и дифференциальные (Д) звенья регулирования, а также всевозможные комбинации этих звеньев с учетом физической реализуемости модели синтезированного регулятора (ПИ, ПИД, ПД).

Но большинство систем автоматизации процессов на производственных объектах не оперируют с информацией, которая накапливается опытными экспертами-наладчиками данных технологических установок производства. Данная информация экспертов представляет собой фактически верные рекомендации и некоторые методические дополнения, которых не бывает в технических документациях и паспортах промышленных установок производств. Одной из таких установок, где актуальным является вопрос разработки систем регулирования с возможностью оперирования со знаниями экспертов-наладчиков, является установка каталитического риформинга фракции [1].

Данные, полученные от экспертов-наладчиков можно представить в виде правил типа: «Если a_1 , то a_2 ». В качестве a_1 выступает достижение определенного предельного значения регулируемого параметра, а в качестве a_2 – рекомендуемое экспертом-наладчиком действие, которое необходимо осуществить для возврата регулируемой величины в требуемое состояние. Но, кроме того, параметр a_1 может являться не только количественным показателем

процесса, но и параметром, который нельзя измерить обычными способами и который вводится оператором-технологом установки каталитического риформинга (активность катализатора АК*, качество сырья КС*, качество топливного газа КТГ* и т.д.) [2].

Появление и развитие теории нечетких множеств (ТНМ) позволило использовать качественную информацию, полученную от экспертов-наладчиков производственных объектов, в качестве базы знаний для синтезируемой нечеткой системы регулирования. Согласно общему подходу ТНМ, технологические координаты изучаемого объекта (температура, концентрация, скорость движения среды и т.д.) рассматриваются как лингвистические переменные, значения которых определяются терминами типа: «высокий», быстро и т.п., каждый из которых описывается определённым нечетким множеством [3].

Целью работы является синтез системы нечеткого (fuzzy-) регулирования температуры куба стабилизационной колонны установки каталитического риформинга и сравнение процессов в нечеткой и традиционной автоматических системах регулирования (АСР).

При аппроксимации производственных кривых разгона для основного и вспомогательного каналов регулирования были получены соответствующие передаточные функции (ПФ) [4]:

$$W_{осн}(s) = \frac{3 \cdot e^{-30 \cdot s}}{72856.17 \cdot s^3 + 6092.43 \cdot s^2 + 133.82 \cdot s + 1}$$

$$W_{счн}(s) = \frac{6 \cdot e^{-20 \cdot s}}{2379.49 \cdot s^2 + 112.86 \cdot s + 1}$$

На основе полученных ПФ была рассчитана каскадная АСР методом Циглера-Никольса (рис.1):

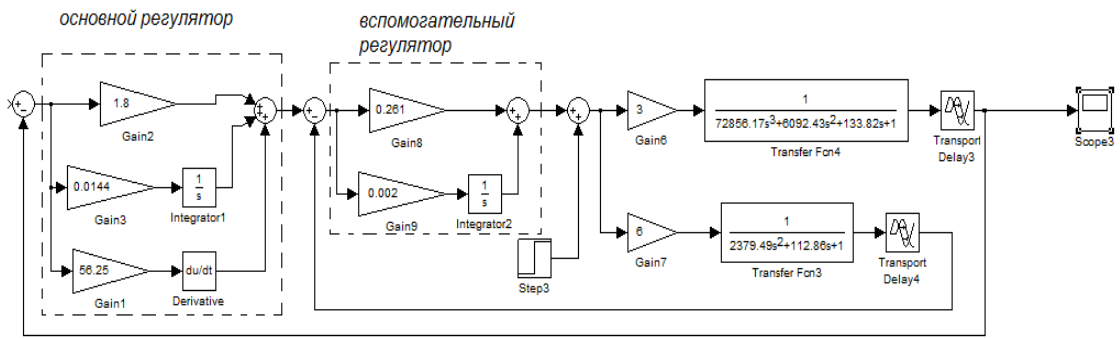


Рисунок 1. Структурная схема каскадной АСР температуры куба колонны

Далее необходимо рассчитать экспертную нечеткую АСР, а именно произвести расчет нечеткого ПИД-регулятора.

Синтез нечеткой АСР температуры куба стабилизационной колонны выполним в среде Matlab посредством команды fuzzy, разработав нечеткий регулятор (НР) с заложенной в него базой правил, накопленных экспертами-наладчиками установки каталитического риформинга ГПЗ ООО «Газпром добыча Астрахань». Структура нечеткой АСР будет следующей:

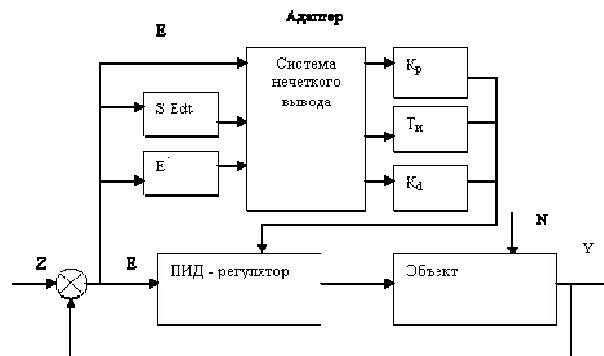


Рисунок 2. Структура экспертного нечеткого управления

где E – ошибка; Z – задание; Y – выходное значение; N – возмущение; K_p , T_i , K_d – настройки ПИД-регулятора.

Далее, в имитационной среде Matlab посредством команды fuzzy создана система нечеткого вывода:

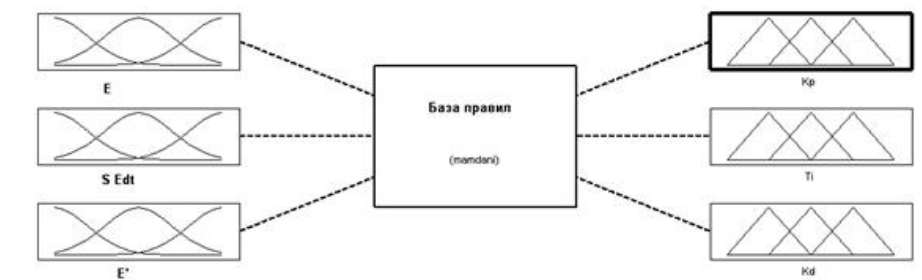


Рисунок 3. Графический интерфейс редактора FIS

Произведена фаззификация входных и выходных лингвистических переменных (ЛП). Фаззификация входных значений (ошибки регулирования (E), ее интеграла (SEdt) и производной (E')) производится согласно рекомендациям [5]. Графики функций принадлежности входных ЛП представлены на рис. 4 - 6.

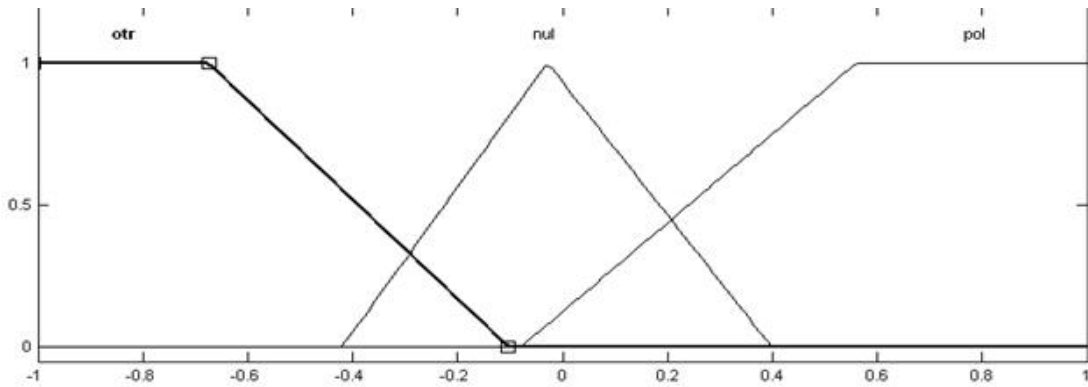


Рисунок 4. Функции принадлежности ЛП «ошибка»:

otr - отрицательная, nul – нулевая, pol – положительная

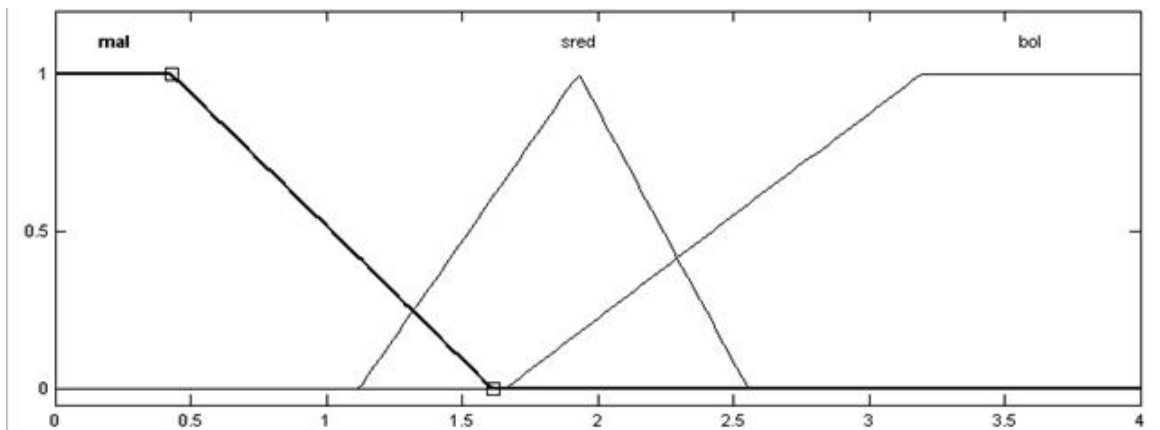


Рисунок 5. Функции принадлежности ЛП «интеграл ошибки»:

mal – маленький, sred – средний, bol – большой

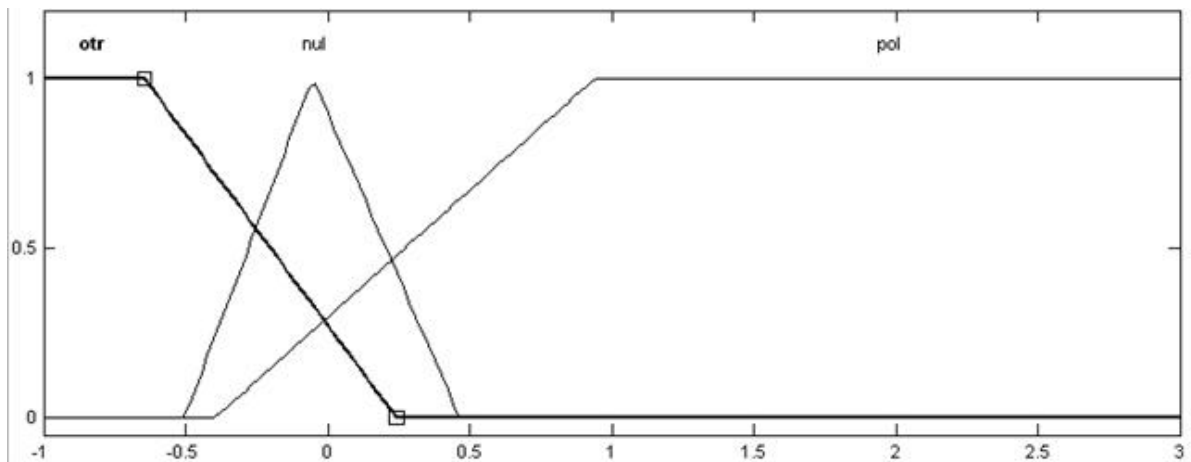


Рисунок 6. Функции принадлежности ЛП «производная ошибки»

Этап фаззификации выходных ЛП «настройки ПИД-регулятора» проведен с учетом рекомендаций [5,6] и представлен на рис. 7.

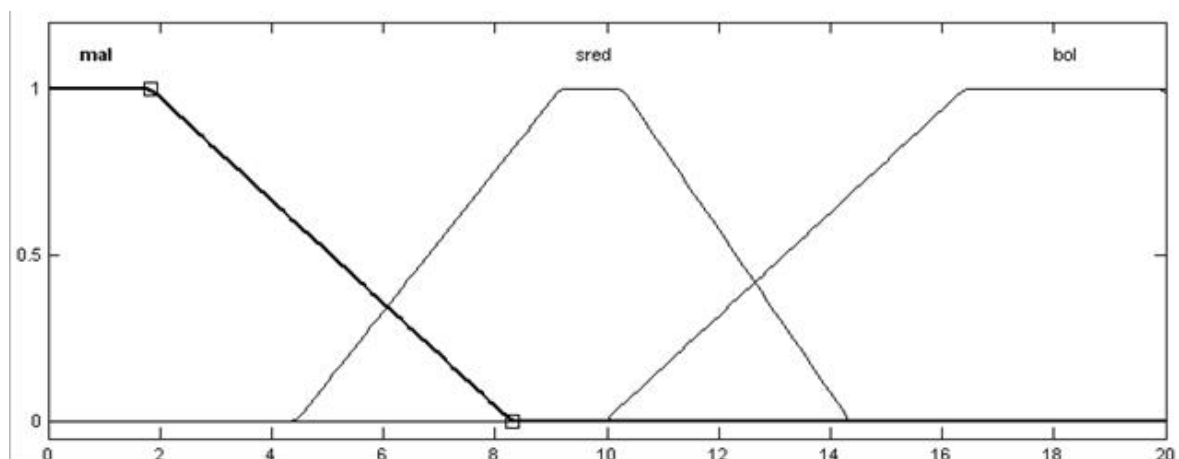


Рисунок 7. Функции принадлежности ЛП «коэффициент усиления K_p »: mal – маленький, sred – средний, bol – большой

Функции принадлежности ЛП « T_i » и « K_d » также отображаются Z и S – образными графическими видами. Следует отметить, что T_i лежит на универсуме $[0, 5]$, а $K_d = [0, 15]$.

После этого, была создана база правил вида «ЕСЛИ ...ТО». Следуя рекомендациям из специализированной литературы [6], проведенных экспериментов в редакторе FLT, а также опыта экспертов-наладчиков установки каталитического риформинга У-1.734 ГПЗ ООО «Газпром добыча Астрахань», предлагаются следующие правила: ЕСЛИ «ошибка есть отрицательная» И «интеграл ошибки есть маленький» И «производная ошибки есть отрицательная» ТО « K_p есть большой», « T_i есть большой», « K_d есть большой» и т.д. (рис. 8).

1. If (oshibka is otr) and (integ is mal) and (proizvod is otr) then (Kp is bol)(Ti is bol)(Kd is bol) (1)
2. If (oshibka is otr) and (integ is sred) and (proizvod is nul) then (Kp is bol)(Ti is sred)(Kd is sred) (1)
3. If (oshibka is otr) and (integ is bol) and (proizvod is nul) then (Kp is bol)(Ti is mal)(Kd is sred) (1)
4. If (oshibka is nul) and (integ is sred) and (proizvod is nul) then (Kp is sred)(Ti is sred)(Kd is sred) (1)
5. If (oshibka is pol) and (integ is bol) and (proizvod is pol) then (Kp is mal)(Ti is mal)(Kd is mal) (1)
6. If (oshibka is pol) and (integ is mal) and (proizvod is pol) then (Kp is mal)(Ti is bol)(Kd is mal) (1)
7. If (oshibka is otr) and (integ is bol) and (proizvod is nul) then (Kp is bol)(Ti is mal)(Kd is sred) (1)

Рисунок 8. Фрагмент базы правил

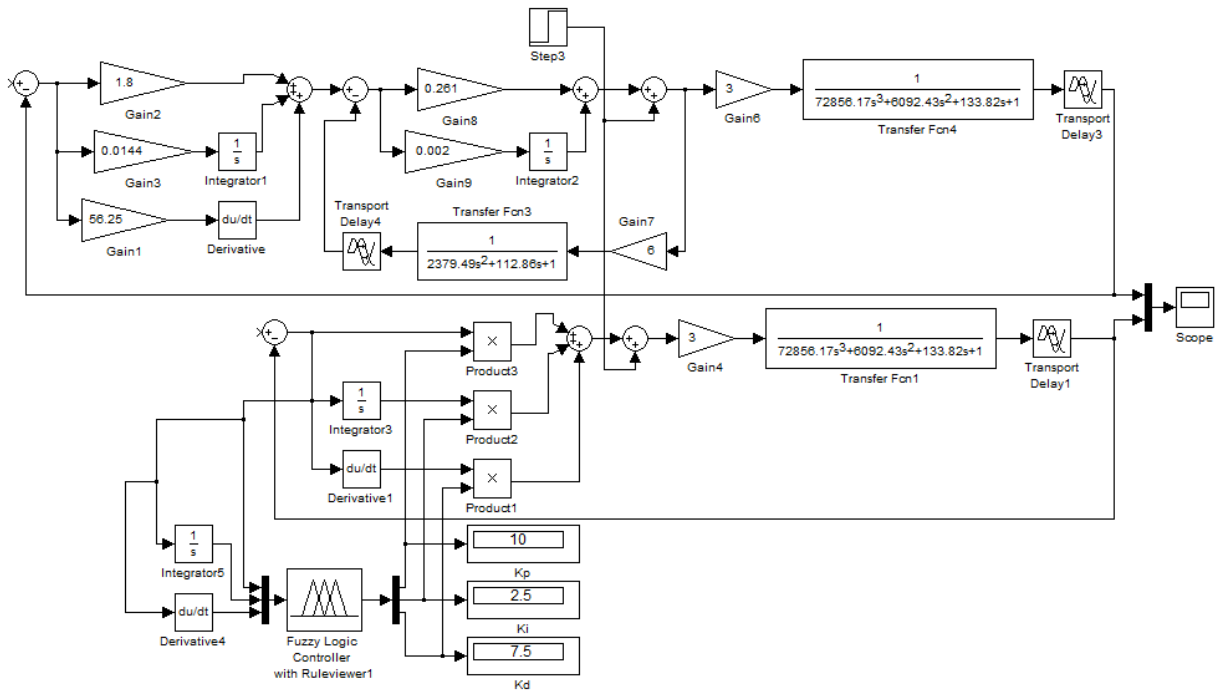


Рисунок 9. Структурная схема сравнения качества процессов в каскадной и нечеткой АСР температуры куба стабилизационной колонны

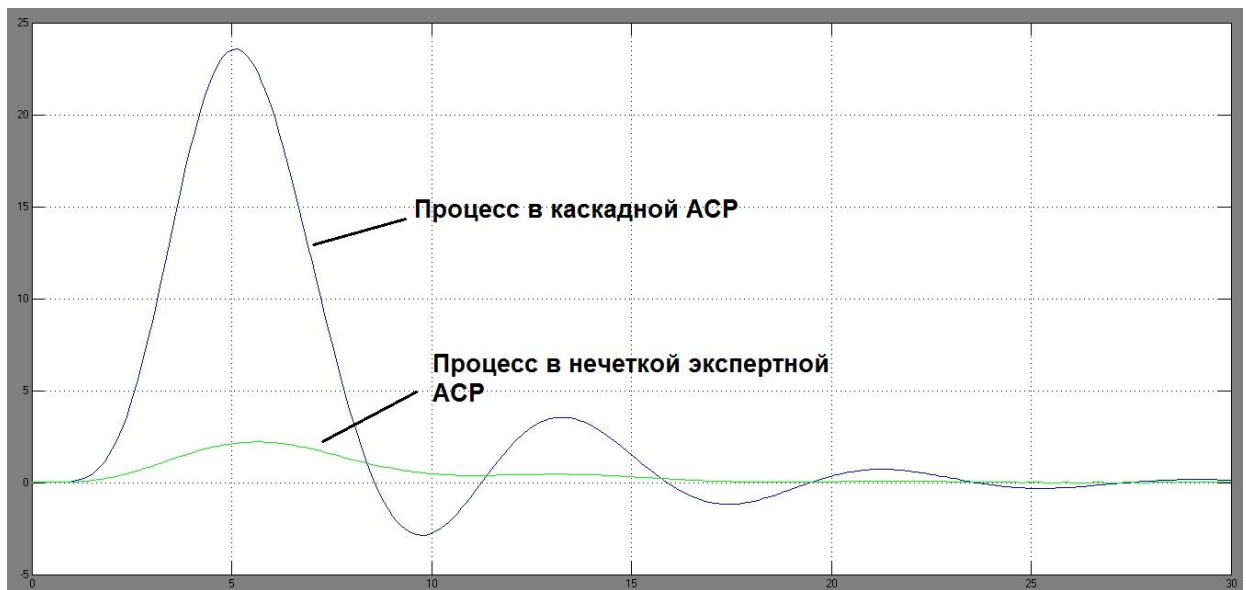


Рисунок 10. Сравнение переходных процессов в каскадной и нечеткой АСР температуры куба стабилизационной колонны

С помощью нечеткого контроллера мы получаем желаемые настройки соответствующего классического ПИД-регулятора, который в совокупности с экспертной системой и заложенной в нее базой правил, образует экспертный нечеткий ПИД-регулятор. Передаточная функция полученного экспертного ПИД-регулятора будет следующей:

$$W_s(s) = 10 + \frac{2.5}{s} + 7.5 \cdot s$$

И наконец, проведено сравнение показателей качества переходных процессов в каскадной и экспертной нечеткой АСР температуры куба колонны (таб.1).

Таблица 1. Сравнение показателей качества переходных процессов в каскадной и нечеткой АСР

№	Показатель	Каскадная АСР	Нечеткая АСР
1	Время переходного процесса t_p , [мин]	30	25
2	Перерегулирование σ , [°C/10% х.р.о.]	23	2
3	Время достижения первого максимума t_{max} , [мин]	5	5,45
4	Квадратичный интегральный критерий I_2	12593.784	645.36
5	Степень затухания ψ	$\frac{23 - 4}{23} = 0.82$	$\frac{2.1 - 0.2}{2.1} = 0.$

Анализ рис.10 показал что, время регулирования в нечеткой экспертной АСР температуры куба стабилизационной колонны на 5 минут меньше чем в традиционной каскадной АСР. Также, значительно отличается величина перерегулирования. Такой комплексный показатель качества, как квадратичный интегральный критерий, при переходе на нечеткую экспертную АСР уменьшается примерно в 20 раз, что свидетельствует о эффективности нечеткой системы. Следует отметить, что при синтезе нечеткой экспертной АСР температуры куба стабилизационной колонны с нечетким ПИД-регулятором не требуется знание какой-либо иной динамики колонны, кроме как зависимости температуры куба колонны от регулирующего воздействия (хода регулирующего органа). Таким образом, качественное регулирование процессов в блоке стабилизации установки каталитического риформинга при отсутствии информации о каких-либо дополнительных динамических связях в объекте, делает экспертную нечеткую АСР на базе нечеткого ПИД-регулятора более эффективной при внедрении в технологический проект установки каталитического риформинга фракции.

Литература

1. Дьяконов В.П. Simulink 5/6/7 Самоучитель. – М.:ДМК, 2008. – 781с.
2. Леоненков А. Ю. Нечеткое моделирование в среде Matlab и fuzzyTech. - С. - Птб.: БХВ, 2005. - 736 с.
3. Антонов О.В. Оптимальное управление процессом каталитического риформинга с использованием гибридной математической модели: дис. ... канд. техн. наук. Астрах.гос. техн. университет, Астрахань, 2003.
4. Технологический регламент установки каталитического риформинга У-1.734 3418-ТР У-1.734 (2007 г.)
5. Мелихов А.Н. и др. Ситуационные советующие системы с нечеткой логикой. – М.: Наука, 2001. – 272 с.
6. Алиев Р.А., Церковный А.Э., Мамедова Г.А. Управление производством при нечеткой исходной информации. М.: Энергоиздат.2008. – 234 с.