

СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ОХЛАЖДЕНИЯ ВРАЩАЮЩЕЙСЯ ПЕЧИ, ДЕЙСТВУЮЩАЯ НА ОСНОВЕ ПРИНЦИПОВ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ

Петраш В.Д., Михайленко В.С., Гераскина .,Э.А. (Одесская государственная академия строительства и архитектуры. г. Одесса)

Изложены принципы функционирования системы регулирования стабилизирующего охлаждения обжиговой печи с утилизацией энергии для промышленного теплоснабжения. действующей на основе принципов нечеткой логики

Известно, что вращающиеся обжиговые печи для производства строительных материалов (цемента, керамзита и т.д.) подвержены воздействию возмущающих факторов вследствие: изменения температуры воздуха, скорости ветра, атмосферных осадков. Печные агрегаты теряют со своей поверхности в окружающую среду до 30 % тепловой энергии. Указанные факторы отрицательно отражаются на тепловом состоянии печи с перегревом или ее переохлаждением, что закономерно вызывает снижение срока службы футеровки и ухудшение качества продукции. Для повышения эффективности утилизации тепловой энергии и стойкости футеровки актуальным, по мнению авторов, является разработка автоматической системы регулирования (АСР) стабилизирующего охлаждения печи в процессе утилизации вторичной теплоты по предложенному способу [1].

С этих позиций перспективным направлением в области автоматизации систем стабилизирующего охлаждения является теория нечетких множеств и нечеткой логики. На основе такого научного подхода был успешно решен целый ряд задач в технологии производства строительных материалов[2,3].

Задачей АСР стабилизации оптимального теплообмена, действующей по принципу отклонения в системе «теплоисточник – укрытие» с прямоточным охлаждением поверхности печи, является поддержание заданной температуры - $Z(t)$ (рис.1).



Рис. 1 Структурная схема АСР температуры поверхности печи
 Условные обозначения: ЗУ – задающее устройство; ЭС – элемент сравнения; Р – регулятор, действующий на основе нечеткого алгоритма; ИМ – исполнительный механизм (электродвигатель); РО – регулирующий орган; ПА – регулируемый аппарат (поверхность печи); ИП – измерительный преобразователь (датчик температуры); N – возмущения; Q (t) – текущая температура на поверхности печи. Сигнал рассогласования (ошибка) оценивается по зависимости

$$E(t) = Z(t) - Q(t). \quad (1)$$

Обжиговая печь по технологической сути условно делится на зоны в которых протекают основные химические реакции [4]. Температура футеровки в каждой из зон разная, вследствие чего на функциональной схеме автоматизации (ФСА), рис.2, используются три датчика температура (ТЕ) для измерения ее в каждой зоне. Информация от них передается на многоканальный цифровой регулятор (ТС), расположенный вместе с пусковой аппаратурой (NS) на щите контрольно – измерительных приборов (КИП).

Текущие значения температур от датчиков ТЕ (1,2,3) поступают на регулятор ТС, в котором происходит сравнение их с заданными. При наличии сигналов рассогласования E (t), регулятор вырабатывает управляющее воздействие которое с помощью пусковой аппаратуры NS подается на электродвигатель вентилятора 4. При этом регулирование температуры в заданной зоне происходит за счет изменения числа оборотов электродвигателя вентилятора. В случае, если возмущения N действующие на поверхность контролируемой зоны не компенсируются, регулятор производит включение и регулирование числа оборотов второго более мощного вентилятора (5). Таким образом, плавно меняя скорость вращения вентиляторов система автоматизации поддерживает заданные температуры на поверхности основных зон печи.

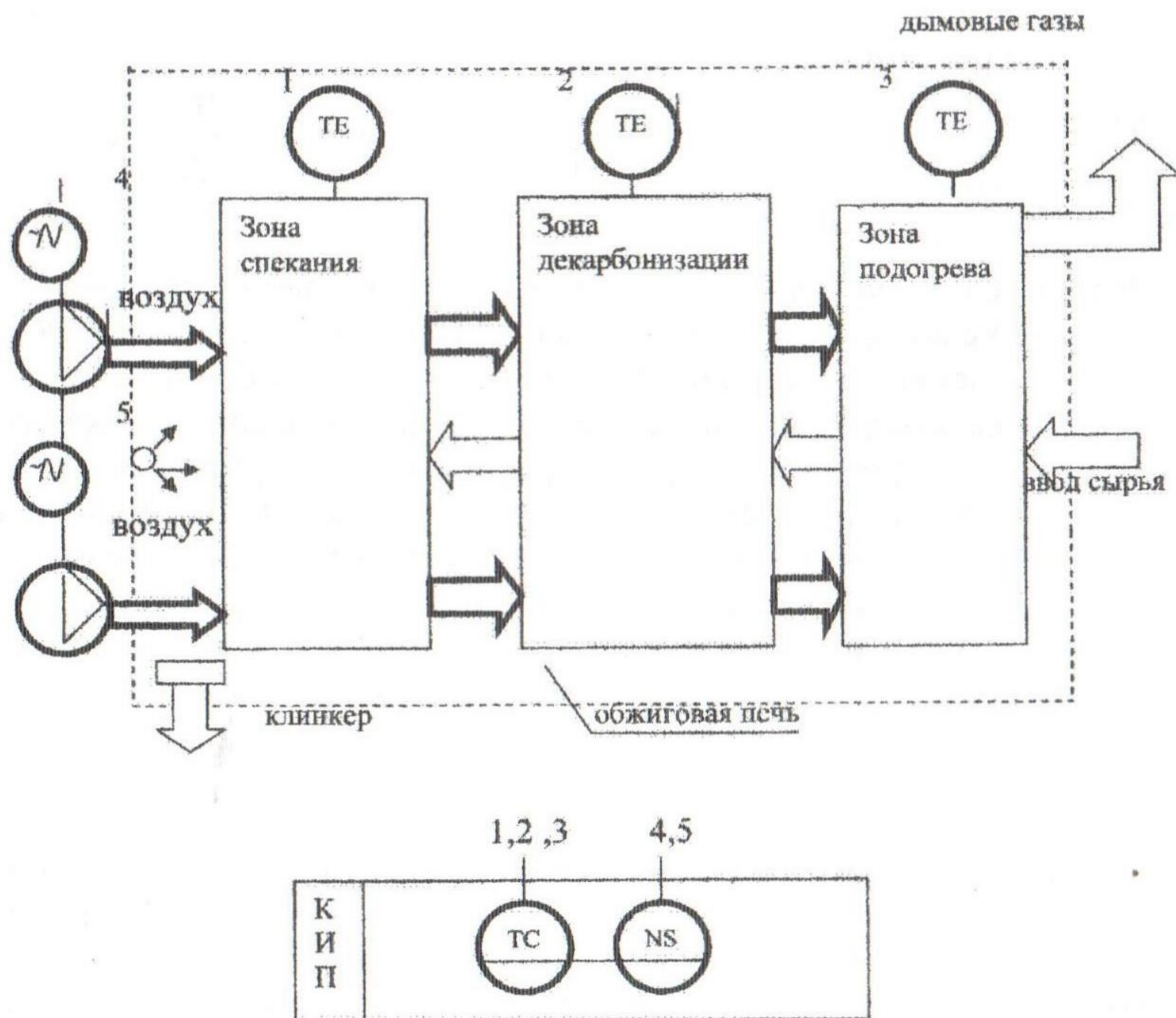


Рис. 2. Фрагмент ФСА обжиговой печи

Для разработки алгоритма управления многоканальным регулятором температур рассмотрим основные положения нечеткого моделирования. Построение нечеткой модели объекта основывается на формальном представлении характеристик исследуемой системы в терминах лингвистических или словесных переменных. Поскольку, кроме нечеткого алгоритма, основными средствами описания управления являются входные и выходные переменные, то именно они представляются как лингвистические переменные при формировании базы правил в системах нечеткого вывода. В этом случае нечеткая система управления, представленная на рис. 3, строится с учетом реализации всех правил нечеткой логики, а сам процесс нахождения управляющего воздействия реализуется на основе алгоритмов нечеткого вывода [5]. На рис 3 выходная переменная объекта регулирования технологического процесса $y(s)$ сравнивается с заданным значением $Q(s)$, после чего сигнал рассогласования $e(s)$ поступает в масштабный элемент 1 с

коэффициентом K_e и в дифференциатор 3, вход которого умножается на K_e^* в масштабном элементе 4. Элементы 2, 5 предназначены для преобразования текущих значений рассогласования и производной от рассогласования (скорости изменения рассогласования) в их лингвистические значения (фаззификация).

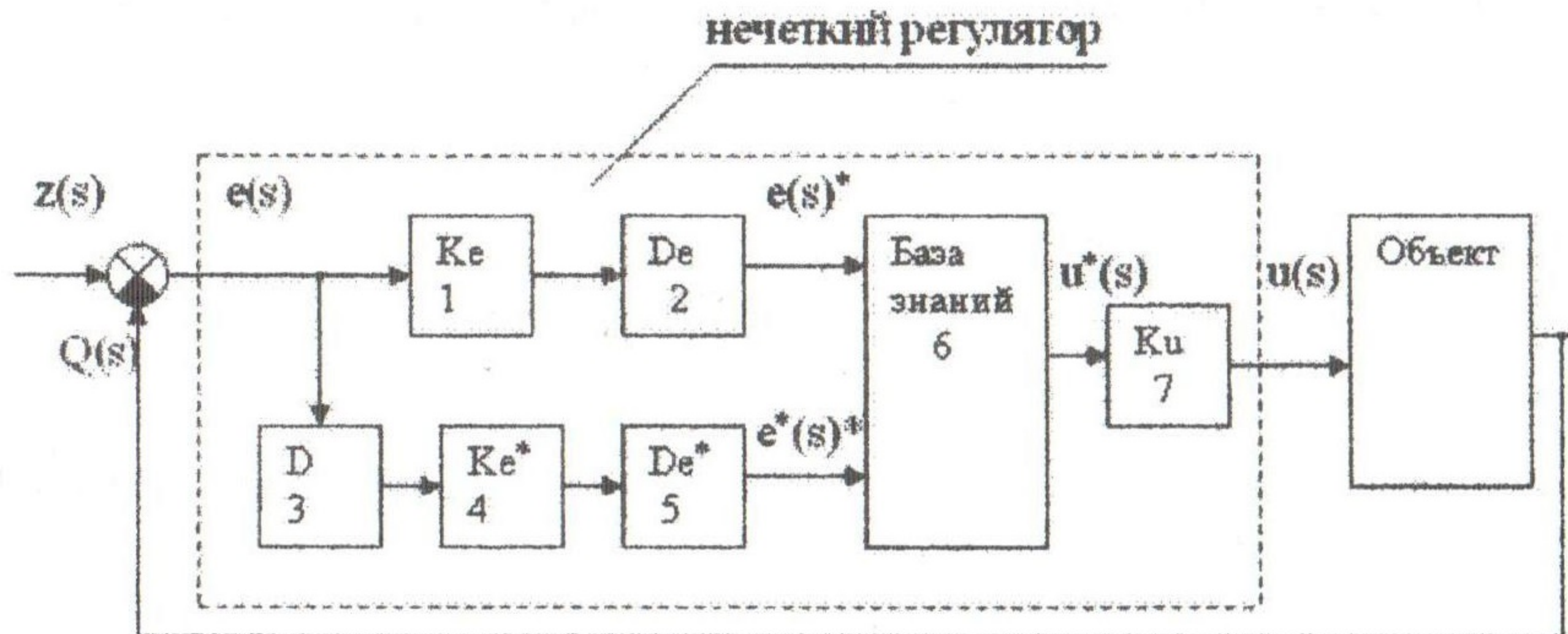


Рис. 3. Структура системы управления с нечетким регулятором

Нечеткие термы $e(s)^*$, $e^*(s)^*$ поступают в главный элемент нечеткого регулятора 6 - базу знаний (БЗ). База знаний (БЗ) строится на основе продукционной модели знаний, имеющей конструкцию вида: «ЕСЛИ..., ТО ...»

Найденное лингвистическое значение управления после умножения на масштабный коэффициент K_u в элементе 7 и последующего преобразования его в четкое значение $u(s)$ (этап дефаззификации) поступает на исполнительные устройства объекта управления. Масштабные коэффициенты K_e , K_e^* , K_u являются параметрами универсальных множеств E , E^* и U , на которых, исходя из условий конкретного управляемого объекта, определяются нечеткие множества $e(s)_1^*$, $e^*(s)_1^*$, $u(s)_1^*$. Например, если универсальным множеством E является диапазон $(-10, -9, \dots, +9, +10)$ и требуется, чтобы рассогласование в системе находилось в диапазоне $(-1; +1)$, тогда K_e берется равным $10,0$. Это необходимо для того, чтобы нечеткий регулятор мог использовать все универсальное множество, на котором определяются нечеткие множества.

Для нечеткого регулятора, представленного на рис.3., любое правило в БЗ может быть представлено в виде:

ЕСЛИ ($e(s)$ есть $e(s)_1^*$) И ($e(s)^*$ есть $e^*(s)_1^*$), ТО ($u(s)$ есть $u(s)_1^*$), где $e(s)$, $e(s)^*$, $u(s)$ - переменные; $e(s)_1^*$, $e^*(s)_1^*$, $u(s)_1^*$ - лингвистические значения переменных.

Например: ЕСЛИ отклонение температуры в зоне подогрева положительно большое И, скорость отклонения положительно средняя, ТО скорость вращения двигателя вентилятора большая и т.д.

Данные правила (базу знаний) можно представить в виде табл. 1 лингвистических переменных (ТЛП).

На начальном этапе определены нечеткие множества или термы

$$\begin{aligned} E_e (e = \overline{1, n_3}); \\ E_{cq} (e = \overline{1, n_4}); \\ U_r^u (r = \overline{1, n_5}); \end{aligned} \quad (2)$$

Соответственно, что для ошибки $e(t)$ и скорости ее изменения $e^*(t)$, и управляющего воздействия $u_u(t)$ вышеуказанные нечеткие множества определены с помощью лингвистического языка, где (ОМ – отрицательно малая, М – малая, С – средняя, Б – большая, ПБ – положительно большая):

$$\begin{aligned} E_1 &= \text{ОМ} = (e(t), \mu(e(t))); \\ E_2 &= \text{М} = (e(t), \mu(e(t))); \\ E_3 &= \text{С} = (e(t), \mu(e(t))); \\ E_4 &= \text{Б} = (e(t), \mu(e(t))); \\ E_5 &= \text{ПБ} = (e(t), \mu(e(t))); \\ E_i &\in E; i = \overline{1, 5}; e(t) \in E, \end{aligned} \quad (3)$$

где E – универсальное множество отклонений; $e(t)$ – текущее значение ошибки (отклонения) в определенный момент времени; $\mu_i(e(t))$ – функция принадлежности к нечеткому множеству $e(t)$, которая определяется как функция от $e(t)$.

Скорости изменения ошибки

$$E_{cq} = (e_m^*, \mu_e(e_m^*(t))), q = 1, 2, \dots, n_4, n_4=5; \quad (4)$$

Управляющего воздействия (выхода) регулятора

$$U_r^e = (u_m^e, \mu_{\kappa}(u_m(t))), r = 1, 2, \dots, n_5, n_5 = 5, \quad (5)$$

В выражениях (3 -5) масштабированные величины

$$e_m(t) = k_e \bullet e(t); \quad e_m^*(t) = k_e \bullet e^*(t); \quad u_m^e(t) = k_u \bullet u_e(t), \quad (6)$$

где $e(t) = g(t) - y(t)$, $e^*(t) = \frac{d}{dt} e(t)$. (7)

Графики функции принадлежности $\mu_e(e)$, $\mu_{cq}(e^*)$, (u) , нечетких множеств, соответственно ошибки E_e ; $E_e \subset E$; $e = \overline{1, n_3}$; $n_3 = 5$ и скорости ее изменения $E_{cq}(e = \overline{1, n_4})$ производной показаны на рис. 4-5

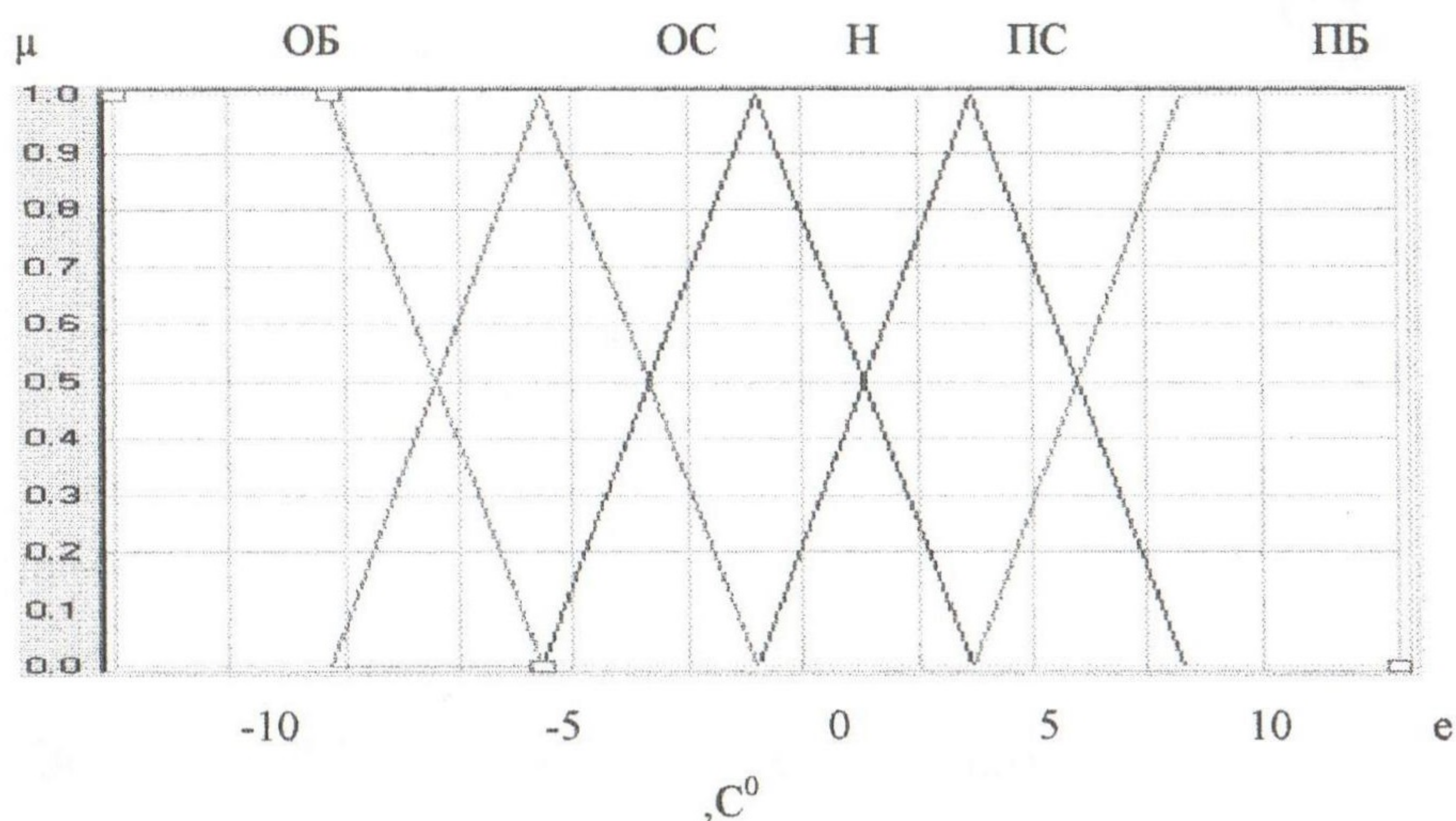


Рис. 4. Функции принадлежности лингвистической переменной „сигнал рассогласования”

На рис.4. введены следующие обозначения: ОБ – отрицательно большая, ОС – отрицательно средняя, Н – нулевая, ПС – положительно средняя, ПБ – положительная большая. На рис.5 Ом – очень малая, М – малая, С – средняя, Б – большая, ОБ – очень большая

Таблица лингвистических правил для регулирования температуры футеровки в зоне подогрева представлена ниже.

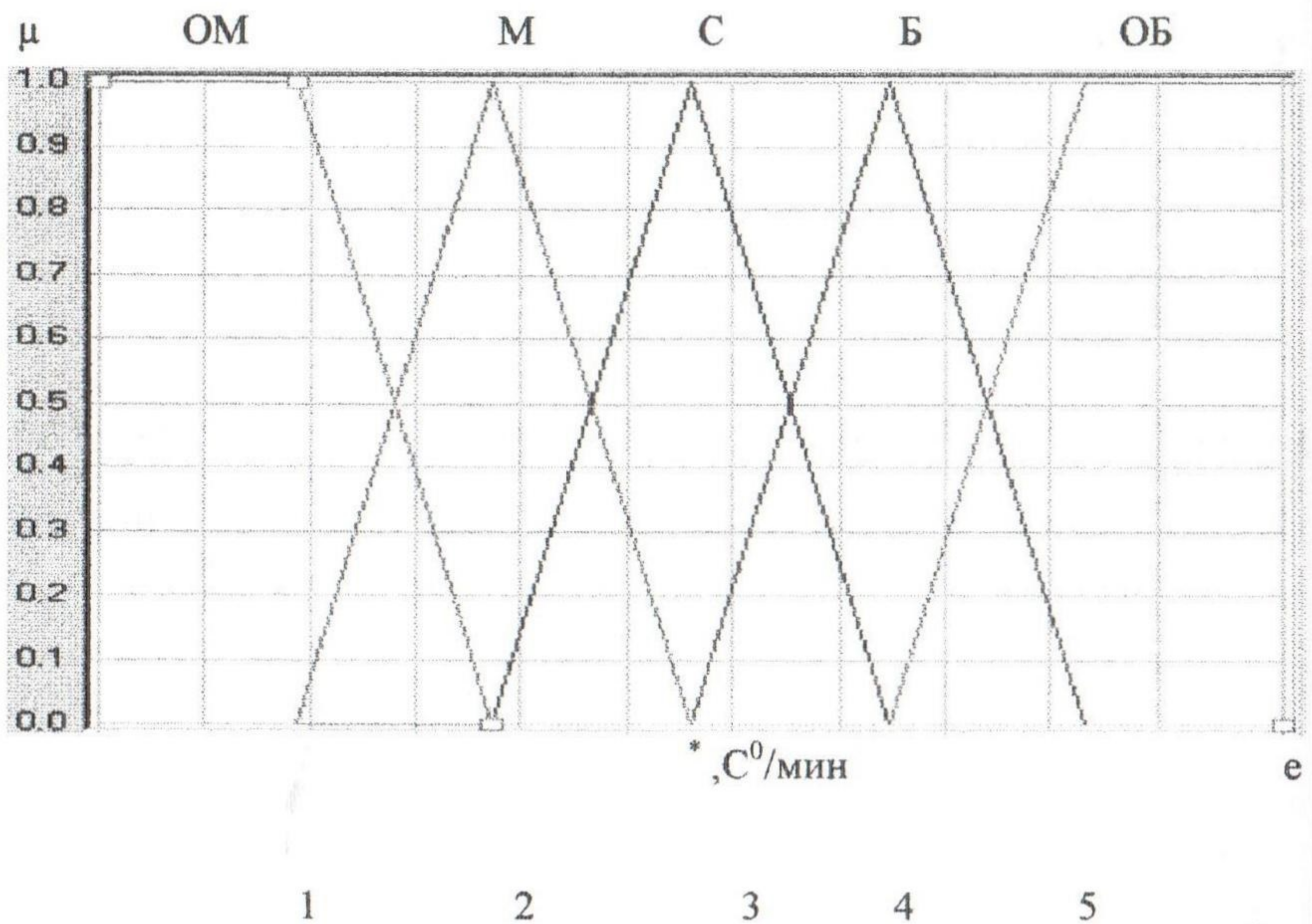


Рис. 5. Функции принадлежности лингвистической переменной производной отклонения „скорость изменение ошибки”

Таблица лингвистических правил для управляющего воздействия

Таблица..

| отклонение | производная от отклонения - $e(t)^*$ | | | | |
|--|--------------------------------------|----|---|----|----|
| | OM | M | C | B | OB |
| $e(t)$ | OM | M | C | B | OB |
| OM | OM | OM | M | C | B |
| OC | M | M | C | C | B |
| H | M | C | C | C | B |
| PC | OB | C | C | C | B |
| PB | M | C | B | OB | OB |
| Управляющее воздействие по отклонению $u(t)$ | | | | | |

Аналогичную базу знаний (ТЛП) можно разработать для регулирования температуры в других зонах обжиговой печи. Апробация предложенного алгоритма в специализированном математическом пакете fuzzyTECH доказала эффективность предложенного нечеткого алгоритма.

Вывод

Для систем воздухоплавного охлаждения вращающейся обжиговой печи с утилизацией энергии для промышленного теплоснабжения и повышения стойкости футеровки, разработан алгоритм автоматической стабилизации теплообменных процессов на поверхности, который служит основой для разработки соответствующих систем автоматического регулирования на основе нечеткого моделирования.

Литература

1. Петраш В.Д. Основы расчета теплоутилизационных комплексов стабилизирующего охлаждения вращающихся печей обжига строительных материалов // Вісник Академії будівництва України. – Київ. – 2000. – 8 - й випуск – С 55. – 58.
2. Алиев Р.А., Церковный А.Э., Мамедова Г.А. Управление производством при нечеткой исходной информации. М.: Энергоиздат. 1991. – 234 с.
3. Заде Л.А. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений.- М.: Мир, 1976.-165 с.
4. Ходоров Е. Печи цементной промышленности. Л: Изд. литературы по строительству, 1968. – 456с.
5. Леоненков А. Ю. Нечеткое моделирование в среде Matlab и fuzzyTech. - С. - Птб.: БХВ, 2003. — 720 с.