

L.A. DENISOVA,  
E.M. RASKIN

Л.А. ДЕНИСОВА  
(ОмГТУ),  
Е.М. РАСКИН  
(ЗАО "Автоматика-Э")

## Параметрический синтез нечетких систем регулирования на основе генетического алгоритма оптимизации

*Рассматривается подход к автоматизации параметрического синтеза нечетких систем автоматического регулирования (САР) по выбранному показателю качества с использованием генетического алгоритма. Приведена математическая модель нечеткой импульсной САР, выполненная в среде MATLAB / Simulink. Представлены результаты синтеза нечетких САР средствами MATLAB/ Global Optimization Toolbox.*

**Ключевые слова:** импульсная система регулирования, математическая модель, автоматизация проектирования, нечеткая логика, генетический алгоритм.

## Parametric Synthesis of Fuzzy Control Systems Based on Genetic Optimization Algorithm

*The genetic algorithm based approach to computer-aided design of the fuzzy logic-based control systems on the chosen quality factor is considered. The mathematical model of the pulse fuzzy logic-based control system developed with MATLAB/Simulink is suggested. The results of the synthesis of the fuzzy logic-based control systems derived using MATLAB/ Global Optimization Toolbox are given.*

**Keywords:** the pulse control system, mathematical model, computer-aided design, fuzzy logic, genetic algorithm.

### Введение

В последние годы в системы автоматизации технологических процессов и производств начали активно внедряться модели, методы и технические средства, основанные на современных информационных технологиях. Одним из эффективных подходов, учитывающих неопределенность параметров объекта и возможных факторов, вызванных внешними условиями технологических процессов, является стратегия управления, основанная на теории нечетких множеств [1–4]. При этом повышение качества функционирования системы автоматического регулирования достигается применением нечетких регуляторов вместо традиционных стандартных линейных регуляторов.

Параметрический синтез нечеткой системы регулирования сводится к выбору параметров, обеспечивающих ее оптимальное функционирование по выбранному показателю качества. Проблема оптимизации нечетких систем, характеризуется, с одной стороны, большим количеством настраиваемых параметров, таких как параметры функций принадлежности, определение которых ведет к значительным временными затратам. С другой стороны, показатель качества работы нечеткой САР, как правило, является нелинейной, недифференцируемой функцией, имеющей локальные экстремумы. Развитие современных методов оптимизации, в частности, генетических алгоритмов (ГА), позволяет эффективно решать задачи автоматического синтеза нечетких САР. Математический аппарат ГА [1, 3, 4], в отличие от классических алгоритмов, дает возможность осуществлять оптимизацию за приемлемое время, не требуя

определения градиента функции и производных более высокого порядка.

В работе представлены результаты параметрического синтеза нечетких САР, реализованных на базе выносных локальных регуляторов ВЛР-2.1. Регуляторы ВЛР-2.1, разработанные в ЗАО "Автоматика-Э" (г. Омск), являются свободно программируемыми контроллерами, предназначенными для работы на объектах тепловой и атомной энергетики [5]. В состав библиотечного набора программно-алгоритмических модулей ВЛР-2.1 включены модули, базирующиеся на математическом аппарате современных интеллектуальных технологий, позволяющие реализовать инновационные решения при проектировании систем регулирования. Для тестирования и настройки ВЛР-2.1 создан испытательный стенд, содержащий средства моделирования управляемых технологических процессов. В состав стендса включены математические модели нечетких САР, разработанные с использованием инструментария пакета MATLAB. Интерактивная среда для выполнения научных и инженерных расчетов MATLAB [6, 7] с пакетами расширения Simulink и Global Optimization Toolbox позволяет решать задачи моделирования исследуемой САР и многопараметрической оптимизации генетическими алгоритмами.

### Математическая модель нечеткой системы регулирования

Автоматизация параметрического синтеза реализована для нечеткой импульсной системы автоматического регулирования типового объекта

автоматизации – давления в паровом коллекторе энергоблока. Для проведения вычислительных экспериментов в MATLAB / Simulink разработана математическая модель CAP (рис. 1), которая в свою очередь содержит модели: нечеткого регулятора с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ), реализованного в контроллере (*controller*), исполнительного механизма (ИМ) с регулирующим клапаном (РК) (*regulating door*) и технологического объекта управления (*control object*).

Модель импульсного регулятора включает в себя подсистему нечеткого регулирования (REG FIS), подсистему ШИМ (PWM – Pulse Width Modulation) и усиительные звенья для выполнения настройки параметров. Кроме того, присутствует инерционное звено для демпфирования входного сигнала давления (*damping*). Учет дискретизации сигналов во времени выполняется с помощью экстраполятора нулевого порядка (*Zero-Order Hold*), который фиксирует значение поступающего на него сигнала в начале интервала квантования и поддерживает это значение до окончания интервала квантования.

Выходная последовательность импульсов после дискретизации поступает на исполнительный механизм регулирующего органа. Модель ИМ представлена усилильным звеном и интегратором с ограничениями. Объект управления представлен инерционным звеном первого порядка.

Кроме того, в модели выполняется расчет интегрального показателя качества регулирования:

$$J = \int_0^T (e^2 + (2u)^2) dt,$$

где:  $e$  – отклонение регулируемого параметра от заданного значения;  $u$  – выходной сигнал регулятора на ИМ;  $t$  – текущее время;  $T$  – верхний предел интегрирования выбираемый не менее времени переходного процесса. Минимизация принятого показателя  $J$  позволяет обеспечить быстродействие, отсутствие перерегулирования, а также уменьшение числа срабатываний ИМ.

Следует отметить, что в традиционных системах основой контура регулирования являются последовательно соединенные звено пропорционально-дифференциального (ПД) регулирования и звено ШИМ, которые совместно с исполнительным механизмом (ИМ) приближенно реализуют пропорционально-интегральный (ПИ) закон регулирования [8]. Подсистема нечеткого регулирования REG FIS, используемая вместо стандартного линейного ПД преобразователя позволяет существенно улучшить качество регулирования.

Рассмотрим подробнее подсистему нечеткого регулирования REG FIS (рис. 2, а). Основными информационными сигналами, поступающими на вход

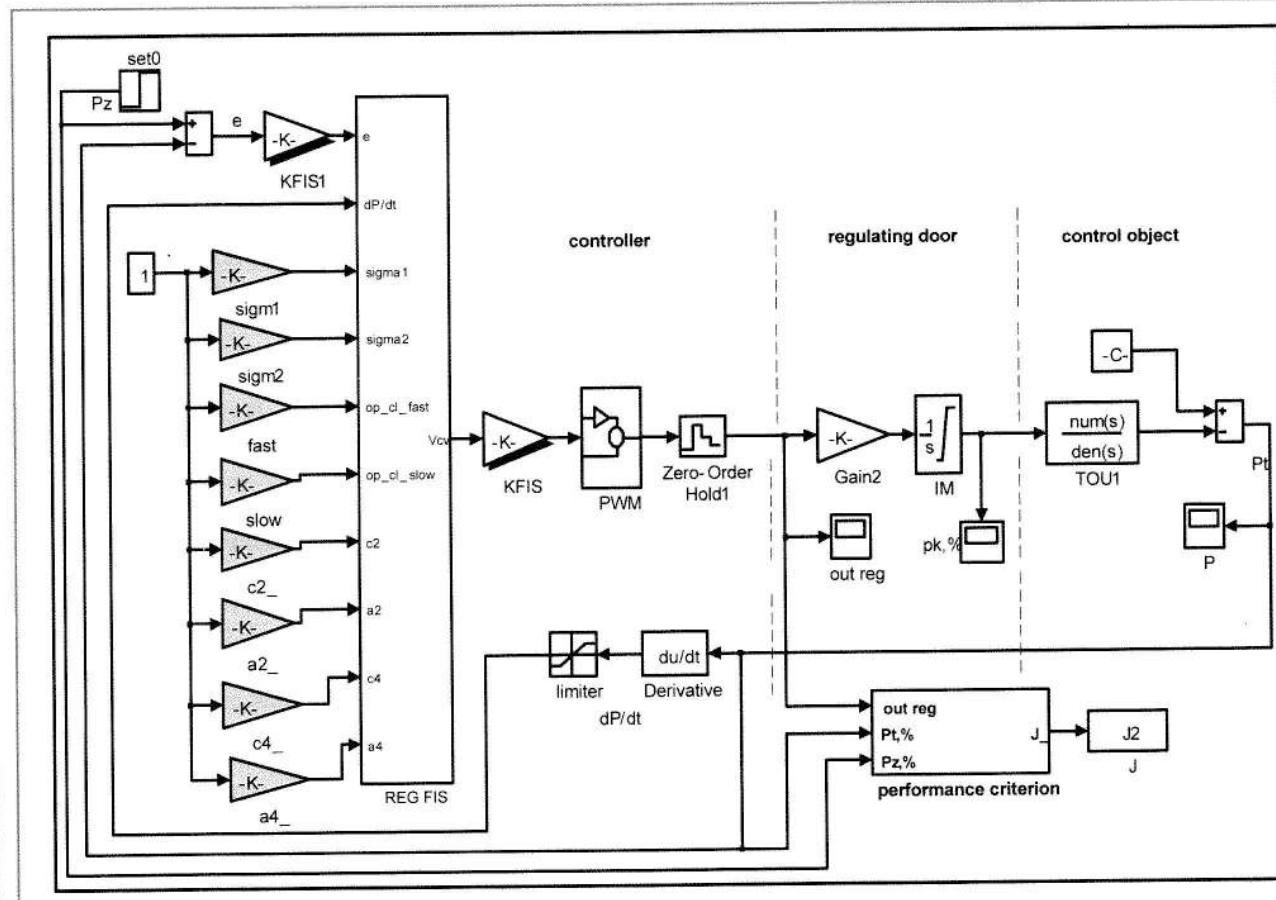


Рис. 1. Схема математической модели CAP в среде MATLAB/Simulink

ет интег-

от задан-  
я на ИМ;  
ирования,  
процесса.  
яет обес-  
глирова-  
ИМ.  
системах  
оследова-  
ю-диффе-  
ИМ, кото-  
рю (ИМ)  
нтеграль-  
ма нечет-  
я вместо  
я позволяет  
я.  
ного регу-  
и информ-  
на вход

подсистемы REG FIS, являются ошибка  $e$  (отклонение регулируемого параметра от заданного значения) и скорость изменения регулируемого параметра  $dP/dt$ . Кроме того, на вход REG FIS подаются параметры настройки, значения которых оптимизируются. Выходом подсистемы REG FIS является сформированное на основе нечеткого логического вывода значение скорости переноса ИМ.

Логика работы нечеткой системы регулирования следующая. В случае большой ошибки регулирования регулирующий клапан перемещается с высокой скоростью. При малых отклонениях от заданного значения регулирование не выполняется, если процесс устремляется, то есть скорость изменения параметра  $dP/dt$  положительна. Если присутствует высокая скорость изменения параметра  $dP/dt$ , даже при малых значениях ошибки  $e$ , выключается, открывая или закрывая РК со средней скоростью. Система нечеткого регулирования в соответствии с описанной логикой имеет только по три правила для каждой из лингвистических переменных и простую базу продукционных правил.

Подсистема REG FIS функционирует следующим образом. Входные сигналы: ошибка  $e$  и скорость изменения регулируемого параметра  $dP/dt$ , сначала переводятся в значения нечетких лингвистических переменных Input1 MF и Input2 MF. Структуры подсистем Input1 MF

(рис. 2, б) и Input 2 MF идентичны. Полученные нечеткие переменные используются процедурой нечеткого логического вывода, где над нечеткими переменными выполняются операции, сформулированные в виде нечетких правил. На рисунке 2, в приведена схема одного из правил нечеткого вывода RULE5.

Процесс фазификации заключается в следующем. Диапазоны изменения переменных разбиваются на множества (термы), в пределах каждого из которых строится функция принадлежности переменной каждому из множеств.

Диапазон изменения переменной  $e$  (ошибка регулирования) разбивается на термы:  $NL$  – отрицательная большая;  $Z$  – малая;  $PL$  – положительная большая. Диапазон изменения переменной  $dP/dt$  (скорость изменения регулируемого параметра) разбивается на термы:  $N$  – отрицательная высокая;  $Z$  – низкая;  $P$  – положительная высокая. Терму  $Z$  соответствуют малые значения скорости изменения  $dP/dt$ , которые принимаются как характеризующие установившийся процесс.

В качестве функций принадлежности для задания внутренних лингвистических термов  $Z$  входных переменных принята симметричная гауссова функция ( $gaussmf$ ), формируемая в соответствии с выражением

$$\mu(x) = e^{-\frac{(x - c)^2}{2\sigma^2}},$$

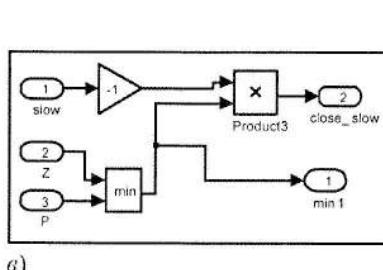
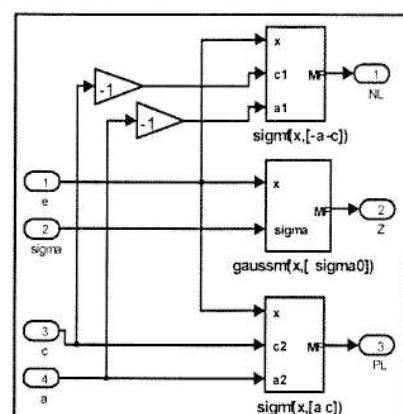
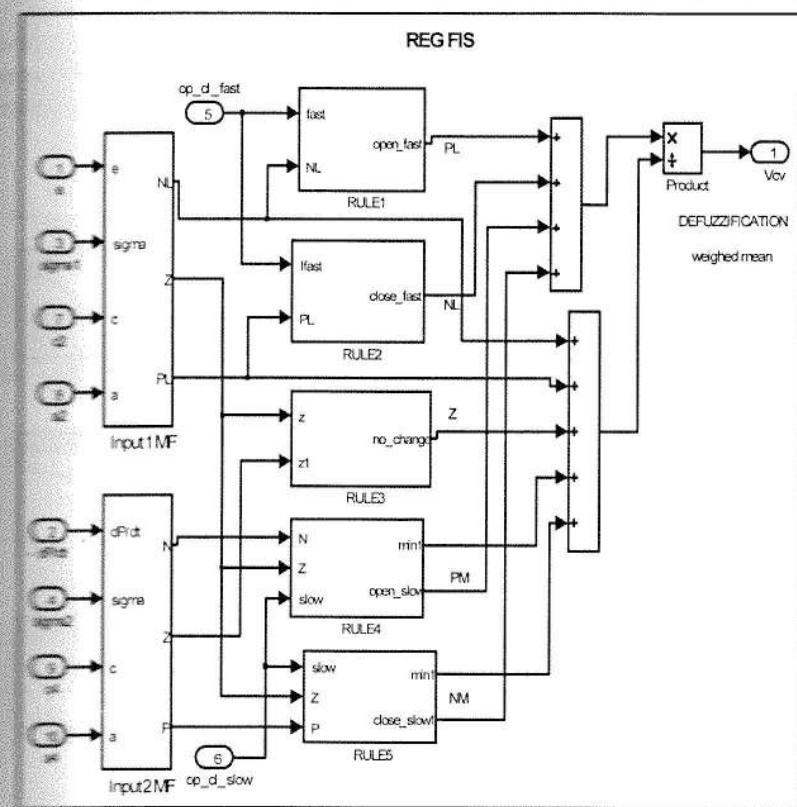


Рис. 2. Структы подсистем: а) REG FIS – нечеткого регулирования; б) Input1 MF – фазификации входной переменной  $e$ ; в) RULE5 – одного правила нечеткого вывода

где параметр  $c$  задает модальное значение функции, а  $\sigma$  – ширину. Для лингвистических термов  $Z$  (малая, низкая) модальное значение функции принадлежности  $c = 0$ . Значение параметра  $\sigma$ , характеризующего ширину функции, выбирается из условий достижения требуемого качества регулирования и является параметром настройки.

Для задания крайних лингвистических термов  $N$  ( $NL$ ) и  $P$  ( $PL$ ) используются симоидальные функции принадлежности ( $sigmf$ ), которые задаются выражением

$$\mu(x) = \frac{1}{1 + e^{-a(x-c)}},$$

где  $a$  и  $c$  – числовые параметры, упорядоченные отношением  $a < c$ . Параметр  $c$  задает координату точки перегиба функции, а коэффициент  $a$  определяет наклон функции в точке перегиба (с увеличением значения  $a$  наклон растет). При этом случай  $a > 0$  соответствует  $S$ -образной функции принадлежности, а случай  $a < 0$  соответствует  $Z$ -образной функции принадлежности.

Выше названные функции принадлежности для термов входных переменных  $e$  и  $dP/dt$  выбраны в связи с тем, что имеют аналитическое представление в виде простых математических формул с малым количеством параметров, что упрощает числовые расчеты и сокращает временные затраты при решении оптимизационной задачи. Кроме того, данные функции принадлежности на всей области определения являются гладкими и принимают ненулевые значения, что является существенным при настройке их параметров генетическими алгоритмами.

Четкое число  $V_{cv}$ , задающее заключение каждого правила, рассматривается как однозначное нечеткое множество с точечной, или синглтонной (от англ. *single* – единственная) функцией принадлежности. Диапазон изменения переменной  $V_{cv}$  – скорости перемещения ИМ, разбивается на термы  $NL$  – отрицательная высокая,  $NM$  – отрицательная средняя,  $Z$  – нулевая,  $PM$  – положительная средняя,  $PL$  – положительная высокая. Полученная база знаний эквивалентна базе знаний Сугено нулевого порядка.

На рисунке 3 показаны графики функции принадлежности для термов входных и выходной переменных. В используемой нечеткой базе знаний посылки (ошибка  $e$  и скорость изменения регулируемого параметра  $dP/dt$ ) заданы нечеткими множествами, а заключения правила (скорость скорости перемещения ИМ) – четкими числами.

База знаний включает в себя пять следующих нечетких продукционных правил, соответствующих логике работы нечеткой системы:

- RULE1: ЕСЛИ  $e$  ЕСТЬ  $PL$ , ТО  $V_{cv}$  ЕСТЬ  $PL$ ;
- RULE2: ЕСЛИ  $e$  ЕСТЬ  $NL$ , ТО  $V_{cv}$  ЕСТЬ  $NL$ ;
- RULE3: ЕСЛИ  $e$  ЕСТЬ  $Z$  И  $dP/dt$  ЕСТЬ  $Z$ ,  
ТО  $V_{cv}$  ЕСТЬ  $Z$ ;
- RULE4: ЕСЛИ  $e$  ЕСТЬ  $Z$  И  $dP/dt$  ЕСТЬ  $N$ ,  
ТО  $V_{cv}$  ЕСТЬ  $PM$ ;
- RULE5: ЕСЛИ  $e$  ЕСТЬ  $Z$  И  $dP/dt$  ЕСТЬ  $P$ ,  
ТО  $V_{cv}$  ЕСТЬ  $NM$ .

Операция дефазификации (обратного преобразования нечетких переменных в четкие) осуществляется четкий вывод нахождением взвешенного среднего для получения скорости перемещения ИМ:

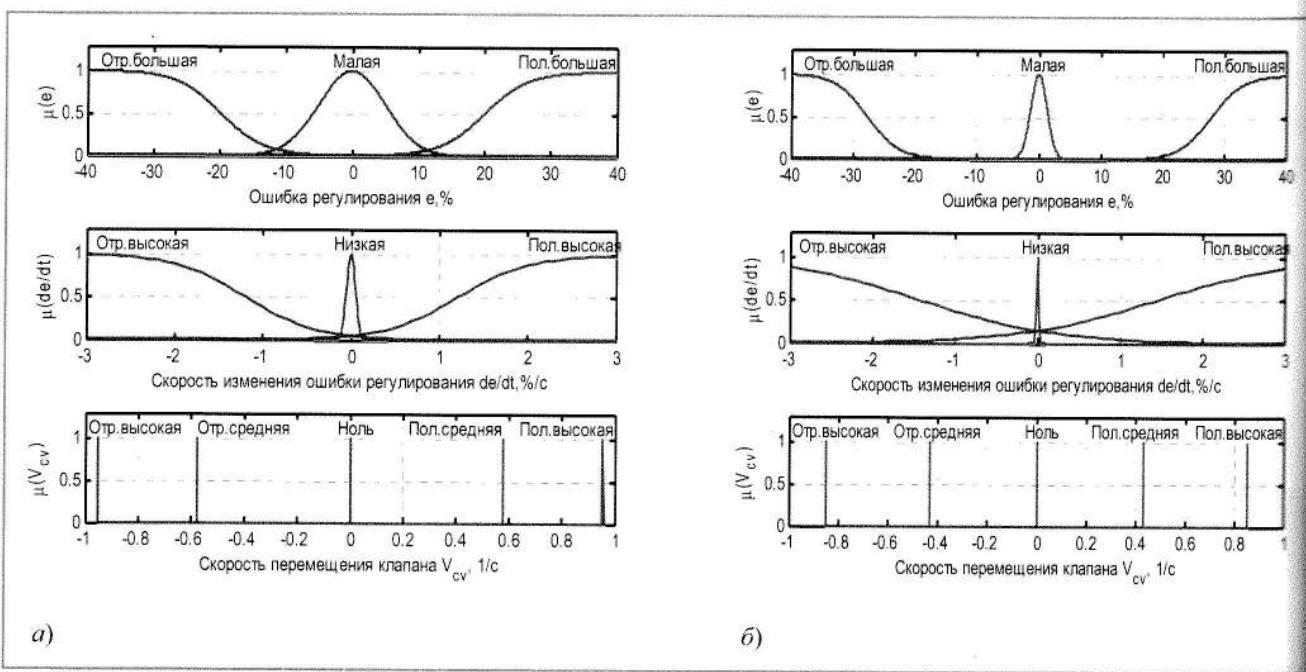


Рис. 3. Функции принадлежности для термов входных и выходной переменных:  
а) установленные по экспертным оценкам; б) настроенные генетическими алгоритмами.

$$V_{cv} = \frac{\sum_{i=1,m} \mu(V_{cv}) V_i}{\sum_{i=1,m} \mu(V_{cv})},$$

**Задача:**  $V_{cv}$  – четкое значение выходной переменной;  $V_i$  – значение выходной переменной для  $i$ -го терма с единичным значением степени принадлежности;  $\mu(V_{cv})$  – степень принадлежности к этому терму;  $m$  – число термов.

Таким образом, совокупность нечетких правил и нечетких переменных используется для осуществления нечеткого логического вывода, результатом которого является значение скорости перемещения ИМ.

### Параметрический синтез нечетких САР

Задачей параметрического синтеза нечетких САР является определение параметров функций принадлежности термов входных и выходной переменных, обеспечивающих минимизацию выбранного показателя качества.

В рассматриваемой нечеткой базе знаний входные переменные (ошибка  $e$  и скорость изменения регулируемого параметра  $dP/dt$ ) имеют по три функции принадлежности. Используемая для внутренних термов  $Z$ -гауссова функция принадлежности зависит от двух параметров:  $c$  и  $\sigma$ , один из которых фиксирован ( $c = 0$ ), то есть настройке подлежат два параметра:  $\sigma_1$  (для переменной  $e$ ) и  $\sigma_2$  (для переменной  $dP/dt$ ).

Каждая из сигмоидальных функций принадлежности переменной  $e$  зависит от параметров  $a_1$  ( $a_2$ ) и  $c_1$  ( $c_2$ ) для крайнего терма  $N$  ( $P$ ), переменной  $dP/dt$  – от  $a_3$  ( $a_4$ ) и  $c_3$  ( $c_4$ ) крайнего терма  $NL$  ( $PL$ ). Эти параметры определяются при оптимизации, причем в связи с симметричностью правой и левой функций принадлежности крайних термов, количество настраиваемых параметров уменьшается вдвое. То есть настраиваются  $2 \times 2$  параметра для каждой входной переменной ( $a_1$  и  $c_1$ ) и ( $a_4$  и  $c_4$ ).

Для термов выходной переменной  $V_{cv}$  точечные функции принадлежности также оптимизируются. С учетом их симметричности, определяемой одинаковой скоростью закрытия и открытия регулирующего клапана, а также того, что терму  $Z$  соответствует  $V_{cv} = 0$ , настройке подлежат только два параметра:  $k_f$  и  $k_s$  для термов высокой  $NL$  ( $PL$ ) и средней  $NM$  ( $PM$ ) скоростей перемещения ИМ.

Параметрический синтез нечеткого регулятора выполнен с помощью генетического алгоритма оптимизации. Генетический алгоритм представляет собой метод для решения задач оптимизации, который основан на копировании биологического процесса эволюции, механизмов естественного отбора и генетического наследования [1–3]. ГА оперирует с множеством потенциальных решений, что является его преимуществом во сравнении с традиционными методами оптимизации, также как и то, что используются не детерминированные, а вероятностные правила выбора.

Каждая новая популяция допустимых решений (“индивидуумов” или “особей”), формируется на основе операторов, заимствованных из генетики: скрещивания, мутации, а также выбора лучших представителей предыдущего поколения. Вследствие применения оператора скрещивания (*crossover*) наиболее приспособленных особей рассматриваются самые перспективные, в смысле приближения к оптимальному значению, участки области поиска. Случайные изменения отдельных особей при выполнении оператора мутации (*mutation*) позволяют получать индивидуумы с новыми свойствами. Лучшие (*elite*) представители без изменения переходят в следующее поколение, поэтому каждое новое поколение содержит более высокое соотношение характеристик, присущих лучшим особям предыдущего поколения, распространяемое далее по всей популяции. В результате популяция эволюционно сходится к оптимальному решению задачи.

Так как при оптимизации САР осуществляется поиск параметров функций принадлежности, доставляющих минимум функционалу качества, то для использования генетического алгоритма в качестве “особи” принимается вектор настраиваемых параметров  $X = (k_f, k_s, \sigma_1, \sigma_2, a_2, c_2, a_4, c_4)$ . На каждом шаге работы алгоритма рассматривается содержащий восемь компонент вектор  $X$  и соответствующее ему значение показателя  $J$ .

Для вычисления и записи в рабочую область значения функционала  $J$  в среде MATLAB создан *m*-файл – сценарий, который выполняет многократный вызов модели САР. Значение целевой функции  $J$  для каждого вектора  $X$ , полученное в результате моделирования САР, передается в основной генетический алгоритм.

Генетический алгоритм реализован с помощью *m*-файла – сценария, работающего с функциями пакета MATLAB Global Optimization Toolbox, устанавливающего необходимые опции и выполняющего контроль процесса оптимизации. Поиск минимума функционала реализуется процедурой *ga*, а создание структуры опций генетического алгоритма – оператором *gaoptimset*. Значения параметров ГА при расчетах устанавливались следующие: количество особей в популяции от 20 до 30; количество поколений от 50 до 80. Значения параметров САР случайным образом выбирались из принятых диапазонов в соответствии с экспертными оценками.

Так как начальная популяция ГА формируется с использованием генератора случайных чисел, выполнено несколько реализаций расчетов, и выбрано одно из лучших решений.

Результат параметрического синтеза САР иллюстрируют рисунки 3, б и 4. На рисунке 3, б приведены графики функций принадлежности для термов входных и выходной переменных, полученные в результате настройки генетическими алгоритмами. Видно, что функции принадлежности как внутренних, так и крайних термов отличаются от установленных по экспертным оценкам (рис. 3, а).

Динамику процесса оптимизации позволяют проследить специализированные графические функции инструментария MATLAB Global Optimization Toolbox. Рисунок 4, а отображает изменение функционала качества для лучших особей и усредненного по всем особям популяции: область поиска сужается и после 50-й популяции алгоритм сходится к решению. На рисунке 4, б изображена наилучшая особь, полученная в результате решения задачи, в виде столбцовых графиков элементов вектора оптимальных параметров  $X = (k_1, k_2, \sigma_1, \sigma_2, a_1, c_1, a_2, c_2)$ . Гистограмма распределения показателя качества  $J$  по особям на заключительном этапе оптимизации показана на рисунке 4, в. Видно, что из 20-ти особей в популяции наименьшее значение показателя  $J$  имеют 15 особей, что также подтверждает завершение оптимизации. При этом выполнение оптимизационной задачи остановлено по ограничению на время решения.

При параметрической оптимизации САР осуществлялся поиск восьми параметров функций принадлежности нечеткого регулятора. Для подготовки процедуры оптимизации необходимо было решить ряд задач: создать математическую модель, указав модули, содержащие параметры настройки (на рисунке выделены цветом), определить диапазоны изменения оптимизируемых параметров, разработать т-файлы – сценарии для выполнения расчетов. При этом большое количество параметров настройки привело к значительным времененным затратам как на этапе подготовки к вычислительным экспериментам, так и при выполнении расчетов.

Для упрощения процедуры оптимизации нечеткий САР был применен следующий подход. Параметры функций принадлежности нечеткого регулятора считались статическими, то есть не требующими настройки, в состав вектора настраиваемых параметров вкл-

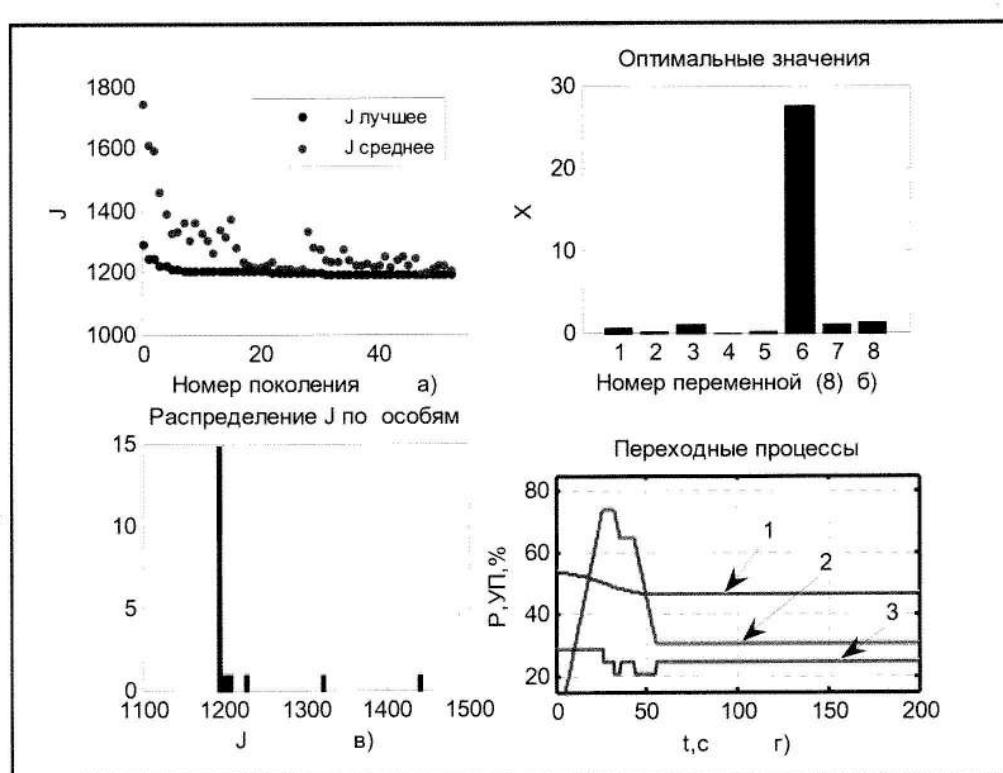


Рис. 4. Синтез нечеткой САР при настройке функций принадлежности с помощью генетического алгоритма

Кроме специализированных графиков ГА на рисунке 4, г приведены переходные процессы САР с полученными оптимальными параметрами при возмущении заданием на 20 %. Как видно из графиков, регулируемый параметр (1) апериодически, без перерегулирования, достигает нового заданного значения. При этом требуемое положение исполнительного механизма (2) устанавливается после незначительного количества импульсов, формируемых регулятором (3).

чены масштабные коэффициенты:  $k_1$  для входной переменной  $e$  (ошибка регулирования) и  $k_2$  для выхода  $V_{cv}$  (скорость перемещения ИМ). На рисунке 1 усиительные модули, содержащие параметры настройки, выделены тенью. То есть в качестве "особи" в использовании генетического алгоритма был применен двухкомпонентный вектор настраиваемых параметров  $X = (k_1, k_2)$ . При синтезе САР определялись значения этих параметров, доставляющих минимум функционалу качества  $J = f(k_1, k_2)$ .

Рисунок 5 иллюстрирует работу генетического алгоритма при выполнении параметрического синтеза сеткой САР с двухкомпонентным вектором настраиваемых параметров  $X = (k_1, k_2)$ . На рисунке 5, а, отображена динамика изменения функционала качества для лучших особей и усредненного значения по популяции,

видно, как алгоритм сходится к решению после 10-й популяции. На рисунке 5, б показаны столбцовые графики двух элементов вектора оптимальных параметров  $X = (k_1, k_2)$ . Из гистограммы распределения показателя качества  $J$  (рис. 4, в) видно, что из 20-ти особей в популяции наименьшее значение показателя  $J$  имеют

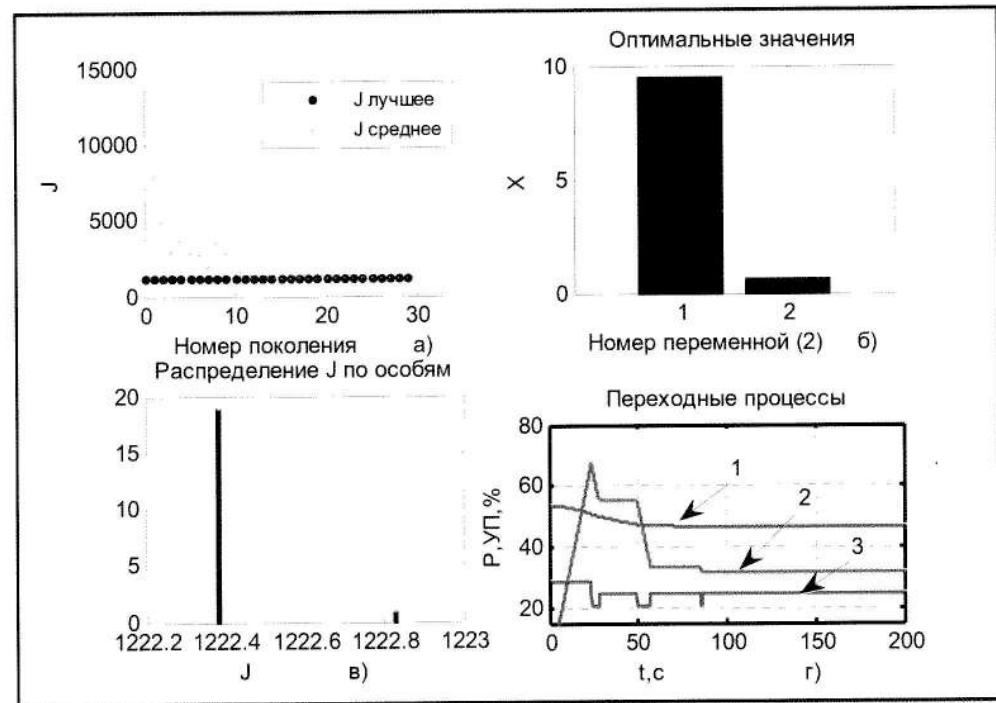


Рис. 5. Синтез нечеткой САР при настройке масштабных коэффициентов входного и выходного сигнала с помощью генетического алгоритма

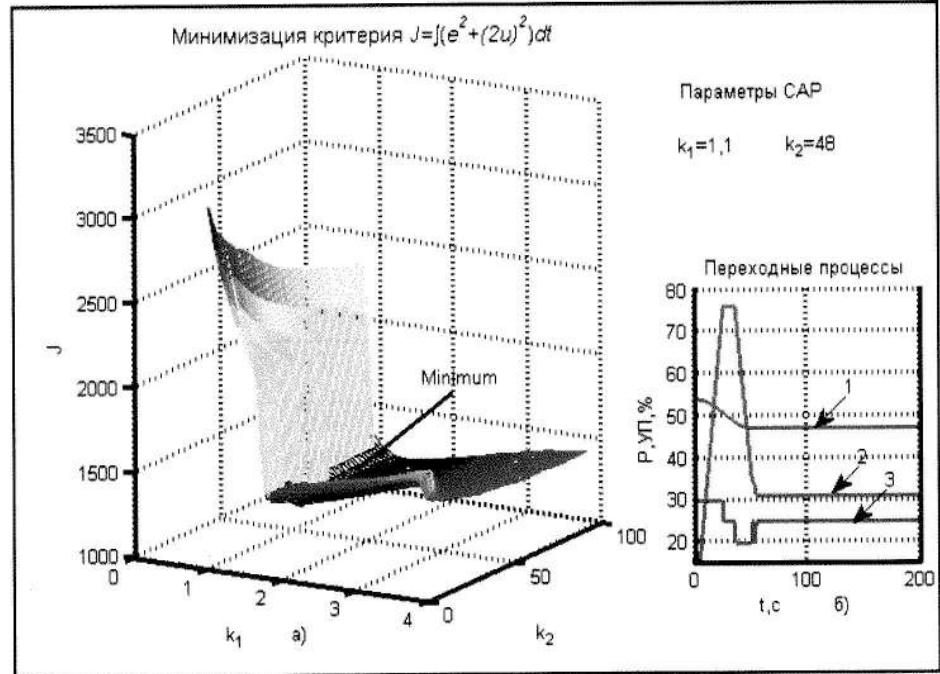


Рис. 6. Выбор оптимальных параметров регулятора в результате моделирования

19 особей, то есть подтверждается завершение оптимизации. Как можно видеть при сравнении рисунка 5, *г* (двуокомпонентный вектор  $X = (k_1, k_2)$ ) и рисунка 4, *г* (вектор  $X = (k_p, k_s, \sigma_1, \sigma_2, a_2, c_2, a_4, c_4)$  из восьми параметров), переходные процессы САР отличаются незначительно. При этом в случае двухкомпонентного вектора настраиваемых параметров  $X = (k_1, k_2)$  существенно уменьшилось время решения задачи.

Малое количество параметров предпочтительнее не только с точки зрения сокращения временных затрат, упрощения процедуры настройки регулятора и хранения значений параметров в памяти контроллера. Кроме этого, преимуществом является и то, что задача оптимизации может быть наглядно проиллюстрирована с помощью графического изображения зависимости критерия  $J$  от двух настраиваемых параметров. На рисунке 6, *а* построен 3-х мерный график критерия качества регулирования  $J = f(k_1, k_2)$ , приведены значения параметров САР, доставляющие минимум  $J$  и переходные процессы в системе с оптимальными параметрами.

Следует отметить, что нечеткий регулятор, спроектированный с помощью второго подхода (с настройкой масштабных коэффициентов входного и выходного сигналов), обеспечивающий хорошее качество регулирования, является более предпочтительным по сравнению с нечетким регулятором с настраиваемыми функциями принадлежности в смысле простоты реализации и временных затрат на настройку параметров.

### Заключение

В результате проведенного исследования сделан вывод, что предлагаемый метод оптимизации на основе генетического алгоритма эффективен для синтеза нечетких САР при автоматизированном проектировании.

Рассмотренные подходы к проектированию нечетких систем регулирования с использованием генетического алгоритма оптимизации, реализованные на испытательном стенде ЗАО “Автоматика-Э”, позволяют проводить комплексные исследования и оптимизацию

создаваемых САР, а также значительно уменьшить временные затраты на предварительную настройку контроллеров.

### Список литературы

1. Рутковская Д., Пилиньский М., Рутковский Л. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы: Пер. спольск. И.Д. Рудинского. – М.: Горячая линия – Телеком, 2006. ISBN 5-93517-103-1.
2. Пегат А. Нечеткое моделирование и управление / перевод с англ. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. ISBN/ISSN:978-5-94774-353-1.
3. Васильев В.И., Ильясов Б.Г. Интеллектуальные системы управления. Теория и практика. 2009. ISBN 978-5-88070-225-1.
4. Макаров И.М., Лохин В.М., Минько С.В., Романов М.П. Автоматизация синтеза и обучение интеллектуальных систем управления. / Под редакцией И.М.Макарова и В.М.Лохина, М.: Наука, 2009. ISBN: 979-5-02-036022-7.
5. Раскин Е.М., Денисова Л.А. Программно-технический комплекс для регулирования давления в главном паровом коллекторе энергоблока АЭС. Автоматизация в промышленности. 2011. № 2.
6. Дьяконов В.П. MATLAB 7.\*/R2006/R2007: Самоучитель. – М.: ДМК Пресс, 2008. ISBN 978-5-94074-424-5.
7. MATLAB Global Optimization Toolbox User's Guide. R2012a. COPYRIGHT 2004–2012 by The MathWorks, Inc. /www.mathworks.com.
8. Методы классической и современной теории автоматического управления: Учебник в 5-и тт. Т.3: Синтез регуляторов систем автоматического управления. / Под ред. К.А. Пупкова и Н.Д. Егупова. – М.: Изд-во МГТУ им Н.Э. Баумана, 2004. ISBN 5-7038-2191-6 (Т.3). ISBN 5-7038-2194-0.

Людмила Альбертовна Денисова – канд. техн. наук, доцент  
Омский государственный технический университет  
e-mail: ldenisova@mail333.com

Евгений Михайлович Раскин – канд. техн. наук, доцент,  
директор ЗАО “Автоматика-Э”, г. Омск

### Уважаемые читатели!

В нашем журнале № 7 за 2012 год на страницах 15 и 80 название статьи авторов Д.С. Соловьева и Ю.А. Литовки следует читать «Автоматизированная система управления гальваническими процессами в многоанодной электрохимической ванне».

Приносим свои извинения за допущенную техническую ошибку.

Редакция журнала.