

ВАРИАНТ ПОСТРОЕНИЯ БАЗЫ ПРАВИЛ ДЛЯ НЕЧЁТКОГО КОНТРОЛЛЕРА

Ю.Н. Золотухин, А.В. Куц

Лаборатория нечётких технологий, Институт автоматизации и электротехники,
Сибирское отделение РАН, 630090 Новосибирск, просп. ак. Коптюга, 1, Россия,
тел.: (3832) 33-26-25, факс: (3832) 33-38-63
e-mail: zol@idisys.iae.nsk.su , kavkni@online.sinor.ru .

Введение. В последнее время на волне интереса к технологиям искусственного интеллекта в системах управления электроприводами все чаще стали находить применение так называемые нечёткие алгоритмы регулирования. Регуляторы, построенные на базе этой инновационной концепции, в ряде случаев способны обеспечить более высокие показатели качества переходных процессов по сравнению с классическими регуляторами. Кроме того, используя технологию синтеза нечётких алгоритмов управления, возможно провести оптимизацию сложных контуров регулирования без проведения всесторонних математических исследований.

Проблема создания базы правил представляет одну из ключевых задач при построении нечёткого логического контроллера. Для её решения используются разные методы: интервьюирование опытного оператора, либо фиксирование решений, принимаемых оператором в различных ситуациях, либо отслеживание желаемой траектории управления, полученной из каких-либо соображений.

В работе представлен метод построения базы знаний (правил) нечёткого логического контроллера, основанный на анализе характеристик замкнутой системы стабилизации скорости, излагается его реализация и применение.

1. Выбор желаемой траектории. В данной работе в качестве примера принята желаемая траектория замкнутой системы с ПИД-регулятором и объектом третьего порядка (рис. 1). В качестве входных измеряемых координат выбраны ошибка и производная ошибки, в качестве выходной координаты - выход ПИД-регулятора. При моделировании данные входов и выхода записывались в файл z.mat (рис. 1) в виде таблицы (матрицы) с заданным шагом. Полученные желаемые характеристики "ошибки", "производной ошибки" и "выхода" при моделировании в среде MATLAB [1] представлены в виде матрицы числовых значений на промежутке времени от 0 до 2 с с шагом 0.01 с.

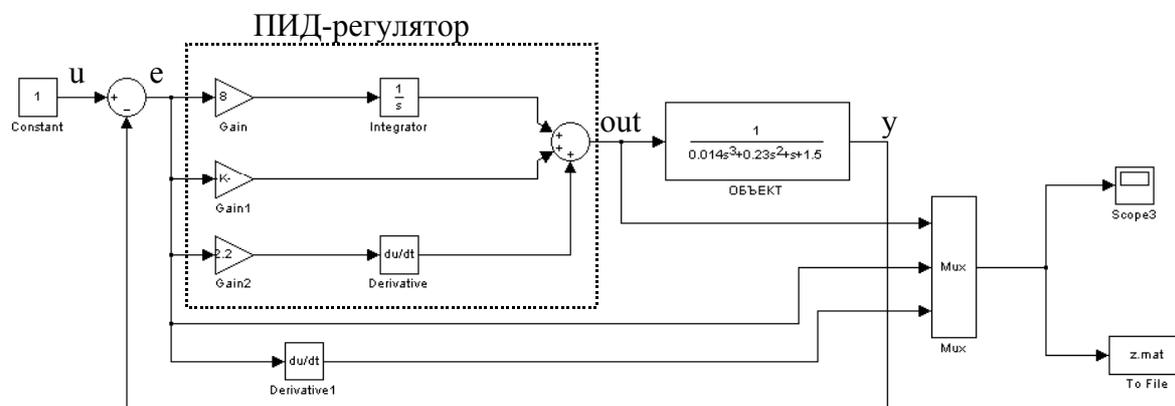


Рис.1 Система с отрицательной обратной связью и ПИД - регулятором

Математическая модель системы с ПИД-регулятором исследована с точки зрения переходных процессов по "ошибке", "производной ошибки" и "выходу" при скачке сигнала задания и при неизменных параметрах объекта управления (рис 2).

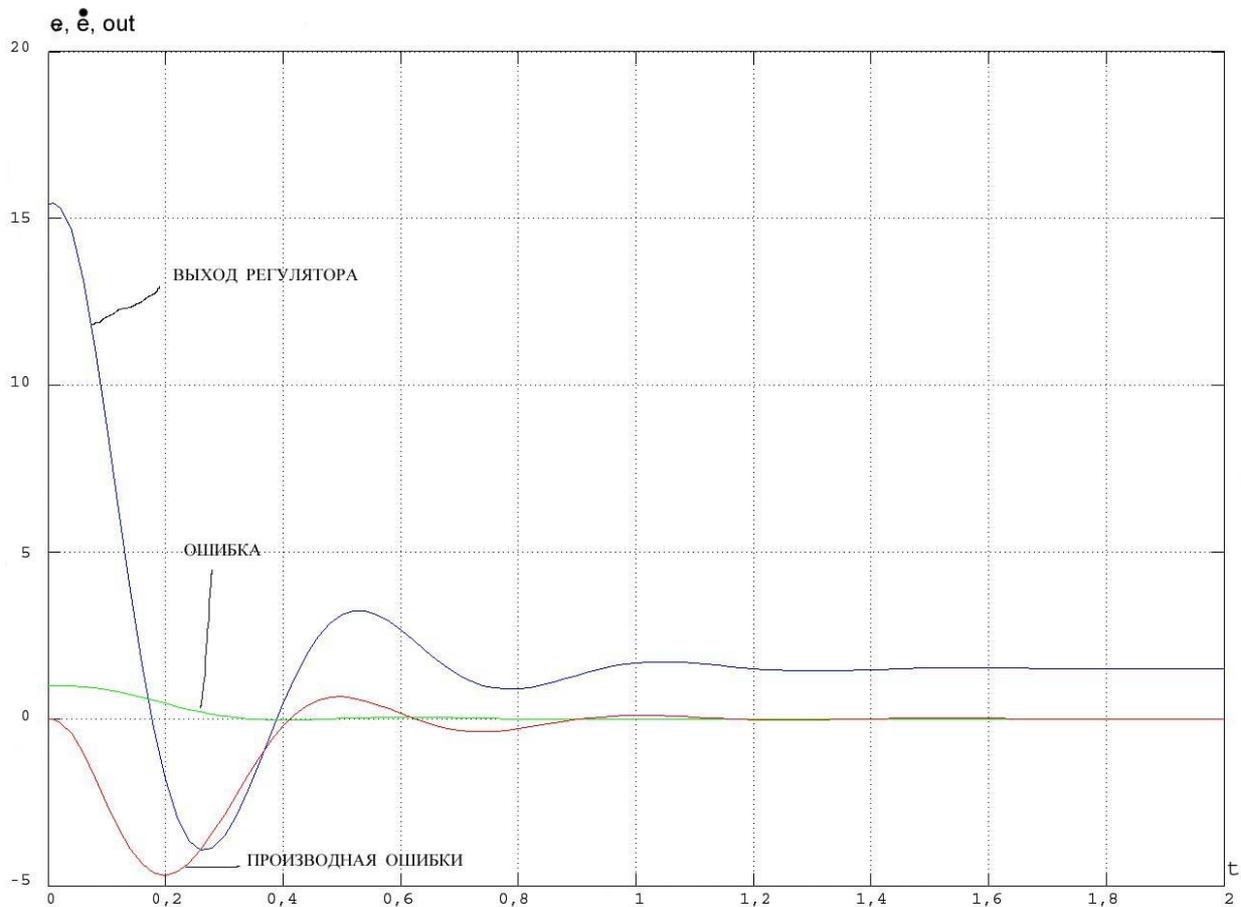


Рис. 2 Переходные процессы измеряемых величин регулятора вход-выход

Осуществлен переход из временной области в фазовое пространство системы, что позволило непосредственно применить полученное решение для построения нечёткого контроллера.

2. Построение базы правил для нечёткого контроллера. Основная функция, возлагаемая на нечёткий контроллер - формирование выходного значения управления в зависимости от текущих координат системы.

Процедура обработки входной (чёткой) информации в контроллере вкратце может быть описана следующим образом [2]:

- текущие значения входных переменных преобразуются в лингвистические (фазифицируются);
- на основании полученных лингвистических значений и с использованием базы правил контроллера производится нечёткий логический вывод, в результате которого вычисляются лингвистические значения выходных переменных;
- заключительным этапом обработки является вычисление "чётких" значений управляющих параметров (дефазификация).

Разработка базы знаний нечёткого контроллера сводится к решению нескольких задач:

- выбору входных лингвистических переменных на основе анализа поведения замкнутой системы регулирования в рассчитанном ранее желаемом режиме (см. рис. 1);
- назначению для каждой из лингвистических переменных набора лингвистических значений (термов);
- выбору для каждого из термов аппроксимирующего нечёткого множества.

Целью разработанной модели системы управления на базе нечёткого регулятора (контроллера) является задание напряжения на выходе контроллера по алгоритму, обеспечивающему поддержание требуемой скорости.

Для решения рассматриваемой задачи необходим нечёткий контроллер с двумя входами и одним выходом (рис. 3).

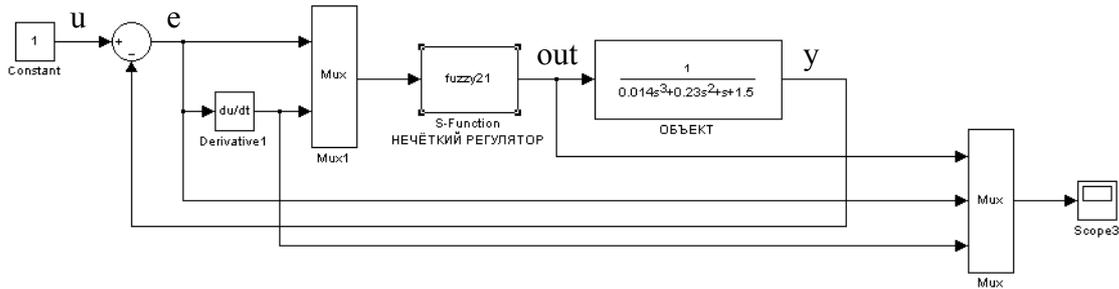


Рис. 3. Система с отрицательной обратной связью и нечётким регулятором

Для реализации алгоритма управления была создана универсальная программа формирования по имеющимся значениям матрицы базы знаний для нечёткого контроллера, структурная схема представлена на рис. 4. Её работа состоит в следующем:

- вызывается сохраненная матрица элементов,
- определяются максимальные по модулю значения каждого из входов и выходов,
- диапазон значений (от $-max$ до $+max$) каждого входа и выхода разбивается на термы с шагом, заданным пользователем,
- в зависимости от принадлежности значений переменных (из полученной выше матрицы) на каждом шаге к тому или иному терму формируются правила "вход – выход",
- правила, у которых при изменении входов выход не меняется, объединяются,
- одинаковые правила объединяются,
- в результате исполнения данного алгоритма образуется база правил нечёткого контроллера.

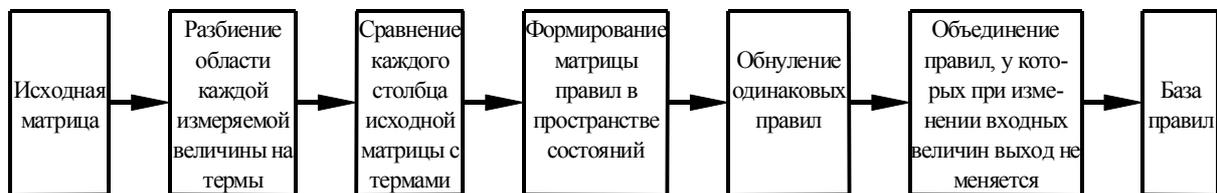


Рис. 4 Структурная схема работы программы

В качестве примера реализации основных этапов разработки базы правил для нечёткого контроллера на рис. 5 представлены лингвистические термы и связанные с ними нечёткие множества для переменных "ошибка" и "производная ошибки, а также "выход", соответственно.

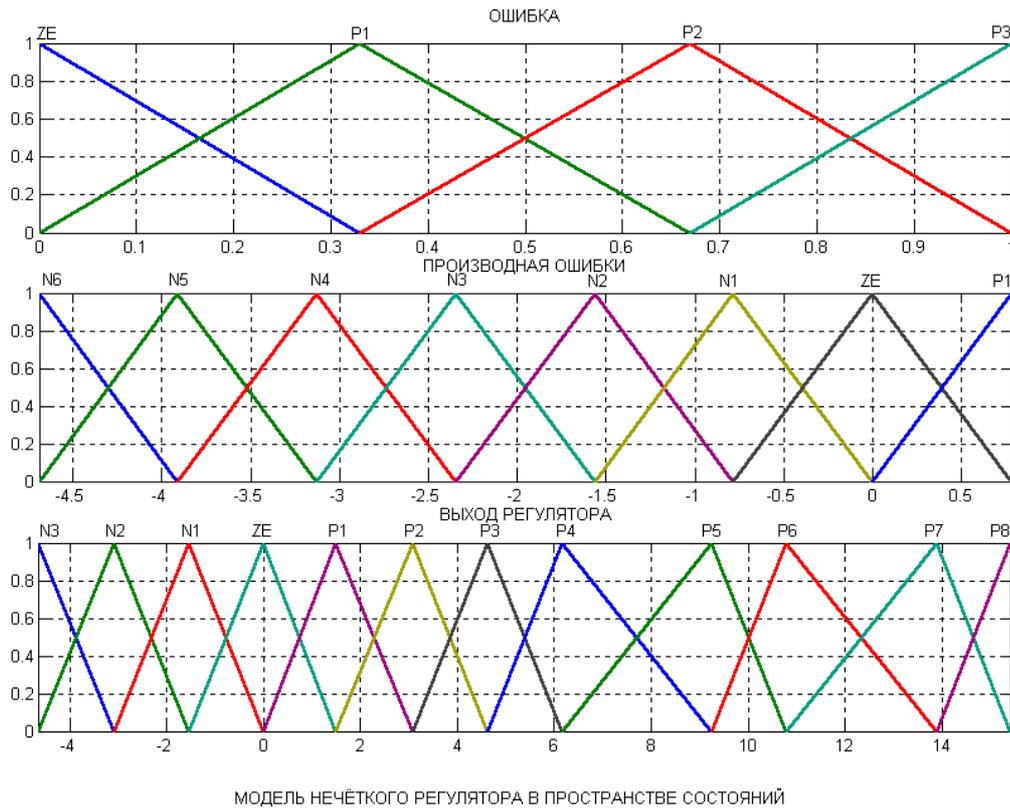


Рис. 5 Лингвистические термы и связанные с ними нечёткие множества

В таблице 1 приведена полученная база правил нечёткого контроллера, реализующего желаемое управление. На рис. 5 и в таблице 1 использованы следующие значения лингвистических термов:

Таблица 1

- N6 – отрицательное около большого;
- N5 – отрицательное среднее;
- N4 – отрицательное около среднего;
- N3 – отрицательное малое;
- N2 – отрицательное около малого;
- N1 – отрицательное близкое к нулю;
- ZE – близкое к нулю;
- P1 – положительное близкое к нулю;
- P2 – положительное около малого;
- P3 – положительное малое;
- P4 – положительное около среднего;
- P5 – положительное среднее;
- P6 – положительное около большого;
- P7 – положительное большое;
- P8 – положительное очень большое.

| | | Δ | | | |
|---|----|----|----|----|----|
| | | ZE | P1 | P2 | P3 |
| è | N6 | N3 | N1 | N1 | P3 |
| | N5 | N3 | N3 | N3 | P4 |
| | N4 | N3 | N2 | P4 | P3 |
| | N3 | N2 | N2 | P8 | P5 |
| | N2 | N1 | N1 | P6 | P5 |
| | N1 | ZE | P1 | P7 | P7 |
| | ZE | P1 | P3 | P8 | P8 |
| | P1 | P2 | P5 | P8 | P8 |

Модель системы с нечётким регулятором с полученной базой правил исследована с точки зрения переходных процессов по "ошибке", "производной ошибки" и "выходу" при скачке сигнала задания и при неизменных параметрах объекта управления (рис б).

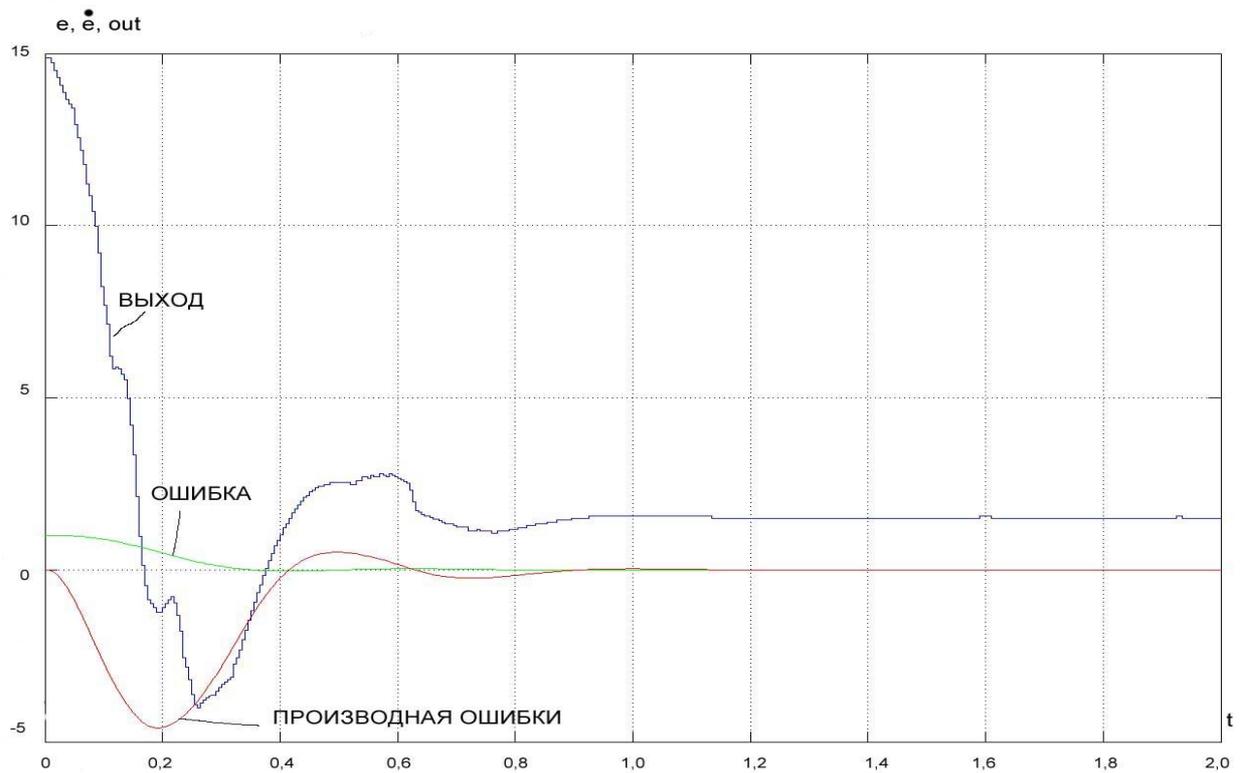


Рис. 6 Переходные процессы измеряемых величин регулятора вход-выход

Результаты моделирования отклика на единичный скачок для системы с ПИД-регулятором и системы с нечетким контроллером приведены на рис. 7 и 8 соответственно.

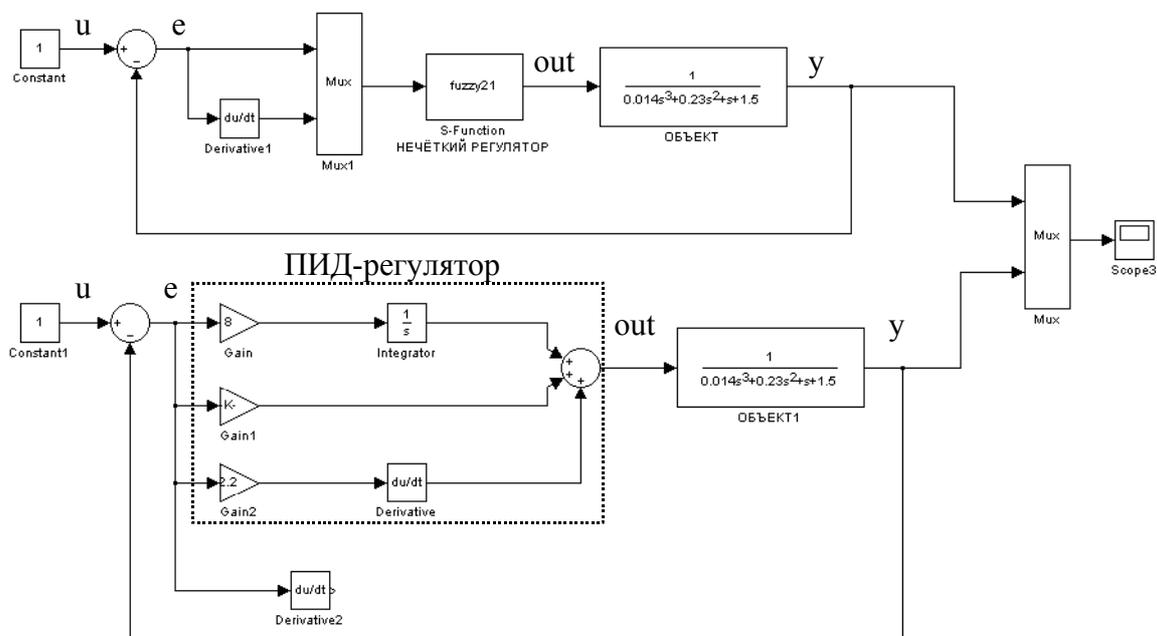


Рис. 7 Система с нечетким регулятором и ПИД – регулятором

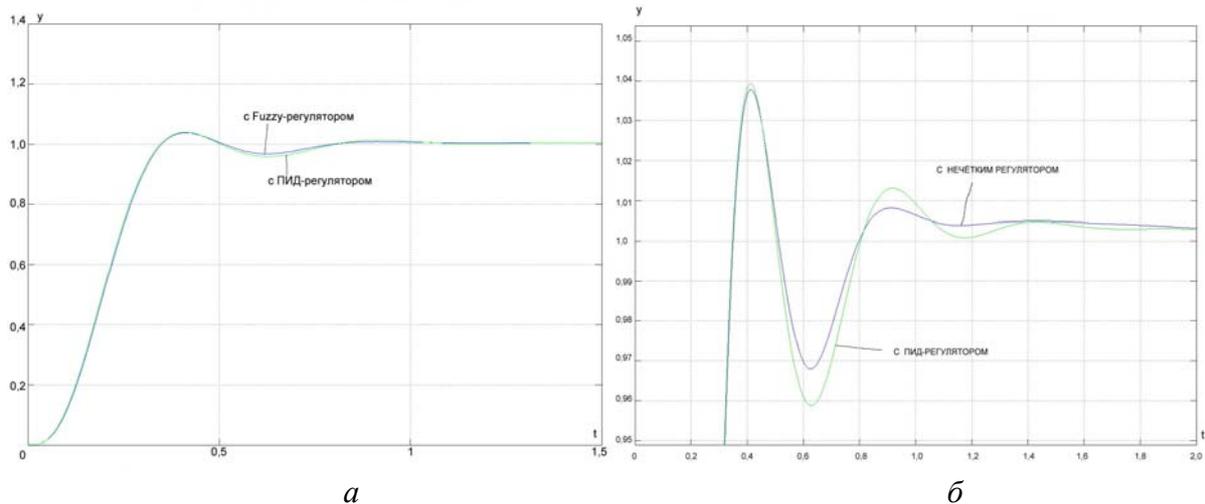


Рис. 8 Переходные процессы выхода объекта управления системы с ПИД-регулятором и нечётким регулятором (а) - переходный процесс двух систем, б) - переходной процесс с увеличенным масштабом колебательной части)

Из рисунка 8 видно, что выход объекта управления системы с нечётким контроллером (с построенной автоматически базой правил) имеет меньшее переуправление и количество колебаний.

Заключение

Как показали результаты моделирования, при неизменных параметрах объекта регулирования системы с нечёткими регуляторами, реализованными на основе характеристик уже существующих систем, имеют лучшие динамические показатели по сравнению с классическими системами (рис. 8). При этом как в классической, так и в системе с нечётким регулятором время достижения выходной величины заданного значения примерно одинаковое.

Таким образом, в работе продемонстрирована возможность автоматизированного построения базы знаний для нечёткого логического контроллера. Использование программного метода построения базы знаний нечёткого контроллера позволило получить качественный переходный процесс для уже существующей системы.

Литература

1. В.Н. Дьяконов, И.В. Абраменкова, В.В. Круглов. MATLAB 5 с пакетами расширений. М.: изд. «Нолидж», 2001, с. 890.
2. В.Д. Бобко, Ю.Н. Золотухин, А.А. Нестеров. О нечёткой динамической коррекции параметров ПИД-регулятора. // Автометрия, 1998, №1, с.50-55.