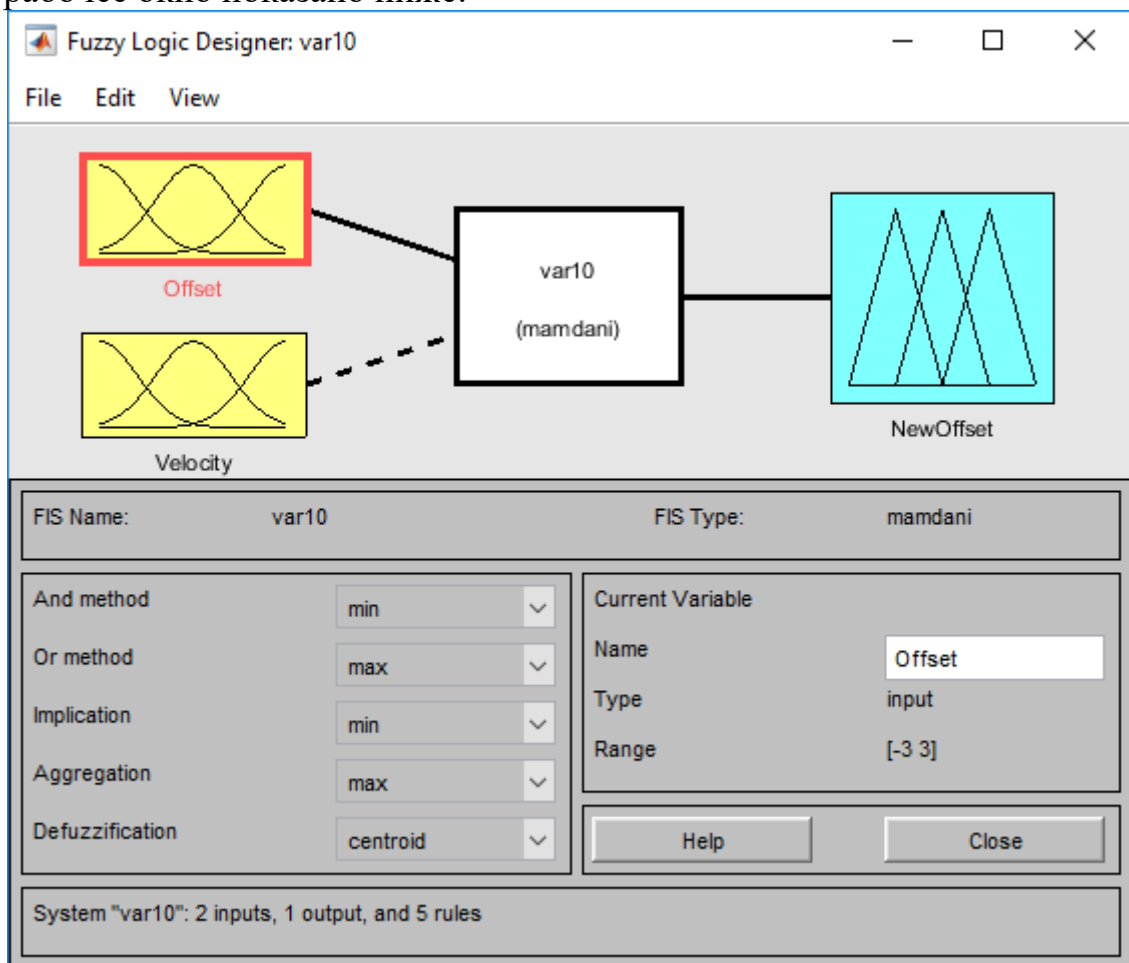


Исходные данные: материальная точка движется по оси x .

Описание работы: в момент времени $t = t_0$ происходит релейное переключение, после которого точка должна перейти на уровень y_0 . Шаг по времени равен 0,1 с. Требуется с помощью системы нечеткого вывода с моделью регулятора «7 входных термов – 5 выходных», действуя смещением по оси y , перевести точку на нужный уровень, улучшив показатель качества, достигнутый ранее (3.2002) на 20-30%.

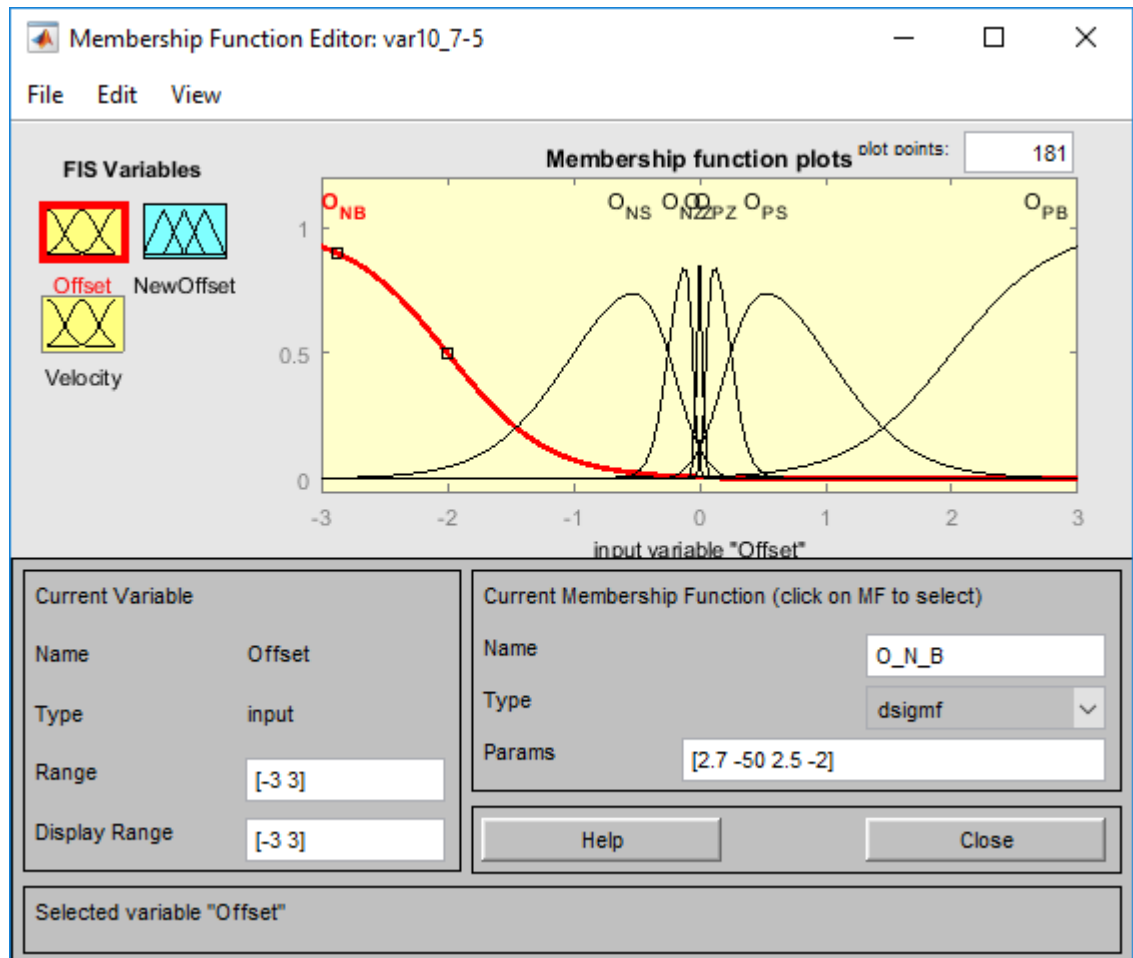
При построении системы мы использовали алгоритм Mamdani и сигмоидальные функции принадлежности.

Ход работы: для построения системы нечеткого вывода используем средства, входящие в состав пакета Fuzzy Logic Toolbox, а именно FIS Editor. Его рабочее окно показано ниже:



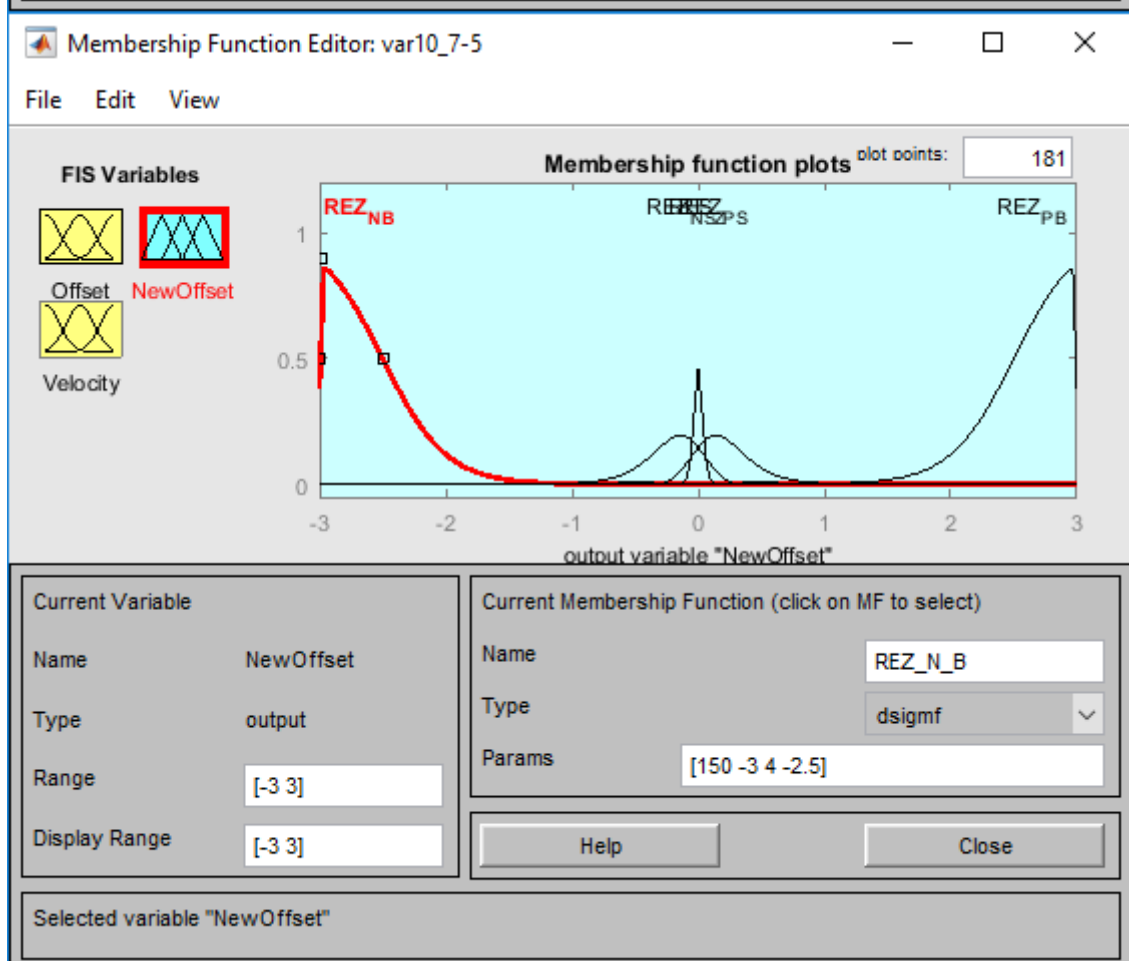
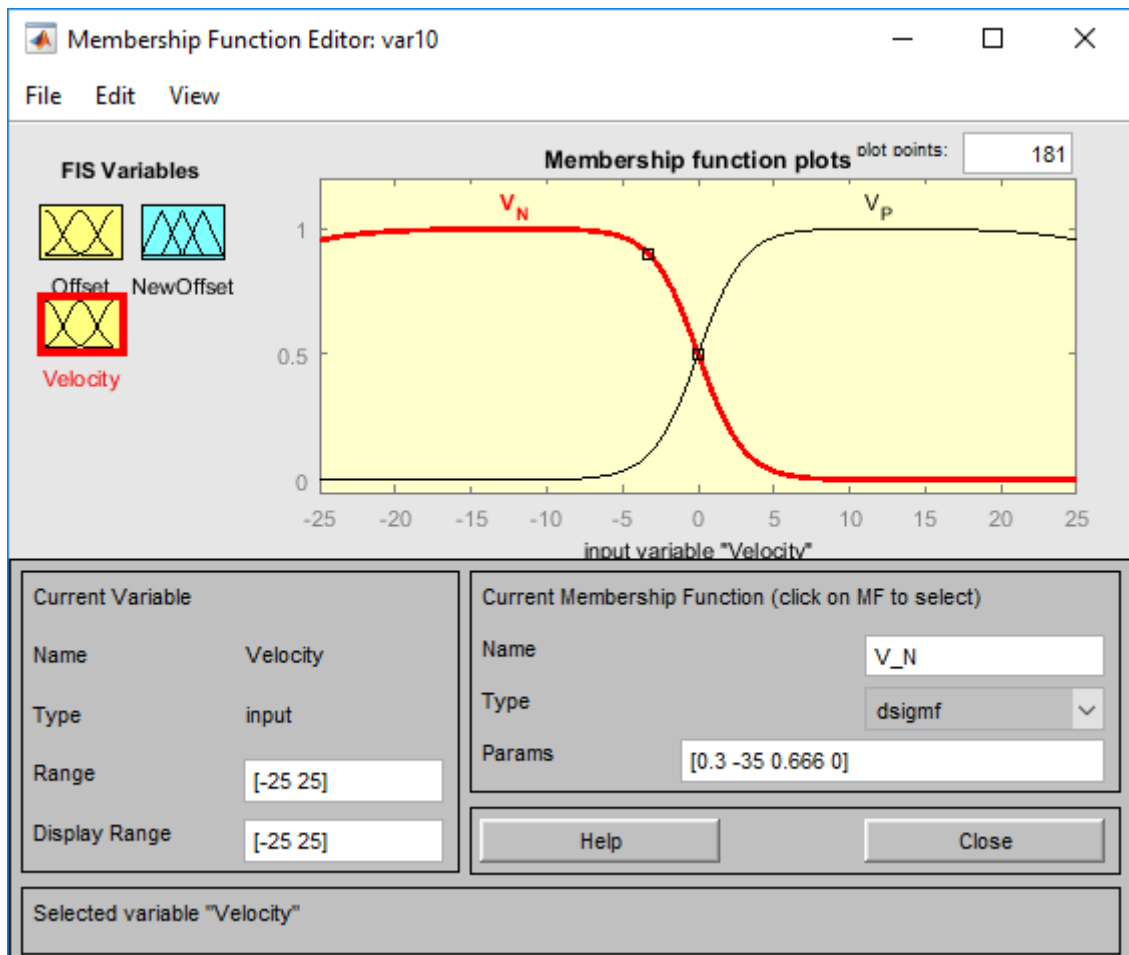
В качестве алгоритма нечеткого вывода используем алгоритм Мамдани. Для выполнения логической конъюнкции (And method) в условиях нечетких правил используем метод минимального значения (min), а для логической дизъюнкции (Or method) – метод максимального значения (max). Методом активизации подзаключений (Implication) будет метод минимального значения (min). В качестве метода агрегирования подусловий (Aggregation) используем

метод максимального значения (max). И наконец, в качестве метода дефаззификации (Defuzzification) используем метод центра тяжести (centroid). Теперь рассмотрим окно редактора функций:

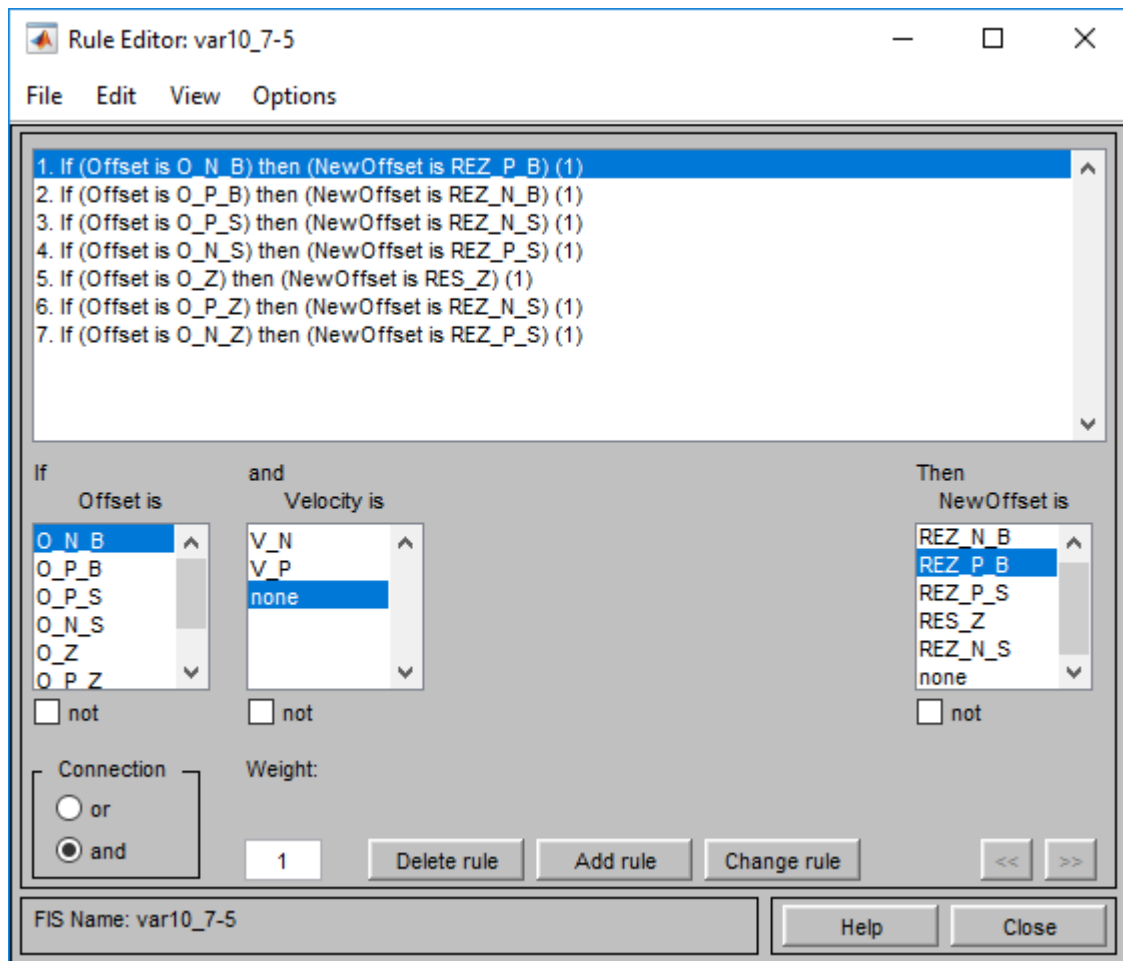


У нас имеется две входных переменных (первая с именем *Offset*, вторая – *Velocity*) и одна выходная (*NewOffset*). В качестве терм-множества для *NewOffset* переменных используется множество {“*большая отрицательная*”, “*малая отрицательная*”, “*равна нулю*”, “*малая положительная*”, “*большая положительная*”}, которое в символьном виде записывается как {*nb, ns, z, ps, pb*}, а для *Offset* - множество {“*большая отрицательная*”, “*малая отрицательная*”, “*очень малая отрицательная*”, “*равна нулю*”, “*очень малая положительная*”, “*малая положительная*”, “*большая положительная*”}, которое в символьном виде записывается как {*nb, ns, nz, z, pz, ps, pb*}. Для *Velocity* используется только множество {*n, p*}. Все элементы всех множеств заданы сигмоидальными функциями принадлежности.

Теперь рассмотрим параметры переменных *Velocity* и *NewOffset*.



Для построения правил системы нечеткого вывода используем Rule Editor. Составим следующие правила:



Листинг программы - «Нечеткий регулятор движения точки»

Fis_script.m

```
clear variables;

% Параметры симуляции
global t0 t_step y0 t_target;
t0 = 2.6; % Время переключения
t_step = 0.1; % Шаг времени симуляции
y0 = 2.1; % Целевой уровень после переключения
t_target = 5; % Длительность симуляции

% Окно
scrsz = get(0, 'ScreenSize');
figure('Position', [0 100 scrsz(3) scrsz(4)-150], ...
    'name', 'Нечеткий регулятор движения точки', ...
    'IntegerHandle', 'off', 'menubar', 'none');

% Инфо-поля
```

```

uicontrol('Style','text','Position',[scrsz(3)-400 scrsz(4)-240
400 40],...
    'FontSize',16, 'FontName','Times','String','Параметры для
вар. №10:');
uicontrol('Style','text','Position',[scrsz(3)-400 scrsz(4)-280
400 40],...
    'FontSize',16,'HorizontalAlignment','left',...
    'FontName','Times','String',char(sprintf('Требуемый уровень
(y0) = %g', y0)));
uicontrol('Style','text','Position',[scrsz(3)-400 scrsz(4)-320
400 40],...
    'FontSize',16,'HorizontalAlignment','left',...
    'FontName','Times','String',char(sprintf('Время переключения
(t0) = %g c', t0)));
uicontrol('Style','text','Position',[scrsz(3)-400 scrsz(4)-360
400 40],...
    'FontSize',16,'HorizontalAlignment','left',...
    'FontName','Times','String',char(sprintf('Шаг времени
симуляции (t_step) = %g c', t_step)));

% Кнопки
uicontrol('Style','pushbutton','String','Моделирование
процесса',...
'Position',[scrsz(3)-380 scrsz(4)-450 340
40],'FontName','Times','FontSize',14,'Callback','simulation');
uicontrol('Style','pushbutton','String','Выход из программы',...
'Position',[scrsz(3)-380 scrsz(4)-500 340
40],'FontName','Times','FontSize',14,'Callback','close');

% График
global axes1 plot1_target plot1_current;
axes1 = axes('outerPosition',[0 0.5 0.7 0.5]);
plot1_target = plot(0,0);
hold on;
plot1_current = plot(0,0,'color','r','LineWidth',2); % Выделяем
актуальный график красно-жирно
hold on;
axis([0 t_target -1 y0+1]); % Определяем, до каких пор мы будем
чертить график
grid on; % Включаем сетку

global axes2 plot2_target plot2_current;
axes2 = axes('outerPosition',[0 0 0.7 0.5]);
plot2_target = plot(0,0);
hold on;
plot2_current = plot(0,0,'color','r','LineWidth',2); % Выделяем
актуальный график красно-жирно
hold on;
axis([0 t_target -y0-1 1]); % Определяем, до каких пор мы будем
чертить график
grid on; % Включаем сетку

simulation() % Запуск симуляции при старте

```

Simulation.m

```
% Таймер симуляции
function simulation()
    clear timers;

    % Переменные симуляции
    global y_target y_current t_current offset note lines;
    t_current = 0; % Текущее время
    y_target = 0; % Текущий целевой уровень
    y_current = 0; % Текущий уровень
    offset = 0; % Текущее смещение относительно предыдущего шага

    % Сброс подписи перехода
    delete(note);
    delete(lines);
    note = text();

    % Чтение FIS
    global fis;
    fis = readfis('var10_7-5.fis');

    % Таблицы данных симуляции для динамических графиков
    global table_y_target table_y_current table_y_zero
    table_y_current_zero table_t_current;
    table_y_target = [y_target];
    table_y_current = [y_current];
    table_t_current = [0];
    table_y_zero = [0];
    table_y_current_zero = [y_current - y_target];

    global t_step t_target;
    t = timer;
    t.TimerFcn = @sim_step; % Ф-я шага симуляции
    t.Period = t_step;
    t.StartDelay = t_step;
    t.TasksToExecute = ceil(t_target/t.Period);
    t.ExecutionMode = 'fixedDelay'; % Режим специально для такой
    симуляции реального времени
    t.BusyMode = 'queue'; % И дополнение к нему, чтобы задачи не
    сбрасывались на слабых конфигурациях оборудования
    start(t);
end

% Шаг симуляции
function sim_step(~,~)
    global y_target y_current t_current t_step t0 fis y0 offset
    note lines; % Переменные симуляции
    global axes1 axes2 plot1_target plot1_current plot2_target
    plot2_current; % Графики на осях
    global table_y_target table_y_current table_t_current
    table_y_zero table_y_current_zero; % Таблицы для графиков

    % Делаем шаг во времени
    t_current = t_current + t_step;
```

```

% Дополняем таблицы
table_t_current(end + 1) = t_current;
table_y_target(end + 1) = y_target;
table_y_current(end + 1) = y_current;
table_y_zero(end + 1) = 0;
table_y_current_zero(end + 1) = y_current - y_target;

% Если пришло время поменять целевой уровень и сделать
дальнейшие
% операции
if t_current >= t0
    % Переводим целевой уровень
    if y_target ~= y0
        y_target = y0;
        % И на графике - тоже, с разрывом
        table_y_target(end) = NaN;
        table_y_current_zero(end) = y_current - y_target;
    end
    % Если мы уже выполнили задачу и вошли в зону уставки
    if abs(y_current - y_target) < y_target*0.05 &&
isempty(get(note, 'String'))
        % Выведем результат текстом
        note = text(t_current, y_current-1, char(sprintf('
Переход за %g с', t_current-t0)));
        % И линиями отсечем для наглядности
        lines = [...
            line(axes1,[t_current
t_current],get(axes1,'YLim'),'Color',[0 1 0]),...
            line(axes2,[t_current
t_current],get(axes2,'YLim'),'Color',[0 1 0])];
        end
    end

    % Влияем на точку
    offset = evalfis([y_current-y_target, offset/t_step], fis); %
Так-то эта скорость в фис вообще не понадобилась, но пусть будет
    y_current = y_current + offset;
    sum(abs(table_y_current_zero)) % Считаем показатель качества

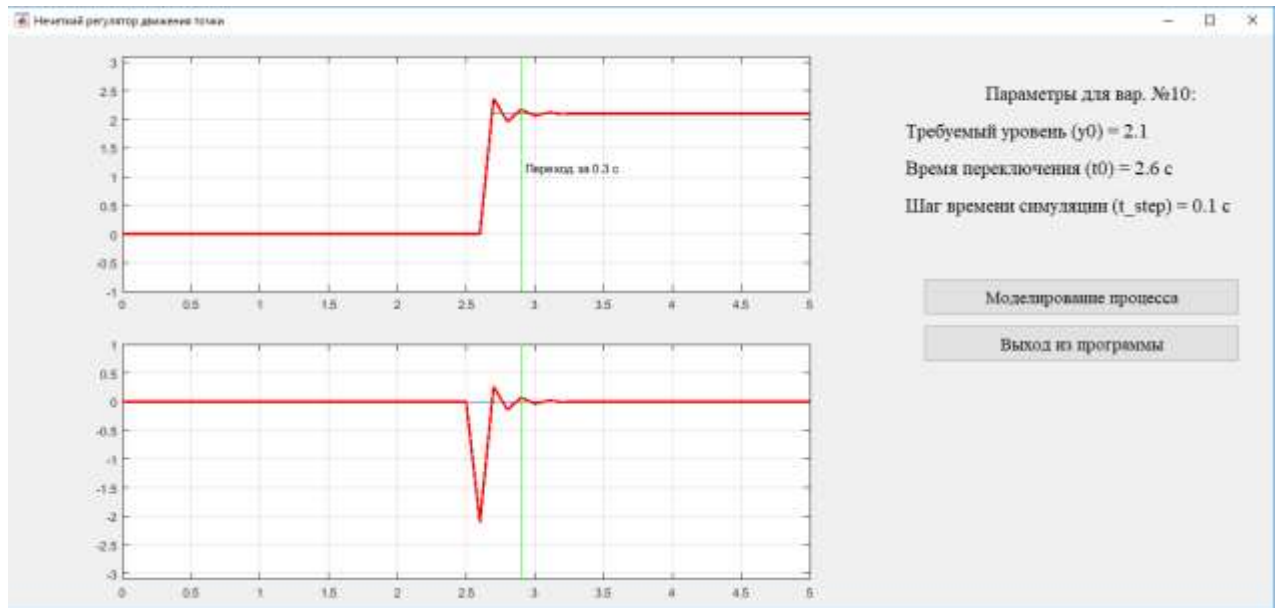
    % Рисуем новые точки на графиках
    set(plot1_target,
'xdata',table_t_current,'ydata',table_y_target);

    set(plot1_current,'xdata',table_t_current,'ydata',table_y_current
);
    set(plot2_target,
'xdata',table_t_current,'ydata',table_y_zero);

    set(plot2_current,'xdata',table_t_current,'ydata',table_y_current
_zero);
    drawnow; % Строим график!
end

```

И наконец, рассмотрим моделирование самого процесса:



В ходе процесса был достигнут показатель качества позиционирования точки в 2.6400, что лучше достигнутого ранее результата в 3.2002 примерно на 21%.

Вывод: в ходе выполнения данной работы была составлена система нечеткого вывода формата 7-5, позволяющая управлять движением точки, напрямую смещая ее уровень, и выводя этот уровень с показателем качества в 2.64.