

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого  
Институт машиностроения, материалов и транспорта  
Высшая школа автоматизации и робототехники

## **ОТЧЁТ ПО ПРАКТИЧЕСКОМУ ЗАДАНИЮ № 4**

**Разработка нечёткой системы управления тележкой мостового крана**

Выполнил  
студент гр. 3331506/60401

*<подпись>*

Д.Д. Сидоренко

Руководитель  
старший преподаватель

*<подпись>*

Э.А. Абросимов

«5» ноября 2021 г.

Санкт-Петербург

2021

## 1 Цель

Изучение особенностей разработки нечётких регуляторов. Синтез simulink-модели нечёткой системы управления тележкой мостового крана и её исследование.

## 2 Вариант задания

7	$mt = 30.0;$	$mn = 6.0;$	$L = 50.0;$	$kp = 5.0;$
---	--------------	-------------	-------------	-------------

## 3 Структурная схема исследуемой системы управления

В рамках работы предоставлена модель в Simulink, представленная на рисунке 1.

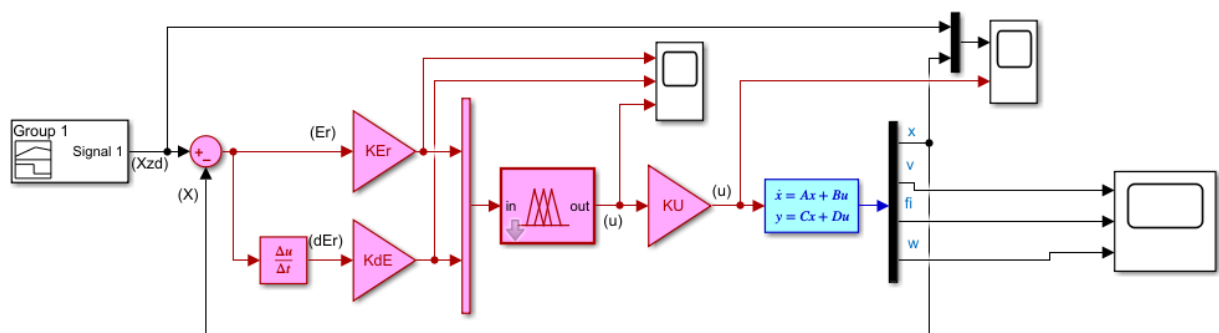


Рисунок 1 – Структурная схема системы управления

Мной был добавлен вывод переменных  $v$ ,  $fi$  и  $w$ .

## 4 Уравнения динамики объекта управления в развернутом виде

## 5 Графики функций принадлежности термов входных и выходных переменных нечёткого регулятора, которые соответствуют наилучшему качеству переходного процесса

На рисунках 2, 3 и 4 представлен график принадлежности входных и выходных терм, соответствующие наилучшему качеству переходного процесса.

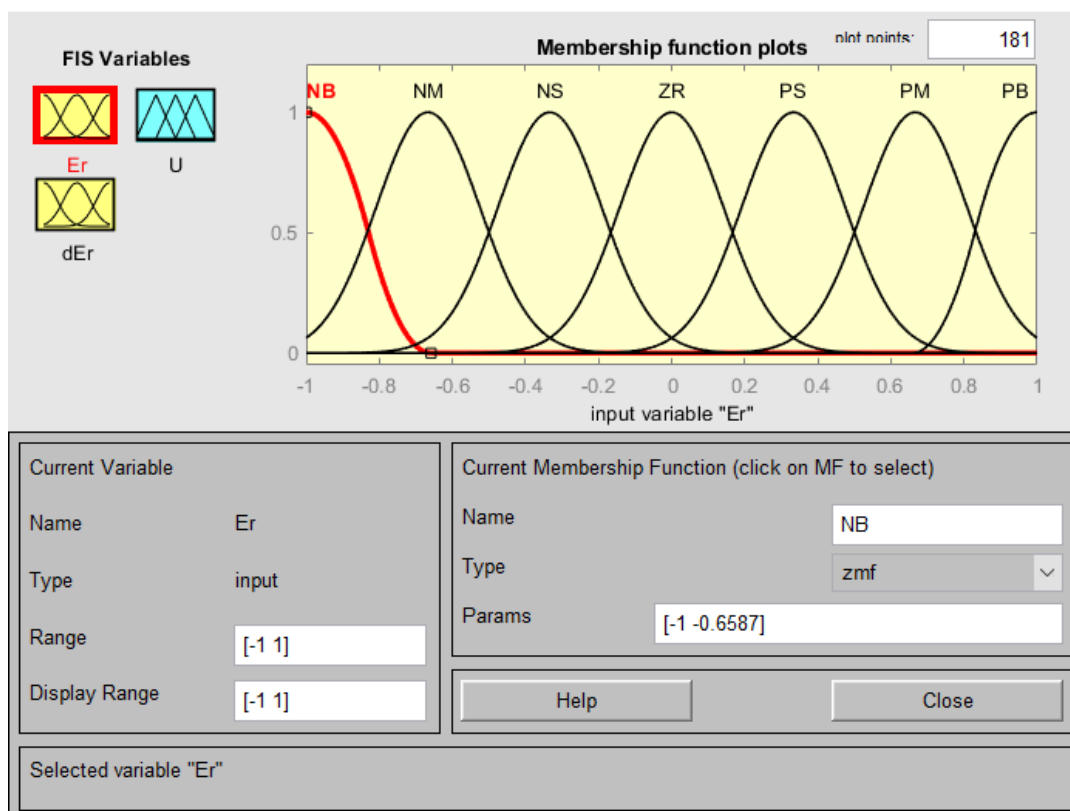


Рисунок 2 – график входного терма ошибка координаты

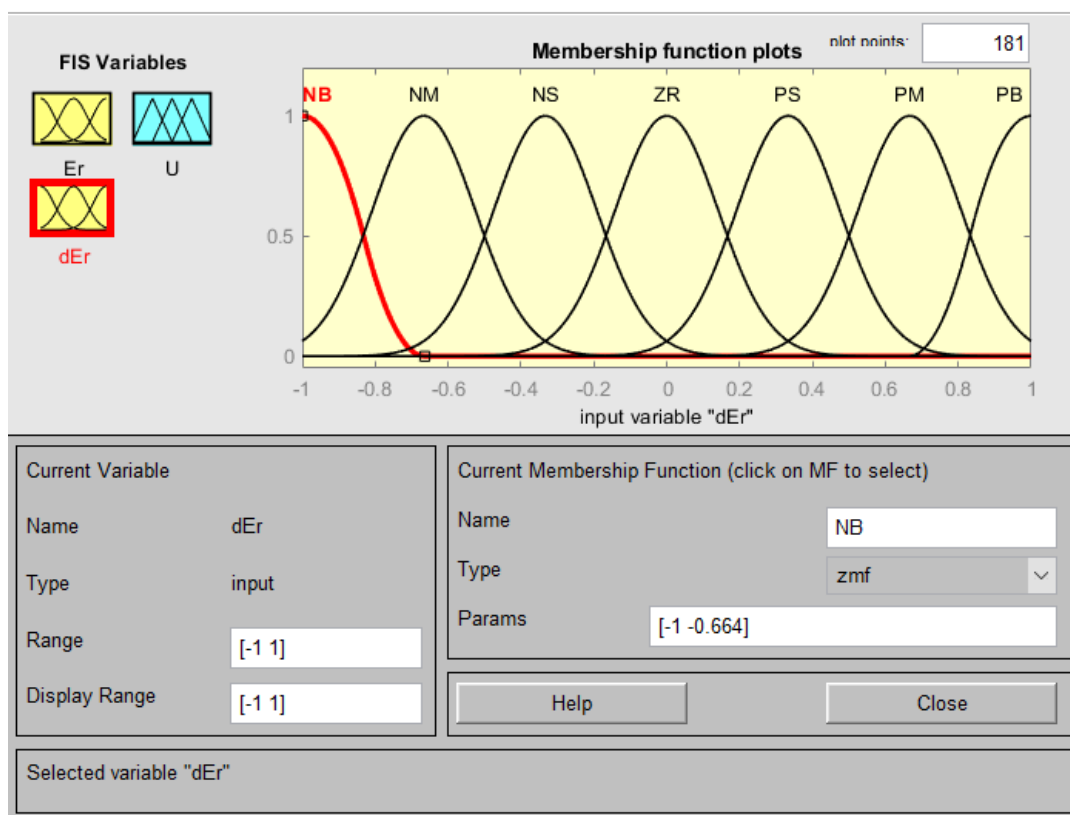


Рисунок 3 – график входного терма производная ошибки координаты

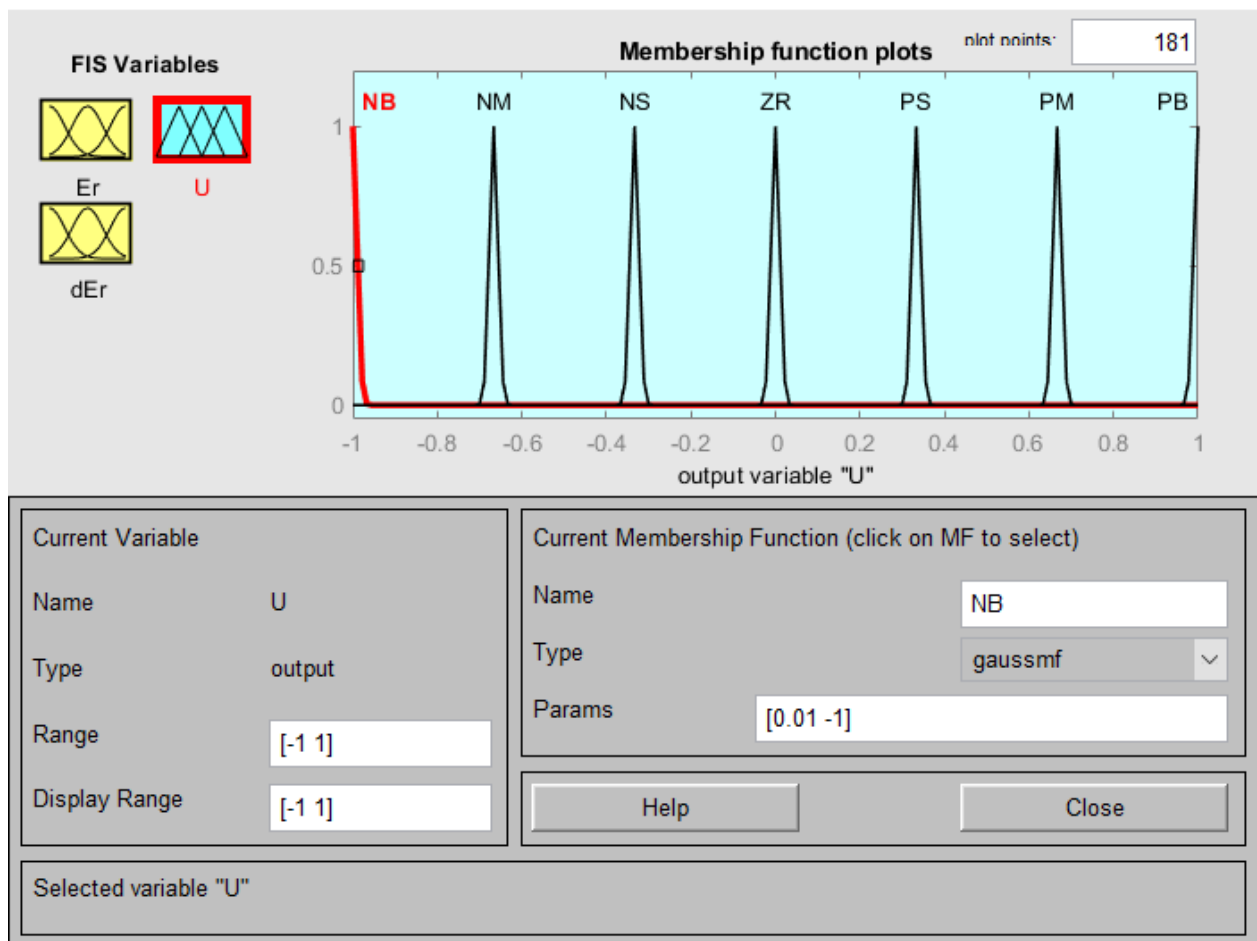


Рисунок 4 – График выходного терма управляющего сигнала

## 6 База правил нечеткого регулятора

База правил после изменения нечеткого регулятора представлена на рисунке 5

1.	If (Er is NB) and (dEr is NB) then (U is NB) (0.1)
2.	If (Er is NB) and (dEr is NM) then (U is NB) (1)
3.	If (Er is NB) and (dEr is NS) then (U is NB) (1)
4.	If (Er is NB) and (dEr is ZR) then (U is NB) (1)
5.	If (Er is NB) and (dEr is PS) then (U is NM) (1)
6.	If (Er is NB) and (dEr is PM) then (U is NS) (1)
7.	If (Er is NB) and (dEr is PB) then (U is ZR) (0.1)
8.	If (Er is NM) and (dEr is NB) then (U is NB) (0.1)
9.	If (Er is NM) and (dEr is NM) then (U is NB) (1)
10.	If (Er is NM) and (dEr is NS) then (U is NB) (1)
11.	If (Er is NM) and (dEr is ZR) then (U is NM) (1)
12.	If (Er is NM) and (dEr is PS) then (U is NS) (1)
13.	If (Er is NM) and (dEr is PM) then (U is ZR) (1)
14.	If (Er is NM) and (dEr is PB) then (U is PS) (0.1)
15.	If (Er is NS) and (dEr is NB) then (U is NB) (0.1)
16.	If (Er is NS) and (dEr is NM) then (U is NB) (1)
17.	If (Er is NS) and (dEr is NS) then (U is NM) (1)
18.	If (Er is NS) and (dEr is ZR) then (U is NS) (1)
19.	If (Er is NS) and (dEr is PS) then (U is ZR) (1)
20.	If (Er is NS) and (dEr is PM) then (U is PS) (1)
21.	If (Er is NS) and (dEr is PB) then (U is PM) (0.1)
22.	If (Er is ZR) and (dEr is NB) then (U is NB) (0.1)
23.	If (Er is ZR) and (dEr is NM) then (U is NM) (1)
24.	If (Er is ZR) and (dEr is NS) then (U is NS) (1)
25.	If (Er is ZR) and (dEr is ZR) then (U is ZR) (1)
26.	If (Er is ZR) and (dEr is PS) then (U is PS) (1)
27.	If (Er is ZR) and (dEr is PM) then (U is PM) (1)
28.	If (Er is ZR) and (dEr is PB) then (U is PB) (0.1)
29.	If (Er is PS) and (dEr is NB) then (U is NM) (0.1)
30.	If (Er is PS) and (dEr is NM) then (U is NS) (1)
31.	If (Er is PS) and (dEr is NS) then (U is ZR) (1)
32.	If (Er is PS) and (dEr is ZR) then (U is PS) (1)
33.	If (Er is PS) and (dEr is PS) then (U is PM) (1)
34.	If (Er is PS) and (dEr is PM) then (U is PB) (1)
35.	If (Er is PS) and (dEr is PB) then (U is PB) (0.1)
36.	If (Er is PM) and (dEr is NB) then (U is NS) (0.1)
37.	If (Er is PM) and (dEr is NM) then (U is ZR) (1)
38.	If (Er is PM) and (dEr is NS) then (U is PS) (1)
39.	If (Er is PM) and (dEr is ZR) then (U is PM) (1)
40.	If (Er is PM) and (dEr is PS) then (U is PB) (1)
41.	If (Er is PM) and (dEr is PM) then (U is PB) (1)
42.	If (Er is PM) and (dEr is PB) then (U is PB) (0.1)
43.	If (Er is PB) and (dEr is NB) then (U is ZR) (0.1)
44.	If (Er is PB) and (dEr is NM) then (U is PS) (1)
45.	If (Er is PB) and (dEr is NS) then (U is PM) (1)
46.	If (Er is PB) and (dEr is ZR) then (U is PB) (1)
47.	If (Er is PB) and (dEr is PS) then (U is PB) (1)
48.	If (Er is PB) and (dEr is PM) then (U is PB) (1)
49.	If (Er is PB) and (dEr is PB) then (U is PB) (0.1)

Рисунок 5- База правил

Для улучшения качества регулятора, а также для устранения перерегулирования мной были изменены веса некоторых правил. Так веса правила с максимальной и минимальной производной ошибки были изменены на 0.1.

## 7 Поверхности «входы-выходы» регулятора

На рисунке 6 представлена поверхность вход-выход

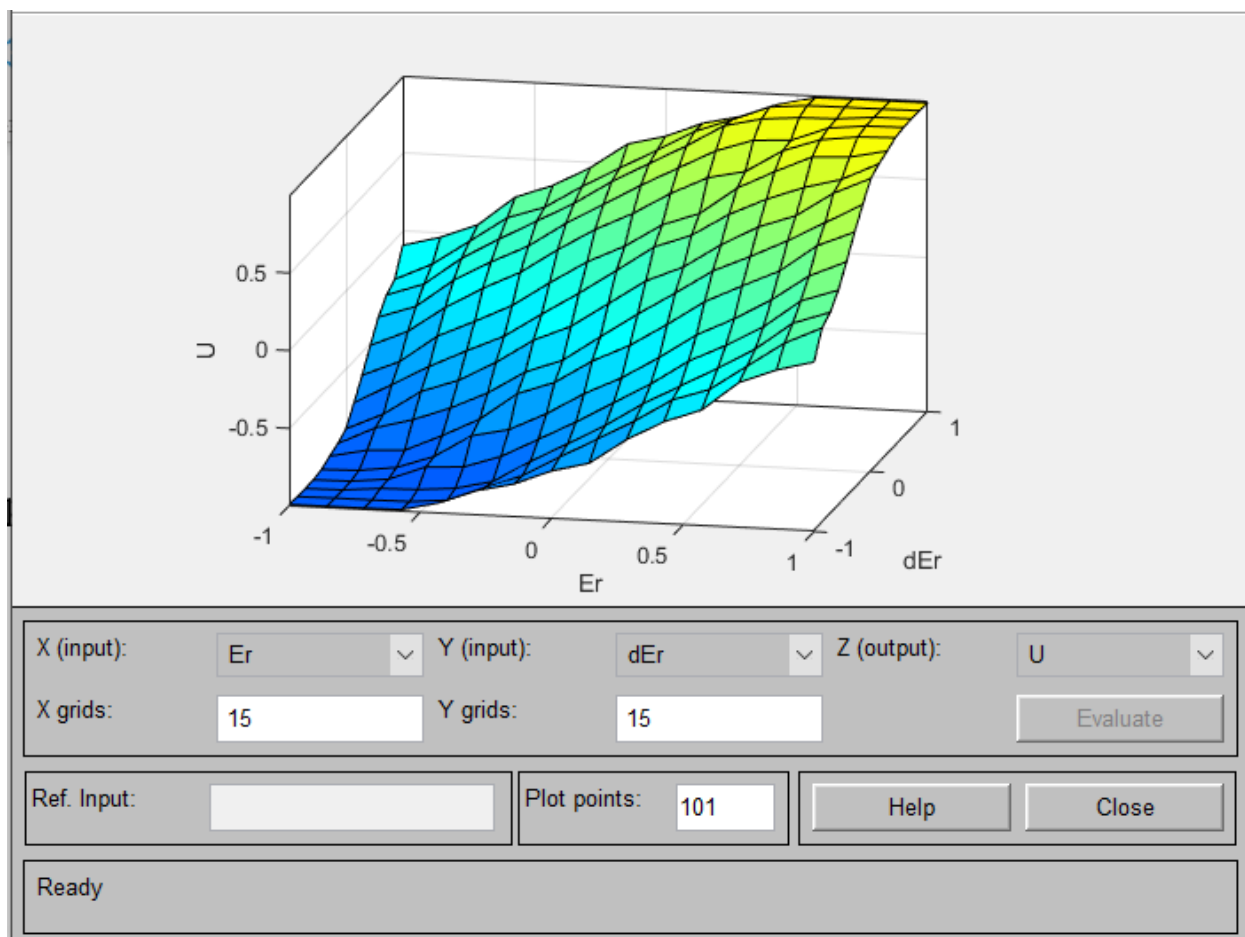


Рисунок 6 –Поверхность ввод-вывод

Для оценки переходного процесса и увеличения числа экспериментов в данной работе было сокращено время моделирования до 70 секунд. На рисунке 7 представлен график получившегося переходного процесса

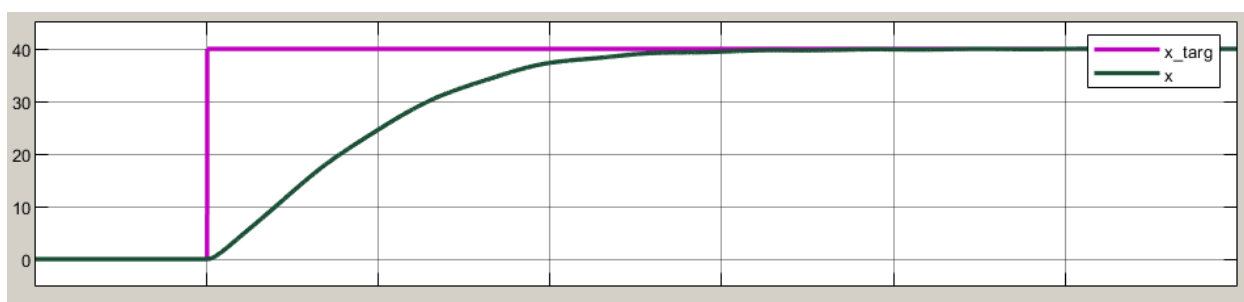


Рисунок 7 - график получившегося переходного процесса

На рисунке 8 представлена поверхность с изначальными весами правил

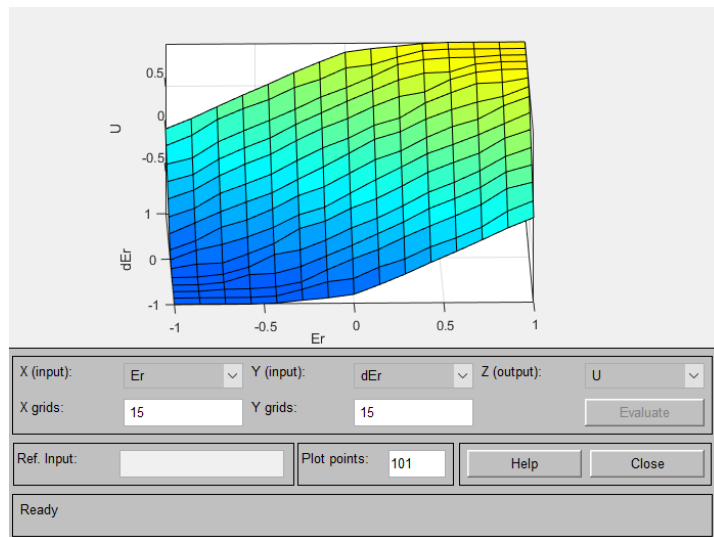


Рисунок 8 - поверхность вход-выход с изначальными весами правил

Как видно из рисунка 8 поверхность с изначальными весами немного глаже, чем поверхность с измененными весами. Но визуально переходный процесс лучше с измененными коэффициентами.

На рисунке 9 представлен график переходного процесса с изначальными весами правил

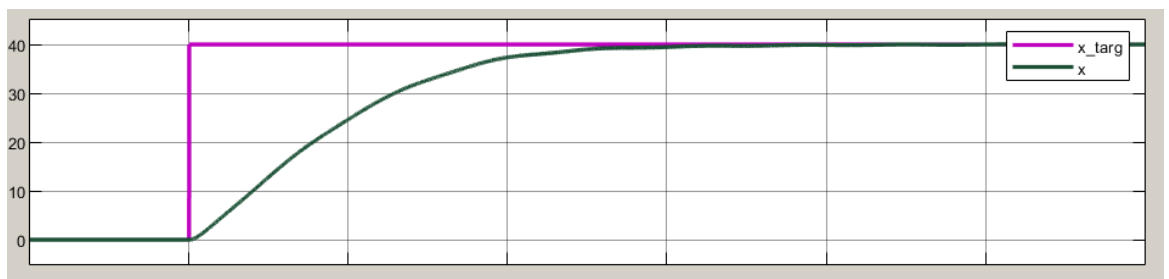


Рисунок 9 – График переходного процесса с изначальными правилами

На рисунке 10 представлена поверхность ввод-вывод для треугольных графиков принадлежности входных переменных. На рисунке 11 представлен график переходного процесса для поверхности с треугольными термами.

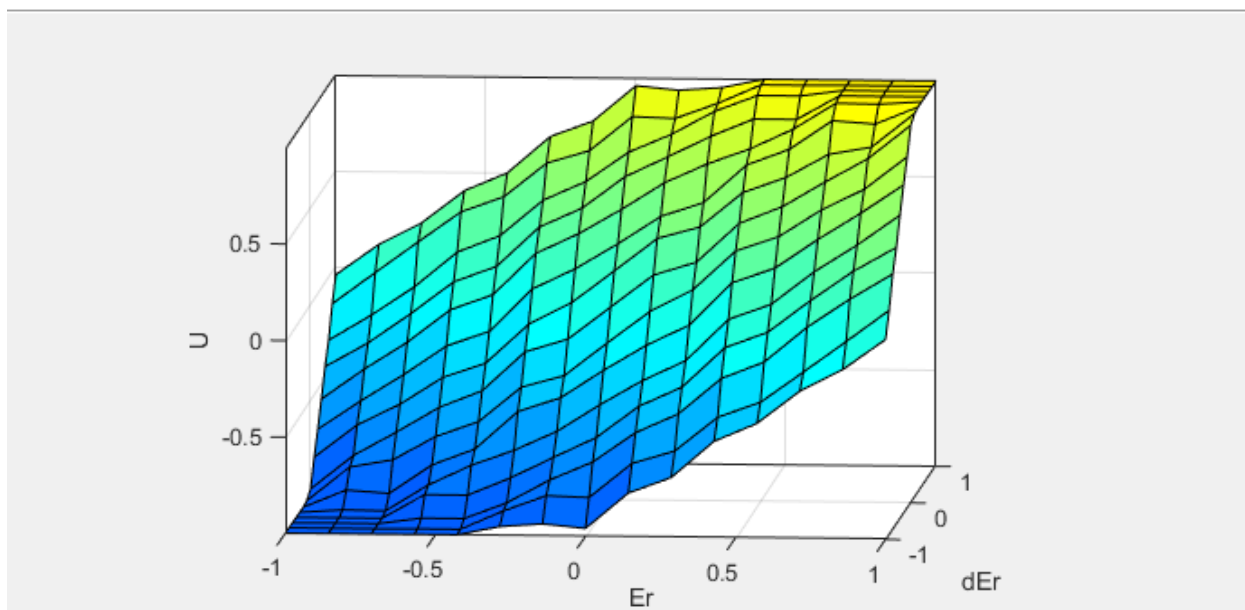


Рисунок 10 – Поверхность ввод-вывод для треугольных функций принадлежности

Как видно из рисунка 10 при использовании треугольных терм поверхность ввода-вывода получается с локальными острыми буграми.

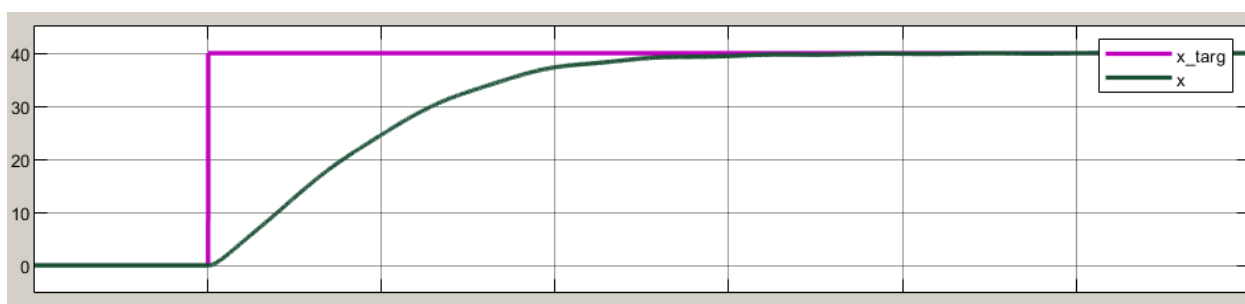


Рисунок 11 - график переходного процесс для треугольных терм

Масштабирующие коэффициенты  $K_{Er}$ ,  $K_{dEr}$  и  $K_U$  не влияют на поверхность вход-выход. Далее будут приводиться только графики переходных процессов, в зависимости от исследуемых параметров. Коэффициент  $K_{Er}$  был изменен с  $1/40$  на  $1/2$ . График переходного процесса с коэффициентом  $K_{Er} = 1/2$  представлен на рисунке 12. Коэффициент  $K_{dEr}$  был изменен с  $1/3$  на  $3$ . График переходного процесса с коэффициентом  $K_{dEr} = 1/2$  представлен на рисунке 13. Коэффициент  $K_U$  был изменен с  $40$  на  $4$ . График переходного процесса с коэффициентом  $K_U = 4$  представлен на рисунке 14.



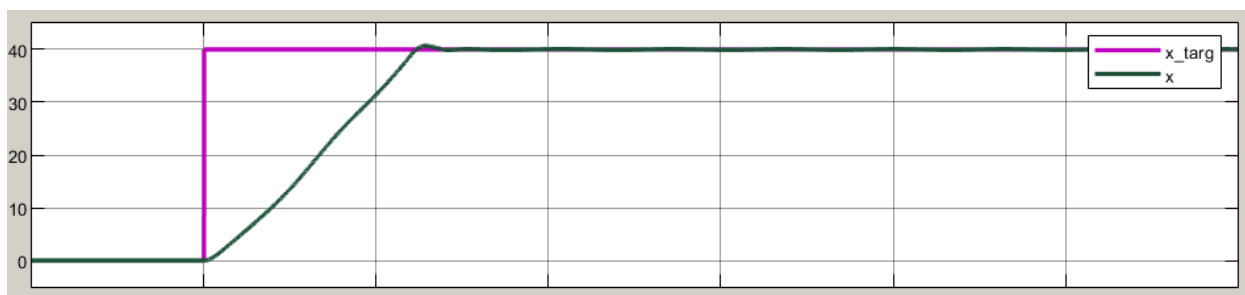


Рисунок 12 - График переходного процесса для  $K_{Er} = 1/2$

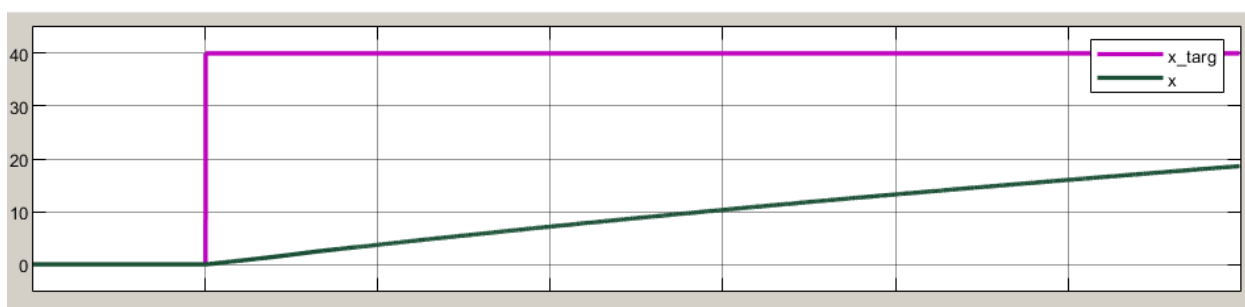


Рисунок 13 - График переходного процесса для  $K_{dEr} = 3$

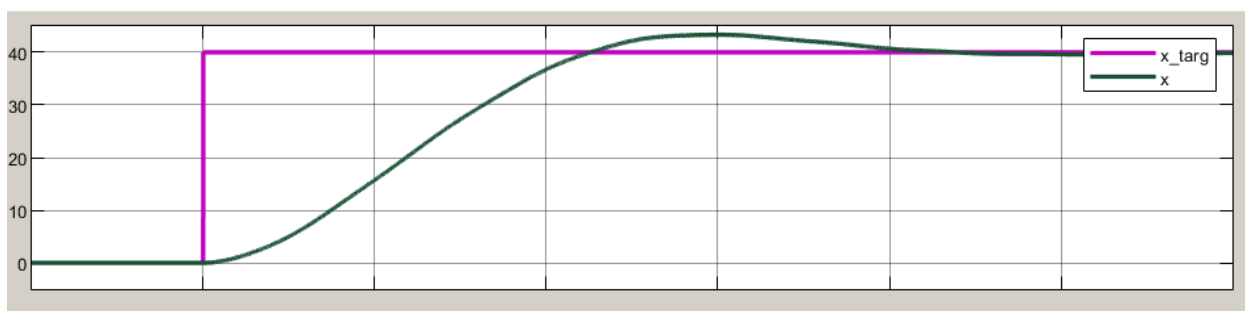


Рисунок 14 - График переходного процесса для  $K_U = 4$

Как видно из рисунков 12 – 14 увеличение коэффициента  $K_{Er}$  приводит к незначительному уменьшению времени переходного процесса, увеличение коэффициента  $K_{dEr}$  приводит к значительному увеличению времени переходного процесса, регулятор не успевает отработать заданное воздействие, уменьшение коэффициента  $K_U$  приводит к появлению перерегулирования.

## 8 Полные графики переходного процесса

Полные графики переходного процесса для наилучшего случая приведены на рисунке 15

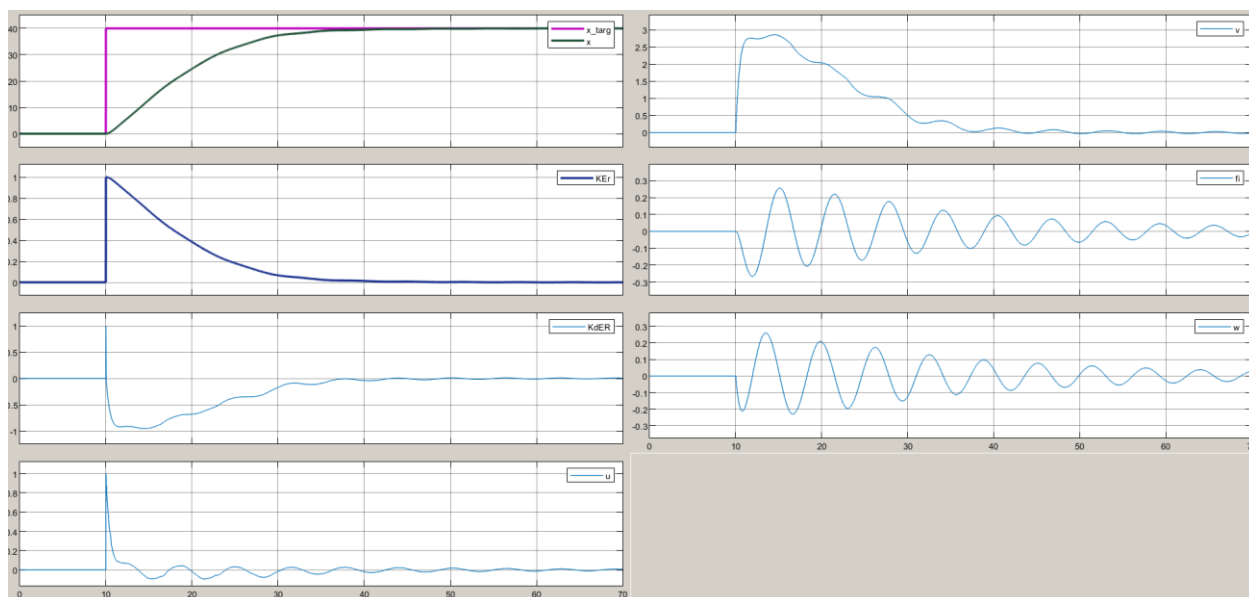


Рисунок 15 - Полные графики переходного процесса

## 9 Вывод

В данной работе произведено изучение особенностей разработки нечётких регуляторов. Так же в рамках работы был произведен синтез simulink-модели нечёткой системы управления тележкой мостового крана и её исследование.