

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИТМО

Факультет систем управления и робототехники

Дискретные системы управления

Лабораторная работа №1

«Моделирование линейных дискретных систем»

Вариант 2

Выполнил студент: Кирбаба Д.Д.

Группа: R3438

Преподаватель: Краснов А.Ю.

г. Санкт-Петербург

2023

## 1. Цель работы

Ознакомление с работой экстраполятора нулевого порядка и основными приемами моделирования линейных дискретных систем в пакете прикладных программ SIMULINK.

## 2. Ход работы

Исходные данные:

$$T = 0.2 \text{ с}, K_{0y} = 2$$

### 2.1. Схема моделирования

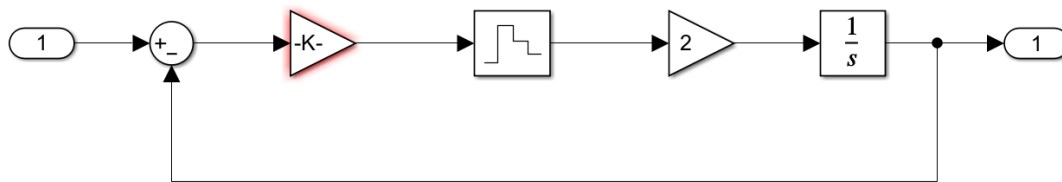


Рисунок 1. Схема моделирования.

### 2.2. Поиск коэффициентов $K_{OC}$

Коэффициенты  $K_{OC}$ , соответствующие границе устойчивости замкнутой системы:

$$K_{OC} = 0, K_{OC} = 5$$

Диапазон устойчивости:

$$K_{OC} \in (0, 5]$$

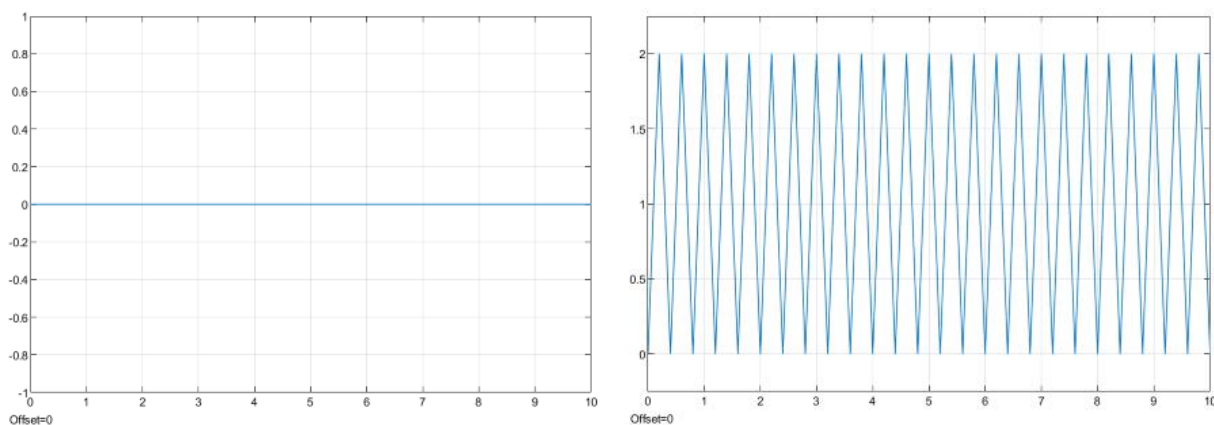


Рисунок 2. Моделирование при значениях равных границам устойчивости.

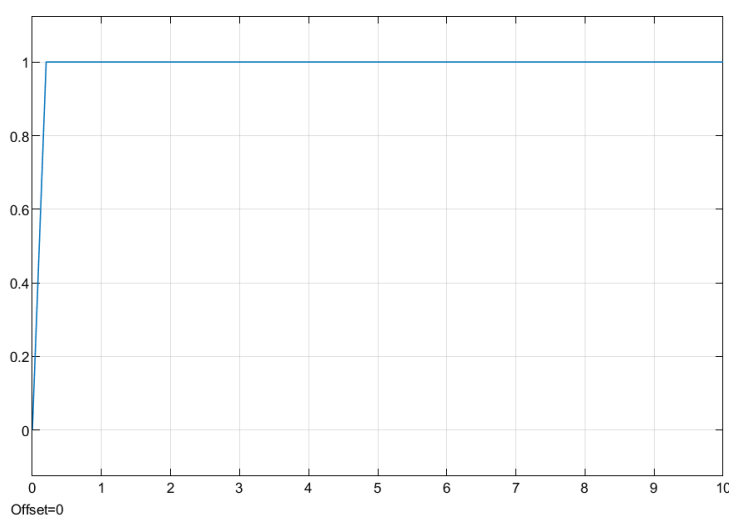


Рисунок 3. Моделирование при  $K_{OC} = 2.5$ .

### 2.3. Влияние ЭНП на устойчивость.

Наличие экстраполятора нулевого порядка может повлиять на устойчивость замкнутой системы.

Устойчивость замкнутой системы обычно анализируется путем исследования передаточной функции системы или ее полюсов и нулей. Экстраполятор нулевого порядка вносит задержку в систему, что может повлиять на ее устойчивость. Задержка, вносимая экстраполятором, может вызвать фазовый сдвиг и повлиять на общую реакцию системы. Если задержка значительна или система и так мало устойчива, это может привести к неустойчивости или колебаниям.

### 2.4. Влияние матрицы линейных стационарных обратных связей $K_{OC}$ на колебательность процесса.

Матрица обратной связи  $K_{OC}$  определяет коэффициенты усиления обратной связи по каждой переменной состояния.

Так как в нашем случае на вход мы подаем всегда константный сигнал, то, чем ближе значения  $K_{OC}$  к 0, тем плавнее работает регулятор, при больших значениях коэффициентов усиления, из-за наличия задержки в системе происходят колебания, которые при  $K_{OC} > 5$  переходят в незатухающие.

## 2.5. Коэффициенты максимальной колебательности.

Максимальная колебательность системы наблюдается при  $K_{OC} = 5$ . Это значение границы устойчивости.

## 2.6. Переходные характеристики для $K_{OC} = 5$ .

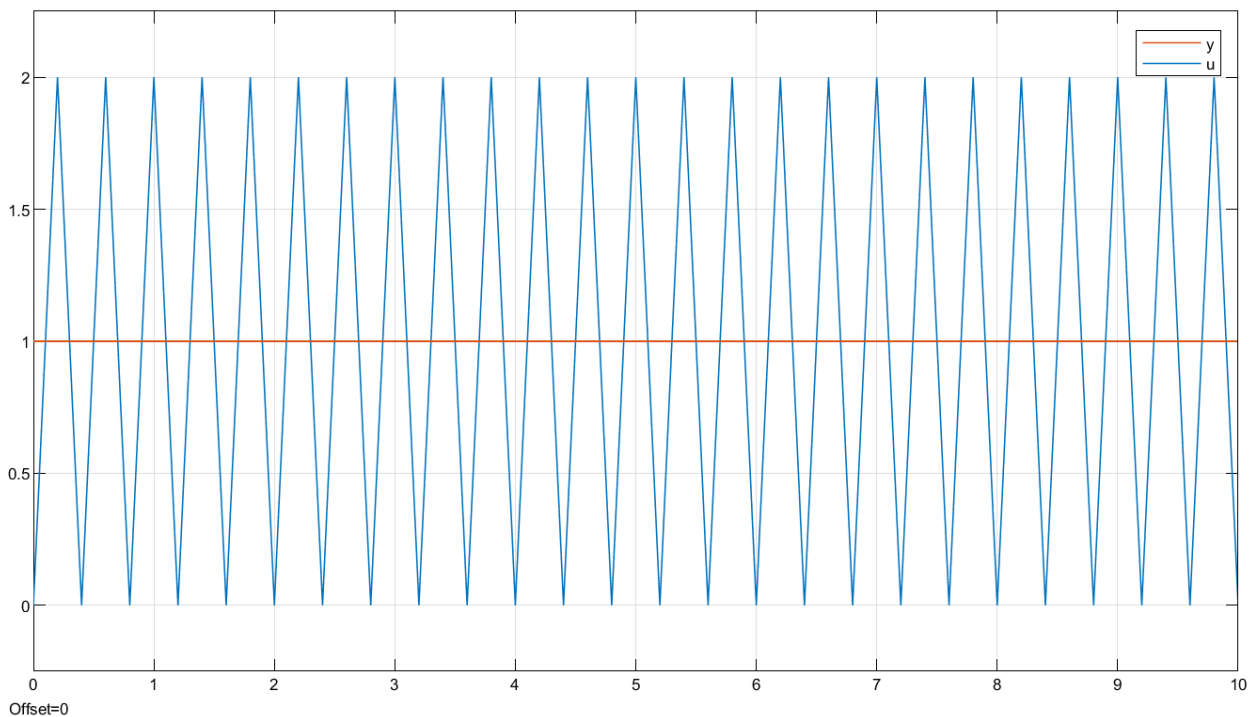


Рисунок 4. Графики переходного процесса и входного сигнала.

## 2.7. Коэффициенты обратной связи с перерегулированием менее 1%.

```
1 target_y = 1;  
2 max_overcontrol = 0;  
3  
4 reach_target = false;  
5  
6 for i = 1:length(out.yout{1}.Values.Data)
```

```

7   cur = out.yout{1}.Values.Data(i);
8   if reach_target
9       max_overcontrol = max(max_overcontrol, (cur - 1) * 100);
10      continue
11  end
12  if cur > 1
13      reach_target = true;
14      out.yout{1}.Values.Time(i)
15      max_overcontrol = max(max_overcontrol, (cur - 1) * 100);
16  end
17 end
18 max_overcontrol

```

Таблица 1. Matlab-код для вычисления значения перерегулирования.

Коэффициенты обратной связи, при которых перерегулирование менее 1%:

$$K_{OC} \in (0, 0, 2.525)$$

При  $K_{OC} = 2.525$ , перерегулирование  $H_m = \frac{h_m - h_y}{h_y} \cdot 100\% = 1\%$ .

## 2.8. Переходные характеристики для случая с перерегулированием 1% ( $K_{OC} = 2.525$ ).

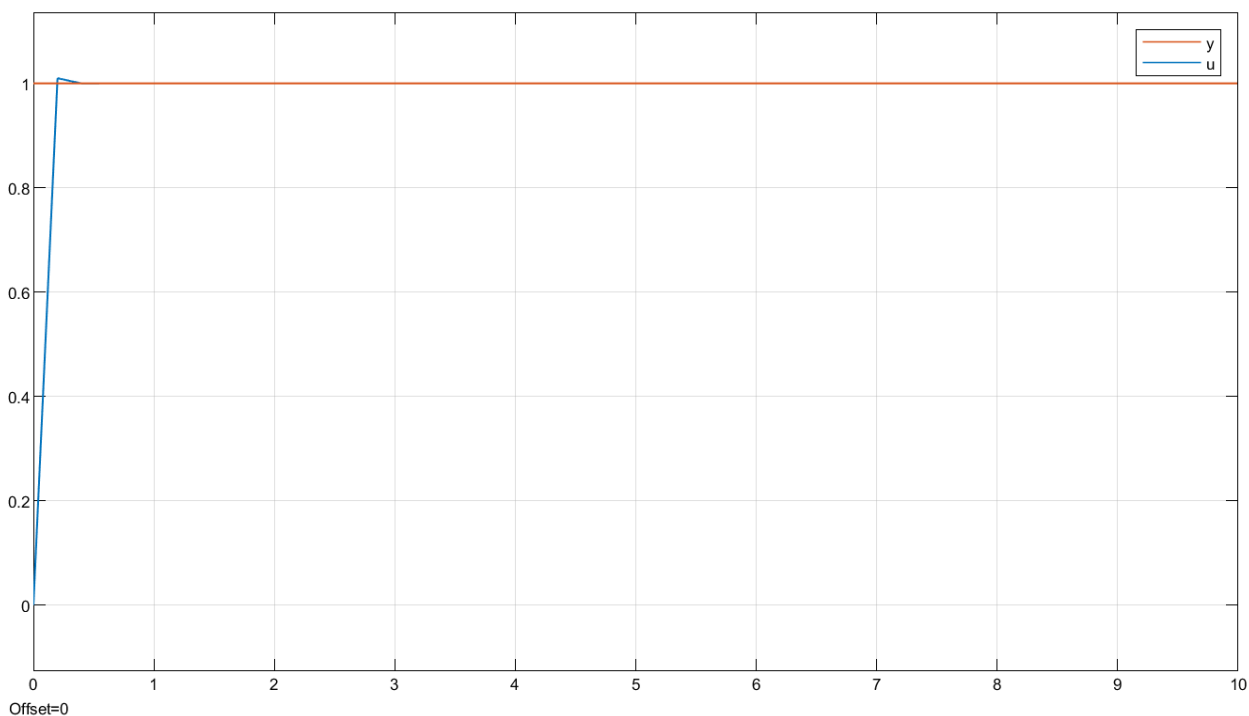


Рисунок 5. Графики переходного процесса и входного сигнала при  $K_{OC} = 2.525$ .

## 2.9. Значения коэффициента обратной связи и переходные характеристики.

### 2.9.1. Затухающий процесс без колебаний от интервала к интервалу дискретности.

$$K_{OC} = 0.5$$

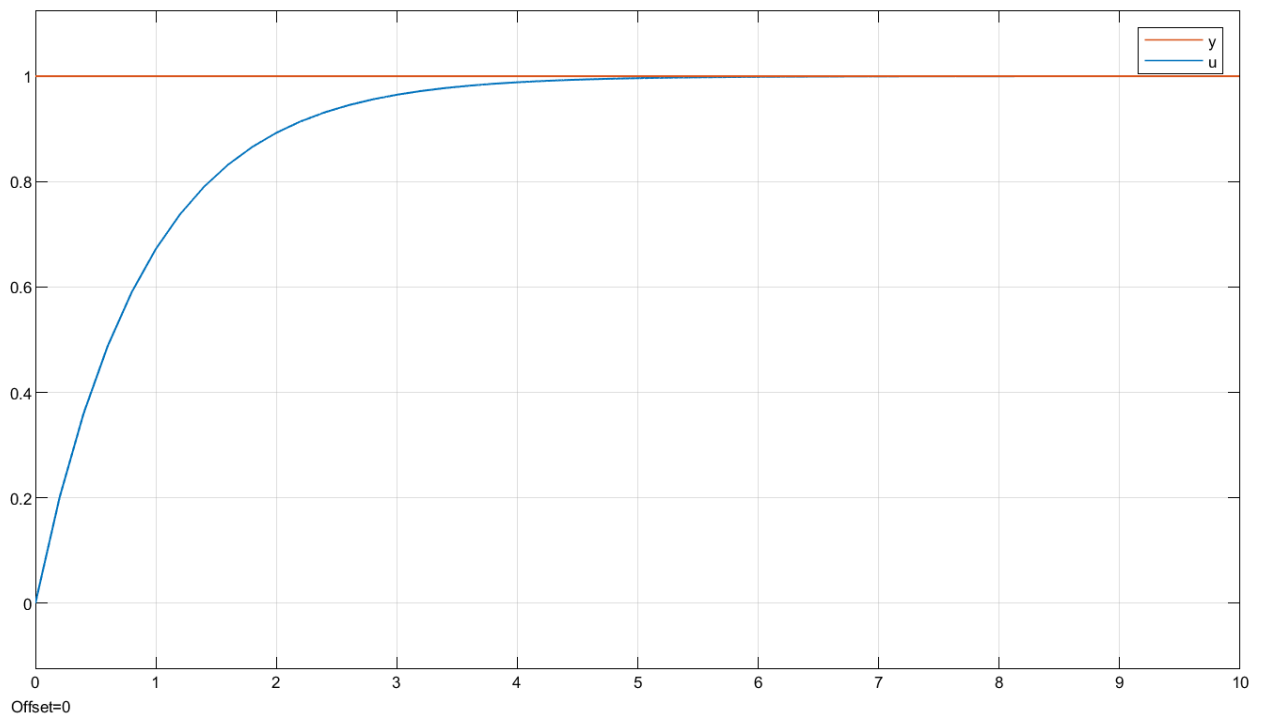


Рисунок 6. Графики переходных процессов.

### 2.9.2. Расходящийся процесс без колебаний от интервала к интервалу дискретности.

$$K_{OC} = -10$$

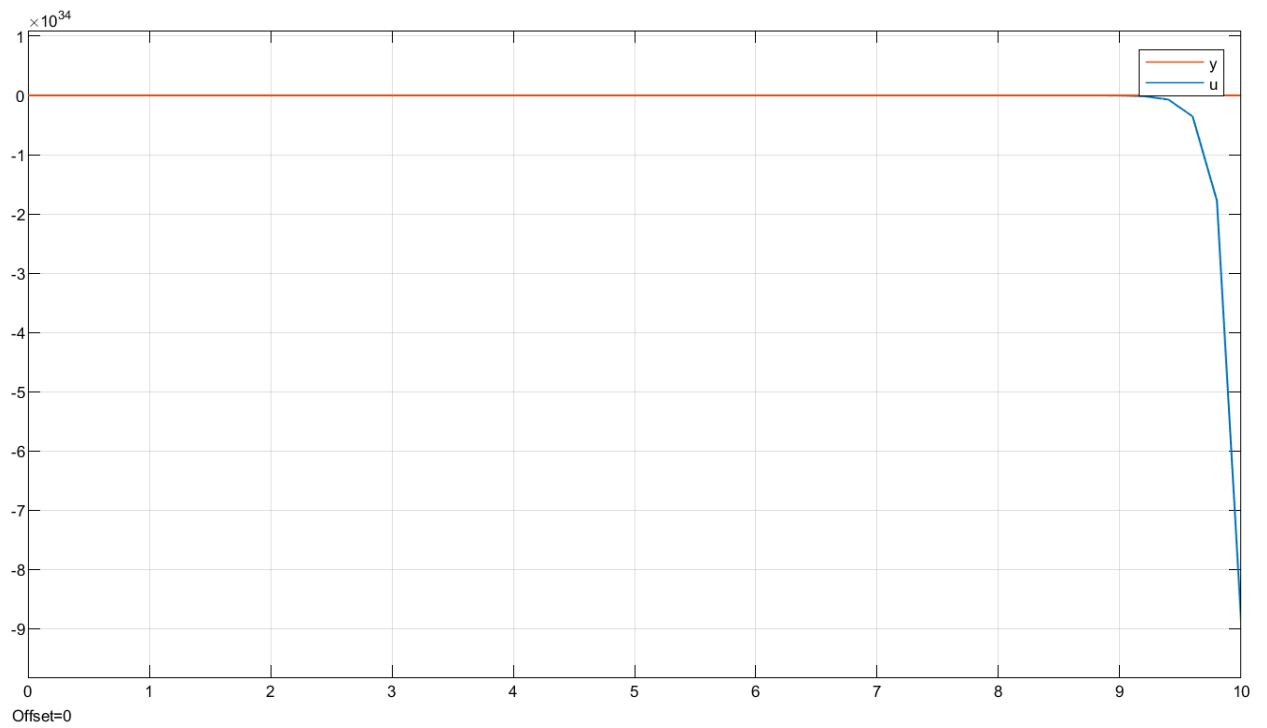


Рисунок 7. Графики переходных процессов.

### 2.9.3. Незатухающий процесс с колебаниями от интервала к интервалу дискретности.

$$K_{OC} = 5$$

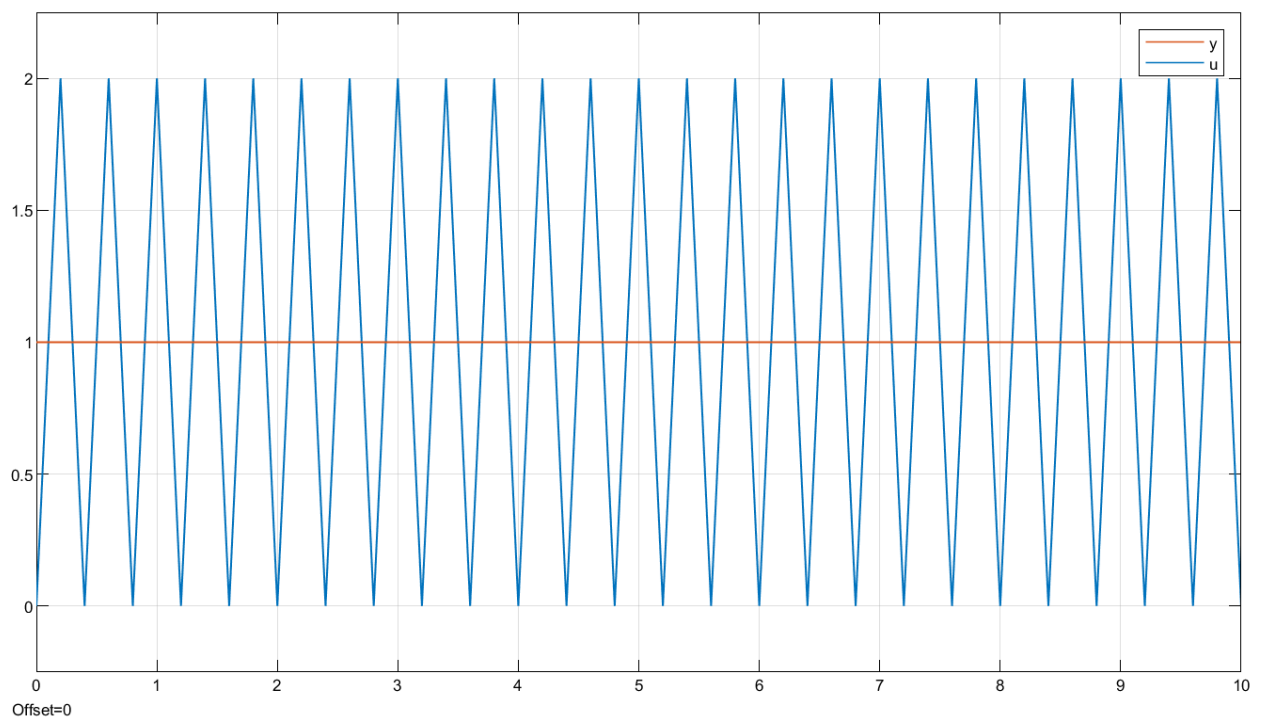


Рисунок 8. Графики переходных процессов.

2.9.4. Затухающий процесс с колебаниями от интервала к интервалу дискретности.

$$K_{OC} = 4.5$$

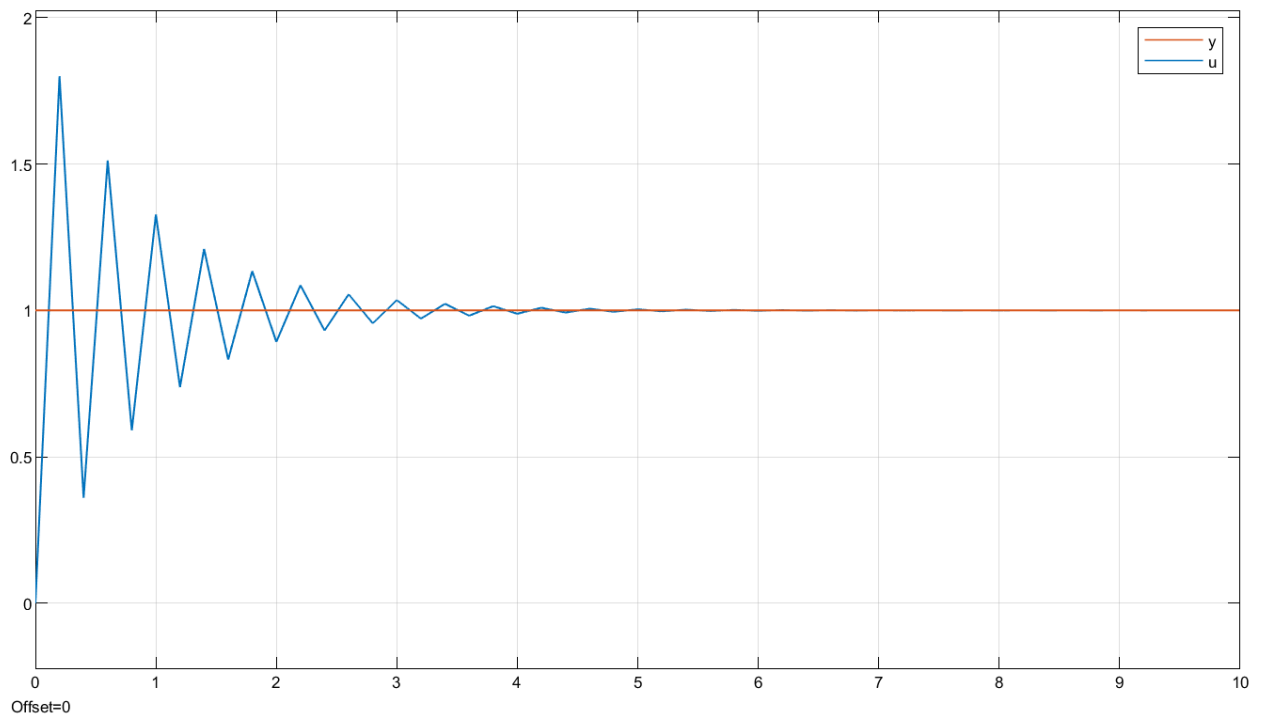


Рисунок 9. Графики переходных процессов.

2.9.5. Расходящийся процесс с колебаниями от интервала к интервалу дискретности.

$$K_{OC} = 5.3$$



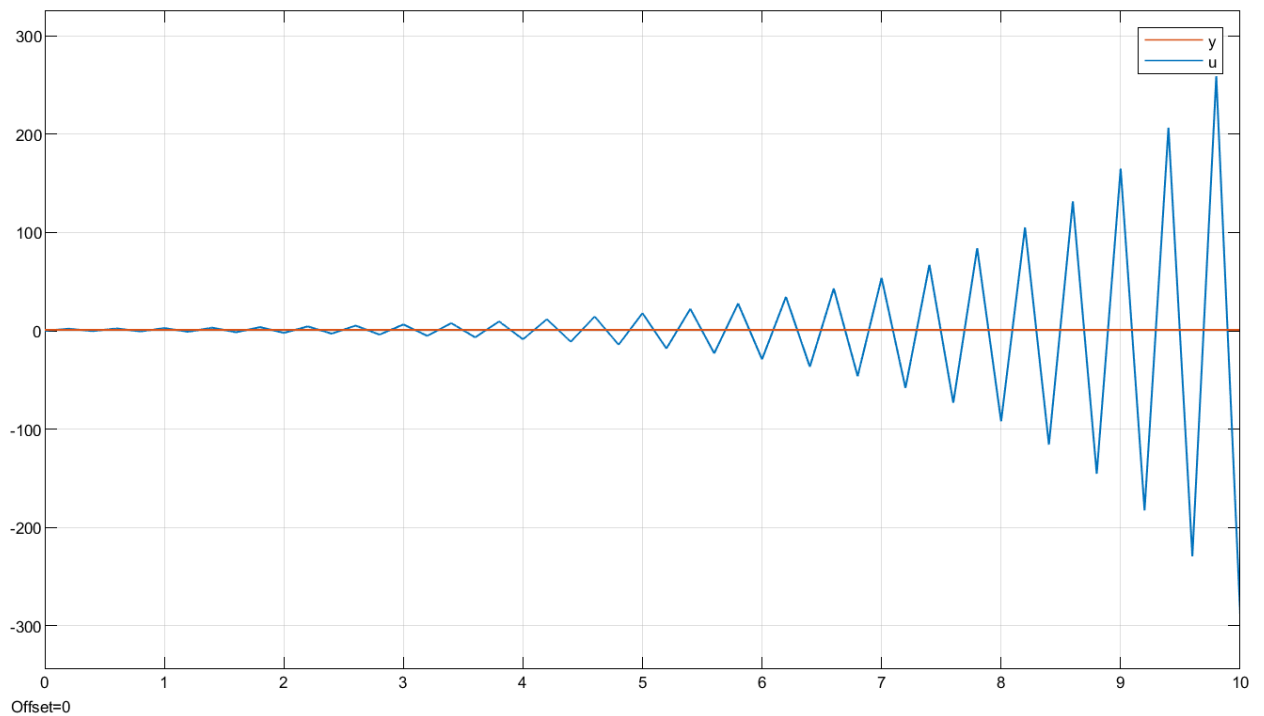


Рисунок 10. Графики переходных процессов.

## 2.10. Поиск коэффициента обратной связи для оптимальному по быстродействию переходному процессу.

```

1 target_y = 1;
2 max_deviation = 0.0001;
3 target_time = 0;
4
5 reach_target = false;
6
7 for i = 1:length(out.yout{1}.Values.Data)
8     cur = out.yout{1}.Values.Data(i);
9     if reach_target
10         if abs(cur - 1) > max_deviation
11             target_time = out.yout{1}.Values.Time(i);
12         end
13         continue
14     end
15     if cur > (1 - max_deviation)
16         reach_target = true;
17         target_time = out.yout{1}.Values.Time(i);
18     end
19 end
20
21 target_time

```

Таблица 2. Программный код для расчета времени переходного процесса.

Оптимальный переходной процесс в данной задаче – это когда система приходит в состояние  $x = 1$  за время равное периоду дискретизации, то есть

за один шаг. Это означает, что рассчитанного на первом шаге управления точно хватило на то чтобы перевести систему в нужное состояние и на последующих шагах управление будет нулевым.

В данном случае, оптимальным временем является

$$T = 0.2 \text{ с}$$

Это достигается при

$$K_{OC} = 2.5$$

Рассмотрим также результаты моделирования при минимальном отклонении от вышенаписанного значения:

$$K_{OC} = 2.49 \rightarrow T = 0.3940 \text{ с}$$

$$K_{OC} = 2.51 \rightarrow T = 0.3960 \text{ с}$$

### 2.11. Переходная характеристика для оптимального процесса.

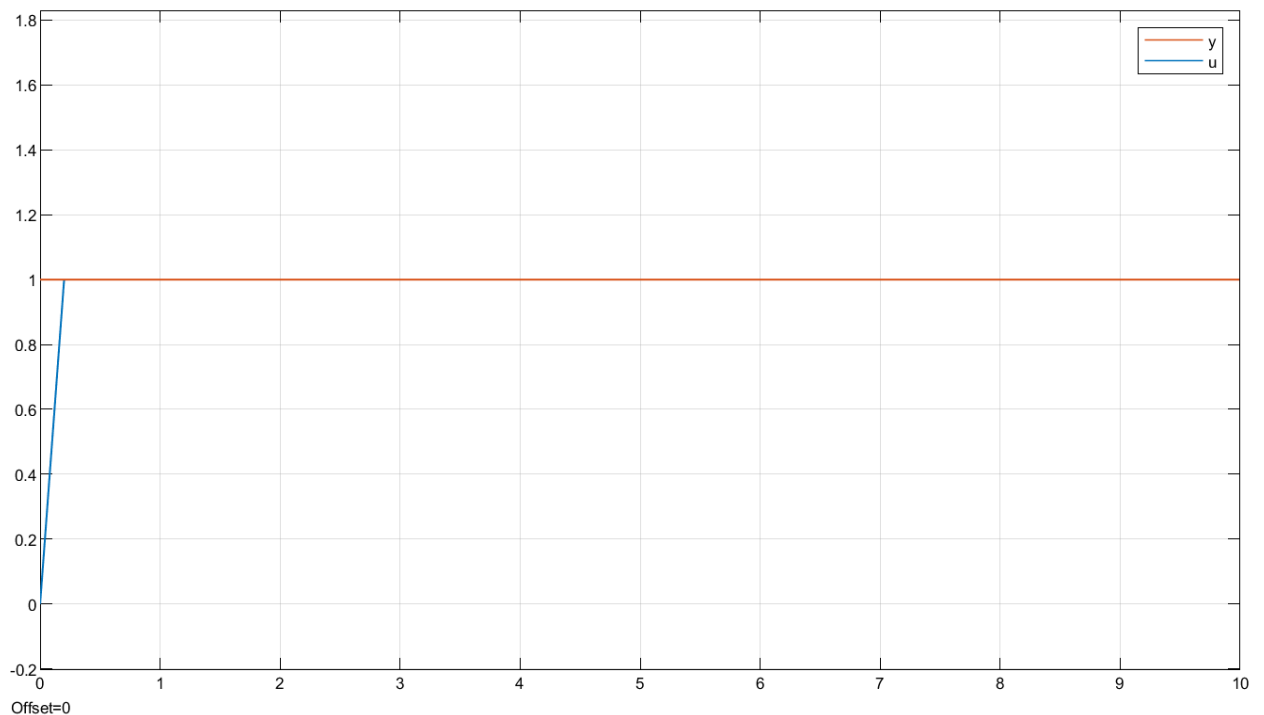
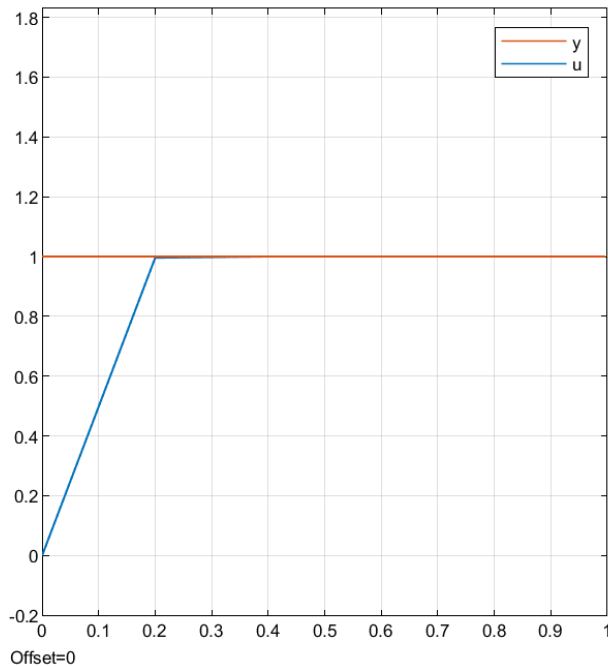
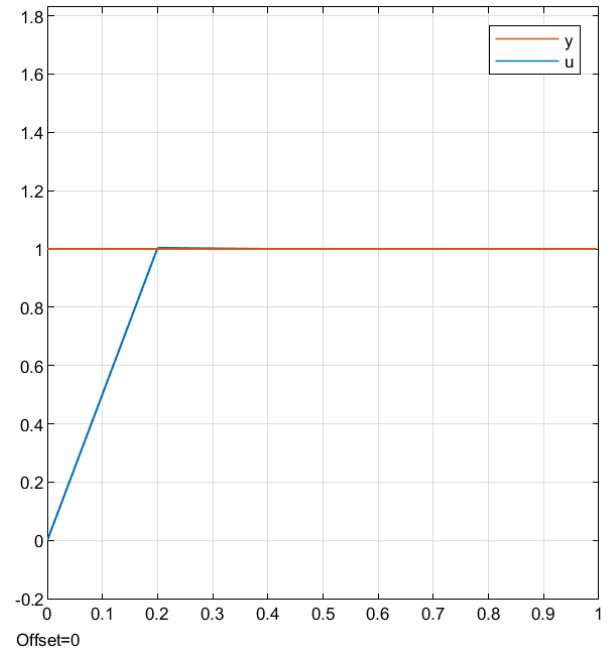


Рисунок 11. Переходные процессы при  $K_{OC} = 2.5$ .

$$K_{OC} = 2.49$$



$$K_{OC} = 2.51$$



Как видно, на левом графике наблюдаем недорегулирование, а на правом – перерегулирование. Это произошло из-за небольшого отклонения от оптимального коэффициента обратной связи.

### 3. Выводы

Лабораторная работа помогла усвоить знания об экстраполяторе нулевого порядка и его роли в преобразовании сигналов непрерывного времени в сигналы дискретного времени для цифровых систем управления.

В ходе лабораторной работы был проведен анализ влияния ЭНП и коэффициентов обратной связи на переходные процессы системы. Также, экспериментальным путем был найден диапазон значений  $K_{OC}$  с малым перерегулированием и найдено значение, соответствующее оптимальному по времени переходному процессу.