

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна

Должность: проректор по учебной работе

Дата подписания: 31.10.2024 14:46:12

Уникальный программный ключ:

0b817ca911e6668abb13a5d426d79e61e11e30b573e943df4a4851fda56d089

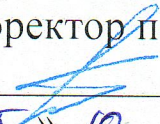
МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Юго-Западный государственный университет»
(ЮЗГУ)

Кафедра механики, мехатроники и робототехники

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе


О.И. Локтионова
« 25 » 10 2024 г.



УПРАВЛЕНИЕ ДВИЖЕНИЕМ РОБОТА

Методические указания по выполнению лабораторной работы №3
по дисциплине «Теория автоматического управления» для студентов
направления 15.03.06 «Мехатроника и робототехника»

Курск 2024

УДК 681.323

Составители: Яцун С.Ф., Щербакова М.П.

Рецензент:

Кандидат технических наук, доцент Юго-Западного государственного университета *Политов Е.Н.*

Управление движением робота: методические указания по выполнению лабораторной работы №3 по дисциплине «Теория автоматического управления» для студентов направления 15.03.06 Мехатроника и робототехника / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: С.Ф. Яцун, М.П. Щербакова. - Курск, 2024. 14 с.

Изложены задания, теоретические сведения, ход выполнения и пример выполнения лабораторной работы по дисциплине «Теория автоматического управления».

Методические указания соответствуют требованиям Федерального государственного образовательного стандарта.

Методические указания предназначены для студентов направления 15.03.06 «Мехатроника и робототехника» а также других направлений технического профиля для всех форм обучения.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать. *28.10* Формат 60x84 1/16.
Усл.печ.л. 0,81 Уч.-изд.л. 0,34 Тираж 30 экз. Заказ *1/92* Бесплатно.
Юго-Западный государственный университет.
305040 Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

Лабораторная работа №3

УПРАВЛЕНИЕ ДВИЖЕНИЕМ РОБОТА

Цель работы: 1. Исследование управления движением робота.

2. Получение навыков разработки систем автоматического управления.

Объект исследования: робот.

Аппаратные средства: виртуальная лаборатория на ЭВМ IBM PC, программный пакет «MATLAB».

Краткие теоретические сведения:

Робот (в робототехнике) — автоматическое устройство, которое благодаря специальной встроенной программе способно выполнять вместо человека определённые умственные и физические задания.

На рисунке 1 представлена классификация роботов по типу управления.

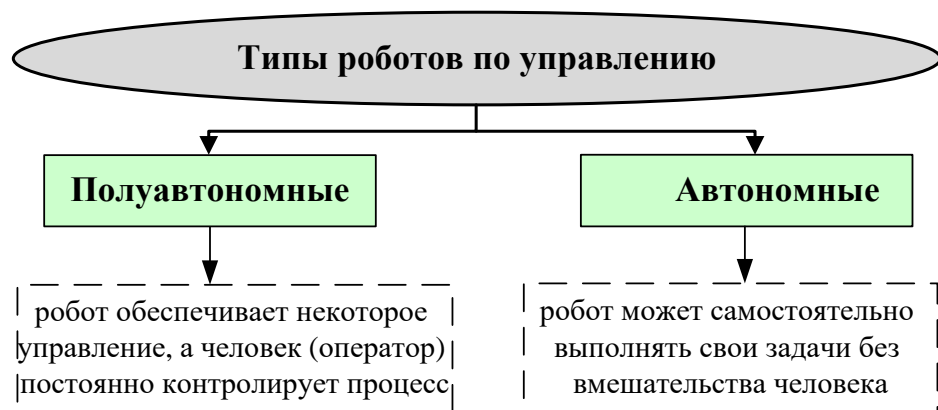


Рис. 1 Типы роботов по управлению

Цель любого управления – перевести объект из одного состояния в другое состояние объекта нужным образом (в соответствии с заданием).

Одной из основных задач систем управления роботами является - терминальное управление.

Терминальное управление¹ решает задачу перевода системы из одной терминальной точки **А (начальное положение)** в заданную терминальную точку **В (конечное положение)** по любой из возможных траекторий (например, прямая) – любым возможным способом, но за определённое время, за которое система окажется в конечной точке.

Терминальное управление в САУ отличаются от других способом организации процесса управления. Здесь предусматривается прогнозирование будущего движения системы из начального в конечное положение за заданный промежуток времени и формирование процесса изменения управляющего воздействия (программы управления), приводящего систему в заданное конечное состояние.

Для реализации управления необходимо выполнить построение математической модели.

¹ В рамках данной работы будет рассмотрен пример терминального управления.

Модель — это упрощённая схема объекта, позволяющая понять его основную суть, не отвлекаясь на второстепенные обстоятельства.

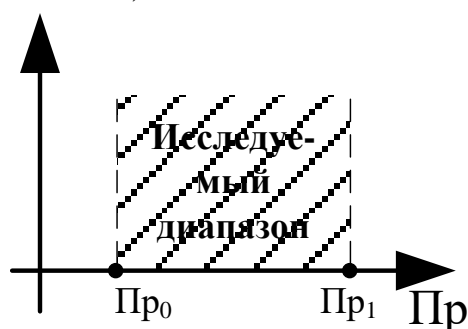
Математическая модель – модель, в которой сведения об объекте моделирования представлены в виде математических символов и выражений.

В ряде задач принимают допущения, которые упрощают построение модели и в случаях, когда в условиях исследуемой задачи можно пренебречь размерами, формой, вращением и внутренней структурой объекта, он рассматривается как материальная точка.

Материальной точкой называют простейшую модель материального тела любой формы, размеры которого достаточно малы и которое можно принять за геометрическую точку при изучении его движения. Поступательно движущееся тело можно рассматривать как материальную точку с массой, равной массе всего тела.

Рассмотрим следующую задачу (рис. 2), в которой робот с массой m движется по закону $m\ddot{x} = -\mu\dot{x} - cx + f$, определим зависимости перемещения и скорости робота от времени $x(t), \dot{x}(t)$, при различных значениях параметров закона движения.

Значения параметров будем задавать следующим образом (см. теорию лаб. работы 2)



Изменяемый параметр (Pr) будем задавать следующим образом: $Pr \in [Pr_0, Pr_1]$, Pr_0 — минимальное значение, Pr_1 — максимальное значение. Произведём настройку системы при Pr_0 , а затем при Pr_1

В связи с принятым допущением, на рисунке 2 представлена схема движения робота (материальной точки).

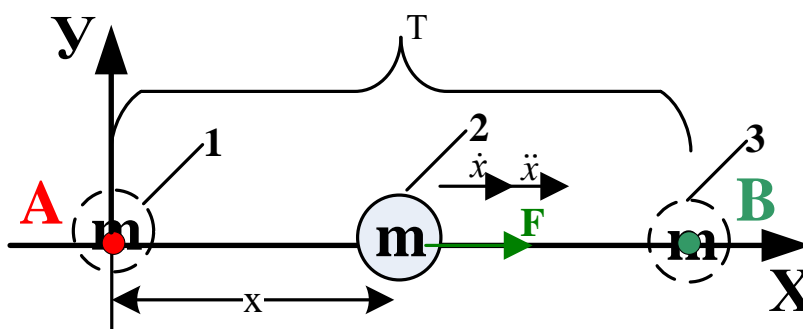


Рис. 2 Схема движения робота

где: A – начальная точка; B – конечная точка; 1- система в начальном положении; 2- система в процессе движения; 3- система в конечном положении; F – сила, приводящая робота в движение; T – время движения; \dot{x} – скорость робота, \ddot{x} – ускорение, m – масса робота, F – управляющая сила

Математическая модель робота может быть описана различными средствами (например, уравнением Лагранжа II рода, вторым законом Ньютона), в данном примере рассмотрим описание через второй закон Ньютона.

$$m\ddot{x} = F \quad (1)$$

Исходя из уравнения 1, закон движения представлен следующим образом:

$$m\ddot{x} = -\mu\dot{x} - cx + f$$

где:

$$F = -\mu\dot{x} - cx + f \quad (2)$$

Следовательно:

$$\ddot{x} = \frac{F}{m} = \frac{-\mu\dot{x} - cx + f}{m}$$

$f = f(t)$ имеет следующий вид:

$$f(t) = \begin{cases} f_1, & 0 < t < t_1 \\ f_2, & t_1 < t < T \end{cases} \quad (3)$$

Пример задания параметра $f(t)$ представлен на рисунке 3.

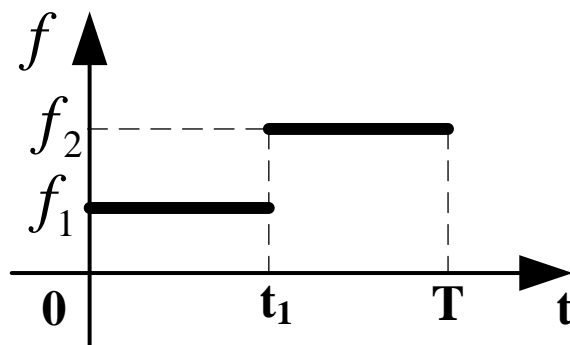


Рис. 3 Задание параметра $f(t)$

На рисунке 4 представлен пример алгоритма, необходимый для реализации управления.

Алгоритм управления – совокупность предписаний (операций управления), определяющих характер и последовательность воздействий на объект управления в целях реализации им заданной функции преобразования или алгоритма функционирования.

Представленный на рисунке 4 алгоритм осуществляет управление следующим образом: на вход устройства подаются его начальные данные, параметры времени и параметры закона движения. Далее в цикле происходит задание текущего значения изменяемых параметров (в данном случае это $f(t)$) для текущего времени, которые поступают в блок расчёта текущего ускорения, скорости и положения по заданному закону движения. Далее полученные данные сохраняются, в то время, как система обрабатывает следующую итерацию. Это процесс будет происходить с заданным временным шагом, пока не будет достигнуто время окончания работы системы. Затем сохранённые данные выводятся на осциллограф.

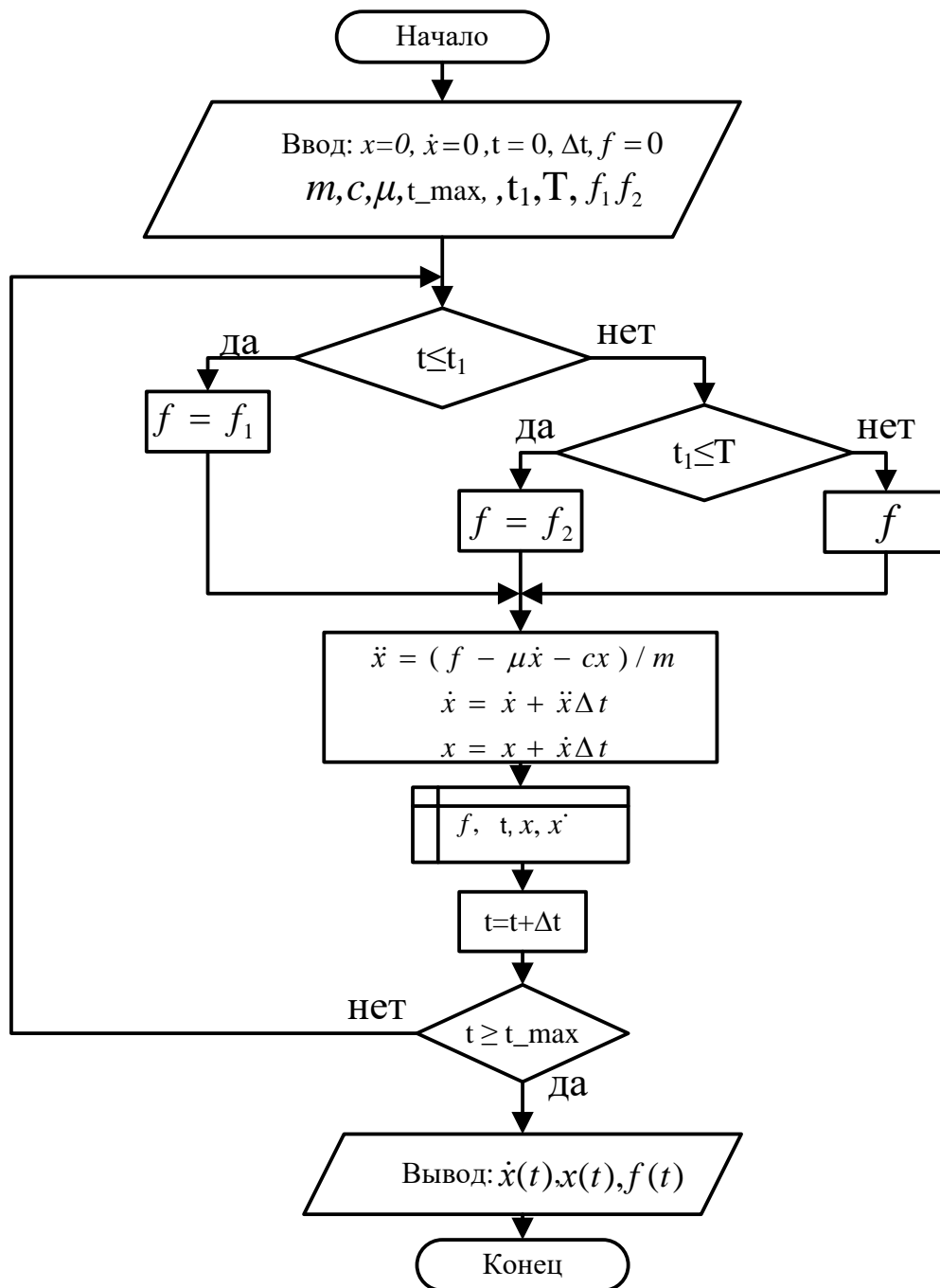




Рис. 4 Алгоритм управления

Представленный на рисунке 4 алгоритм описывает поэтапное решение поставленной задачи для достижения желаемого результата.

Теория написания листинга программы (кода) в программном пакете Matlab

Для создания программы нужно набирать код в окне редактирования Editor (рис. 5). Перед запуском программы, ее требуется создать и сохранить файле с расширением *.m*. Для этого нажимаем на конпку , расположенную во вкладке Editor и выполняем необходимые действия. Запускать программу нужно нажатием на кнопку , расположенную во вкладке Editor.

Далее в окне редактирования Editor набираем код. Начинаем с написания главной функции программы `function` название функции, в которой должен быть написан код самой программы, в конце пишем `end`

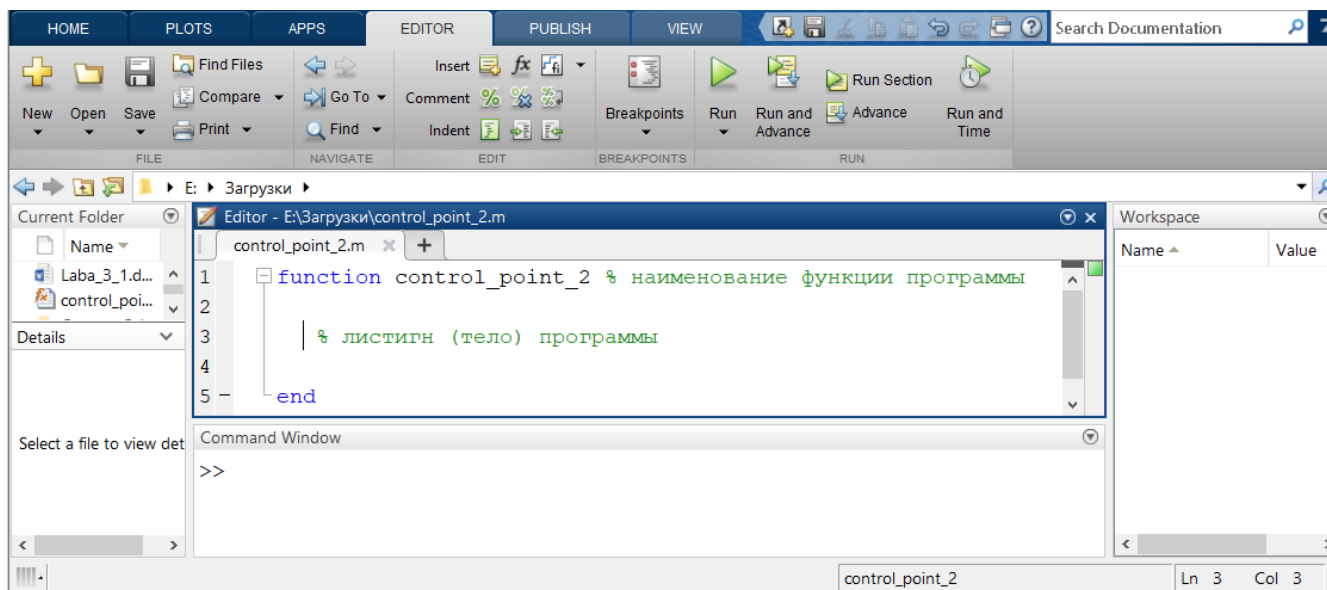


Рис. 5 Интерфейс программы

Написание листинга программы осуществляется на *C подобном языке* латиницей и с использованием арабских цифр и специальных символов. На рисунке 6 представлены некоторые операторы, применяемые в данной работе.

Оператор	Описание	Оператор	Описание
+	Сложение	<	Меньше
-	Вычитание	>	Больше
/	Деление	<=	Меньше или равно
*	Умножение	>=	Больше или равно
=	Присвоить/обозначить	&	Логическое И
~=	Не равно		Логическое ИЛИ

Рис. 6 Основные используемые специальные символы

Кириллицей допускается только написание комментариев после следующего символа % (см. рис. 5).

В конце строки необходимо писать точку с запятой (;), которая используется для подавления вывода одной команды, разделяет несколько команд в одной строке, подавляя вывод, а также обозначает конец строки при создании массива.

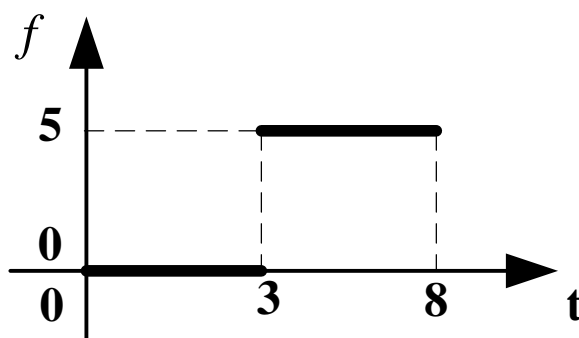
Пример выполнения работы:

Выполним моделирование движения робота, приведённого в кратких теоретических сведениях со следующими характеристиками (таблица 1).

Таблица 1

Параметр	m	μ	c	f_1	f_2	t_1	T	μ	c
Значение	10	0.1	0.5	0	5	3	8	[0.1;0.35]	[0.1;0.9]

Исходя из заданных значений f_1 и f_2 , $f(t)$ будет иметь следующий вид (рис.7):

Рис. 7 Задание параметра $f(t)$

Ниже представлен пример листинга программы, выполняющей моделирование движения робота (материальной точки) согласно представленному выше алгоритму.

Наименование функции модели движения материальной точки:

```
function control_point% наименование главной функции
```

Настройка глобального времени:

```
time = 9; % Время симуляции
dt = 0.01; % шаг
count = floor(time / dt); % количество итераций
```

Настройка времени моделирования:

```
T = 8;
t1 = 3;
```

Задание параметров движения:

```
point_mass = 10; % kg
Mu = 0.2;
C = 0.5;
```

Задание начальных условий скорости и положения:

```
point_dx = 0; % начальное положение
point_x = 0; % начальная скорость
```

Цикл задания переменной f :

```
for i = 1:count% Основной цикл
    t = i * dt; %глобальное время в секундах

    if (t1 <= t && t <= T) % условие задания параметра f
        f = 5;
```



```

else
    f = 0;
end

```

Решение уравнения движения:

```

point_ddx = (f - C * point_x - Mu * point_dx)/point_mass;
point_dx = point_dx + (point_ddx * dt);
point_x = point_x + (point_dx * dt);

```

Сохранение результатов времени, положения, скорости и параметра f для их дальнейшего вывода на графиках:

```

res_t(i,1) = t;
res_px(i,1) = point_x;
res_pdx(i,1) = point_dx;
res_f(i,1) = f;
end

```

Вывод графиков:

```

figure(1) % создание графика
plot(res_t, res_px, 'linewidth',2) % указание того, что
будет на графике (ось x, ось y, тип линии, толщина линии)
xlabel('t, с'); % подпись на оси x
ylabel('x, м'); % подпись на оси y
grid on; % включение сетки на графике

figure(2)
plot(res_t, res_f, 'linewidth',2)
xlabel('t, с');
ylabel('f');
grid on;

figure(3)
plot(res_t, res_pdx, 'linewidth',2)
xlabel('t, с');
ylabel('v, м/с');
grid on;
end

```

На рис 8 представлены графики движения объекта при $m=10\text{кг}$, $\mu=0.2$ $C=0.5$ и задание параметра $f(t)$.

Для того, чтобы надпись оси(ей) была расположена в желаемом месте (например, как на графиках рис. 8), используется функция `gtext ('обозначение оси, размерность');`, которая пишется место `xlabel('обозначение оси, размерность');` и/или `ylabel('обозначение оси, размерность');`

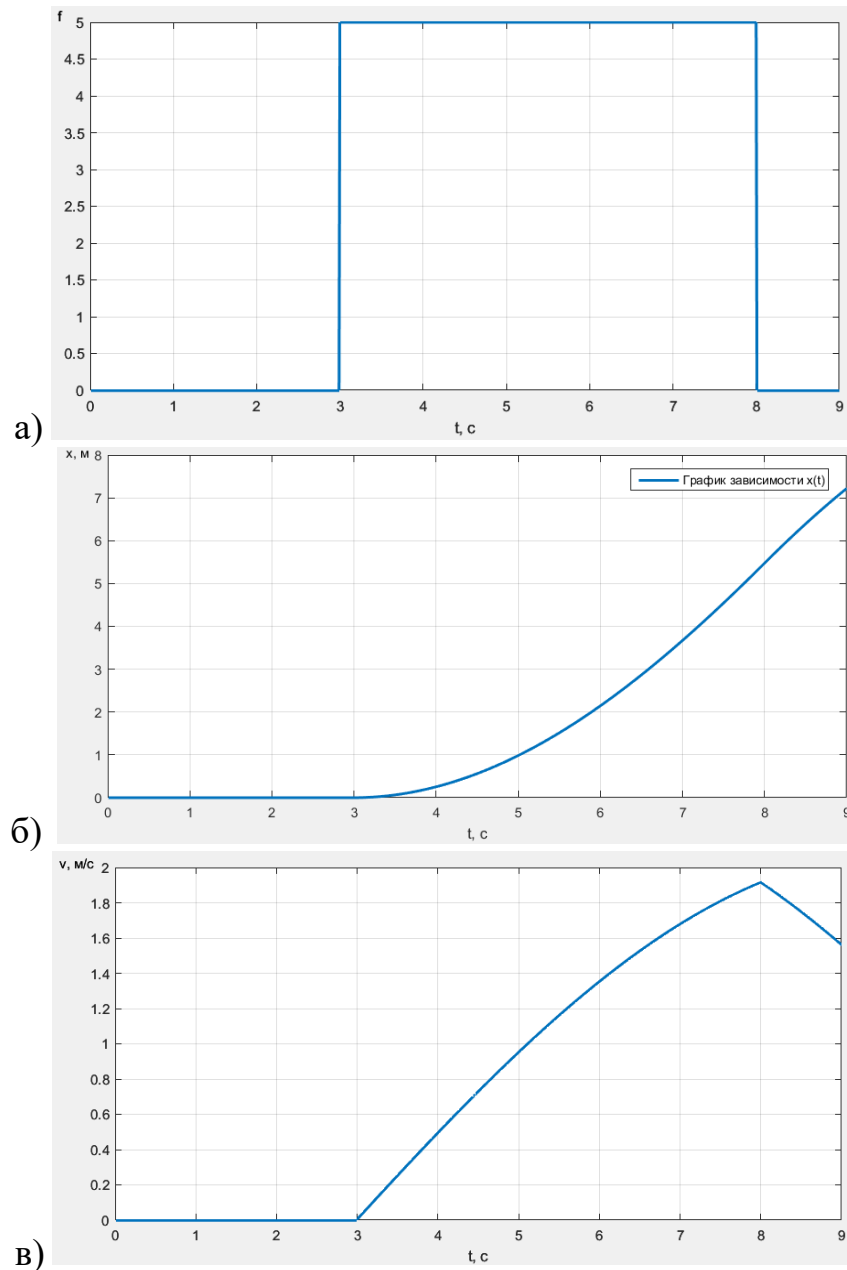


Рис. 8 Графики: а) задание параметра $f(t)$; б) зависимость перемещения робота на плоскости от времени в) зависимости скорости движения робота на плоскости от времени

Исследование системы

Для исследования системы рекомендуется взять за основу приведённый в данной работе код. Исследование проводится при изменении параметров, C и μ со следующими значениями: $\mu = [0.1; 0.35]$ и $C = [0.1; 0.9]$ (согласно своему варианту) и m^2 .

Затем выполним построение семейств графиков изменяя диапазоны упомянутых выше параметров (рис. 9-11):

- при неизменных $m = 5\text{кг}$, $C = 0.5$ и $\mu = [0.1; 0.35]$ (рис. 9)
- при неизменных $m = 5\text{кг}$, $\mu = 0.2$ и $C = [0.1; 0.9]$ (рис. 10)
- при $m = 5\text{кг}$, $C = [0.1; 0.9]$, $\mu = [0.1; 0.35]$ (рис. 11)

² Для всех вариантов 2 раза меньше значения по варианту

Для подписи графика на координатной плоскости необходимо использовать функцию `legend('График1');` (см. рис. 8б). Для ситуаций с несколькими графиками, как пример, их наименование перечисляется через запятую в апострофах с обеих сторон.

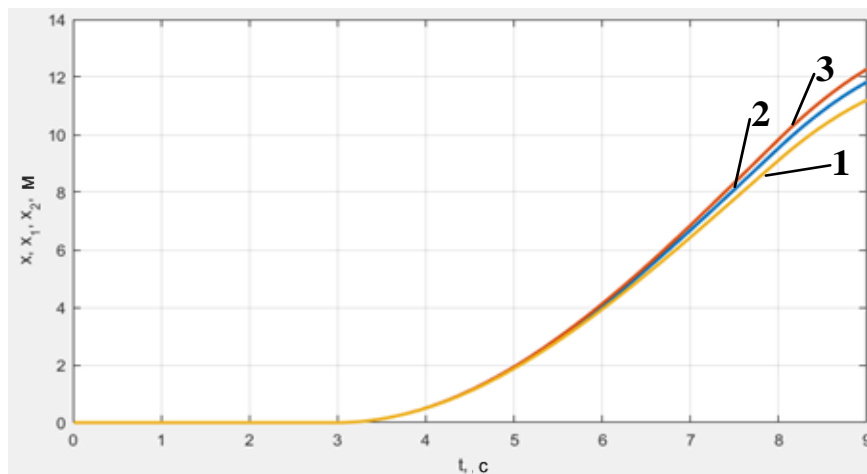
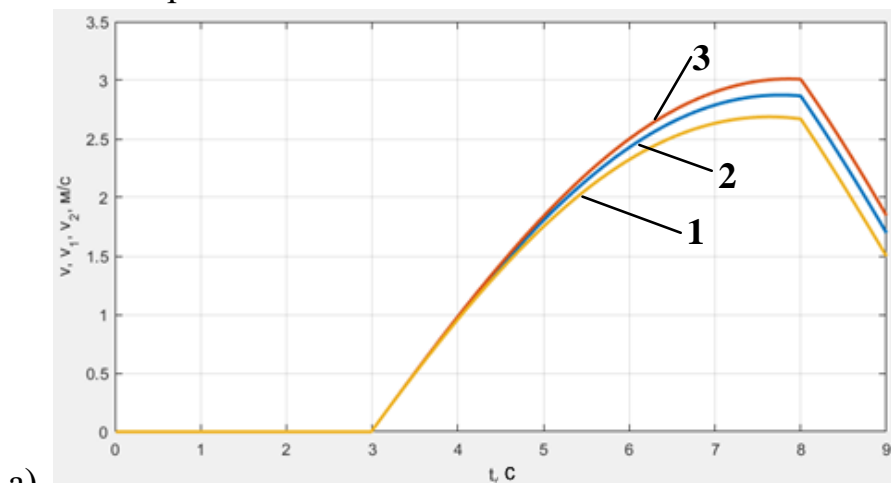
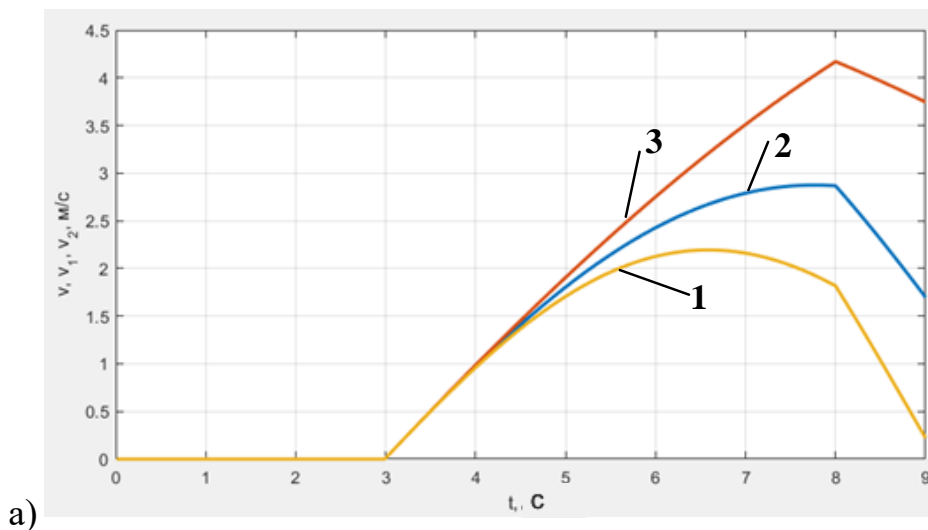
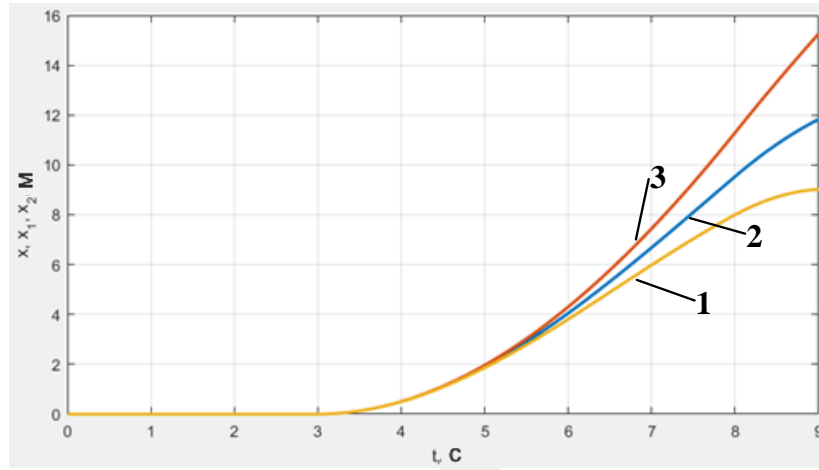


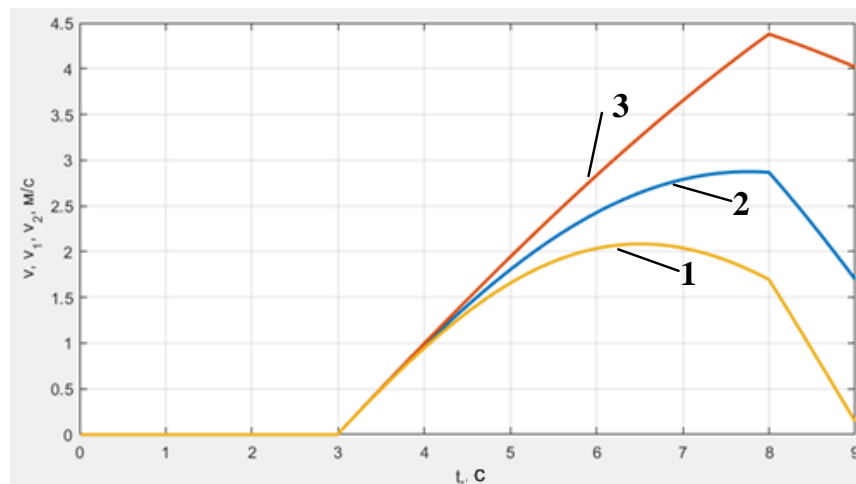
Рис.9 Графики при неизменных $m = 5\text{кг}$, $c = 0.5$ и $\mu = [0.1; 0.35]$: а) зависимости скорости движения робота на плоскости от времени, б) зависимости перемещения робота на плоскости от времени, где 1 - при $\mu = 0,1$; 2 – при $\mu = 0,2$; 3 - при $\mu = 0,35$



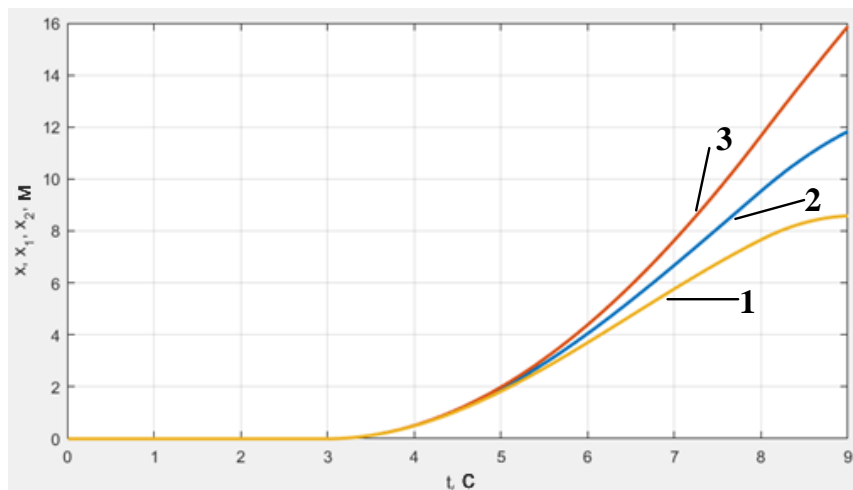


б)

Рис. 10 Графики при неизменных $m = 5\text{кг}$, $\mu = 0.2$ и $C = [0.1; 0.35]$: а) зависимости скорости движения робота на плоскости от времени, б) зависимости перемещения робота на плоскости от времени, где 1 - при $C = 0,1$; 2 - при $C = 0,5$; 3 - при $C = 0,9$;



а)



б)

Рис. 11 Графики при неизменных $m = 5\text{кг}$, $C = [0.1; 0.9]$, $\mu = [0.1; 0.35]$: а) зависимости скорости движения робота на плоскости от времени, б) зависимости перемещения робота на плоскости от времени, где 1 - при $C = 0,1$ и $\mu = 0,1$; 2 - при $C = 0,5$ и $\mu = 0,2$; 3 - при $C = 0,9$ и $\mu = 0,35$;

Анализируя полученные данные, видим, что имеются различия между полученными результатами³.

Порядок и методика выполнения работы:

1. Согласно варианту задания (таблица 2) построить схему движения робота, задать параметры этого движения и реализовать управление по закону $m\ddot{x} = -\mu\dot{x} - cx + f$.
2. В процессе выполнения данной части работы студенты должны:
 - 2.1 разработать алгоритм управления к своей задаче.
 - 2.2 получить в результате управления следующие графики:
 - перемещения робота на плоскости во времени $x(t)$;
 - скорости движения робота во времени $\dot{x}(t)$;
 - график задания параметра $f(t)$.
3. Построить семейство графиков $x(t)$, $\dot{x}(t)$ изменяя согласно заданию диапазоны параметров массы, параметра μ и c (см. п. 2.1).
4. Сделать вывод о проделанной работе и её результатах (Выполнить анализ полученных значений, объяснить почему получилось именно так).

Таблица 2

№ вар. Параметры	m	μ	c	f		t_1	T	$\mu \in [\mu_0; \mu_1]$	$c \in [c_0; c_1]$
				f_1	f_2				
1.	5	0.15	0.45	5	0	1	10	[0.1;0.35]	[0.2;0.7]
2.	4	0.15	0.55	0	6	5	15		
3.	3	0.12	0.35	7	5	3	8		
4.	7	0.15	0.45	0	7	2	10	[0.07;0.4]	[0.15;0.6]
5.	10	0.1	0.4	4	0	4	8		
6.	6	0.2	0.29	15	10	5	10		
7.	7	0.16	0.38	3	9	4	15	[0.035;0.5]	[0.25;0.8]
8.	8	0.08	0.5	2	7	5	10		
9.	5	0.11	0.4	1	8	4	18		
10.	4	0.17	0.34	10	5	10	5	[0.05;0.42]	[0.19;0.77]
11.	6	0.07	0.35	8	4	4	20		
12.	3	0.2	0.25	5	10	5	10		
13.	8	0.13	0.44	1	7	7	10	[0.04;0.3]	[0.1;0.65]
14.	9	0.11	0.4	10	0	4	8		
15.	10	0.09	0.5	2	7	5	10		

³ Более точный вывод и объяснение причины различий необходимо студентам сделать самостоятельно.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЁТА

Отчет должен содержать следующие разделы:

1. Цель работы
2. Задача управления
3. Схема движения устройства
4. Алгоритм управления
5. Листинг программы управления (с комментариями)
6. Все полученные графики и характеристики
7. Выводы по работе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ковалёв Д.А., Шаряков В.А., Шарякова О.Л. Теория автоматического управления: учебное пособие / ВШТЭ СПбГУПТД. – СПб., 2020. – 79 с.
2. Скибицкий Н.В. Терминальное управление с гарантированной точностью по интервальной модели систем // ВЕСТНИК МЭИ. 2021. № 6. С. 115—121. DOI: 10.24160/1993-6982-2021-6-115-121.
3. Язык программирования MATLAB : метод. Указания лабораторным работам / сост.: В. В. Регода, О. Н. Регода. – Пенза: Изд-во ПГУ, 2019 □ 92 с.
4. Язык программирования MATLAB : метод. указания Я41 к лабораторным работам / сост.: В. В. Регода, О. Н. Регода. – Пенза : Изд-во ПГУ, 2019. – 92 с.
5. SIMULINK: среда создания инженерных приложений/Под общ. ред. к. т. н. В. Г. Потёмкина. – М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 2003.-496 с.
6. Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория линейных систем автоматического регулирования - М.: Наука, 1975
7. Мосоян М.С., Федоров Д.А. Современная робототехника в медицине. Трансляционная медицина. 2020; 7 (5): 91-108. DOI: 10.18705/2311-4495-2020-7-5-91-108.