



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ДГТУ)**

Кафедра «Информационные системы в строительстве»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
по дисциплине

ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ
В НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Ростов-на-Дону
ДГТУ
2024

Составитель: А.А. Ляпин

Методические указания для выполнения контрольной работы по дисциплине «Информационные системы и технологии в научных исследованиях» / сост. А.А. Ляпин – Ростов-на-Дону: Донской государственный технический университет, 2024. – 15 с.

Содержат краткую теорию по изучаемым вопросам, примеры применения информационных систем в научных исследованиях, и индивидуальные задания.

Предназначены для обучающихся направления подготовки 09.04.02 заочной формы обучения.

УДК 004.8(075.8)

Ответственный за выпуск: зав. кафедрой «Информационные системы в строительстве» д-р ф.-м. наук, профессор А.А. Ляпин

Издательский центр ДГТУ
Адрес университета и полиграфического предприятия:
344000, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1

© Донской государственный технический университет, 2024

СОДЕРЖАНИЕ

1. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ ..	4
2. Задание № 1. Моделирование динамики линейного осциллятора.....	5
3. Задание № 2. Размножение бактерий.....	12
4. Задание № 3. Динамика популяции типа «хищник – жертва»	13
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	15

1. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Задания контрольной работы выполняются по индивидуальным вариантам.

Вариант соответствует последней цифре в зачетке обучающегося:

цифра 1 – вариант 1, ..., цифра 0 – вариант 10.

Отчет по контрольной работе оформляется в виде электронного документа MS Word. Содержит:

- титульный лист;
- постановку задачи, незначительные сведения из теории, код программы или скриншоты выполнения в рекомендованной программе на компьютере, результаты вычислений и сформулированные выводы по каждой задаче;
- список использованной литературы, включая интернет-источники.

Отчет распечатывается и предоставляется на кафедру «Кибербезопасность информационных систем» для проверки и оценивания.

2. Задание № 1. Моделирование динамики линейного осциллятора

Цель работы: изучить методы исследования поведения динамических систем на примере решения задачи Коши для линейного дифференциального уравнения 2 порядка с использованием систем MathCAD и Matlab.

Рассмотрим движение из положения равновесия груза на пружинке под действием внешнего импульсного усилия $f(t)$:

$$m \frac{dx(t)}{dt^2} + kx(t) = f(t), \quad (1)$$

здесь $x(t)$ – переменная, описывающая смещение груза,

t – время,

m – масса груза,

k – жесткость пружины.

Уравнение (1) есть линейное неоднородное дифференциальное уравнение второго порядка с постоянными коэффициентами.

В качестве начальных условий примем $x(0) = 0$, $\frac{dx}{dt}(0) = 0$.

Для заданных коэффициентов уравнения и вида финитной на отрезке $[0, \tau]$ функции $f(t)$ требуется:

1. Определить характер изменения смещения груза на отрезке $[0, T]$.
2. Построить фазовый портрет движения: зависимость скорости движения груза от его смещения.
3. Определить примерное значение коэффициента динамичности системы «груз на пружине», равного отношению максимальной амплитуды смещения груза к амплитуде его установившихся колебаний.
4. Определить влияние изменения параметров системы m, k, τ на характер поведения исследуемой функции $x(t)$.
5. Ввести демпфирующий элемент в уравнение (1): добавить в левой части уравнения слагаемое вида $\eta \frac{dx(t)}{dt}$, коэффициент демпфирования η принять равным 0.1. Определить его влияние на поведение системы.

Варианты заданий

№	m	k	τ	T	$f(t)$
1	1	4	3	10	1
2	2	10	10	30	$\cos(t)$
3	2	10	10	30	$\cos(\sqrt{5} t)$
4	2	5	4	15	$1/(t+1)$
5	3	1	5	15	$\sin(t) \cdot \exp(-0.2 t)$
6	4	1	3	10	$t \cdot \exp(-0.3 t)$
7	2	2	4	15	$\cos(2t)/(t+2)$

8	1	4	2	10	$\ln(1 + t^2)$
9	3	6	3	20	$t/(t^2 + 1)$
10	2	1	2	30	$t \cdot \cos(t + 2)$

Номер варианта соответствует последней цифре в зачетке.

Задание выполнить в системе MathCAD, а также по выбору в системе MatLab с использованием численных расчетов и модуля имитационного моделирования Simulink.

Пример выполнения работы в системе MathCAD.

Зададим параметры системы:

$$m := 0.5 \quad k := 2 \quad \tau := 3 \quad T := 10$$

Определим импульс усилия:

$$f(t) := \begin{cases} \sqrt{t} & \text{if } 0 \leq t \leq \tau \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

Определим правую часть дифференциального уравнения с его приведением к системе в нормальной форме

$$D(t, x) := \begin{pmatrix} x_1 \\ \frac{f(t) - k \cdot x_0}{m} \end{pmatrix}$$

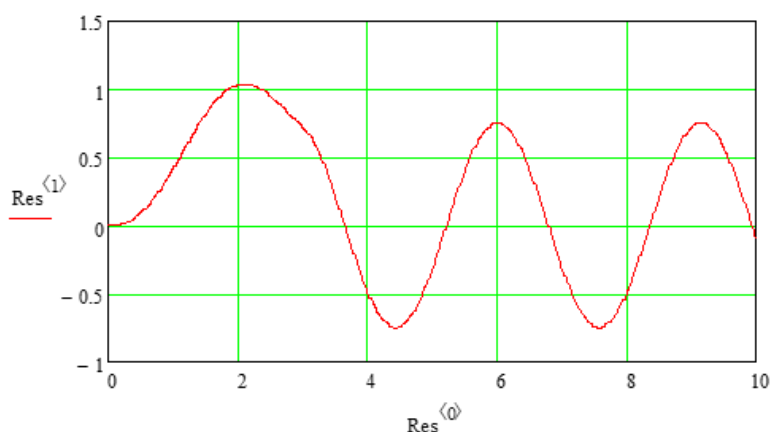
Зададим начальные условия для дифференциального уравнения

$$x := \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

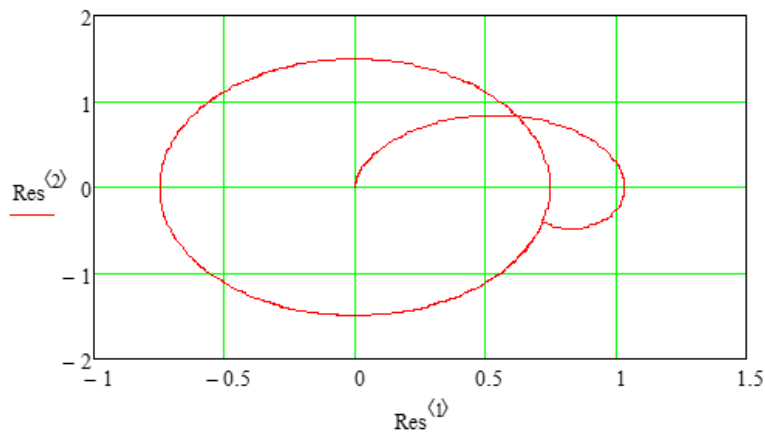
Решим уравнение методом Рунге-Кутты с постоянным шагом на интервале $[0, T]$ и 1000 точками интегрирования

$$\text{Res} := \text{rkfixed}(x, 0, T, 1000, D)$$

Построим график перемещений груза



Построим фазовый портрет системы



Сделаем вывод, что характер движения динамической системы соответствует центру.

Пример выполнения работы в системе Matlab.

А) Использование численного алгоритма на основе метода Рунге-Кутты.

Текст скрипта в системе Matlab решения поставленной задачи.

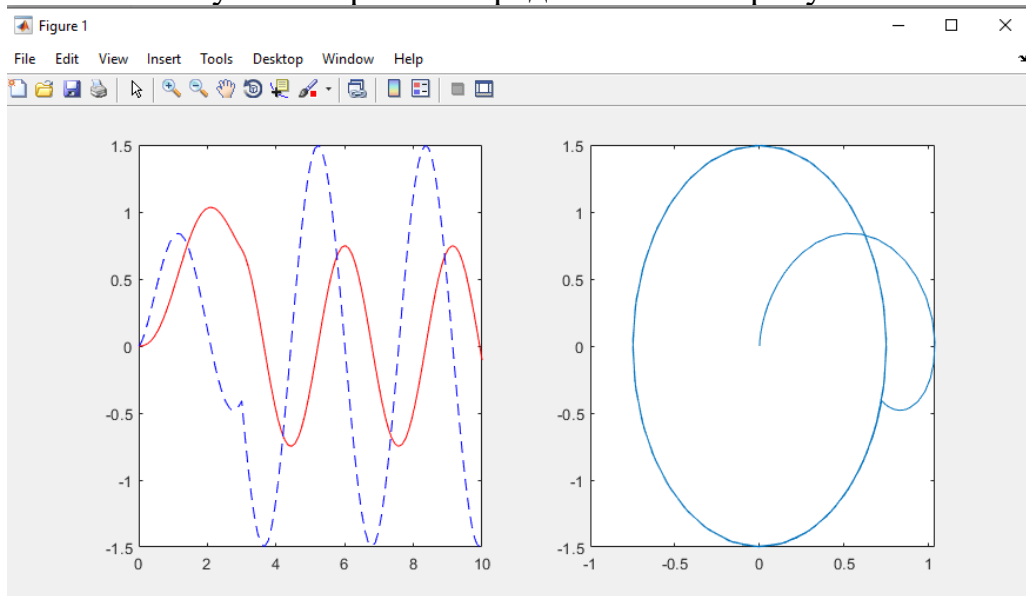
```
%      Определяем интервал интегрирования ОДУ
T=10;
t_int=[0 T];
%      Задаем вектор начальных условий
init_cond=[0;0];
%      Вызываем метод Рунге-Кутты 4-го порядка решения
уравнения.
%      Функция F определяет правую часть уравнения,
записанного
%      в виде системы ДУ в нормальной форме
[t,X]= ode45(@F, t_int, init_cond);
%      Выводим графики временных зависимостей
subplot(1,2,1)
plot(t,X(:,1), 'r')
hold on
subplot(1,2,1)
plot(t,X(:,2), 'b--')
subplot(1,2,2)
plot(X(:,1),X(:,2))
%      Определяем правую часть системы
function D = F(t,X)
    k=2;
    m=0.5;
    tau=3;
    if (t<=tau)
        f = sqrt(t);
```

```

else
    f = 0;
end
dx1 = X(2);
dx2 = (f-k*X(1))/m;
D = [dx1;dx2];
End

```

Результаты работы представлены на рисунке ниже.



Б) Исследование задачи в среде имитационного моделирования Simulink системы Matlab

Представим дифференциальное уравнение $m \frac{dx(t)}{dt^2} + kx(t) = f(t)$ в разрешенном относительно старшей производной виде:

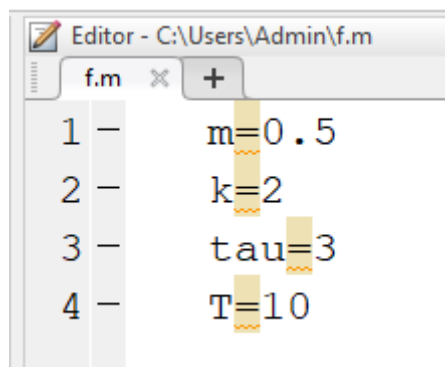
$$\frac{dx(t)}{dt^2} = \frac{f(t)}{m} - \frac{kx(t)}{m}.$$

Тогда, с помощью оператора интегрирования, применяемого дважды, можно получить интегральное уравнение:

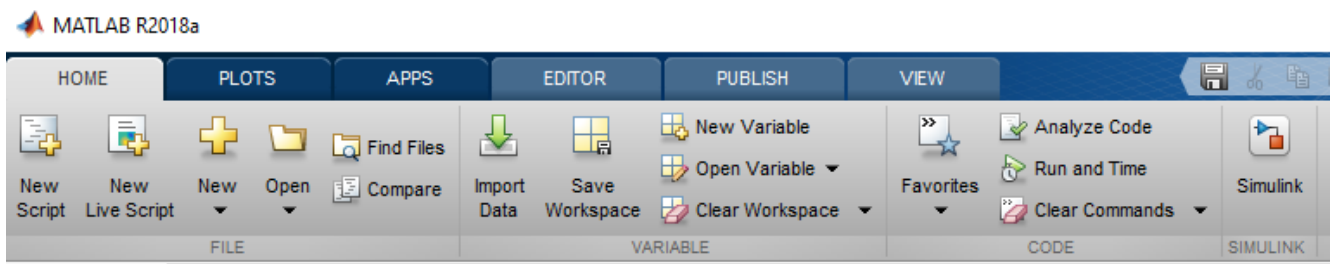
$$x(t) = \int_0^t dt \int_0^t dt \left(\frac{f(t)}{m} - \frac{kx(t)}{m} \right). \quad (2)$$

Для уравнения (2) можно составить имитационную модель с использованием блоков системы Simulink Matlab.

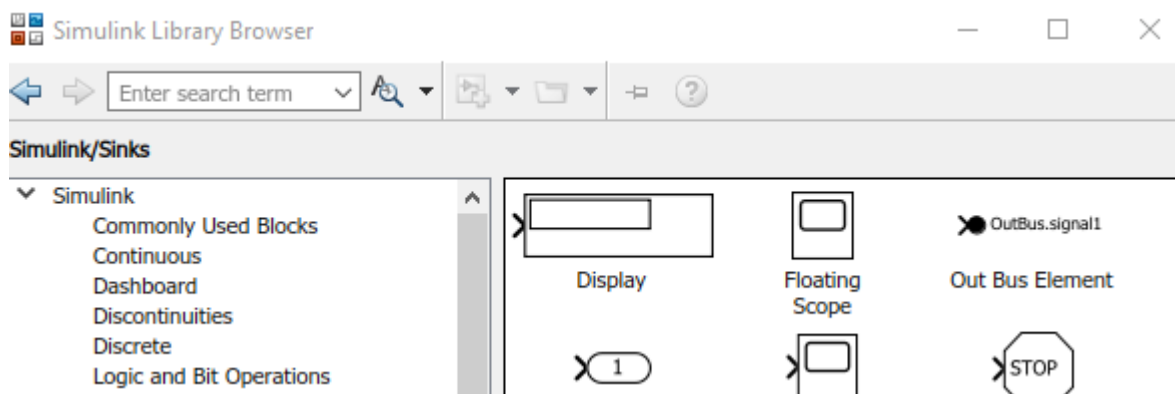
Для этого в командной строке или редакторе системы Matlab зададим начальные значения переменных задачи.



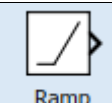
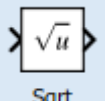
Вызовем модуль Simulink



Отобразим на экране библиотеку графических блоков симуляции процессов (Simulink Library Browser)

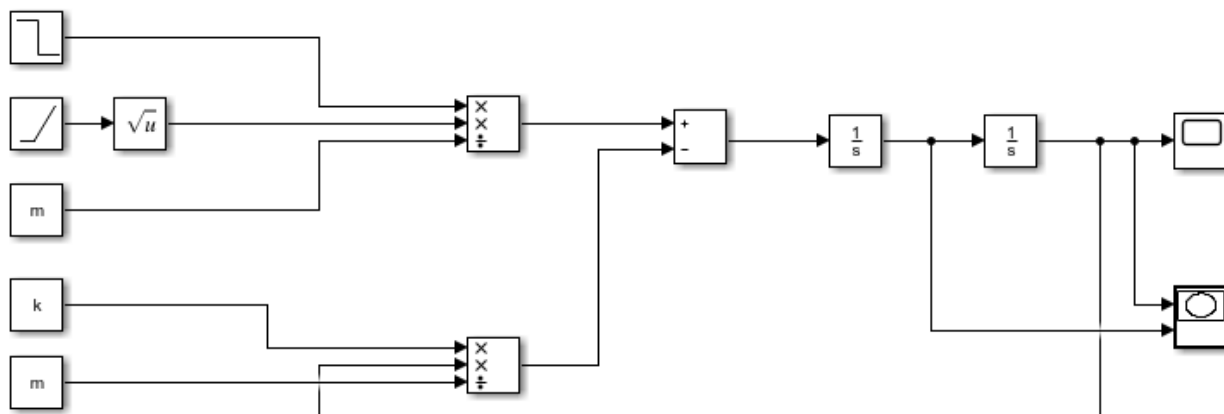


Характеристики использованных блоков и их назначение приведены в таблице ниже:

Блок	Группа	Название	Назначение	Параметры
	Sources	Step	Пороговая единичная функция	Step time - время действия импульса $\tau=3$, Initial value = 1, Final value = 0
	Sources	Ramp	Полулинейная функция: $Y=t$ при $t>0$	нет
	Math Operations	Sqrt	Квадратный корень	нет

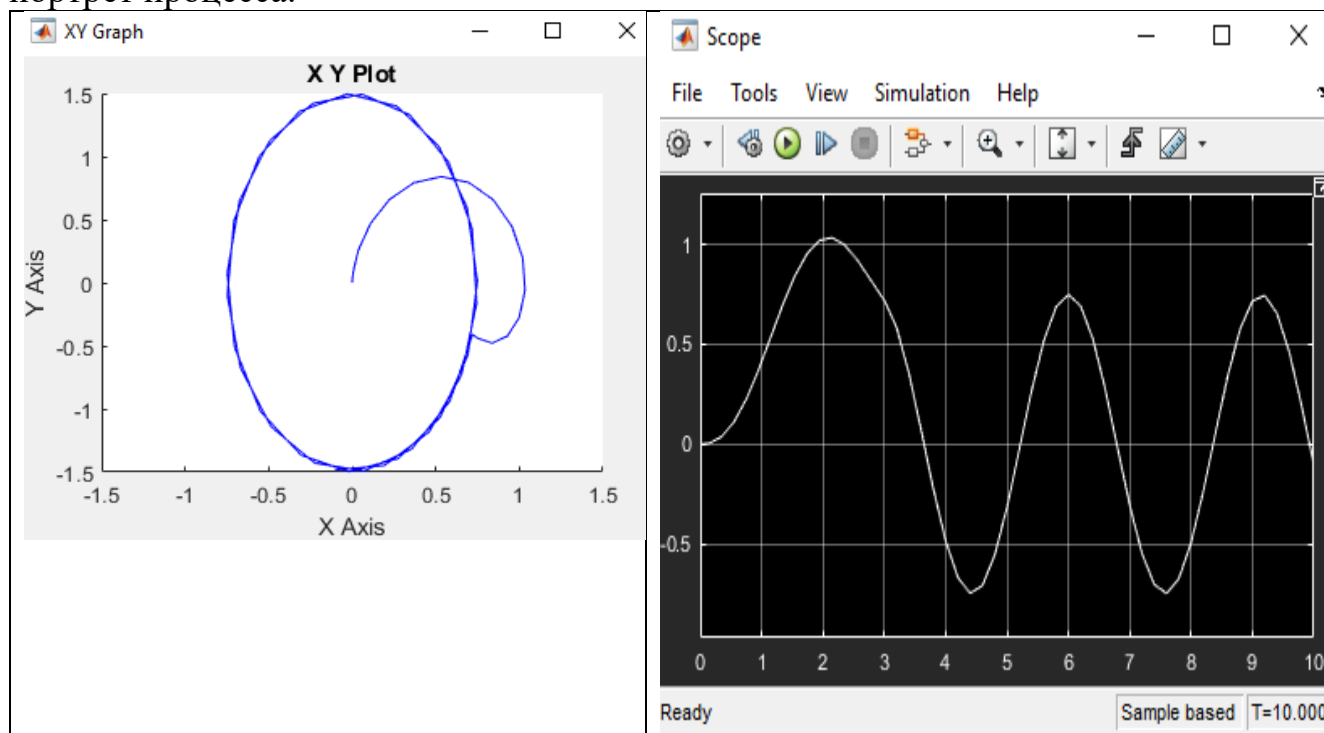
 Constant	Sources	Constant		Constant value = m или k
 Product	Math Operations	Product	Произведение или частное двух и более величин	Number of inputs: **/ - соответствует последовательности знаков операций между входами блока
 Add	Math Operations	Add	Сумма или разность двух или более величин	List of signals: +/- - соответствует последовательности знаков операций между входами блока
 Integrator	Continuous	Integrator	Оператор интегрирования по времени	Initial condition: начальные условия по перемещению или скорости, равные 0 – для нашей задачи
 Scope	Sinks	Scope	Блок построения графика характеристики от времени $x(t)$	нет
 XY Graph	Sinks	XY Graph	Блок построения фазовых характеристик $y(x)$	нет

И создадим основную схему процесса решения задачи Коши для дифференциального уравнения.



Запустим процесс имитационного моделирования кнопкой Run.

В итоге получим график зависимости перемещения груза на пружине и фазовый портрет процесса.



3. Задание № 2. Размножение бактерий

Известно, что некоторые бактерии размножаются пропорционально их наличному количеству, но в то же время вырабатывают яд, истребляющий их пропорционально количеству яда и количеству бактерий. Скорость выработки яда также пропорциональна наличному количеству бактерий. Коэффициенты пропорциональности соответственно равны k, k_1 и k_2 .

Определить закон изменения количества бактерий и яда, если известно, что в начальный момент времени количество бактерий было равно a , а яд отсутствовал. Показать, что число бактерий сначала возрастает до некоторого наибольшего значения M , а затем убывает до нуля. Построить фазовый портрет нелинейной динамической системы. Определить характер устойчивости поведения системы.

Указания к решению

Обозначив количество яда через x , количество бактерий y и выполнив условия задачи, получим систему дифференциальных уравнений

$$\begin{aligned}\frac{dy}{dt} &= ky - k_1xy \\ \frac{dx}{dt} &= k_2y\end{aligned},$$

где $\frac{dy}{dt}, \frac{dx}{dt}$ - скорости размножения бактерий и выработки яда соответственно, k, k_1, k_2 - коэффициенты пропорциональности.

Начальные условия имеют вид: $x(0) = 0, y(0) = a$.

Варианты заданий

N	a	k	k_1	k_2
1	1	1	1	1
2	2	2	1	2
3	1	2	1	0.5
4	2	1	2	1
5	1	1	2	2
6	2	2	2	0.5
7	1	2	1	1
8	2	1	1	2
9	1	1	2	0.5
10	2	2	2	1

Определить по графику процесса момент времени, когда число бактерий достигнет наибольшего значения M , а также само значение M .

Решение задачи осуществить одним из способов, приведенных в лабораторной работе 1.

4. Задание № 3. Динамика популяции типа «хищник – жертва»

Динамика популяций типа хищник - жертва описывается системой двух нелинейных дифференциальных уравнений (уравнения Лотки -Вольтерры)

$$\begin{cases} \frac{dX}{dt} = k_1AX - k_2XY \\ \frac{dY}{dt} = k_2XY - k_3BY \end{cases} \quad (1)$$

Неизвестная функция X описывает популяцию жертвы, а Y - популяцию хищника. Величина A характеризует пищу жертвы, а коэффициент k_1 устанавливает зависимость между $\frac{dX}{dt}$ и X , коэффициент k_2 устанавливает прямо пропорциональную зависимость между скоростями изменения популяций и численностью популяций хищник - жертва, k_3 и B характеризуют скорости смертности хищника.

Начальные условия задачи (численность популяций жертвы и хищника в начальный момент времени) определяются соотношениями:

$$X(0) = x_0, \quad Y(0) = y_0.$$

Варианты заданий

1. Исследовать решение уравнений (1) при постоянных k_1, k_2, k_3 и функциях времени $A(t), B(t)$, задаваемых таблицей.

N	k_1	k_2	k_3	$A(t)$	$B(t)$	x_0	y_0
1	5	1	3	$1+0.8\sin t$	t^2	2	2
2	5	2	5	1	$1/(1+t)$	2	1
3	3	3	5	$1/(1+t)$	1	2	2
4	2	3	4	t	T	3	4
5	3	4	3	t	$\sqrt{t}$	2	1
6	4	1	4	$1/(3+t)$	$\ln(1+t)$	4	1
7	5	3	3	$0.75+0.25\sin t$	1	2	3
8	4	4	4	1	$\sqrt{t+5}$	4	2
9	3	2	3	$0.8+0.2\cos(t)$	$\sqrt{t+1}$	2	3
10	2	1	1	3	0.5	4	3

2. Построить графики $X(t)$, $Y(t)$ решений, а также фазовые траектории $y(x)$.
Определить характер устойчивости поведения системы.
Решение задачи осуществить одним из способов, приведенных в лабораторной работе 1.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Лазарев Ю. Моделирование процессов и систем в MatLab / Ю. Лазарев. – СПб.: Питер, 2005. – 512 с.
2. Алексеев Е.Р. Scilab: Решение инженерных и математических задач / Е.Р. Алексеев, О.В. Чеснокова, Е.А. Рудченко. – М. : ALT Linux ; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008. – 260 с.