МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ «МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ»

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Цели: усвоение основ теории моделирования, методов и алгоритмов построения и реализации математических моделей на ЭВМ сложных систем, анализа полученных результатов.

Задачи: научить студентов моделировать на ЭВМ системы различной сложности с использованием современных программных средств.

Компетенции, достижение которых планируется по завершении изучения курса (см. табл. 1):

Таблица 1

№ п/п	Компетенция	Уровень овладения
1.	ПК-2 способностью проводить вычислительные эксперименты с использованием стандартных программных средств с целью получения математических моделей процессов и объектов автоматизации и управления	знать: методики использования программ; уметь: использовать программные продукты моделирования систем для выполнения задач проектирования математических моделей; владеть: программными продуктами моделирования систем.
2.	ОПК-2 способностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат	знать: способы создания моделей; уметь: разрабатывать математические модели для систем, объектов, процессов и физических явлений; владеть: навыками реализации моделей компонентов информационных систем на ЭВМ.
3.	ОК-7 способностью к самоорганизации и самообразованию	знать: способы получения информации; уметь: самостоятельно выполнять информационный поиск; владеть: навыками организации поиска необходимой информации.

СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина включает в себя два раздела, которые сведены в таблицу 2.

Таблица 2

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Основы теории подобия и моделирования	3	3	0	0
2	Математическое описание и моделирование систем управления	13	5	4	4

ЛЕКЦИИ

Проводится 7 лекций общим объёмом 8 часов (табл. 3).

Таблица 3

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Обзор современных средств моделирования. Модели и моделирование. Классификация моделей. Примеры.	1
2	1	Теоремы подобия и дополнения к теории подобия. Подобие сложных и нелинейных систем. Другие виды подобия.	1
3	1	Три основных этапа построения модели: формулировка замысла модели, реализация, получение и анализ результатов построения математической модели. Построение блок-схемы этапов.	1
4	2	Основные элементы структурных схем, их графическое и аналитическое описание, а также программирование в различных программных продуктах моделирования	1
5	2	Правила составления математической модели системы по структурной схеме с последующим получением матричной математической модели	2
6	2	Основы проведения теоретического анализа системы в начальный и конечный моменты времени	1
7	2	Методики и примеры разложения системы на простейшие звенья, а также примеры решения систем дифференциальных уравнений при помощи построения структурной схемы.	1

ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

Проводится 4 практических занятий общим объёмом 4 часа (табл. 4).

Таблица 4

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1	2	Исследование линейных стационарных систем	1
2	2	Исследование линейных нестационарных систем	1
3	2	Исследование нелинейных стационарных систем	1
4	2	Исследование нелинейных нестационарных систем	1

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Проводится 4 лабораторных работ общим объёмом 4 часа (табл. 5).

Таблица 5

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание лабораторной работы	Кол-во часов
1	2	Моделирование линейных стационарных систем	1
2	2	Моделирование линейных нестационарных систем	1
3	2	Моделирование нелинейных стационарных систем	1
4	2	Моделирование нелинейных нестационарных систем	1

Методические указания по выполнению практических заданий и лабораторных работ

Практические и лабораторные задания с 1 по 4 представляют собой решение задач моделирования для конкретной исходной схемы системы в программных продуктах моделирования.

Для выполнения каждой задачи необходимо составить математическое описание заданной системы, провести её теоретический анализ, выполнить проектирование в программных продуктах моделирования и провести сравнительный анализ значений сигналов, полученных теоретически, со значениями параметров, которые получены в продуктах моделирования.

Выполнение практических заданий позволяет приобрести необходимые навыки и умения работы в программных продуктах моделирования систем, а также овладеть соответствующим математическим аппаратом теории систем для выполнения самостоятельных и контрольных работ.

САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТА

Каждый студент самостоятельно выполняет два задания и представляет результаты выполнения в виде краткого отчета (см. табл. 6).

Таблица 6

Выполнение СРС		
Вид работы и содержание задания	Список литературы	Кол-во часов
Выполнение расчетно-графической работы - Моделирование нелинейных нестационарных систем, заданных структурными схемами, с использованием пакетов моделирования систем. Согласно выдаваемому каждому студенту индивидуального технического задания осуществляется моделирование конкретных несовпадающих систем	Основная литература 1. Дополнительная литература 1,2,3,4,6	91
Выполнение исследовательских и творческих заданий - Составление модели реального процесса или объекта согласно первому этапу.	Основная литература1. Дополнительная литература 5	10
Подготовка к экзамену	Основная литература 1. Дополнительная литература 1,2,3,4,6	27

ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Список оценочных средств представлен в табл. 7.

Таблица 7

Наименование разделов дисциплины	Контролируемая компетенция ЗУНы	Вид контроля (включая текущий)
Все разделы	ОК-7 способностью к самоорганизации и самообразованию	Проверка исследовательских и творческих заданий

Все разделы	ПК-2 способностью проводить вычислительные эксперименты с использованием стандартных программных средств с целью получения математических моделей процессов и объектов автоматизации и управления	Проверка расчетно-графической работы
Все разделы	ОК-7 способностью к самоорганизации и самообразованию	Экзамен
Все разделы	ПК-2 способностью проводить вычислительные эксперименты с использованием стандартных программных средств с целью получения математических моделей процессов и объектов автоматизации и управления	Экзамен
Все разделы	ОПК-2 способностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат	Экзамен

ТИПОВЫЕ ЗАДАНИЯ, ПРОЦЕДУРЫ ПРОВЕДЕНИЯ, КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

1. Выполнение исследовательских и творческих заданий

Задание

Необходимо выполнить информационный поиск любого реального объекта, процесса или физического явления с целью его дальнейшего описания, и рассмотреть первый этап построения математической модели, который состоит из следующих частей:

1. Определение требований к информации.
2. Сбор информации.
3. Выдвижение гипотез и предположений при недостатке информации.
4. Анализ нерешенных задач и проблем.
5. Определение параметров и переменных.
6. Выбор критериев эффективности.
7. Составление, обоснование модели.

Процедура проведения

Студент выполняет информационный поиск любого реального объекта, процесса или физического явления с целью его дальнейшего описания, и рассматривает первый этап построения математической модели. На защиту студент представляет отчет о проделанной работе в произвольной форме, а преподаватель осуществляет проверку работы.

Критерии оценивания

Каждая часть работы оценивается следующим образом:

1 часть. 1 балл за правильное составление требований к информации.

2 часть. 1 балл за проведенный сбор информации и составление её описания.

3 часть. 2 балла:

1 балл за составление гипотезы,

1 балл за обоснование гипотезы.

4 часть. 2 балла:

1 балл за составление списка нерешенных задач,

1 балл за обоснование списка нерешенных задач.

5 часть. 1 балл за правильный выбор основных параметров и переменных.

6 часть. 1 балл за грамотный выбор критериев эффективности.

7 часть. 2 балла:

1 балл за составление модели,

1 балл за обоснование замысла модели.

Максимальный балл – 10.

Зачтено: получение не менее 6 баллов.

Не зачтено: получение менее 6 баллов.

Пример

Исследуемый процесс*:* планирование производства штамповок металлургического предприятия

1. Определение требований к информации.

Входная информация представляется в виде файла xls и содержит данные об основном оборудовании завода, агрегатах, рабочих, сменах, наличию металла на складе, план изготовления, установленные приоритеты, возможности оборудования

2. Сбор информации.

В таблице «агрегаты» представлены следующие столбцы: наименование агрегата, максимальное время эксплуатации, тип изготавливаемого оборудования. В таблице «запасы» представлены следующие столбцы: марка стали, класс, объем на складе.

3. Выдвижение гипотез и предположений при недостатке информации.

Наличие конкретного металла на момент планирования производства окончательно неизвестно, т.к.: имеется брак при производстве штамповок, время поставок металла может изменяться. Поэтому необходимо выдвинуть следующие гипотезы: Гипотеза 1. Максимально доступное количество металла для планирования равно 80% от объема металла на складе. Гипотеза 2. Поступление металла может быть не позднее 3 дней с момента заказа, поэтому количество имеющегося металла с приближением срока окончания крайней даты поставки может пропорционально увеличиваться.

4. Анализ нерешенных задач и проблем.

Сложности при определении загрузки агрегатов, т.к. процедура перестановки штампов является затратной и необходимо сводить её к минимуму. Однако неизвестно реальное количество имеющегося металла. Кроме того, имеются приоритеты поставки заказчикам.

5. Определение параметров и переменных.

В качестве основных параметров рассматривается наличие конкретного металла на складе и список заказов с приоритетами. Кроме того, не менее важными параметрами являются также возможности оборудования, рабочие бригады.

6. Выбор критериев эффективности.

В качестве критерия эффективности возможно использование критерия Байеса-Лапласа, который является наиболее оптимальным для задач данного типа. Его применение состоит в том, что каждому заказу ставится в соответствие значение, рассчитанное на основе каких-либо известных параметров, таких как объем продукции, приоритет выполнения задачи, наличие металла на складе.

7. Составление, обоснование модели.

В качестве модели может быть рассмотрена вероятностная модель с применением вычислительной техники для определения оптимального списка исполняемых заказов с учетом наличия металла. Также возможно применение суперкомпьютера для перебора всех возможных вариантов последовательности исполнения заказов. Это обусловлено тем, что точной информации по наличию металла нужной марки не имеется и необходимо выполнить выбор наиболее оптимальных значений, применение которых позволит сократить количество перестановок штампов, ускорит процесс производства, оптимизирует занятость рабочих бригад.

2. Выполнение расчетно-графической работы

Задание

Расчетно-графическое задание представляет собой 4 различных задания по моделированию линейных/нелинейных, стационарных/нестационарных систем управления, а также по исследованию электрических подсистем.

Задание 1. Для заданной линейной системы:

1. Выполнить сквозную нумерацию звеньев, составить описание элементов системы.
2. Составить матричную математическую модель.
3. Выбрать параметры звеньев, выполнить моделирование в SimACS, MATLAB (привести модель, графики).

4. Провести теоретический анализ системы при t=0 и t→∞. Сравнить значения выходов звеньев, полученные в п.3., с теоретическими значениями (оформить в виде таблицы).

Задание 2. Для заданной нелинейной нестационарной системы:

1. Выполнить сквозную нумерацию звеньев, составить описание элементов системы.

2. Составить матричную математическую модель.

3. Выбрать параметры звеньев, выполнить моделирование в SimACS и MATLAB (привести модель, графики).

4. Провести теоретический анализ системы при t=0 и t→∞. Сравнить значения выходов звеньев, полученные в п.3., с теоретическими значениями (оформить в виде таблицы).

Задание 3. Для заданной линейной системы высокого порядка:

1. Выполнить сквозную нумерацию звеньев, составить описание элементов системы.

2. Составить матричную математическую модель.

3. Выбрать параметры звеньев, выполнить моделирование в SimACS и MATLAB (привести модель, графики).

4. Провести теоретический анализ системы при t=0 и t→∞. Сравнить значения выходов звеньев, полученные в п.3., с теоретическими значениями (оформить в виде таблицы).

Задание 4. Для заданной электрической схемы:

1. Пронумеровать узлы, задать направления движения тока, составить фундаментальное дерево.

2. Составить матрицу связи, записать по ней системы уравнений для напряжений и токов.

3. Составить структурную схему системы.

4. Выбрать параметры звеньев, выполнить моделирование электрической и структурной схемы в SimACS (привести модель, графики).

5. Провести теоретический анализ системы при t=0 и t→∞. Сравнить значения выходов звеньев, полученные в п.4., с теоретическими значениями (оформить в виде таблицы).

Процедура проведения

Задание выдается в начале семестра и содержит 4 части. Студент письменно оформляет решение типовых задач, указанных в задании, и предоставляет решение на проверку.

Критерии оценивания

Каждая часть работы оценивается следующим образом:

Задание 1.

1 часть - 2 балла:

1 балл за правильно выполненную сквозную нумерацию всех звеньев системы,

1 балл за правильное составление описания всех элементов системы.

2 часть - 2 балла:

1 балл за правильную запись всех дифференциальных уравнений,

1 балл за правильную запись всех алгебраических уравнений.

3 часть - 3 балла:

1 балл за правильный выбор параметров элементов системы,

1 балл за моделирование во всех продуктах SimACS, MATLAB,

1 балл за приведение моделей и графиков, полученных во всех продуктах SimACS, MATLAB.

4 часть - 3 балла:

1 балл за правильно проведённый теоретический анализ всей системы в начальный момент времени,

1 балл за правильно проведённый теоретический анализ всей системы в конечный момент времени,

1 балл за сравнительный анализ всех полученных сигналов, сведенный в таблицу.

Задание 2.

1 часть - 2 балла:

1 балл за правильно выполненную сквозную нумерацию всех звеньев системы,

1 балл за правильное составление описания всех элементов системы.

2 часть - 2 балла:

1 балл за правильную запись всех дифференциальных уравнений,

1 балл за правильную запись всех алгебраических уравнений.

3 часть - 3 балла:

1 балл за правильный выбор параметров элементов системы,

1 балл за моделирование во всех продуктах SimACS и MATLAB,

1 балл за приведение моделей и графиков, полученных во всех продуктах SimACS и MATLAB.

4 часть - 3 балла:

1 балл за правильно проведённый теоретический анализ всей системы в начальный момент времени,

1 балл за правильно проведённый теоретический анализ всей системы в конечный момент времени,

1 балл за сравнительный анализ всех полученных сигналов, сведенный в таблицу.

Максимальный балл – 20.

Зачтено: получение не менее 10 баллов.

Не зачтено: получение менее 10 баллов.

Пример

Задание 1.

1. Структурная схема системы в общем виде:

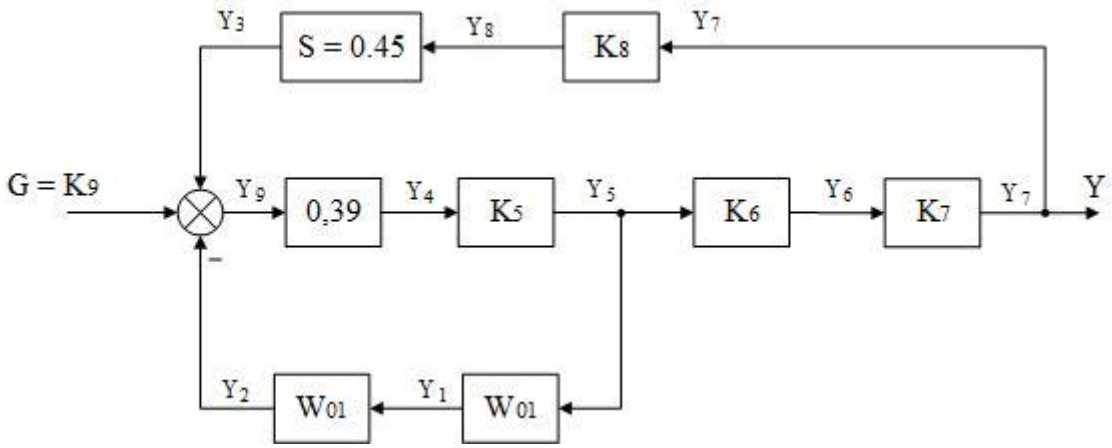


Рис. 1. Структурная схема исследуемой системы

Описание элементов и связей между ними:

1 – (Y_5, {X_{11}}, Y_1)

2 – (Y_1, {X_{21}}, Y_2)

3 – (Y_8, Y_3)

4 – (Y_9, Y_4)

5 – (Y_4, Y_5)

6 – (Y_5, Y_6)

7 – (Y_6, Y_7)

8 – (Y_7, Y_8)

9 – ({$-Y_2$, $+Y_3$, $+G = K_9$}, Y_9)

2. Матричная математическая модель системы в общем виде (рис. 2).

	x_{11}	x_{21}	y_1	y_2	y_3	y_4	y_5	y_6	y_7	y_8	y_9	1(t)
x_{11}	0		$-a_{10}$				b_{10}					
x_{21}		0	b_{20}	$-a_{20}$								
y_1	1		$-a_{11}$				0					
y_2		1	0	$-a_{21}$								
y_3					$-a_{31}$					0		
y_4						-1					0,39	
y_5						K5	-1					
y_6							K6	-1				
y_7								K7	-1			
y_8									K8	-1		
y_9				-1	+1						-1	+1*K9

Рис. 2. Матричная математическая модель в общем виде

3. Структурная схема системы с выбранными параметрами (рис. 3):

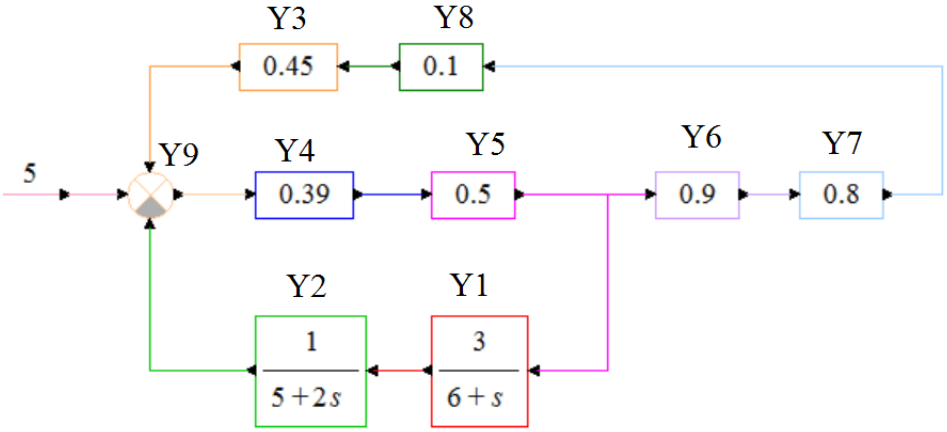


Рис. 3. Матричная математическая модель в общем виде

Моделирование в SimACS (рис. 4):

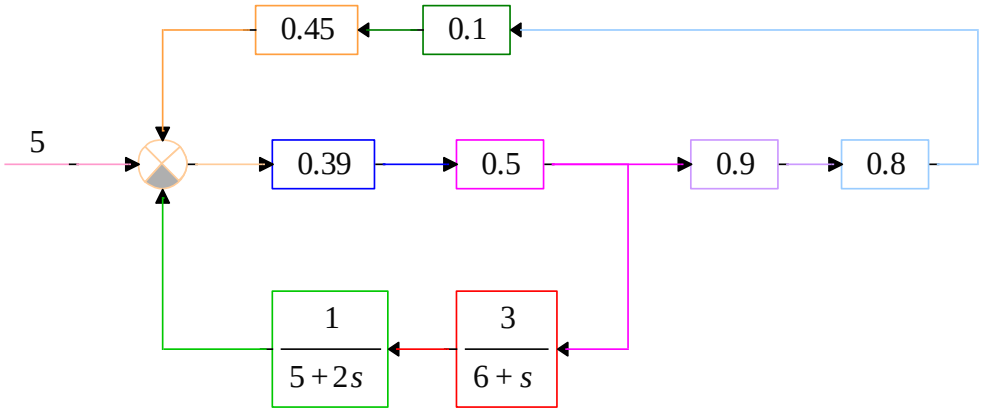


Рис. 4. Модель

Графики сигналов имеют следующий вид (рис. 5):

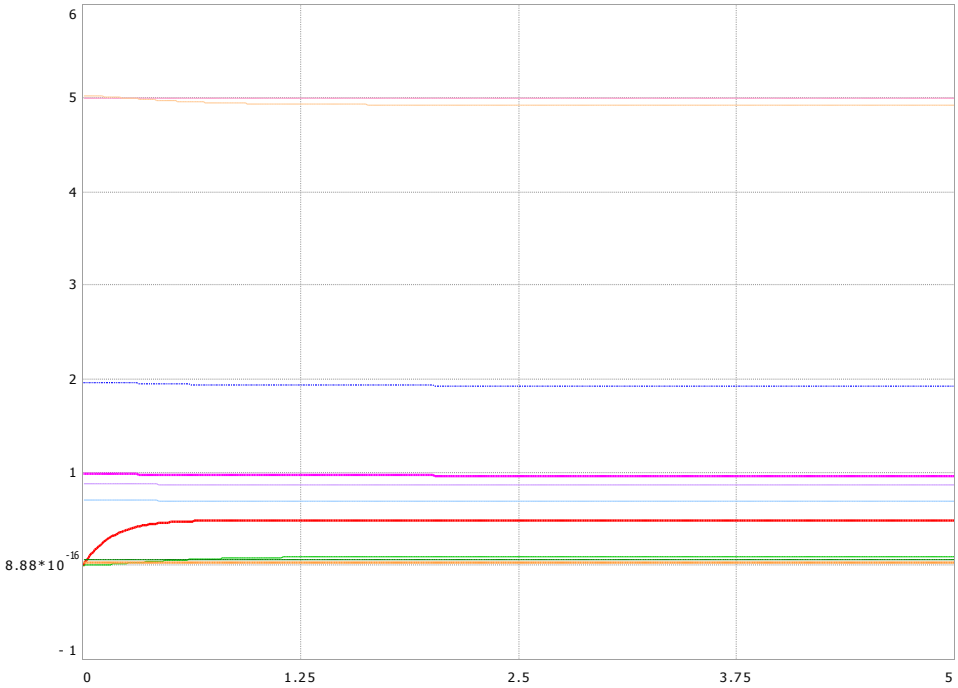


Рис. 5. Графики выходов

Моделирование в MATLAB (рис. 6):

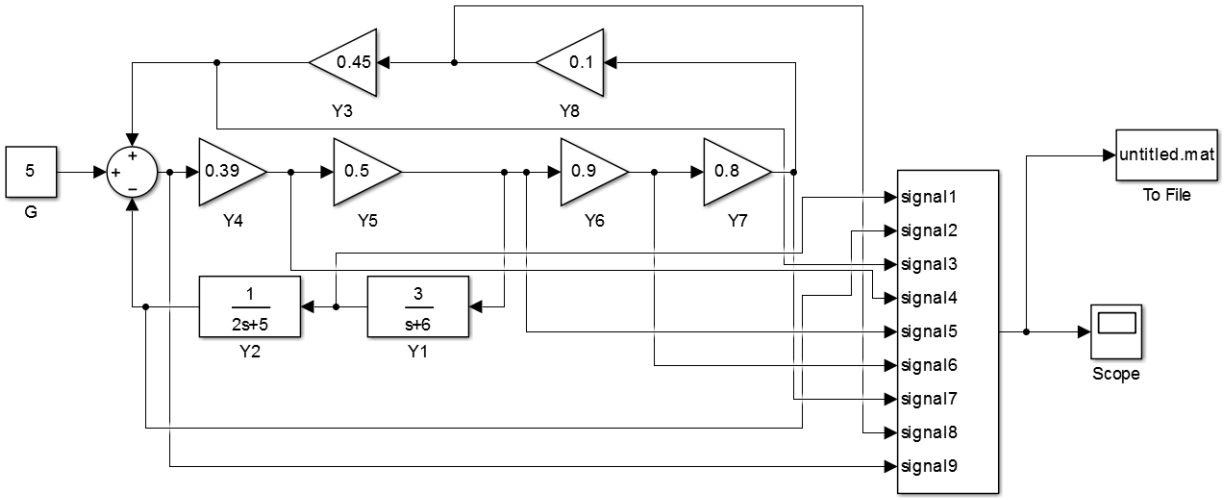


Рис. 6. Модель в MATLAB

Графики сигналов в MATLAB имеют следующий вид (рис. 7):

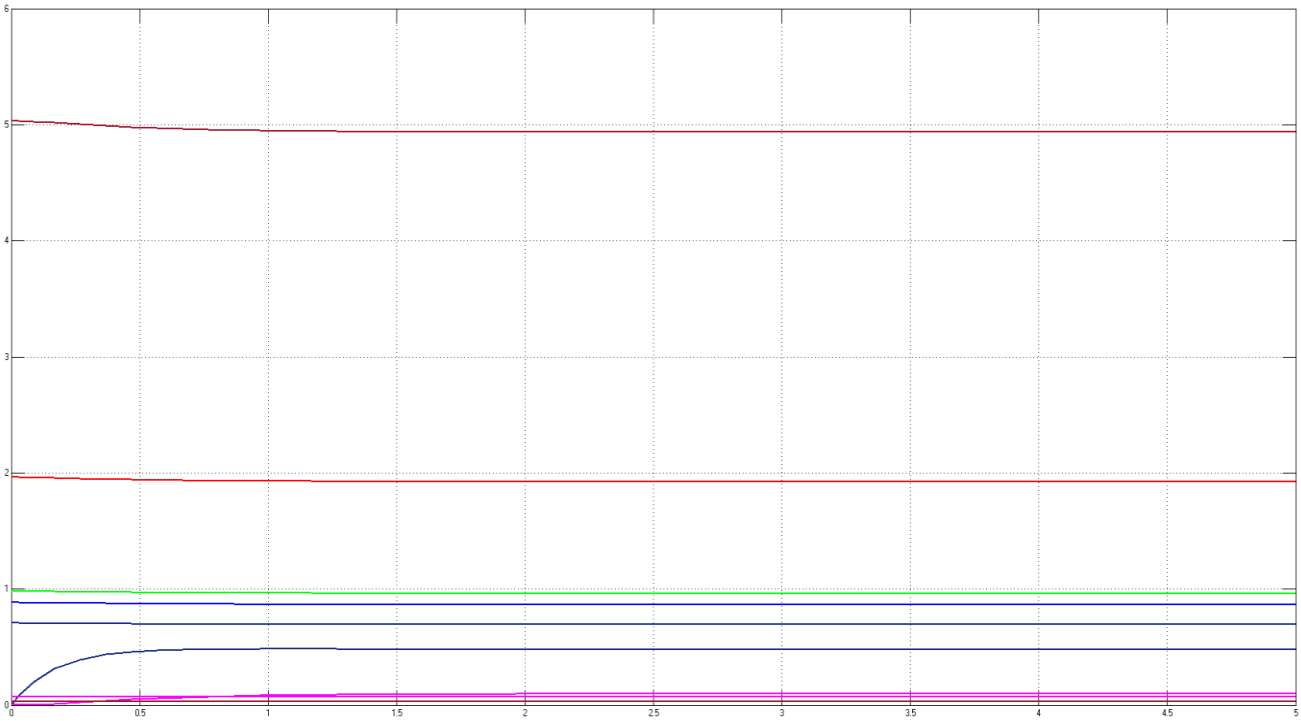


Рис. 7. Графики выходов в MATLAB

4. Теоретический анализ системы в начальный момент времени (рис. 8):

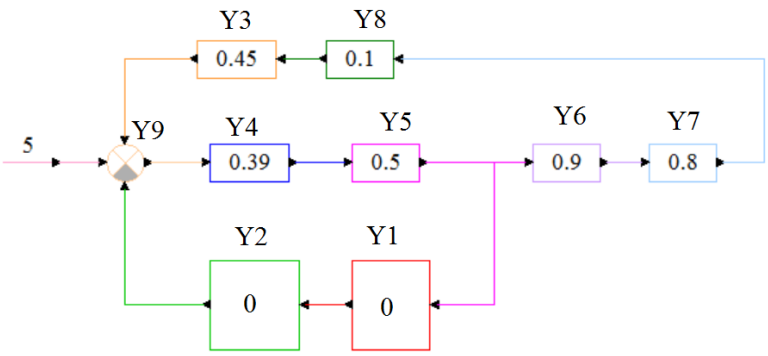


Рис. 8. Структурная схема системы в начальный момент времени

Расчет значений выходных сигналов в начальный момент времени осуществляется в продукте MathCAD (рис. 9):

Given

$y1 = 0 \cdot y5$

$y2 = 0 \cdot y1$

$y3 = 0.45 \cdot y8$

$y4 = 0.39 \cdot y9$

$y5 = 0.5 \cdot y4$

$y6 = 0.9 \cdot y5$

$y7 = 0.8 \cdot y6$

$y8 = 0.1 \cdot y7$

$y9 = 5 + y3 - y2$

$$\mathrm{Find}(y1, y2, y3, y4, y5, y6, y7, y8, y9) = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0.032 \\ 1.962 \\ 0.981 \\ 0.883 \\ 0.706 \\ 0.071 \\ 5.032 \end{pmatrix}$$

Рис. 9. Расчет сигналов в начальный момент времени в MathCAD

Сравнение результатов аналитического расчёта и моделирования (табл. 8):

Таблица 8

Сигнал	Значение сигнала				Относительная погрешность, %		
	Теория	SimACS	MATLAB		SimACS	MATLAB	
Y1	0	0	0		-	-	
Y2	0	0	0		-	-	
Y3	0,032	0,031791	0,031791		0,6531	0,6531	
Y4	1,962	1,962398	1,962398		0,0203	0,0203	
Y5	0,981	0,981199	0,981199		0,0203	0,0203	
Y6	0,883	0,883079	0,883079		0,0089	0,0089	
Y7	0,706	0,706463	0,706463		0,0656	0,0656	
Y8	0,071	0,070646	0,070646		0,4986	0,4986	
Y9	5,032	5,031791	5,031791		0,0042	0,0042	

Таким образом, наибольшее отличие экспериментальных значений от теоретических значений составляет 0,4986% для сигнала Y3 при моделировании в продукте MATLAB.

Теоретический анализ системы в конечный момент времени (рис. 10, время моделирования составляет 5 секунд):

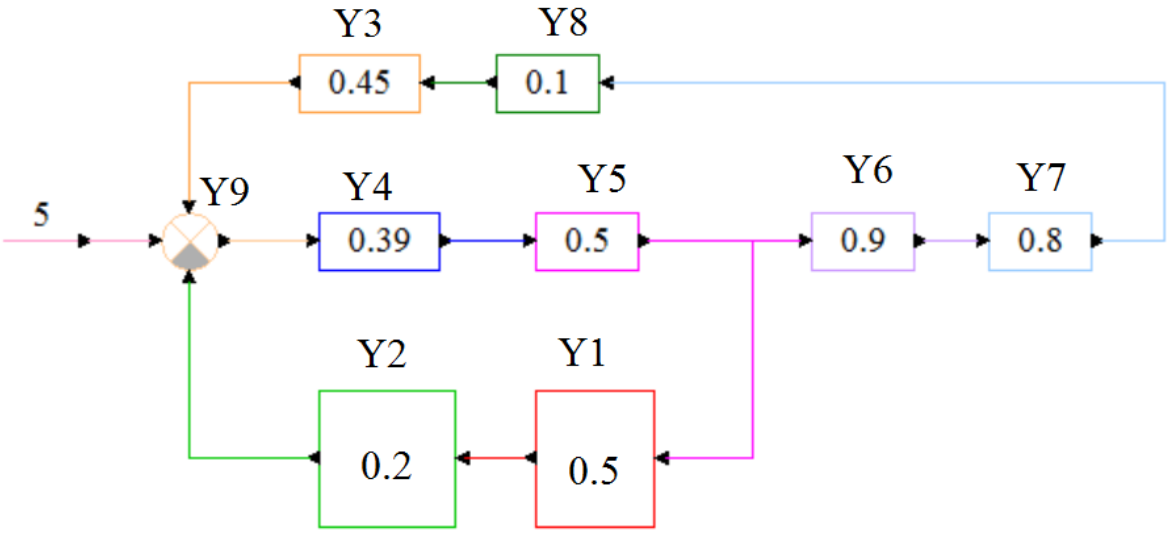


Рис. 10. Структурная схема системы в конечный момент времени

Расчет значений выходных сигналов в конечный момент времени осуществляется в продукте MathCAD (рис. 11):

Given

$y1 = 0.5 \cdot y5$

$y2 = 0.2 \cdot y1$

$y3 = 0.45 \cdot y8$

$y4 = 0.39 \cdot y9$

$y5 = 0.5 \cdot y4$

$y6 = 0.9 \cdot y5$

$y7 = 0.8 \cdot y6$

$y8 = 0.1 \cdot y7$

$y9 = 5 + y3 - y2$

$$\mathrm{Find}(y1, y2, y3, y4, y5, y6, y7, y8, y9) = \begin{pmatrix} 0.481 \\ 0.096 \\ 0.031 \\ 1.925 \\ 0.962 \\ 0.866 \\ 0.693 \\ 0.069 \\ 4.935 \end{pmatrix}$$

Рис. 11. Расчет сигналов в конечный момент времени в MathCAD

Сравнение результатов аналитического расчёта и моделирования (табл. 9):

Таблица 9

Сигнал	Значение сигнала				Относительная погрешность, %		
	Теория	SimACS	MATLAB		SimACS	MATLAB	
Y1	0,481	0,481157	0,481157		0,0326	0,0326	
Y2	0,096	0,096231	0,096231		0,2406	0,2406	
Y3	0,031	0,031179	0,031179		0,5774	0,5774	
Y4	1,925	1,92463	1,92463		0,0192	0,0192	
Y5	0,962	0,962315	0,962315		0,0327	0,0327	
Y6	0,866	0,866083	0,866083		0,0096	0,0096	
Y7	0,693	0,692867	0,692867		0,0192	0,0192	
Y8	0,069	0,069287	0,069287		0,4159	0,4159	
Y9	4,935	4,934948	4,934948		0,0011	0,0011	

Таким образом, наибольшее отличие экспериментальных значений от теоретических значений составляет 0,5774% для сигнала Y3 при моделировании в продукте MATLAB.

Задание 2.

1. Структурная схема системы в общем виде (рис. 12):

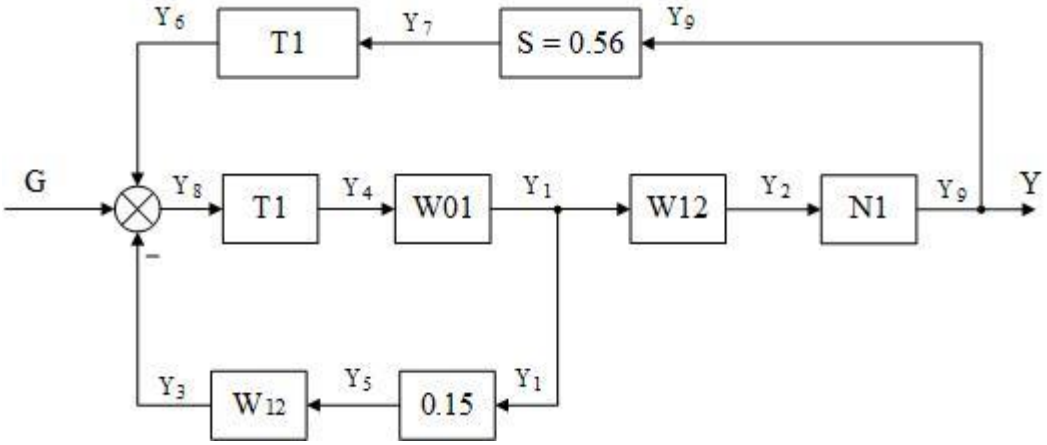


Рис. 12. Структурная схема системы в общем виде

Описание элементов и связей между ними:

1 – (Y_4, {X_{11}}, Y_1)

2 – (Y_1, {X_{21} , X_{22}}, Y_2)

3 – (Y_5, {X_{31} , X_{32}}, Y_3)

4 – (Y_8, Y_4)

5 – (Y_1, Y_5)

6 – (Y_7, Y_6)

7 – (Y_9, Y_7)

8 – ({+Y_6, -Y_3, +G}, Y_8)

9 – (Y_2, Y_9)

2. Матричная математическая модель системы в общем виде (рис. 13):

	X11	X21	X22	X31	X32	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	1(t)
X11	0					-a10			B10						
X21		0	0			B20	-a20								
X22		1	0			B21	-a21								
X31				0	0			-a30		B30					
X32				1	0			-a31		B31					
Y1	1					-a11			B11						
Y2		0	1			B22	-a22								
Y3				0	1			-a32		B32					
Y4									-1				T1		
Y5						0,15				-1					
Y6											-1	T1			
Y7												-1		0,56	
Y8								-1			+1		-1		+G
Y9							N1(Y2)/ Y2							-1	

Рис. 13. Матричная математическая модель системы в общем виде

3. Структурная схема системы с выбранными параметрами (рис. 14):

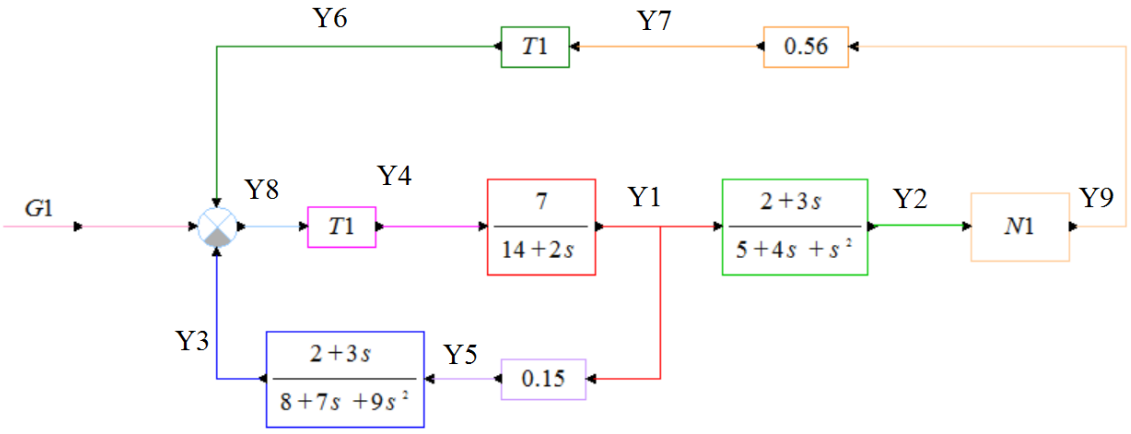
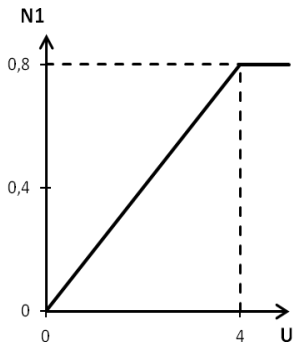
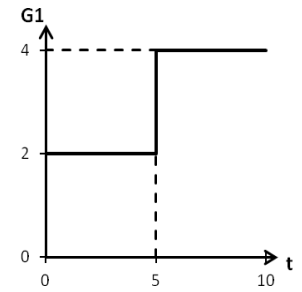
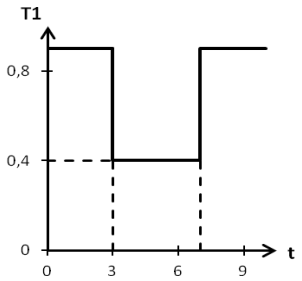


Рис. 14. Структурная схема системы с выбранными параметрами

Описание внешних воздействий, нестационарностей и нелинейных характеристик (табл. 10):

Таблица 10

№	Графически	Аналитически	Код в SimACS	Код в MATLAB
1		$N1(U)=\begin{cases}0,2U, & U\le 4;\\ 0,8, & U>4.\end{cases}$	R = U*0.2*(U < 4) + 0.8*(U >= 4);	N = U*0.2*(U < 4) + 0.8*(U >= 4);
2		$G1(t)=\begin{cases}2, & t\le 5;\\ 10, & t>5.\end{cases}$	R = 2*(t < 5) + 4*(t >= 5);	G = 2*(t < 5) + 4*(t >= 5);
3		$T1(t)=\begin{cases}0,9, & t\le 3;\\ 0,4, & t>3\cup t\le 7;\\ 0,9, & t>7.\end{cases}$	R = 0.9*(t<3) + 0.4*(t>=3)*(t<7) + 0.9*(t>=7);	T = U*(0.9*(t<3) + 0.4*(t>=3)*(t<7) + 0.9*(t>=7));

Моделирование в SimACS (рис. 15):

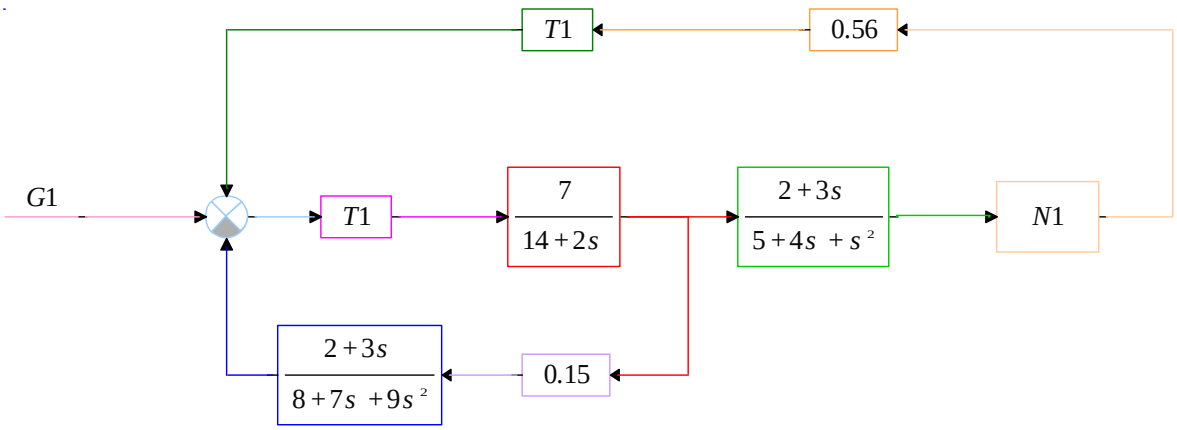


Рис. 15. Модель

Графики выходов звеньев в SimACS (рис. 16):

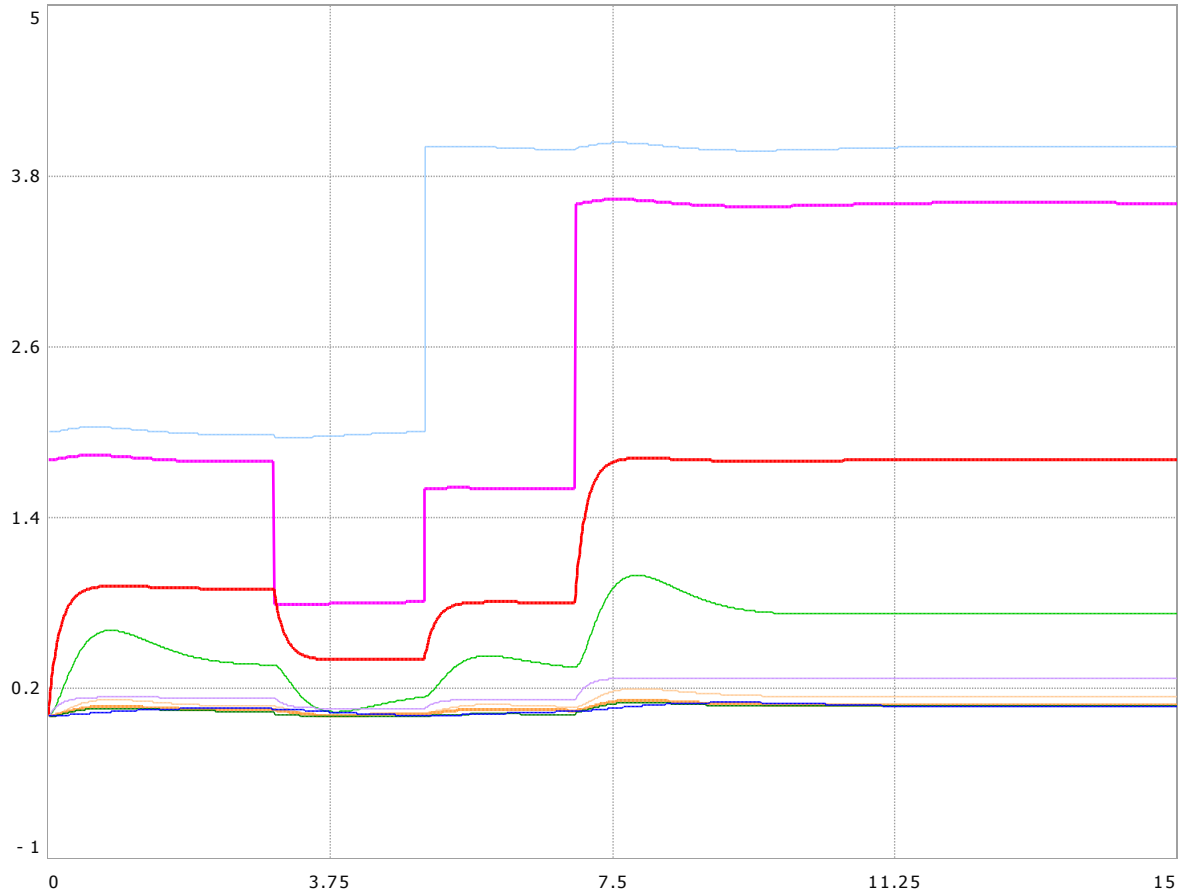


Рис. 16. Графики выходов звеньев

Моделирование в MATLAB (рис. 17):

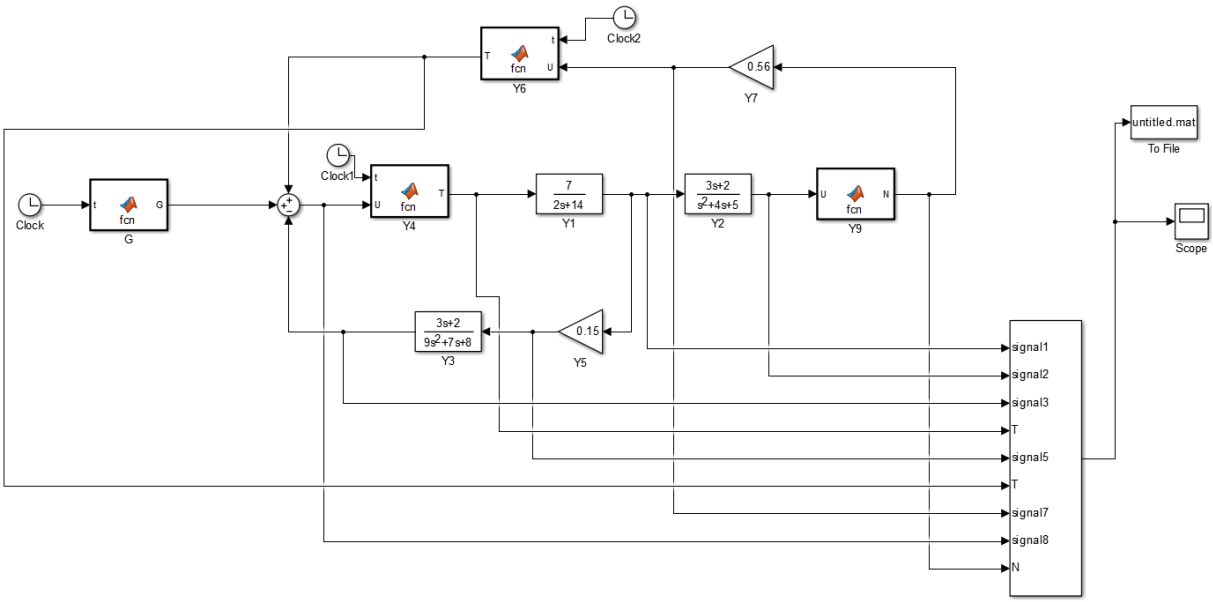


Рис. 17. Модель в MATLAB

Графики выходов звеньев в MATLAB (рис. 18):

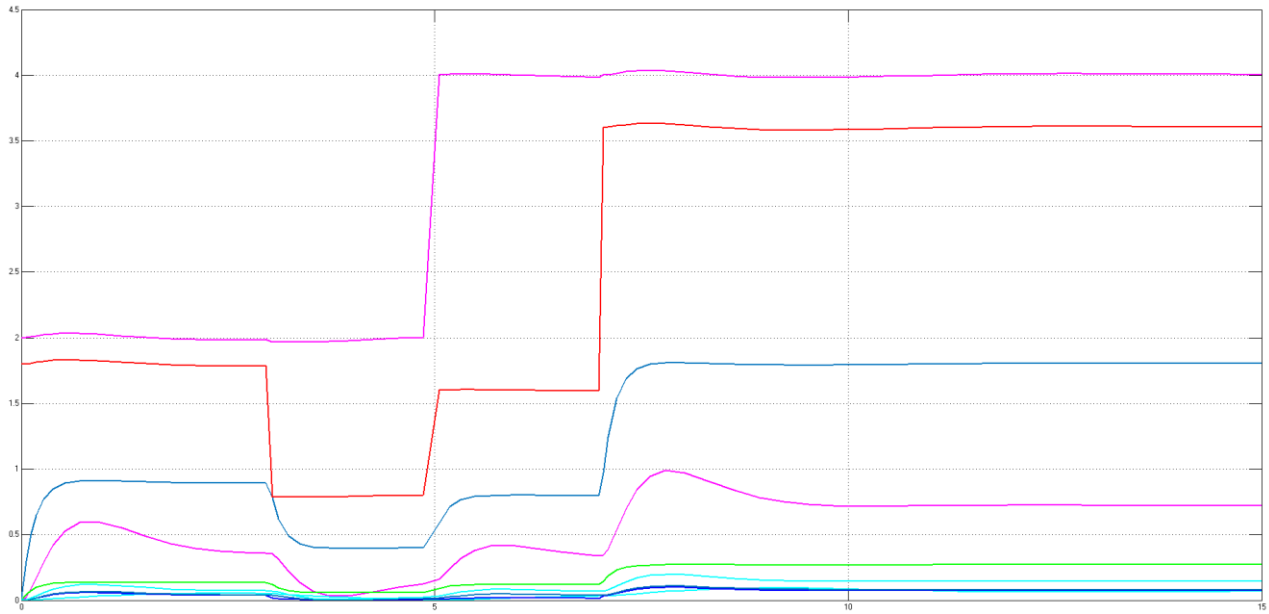


Рис. 18. Графики выходов звеньев в MATLAB

4. Теоретический анализ системы в начальный момент времени (рис. 19):

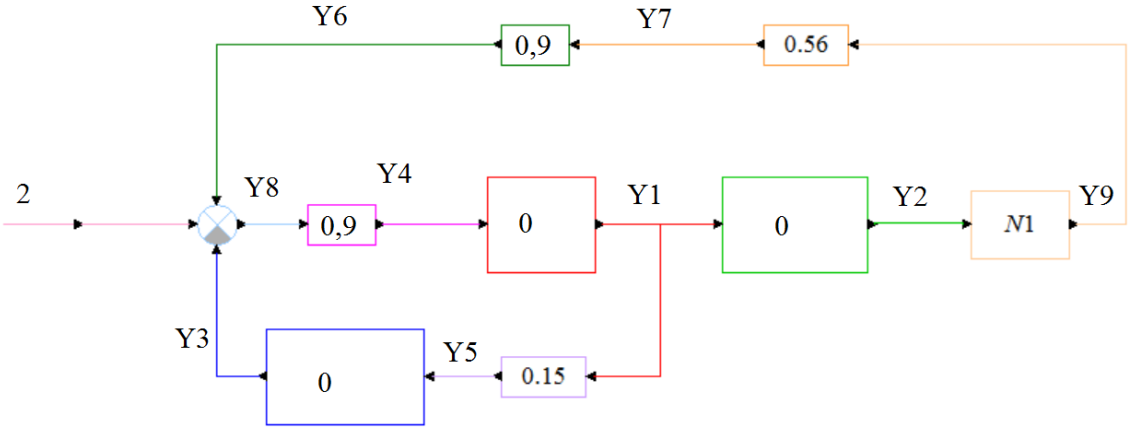


Рис. 19. Структурная схема в начальный момент времени

Расчёты в MathCAD (рис. 20):

Given

$y1 = 0 \cdot y4$

$y2 = 0 \cdot y1$

$y3 = 0 \cdot y5$

$y4 = 0.9 \cdot y8$

$y5 = 0.15 \cdot y1$

$y6 = 0.9 \cdot y7$

$y7 = 0.56 \cdot y9$

$y8 = 2 + y6 - y3$

$y9 = N1(y2)$

$$\mathrm{Find}(y1, y2, y3, y4, y5, y6, y7, y8, y9) = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1.8 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 2 \\ 0 \end{pmatrix}$$

Рис. 20. Расчеты в MathCAD

Сравнение результатов аналитического расчёта и моделирования (табл. 11):

Таблица 11

Сигнал	Значение сигнала			Относительная погрешность, %	
	Теория	SimACS	MATLAB	SimACS	MATLAB
Y1	0	0	0	-	-
Y2	0	0	0	-	-
Y3	0	0	0	-	-
Y4	1,8	1,8	1,8	0	0
Y5	0	0	0	-	-
Y6	0	0	0	-	-
Y7	0	0	0	-	-
Y8	2	2	2	0	0
Y9	0	0	0	-	-

Таким образом, наибольшее отличие экспериментальных значений от теоретических значений составляет 0% для сигналов Y4 и Y8 при моделировании в продуктах SimACS и MATLAB.

Теоретический анализ системы в конечный момент времени (рис. 21, время моделирования составляет 15 секунд):

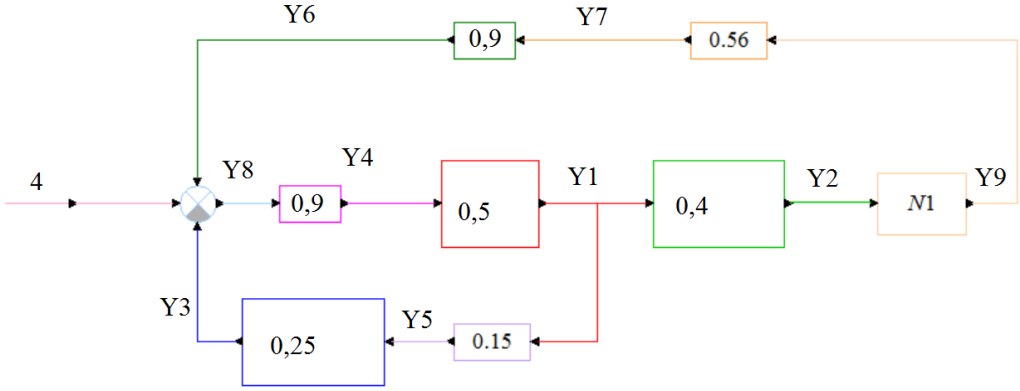


Рис. 21. Структурная схема в конечный момент времени

Расчёты в MathCAD (рис. 22):

Given

$y1 = 0.5 \cdot y4$

$y2 = 0.4 \cdot y1$

$y3 = 0.25 \cdot y5$

$y4 = 0.9 \cdot y8$

$y5 = 0.15 \cdot y1$

$y6 = 0.9 \cdot y7$

$y7 = 0.56 \cdot y9$

$y8 = 4 + y6 - y3$

$y9 = N1(y2)$

$$\mathrm{Find}(y1, y2, y3, y4, y5, y6, y7, y8, y9) = \begin{pmatrix} 1.802 \\ 0.721 \\ 0.068 \\ 3.605 \\ 0.27 \\ 0.073 \\ 0.081 \\ 4.005 \\ 0.144 \end{pmatrix}$$

Рис. 22. Расчеты в MathCAD

Сравнение результатов аналитического расчёта и моделирования (табл. 12):

Таблица 12

Сигнал	Значение сигнала			Относительная погрешность, %	
	Теория	SimACS	MATLAB	SimACS	MATLAB
Y1	1,802	1,80263	1,802535	0,035	0,0297
Y2	0,721	0,720678	0,720629	0,0447	0,0515
Y3	0,068	0,067441	0,067405	0,8221	0,875
Y4	3,605	3,604911	3,604711	0,0025	0,008
Y5	0,27	0,270394	0,27038	0,1459	0,1407
Y6	0,073	0,072898	0,072639	0,1397	0,4945
Y7	0,081	0,080998	0,08071	0,0025	0,358
Y8	4,005	4,005457	4,005235	0,0114	0,0059
Y9	0,144	0,144639	0,144126	0,4438	0,0875

Таким образом, наибольшее отличие экспериментальных значений от теоретических значений составляет 0,875% для сигнала Y3 при моделировании в продукте MATLAB.

3. Экзамен

Процедура проведения

В течение семестра студент путем выполнения заданий набирает баллы. Необходимый проходной минимум для экзамена - 10 баллов. На экзамене студент отвечает на вопрос из списка.

Критерии оценивания

Отлично: получение в семестре от 25 до 30 баллов, правильный ответ на вопрос.

Хорошо: получение в семестре от 18 до 25 баллов, правильный ответ на вопрос, либо получение в семестре более 25 баллов, но неправильный ответ на вопрос.

Удовлетворительно: получение в семестре от 10 баллов.

Неудовлетворительно: получение менее 10 баллов.

Пример

1. Основные виды моделей.
2. Классификация подобия и моделирования.
3. Первая теорема подобия.
4. Вторая теорема подобия.
5. Третья теорема подобия.
6. Подобие сложных систем.
7. Подобие нелинейных систем.
8. Дополнения к теории подобия (3 – 5).

9. Этапы построения математических моделей систем различного назначения.

10. Формулировка замысла модели.

11. Реализация модели.

12. Получение и анализ результатов.

13. Алгоритмы описания звеньев систем, заданных линейными структурами или соответствующими дифференциальными уравнениями, блочными матричными дифференциальными и алгебраическим уравнениями.

14. Алгоритмы описания линейных систем, заданных линейными структурами, содержащими линейные динамические, линейные статические и суммирующие звенья, блочными матричными дифференциальными и алгебраическим уравнениями.

15. Описание систем, содержащих нелинейные структуры, нелинейными нестационарными дифференциальными уравнениями (ННДУ) и линейными нестационарными алгебраическими уравнениями (ЛСАУ).

16. Статические и динамические замкнутые алгебраические контура.

17. Описание систем, содержащих нелинейные структуры, нелинейными нестационарными дифференциальными уравнениями (ННДУ) или “жесткой” системой нелинейными нестационарных дифференциальных уравнений, исключая алгебраические.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

а) основная литература:

1. Буренок, В.М. Математические методы и модели в теории информационно из-мерительных систем / В.М. Буренок, В.Г. Найденов, В.И. Поляков.– М.: Издательство Лань, 2011.–416 с.

б) дополнительная литература:

1. Поршнев, С. В. Компьютерное моделирование физических процессов в пакете MATLAB Текст учеб. пособие для вузов / С.В. Поршнев. – 2-е изд., испр. - СПб. и др.: Лань, 2011. – 726 с. ил. 1 электрон. опт. диск

2. Дьяконов, В. П. MATLAB 6.5 SP1/7 + Simulink 5/6: Основы применения / В. П. Дьяконов. – М.: Солон-Пресс, 2005. – 798 с. ил.

3. Лазарев, Ю. Моделирование процессов и систем в MATLAB: Учеб. курс / Ю. Лазарев. – СПб. и др. : Питер:BHV, 2005. – 511 с.

4. Долбенков, В. И. Simulink в задачах систем автоматического управления: Учеб. пособие / В. И. Долбенков. – Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2005. – 101 с.

5. Пикина, Г.А. Математические модели технологических объектов: учеб. пособие по курсу "Моделирование систем управления" / Г. А. Пикина ; под ред. А. В. Андрюшина; Моск. энерг. ин-т (техн. ун-т), 2007. – 299 с.

6. Устюгов, М.Н. Моделирование нелинейных систем: Учебное пособие. / М.Н. Устюгов, Н.В. Плотникова, Н.С. Малявкина. – Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2009. – 156 с.

в) отечественные и зарубежные журналы по дисциплине, имеющиеся в библиотеке:

1. Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Математическое моделирование и программирование: науч. журн. / Юж.-Урал. гос. ун-т; ЮУрГУ, 2008.

2. Системні дослідження та інформаційні технологіі : междунар. науч.-техн. журн. на укр., рус., англ. яз. / Нац. акад. наук Украины, Учеб.-науч. комплекс "Институт прикладного системного анализа" НТУУ "КПИ". – Киев, 2010.

Электронная учебно-методическая документация (табл. 13):

Таблица 13

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Наименование ресурса в электронной форме	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Основная литература	Буренок, В.М. Математические методы и модели в теории информационно измерительных систем	https://e.lanbook.com/	Электронно-библиотечная система Издательства Лань	Интернет / Авторизованный

ОГЛАВЛЕНИЕ

Общие сведения 1
Содержание дисциплины 1
Лекции 2
Практические занятия 2
Лабораторные работы 2
Самостоятельная работа студента 3
Паспорт фонда оценочных средств 3
Типовые задания, процедуры проведения, критерии оценивания 4
1. Выполнение исследовательских и творческих заданий 4
2. Выполнение расчетно-графической работы 6
3. Экзамен 20
Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины 21