

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИК

_____ А.А. Захарова

« ____ » _____ 2014 г.

БАЗОВАЯ РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ И СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

Направление ООП: **27.04.04 – Управление в технических системах**

Профиль подготовки(Специализация): Теория систем управления

Квалификация (степень): **магистр**

Базовый учебный план приема 2014 г.

Курс 1; семестр 1;

Количество кредитов: 6

Код дисциплины: М1.Б2

Виды учебной деятельности	Временной ресурс по очной форме обучения
Лекции, ч	8
Практические занятия, ч	32
Лабораторные занятия, ч	24
Аудиторные занятия, ч	64
Самостоятельная работа, ч	152
ИТОГО, ч	216

Вид промежуточной аттестации: диф. зачет и экзамен в 1 семестре

Обеспечивающее подразделение: АиКС ИК

Заведующий кафедрой АиКС _____ Цапко Г.П.
(ФИО)

Руководитель ООП _____ Ефимов С.В.
(ФИО)

Преподаватель _____ Ефремов А.А.
(ФИО)

2014 г.

1. Рабочая программа составлена на основе учебного плана ТПУ по подготовке магистров 27.04.04 – Управление в технических системах.

РАССМОТРЕНА и ОДОБРЕНА на заседании обеспечивающей кафедры Автоматики и компьютерных систем 01.09.2014 протокол № 1

2. Разработчик

Ассистент кафедры АиКС _____ А. А. Ефремов

3. Зав. обеспечивающей кафедрой АиКС _____ Г. П. Цапко

4. Рабочая программа СОГЛАСОВАНА с институтом, выпускающими кафедрами специальности; СООТВЕТСТВУЕТ действующему плану.

Зав. выпускающей кафедрой АиКС _____ Г. П. Цапко

1. Цели освоения дисциплины

В результате освоения данной дисциплины магистрант приобретает знания, умения и навыки, обеспечивающие достижение целей Ц1 и Ц2 основной образовательной программы «Управление в технических системах».

Дисциплина нацелена на подготовку магистрантов к:

- к междисциплинарным научным исследованиям для решения задач, связанных с разработкой средств автоматизации и систем управления;
- к проектно-конструкторской и проектно-технологической деятельности по разработке и отладке технического, информационного и программного обеспечения систем автоматизации и управления.

2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Математическое моделирование объектов и систем управления» относится к базовой части цикла общенаучных дисциплин (раздел М1.Б1 действующей образовательной программы).

Дисциплине «Математическое моделирование объектов и систем управления» предшествует освоение дисциплин профессионального цикла подготовки бакалавров по направлению 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»:

- «Математические основы теории систем»;
- «Моделирование систем управления»;
- «Диагностика и надёжность автоматизированных систем».

Содержание разделов дисциплины «Математическое моделирование объектов и систем управления» согласовано с содержанием дисциплин, изучаемых параллельно:

- «Методы оптимизации»;
- «Идентификация и диагностика систем»;
- «Научно-исследовательская работа в семестре».

3. Результаты освоения дисциплины

В соответствии с требованиями ООП освоение дисциплины «Математическое моделирование объектов и систем управления» направлено на формирование у студентов следующих компетенций (результатов обучения), в т.ч. в соответствии с ФГОС образовательной программы 27.04.04, а именно:

- способностью использовать на практике умения и навыки в организации исследовательских и проектных работ, в управлении коллективом (ОК-4);
- способностью применять современные теоретические и экспериментальные методы разработки математических моделей исследуемых объектов и процессов, относящихся к профессиональной деятельности по направлению подготовки (ПК-20);
- способностью к организации и проведению экспериментальных исследований и компьютерного моделирования с применением современных средств и

методов (ПК-22);

- способностью анализировать результаты теоретических и экспериментальных исследований, давать рекомендации по совершенствованию устройств и систем, готовить научные публикации и заявки на изобретения (ПК-23);
- готовностью участвовать в проведении технико-экономического и функционально-стоимостного анализа рыночной эффективности создаваемого продукта (ПК-26).

После изучения данной дисциплины магистранты приобретают знания, умения и опыт, соответствующие результатам основной образовательной программы: **Р1**, **Р4** и **Р6**. Соответствие результатов освоения дисциплины «Математическое моделирование объектов и систем управления» формируемым компетенциям ООП представлено в таблице 1.

Таблица 1

Составляющие результатов обучения, которые будут получены при изучении дисциплины

Результаты обучения (компетенции и из ФГОС)	Составляющие результатов обучения					
	Код	Знания	Код	Умения	Код	Владение опытом
Р1 (ПК-20, ПК-22)	31.1	Методы математического моделирования сложных динамических объектов и систем управления	У1.1	Применять методы математического моделирования для исследования и проектирования сложных динамических объектов управления	В1.1	Методами математического моделирования сложных динамических процессов и объектов управления
Р4 (ПК-23)	34.1	Основные методы идентификации в статике и динамике; методы обработки экспериментальной информации; основные подходы к решению задачи диагностики технических систем; направления развития современной теории идентификации	У4.1	Планировать и проводить экспериментальные исследования по изучению технических объектов управления; оценивать точность полученных математических моделей;	В4.1.	Навыками самостоятельной работы по сбору и обработке научно-технических материалов по результатам исследований
Р6 (ОК-4, ПК-26)	36.1	Методы моделирования и анализа систем.	У6.1	Строить адекватную модель системы или процесса с использованием современных компьютерных средств; интерпретировать и анализировать результаты моделирования.	В6.2	Методами и приемами работы в системе имитационного моделирования Arena 7.0

В результате освоения дисциплины «Математическое моделирование объектов и систем управления» студентом должны быть достигнуты следующие результаты (таблица 2):

Таблица 2

Планируемые результаты освоения дисциплины

№ п/п	Результат
РД1	Владение навыком моделирования средств и систем автоматизации и управления с использованием современных пакетов прикладного программного обеспечения
РД2	Способность разрабатывать математические модели процессов и объектов систем автоматизации и управления
РД3	Владение навыком проведения компьютерного моделирования объектов и процессов управления с применением современных математических методов, технических и программных средств
РД4	Способность разрабатывать методики моделирования объектов и систем управления различной физической природы
РД5	Способность искать, обрабатывать, анализировать и систематизировать научно-техническую информацию, выбирать методики и средства решения задач по теме исследования

4. Структура и содержание дисциплины

Раздел 1. *Общие понятия теории моделирования (20 часов).*

Задача построения модели исследуемого объекта или системы управления, основные типы моделей, их классификация и использование. Математические параметрические и непараметрические модели. Понятие детерминированной и стохастической модели. Особенности моделей процессов. Основные этапы построения моделей. Свойства моделей. Этапы моделирования. Анализ результатов моделирования.

Виды учебной деятельности:

Лекции:

1. Классификация моделей объектов и систем управления (2 часа).
2. Анализ и интерпретация результатов моделирования (2 часа).

Практические занятия:

1. Логические математические модели (2 часа).
2. Математические модели в виде систем линейных дифференциальных уравнений (2 часа).
3. Математические модели стохастических систем и процессов (2 часа).
4. Интегральные преобразования Лапласа и Лапласа-Стилтьеса (2 часа).

Лабораторные работы:

1. Решение систем линейных дифференциальных уравнений в Mathcad (2 часа).
2. Генераторы случайных чисел в Mathcad (2 часа).

3. Анализ результатов стохастического моделирования (4 часа).

Раздел 2. Имитационное моделирование (28 часов).

Задачи имитационного моделирования. Области применения моделей. Этапы построения моделей. Преимущества и недостатки имитационного моделирования. Сети Петри. Основные свойства сетей Петри. Теория массового обслуживания. Состав систем массового обслуживания (СМО). Типы систем массового обслуживания. Имитационная модель систем массового обслуживания. Системы управления как СМО.

Виды учебной деятельности:

Лекции:

1. Сети Петри. Виды сетей Петри (2 часа).
2. Системы и сети массового обслуживания (2 часа).

Практические занятия:

1. Матричные методы анализа сетей Петри (2 часа).
2. Вывод характеристик функционирования систем массового обслуживания (2 часа).
3. Поток Эрланга. Гиперэкспоненциальное распределение (2 часа).
4. Распределение фазового типа (2 часа).

Лабораторные работы:

1. Моделирование потоков отказов-восстановлений с использованием сетей Петри (4 часа) с использованием HPSim.
2. Моделирование СМО М/М/1 с использованием Arena. (2 часа).
3. Моделирование СМО М/М/п/г с использованием Arena. (2 часа).
4. Моделирование СМО с «нетерпеливыми» заявками с использованием Arena. (2 часа).
5. Моделирование СМО с «повторными» заявками с использованием Arena. (2 часа).
6. Моделирование СМО с различными дисциплинами обслуживания с использованием Arena. (2 часа).

5. Образовательные технологии

При изучении дисциплины «Математическое моделирование объектов и систем управления» следующие образовательные технологии (таблица 3):

Таблица 3

Методы и формы организации обучения

ФОО Методы	Лекц.	Лаб. раб.	Пр. зан./ сем.,	Тр.*, Мк**	СРС	К. пр.***
IT-методы	+		+		+	
Работа в команде		+			+	
Case-study						

ФОО Методы	Лекц.	Лаб. раб.	Пр. зан./ сем.,	Тр.*, Мк**	СРС	К. пр.***
Игра	+					
Методы проблемного обучения			+			
Обучение на основе опыта	+					
Опережающая самостоятельная работа		+			+	
Проектный метод						
Поисковый метод		+	+		+	
Исследовательский метод			+		+	
Другие методы						

* – Тренинг, ** – мастер-класс, *** – командный проект

6. Организация и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

6.1. Виды и формы самостоятельной работы

Самостоятельная работа студентов включает текущую и творческую проблемно-ориентированную самостоятельную работу (ТСР).

Текущая СРС направлена на углубление и закрепление знаний студента, развитие практических умений и включает:

- закрепление теоретического материала, полученного на лекциях;
- подготовку к практическим занятиям;
- подготовку к лабораторным работам;
- подготовку к экзамену.

Творческая самостоятельная работа включает:

- подготовка группового доклада на конференц-неделе;
- выполнение курсовой работы.

6.2. Содержание самостоятельной работы по дисциплине

Основную часть самостоятельной работы студента по дисциплине «Математическое моделирование объектов и систем управления» составляет выполнение курсовой работы на тему «Анализ функционирования СМО с немарковскими законами распределения случайных величин». В рамках курсовой работы студентам предлагается построить модели систем массового обслуживания в пакете имитационного моделирования Arena, время обслуживания и время между поступлениями заявок в которых представляют собой распределения, отличные от экспоненциального. Также, предлагается исследовать изменение параметров функционирования СМО в зависимости от изменения параметров распределений.

Пример задания на курсовую работу.

В пакете имитационного моделирования Arena построить модели для следующих СМО:

- а) X/Y/1;
- б) X/Y/n/r;
- в) X/Y/1 с «нетерпеливыми» заявками;
- г) X/Y/n/r с «повторными» заявками.

Здесь X и Y представляют собой обозначения распределений случайных величин и определяются по варианту (см. таблицу 4). Параметры распределений приведены в таблице 5.

Таблица 4

Вар.	X	Y	Вар.	X	Y	Вар.	X	Y
1	E2	HM2	11	E2	GE3	21	E2	TR
2	TR	E2	12	GE2	W	22	W	Г
3	GE2	U	13	W	LN	23	LN	U
4	W	GE2	14	LN	LN	24	Г	LN
5	LN	GE2	15	TR	E3	25	U	LN
6	E3	HM2	16	E3	GE3	26	E3	TR
7	GE2	LN	17	Г	Г	27	Г	GE2
8	W	W	18	W	U	28	GE2	Г
9	LN	W	19	GE2	GE2	29	Г	U
10	Г	W	20	LN	Г	30	U	Г

E_k – распределение Эрланга k-го порядка с параметром λ ;

HM_k – гиперэкспоненциальное распределение с параметрами $p_1, \dots, p_k, \lambda_1, \dots, \lambda_k$;

TR – треугольное распределение с параметрами a, b, c;

GE_k – обобщенное распределение Эрланга k-го порядка (гипоэкспоненциальное распределение) с параметрами $\lambda_1, \dots, \lambda_k$;

U – равномерное распределение с параметрами a, b;

W – распределение Вейбулла с параметрами η, β ;

LN – логнормальное распределение с параметрами μ_L, σ_L ;

Г – гамма-распределение с параметрами k, θ .

Таблица 5

Распределение	Параметр 1	Параметр 2	Параметр 3
E2	$\lambda = 0.01 \text{ c}^{-1}$	-	-
E3	$\lambda = 0.015 \text{ c}^{-1}$	-	-
HM2	$p_1 = 0.5$	$\lambda_1 = 0.003125 \text{ c}^{-1}$	$\lambda_2 = 0.0125 \text{ c}^{-1}$
TR	$a = 100 \text{ c}$	$b = 200 \text{ c}$	$c = 300 \text{ c}$
GE2	$\lambda_1 = 0.025 \text{ c}^{-1}$	$\lambda_2 = 0.00625 \text{ c}^{-1}$	-
GE3	$\lambda_1 = 0.05 \text{ c}^{-1}$	$\lambda_2 = 0.0125 \text{ c}^{-1}$	$\lambda_3 = 0.01 \text{ c}^{-1}$
U	$a = 100 \text{ c}$	$b = 300 \text{ c}$	-
W	$\eta = 222 \text{ c}$	$\beta = 1.5$	-
LN	$\mu_L = 2.17$	$\sigma_L = 2.5$	-
Г	$k = 2.5$	$\theta = 80 \text{ c}$	-

Поочередно меняя один из четырех параметров распределений (и оставляя три других неизменными), провести моделирование работы СМО и определить следующие параметры функционирования:

- среднее время ожидания в очереди;
- среднее время пребывания в системе;
- средний размер очереди;
- среднее число заявок в системе;
- загруженность сервера(ов);
- процент потерянных заявок (там, где необходимо);
- среднее число попыток обращения к серверу (для СМО с «повторными» заявками).

Результаты моделирований сопроводить графиками. Провести аппроксимацию результатов моделирования любым удобным способом.

Темы, выносимые на самостоятельную проработку:

- Подходы к моделированию объектов и систем управления в условиях неопределенности.
- Моделирование систем с помощью графов.
- Расширения сетей Петри.
- Функционально-стоимостной анализ работы систем.
- Клеточные автоматы.
- Матричные распределения в системах массового обслуживания.

6.3. Контроль самостоятельной работы

Оценка результатов самостоятельной работы организуется следующим образом:

- защита лабораторных работ;
- защита курсовой работы в период конференц-недели, на индивидуальных консультациях;
- групповой доклад по темам, вынесенным на самостоятельное изучение, на конференц-неделе.

7. Средства текущей и промежуточной оценки качества освоения дисциплины

Оценка качества освоения дисциплины производится по результатам следующих контролирующих мероприятий:

Контролирующие мероприятия	Результаты обучения по дисциплине
Выполнение и защита лабораторных работ	РД1 – РД3
Выполнение и защита курсовой работы	РД3 – РД5
Доклад-презентация во время конференц-недели	РД5
Экзамен	РД1 – РД4

Оценка успеваемости магистрантов осуществляется по результатам:

- оценки выполненных магистрантами лабораторных работ;
- оценки за курсовую работу;
- оценки доклада-презентации по теме, вынесенной на самостоятельное изучение;
- экзамена в первом семестре.

Вопросы к экзамену

Каждый билет содержит два вопроса из следующего списка:

1. Основные понятия теории моделирования.
2. Цели и задачи моделирования.
3. Материальные (физические) и идеальные модели.
4. Имитационное моделирование как специфический вид компьютерного моделирования.
5. Этапы построения моделей.
6. Основные модели, используемые в системном анализе.
7. Сети Петри, раскрашенные сети Петри.
8. Принципы структурного анализа.
9. Методологии моделирования при структурном анализе.
10. Характеристические преобразования: характеристическая функция, преобразование Лапласа-Стилтьеса, производящая функция. Свойства, области применения.
11. Потоки случайных событий: простейший, нестационарный пуассоновский поток. Свойства и параметры потоков.
12. Потоки случайных событий: потоки Эрланга, регулярный поток, поток Пальма.
13. Процессы «гибели-размножения».
14. Цепи Маркова. Определение, классификация, свойства.
15. Марковские процессы с дискретным множеством состояний.
16. Система дифференциальных уравнений Колмогорова. Нахождение стационарного распределения.
17. Гиперэкспоненциальное и гиперэрланговское распределения. Распределения фазового типа.
18. Перечислите этапы моделирования, цель каждого этапа, методы, используемые на этих этапах, виды моделей.
19. Классификация СМО. Входящий поток требований. Времена обслуживания требований.
20. Классификация СМО. Структура СМО. Дисциплины обслуживания.
21. Показатели производительности СМО. Формула Литтла.
22. Марковские СМО. Многоканальная СМО с отказами (M/M/n/0).
23. Предельное распределение вероятностей состояний.
24. Определение основных характеристик обслуживания.
25. Одноканальная СМО с ограниченной очередью (M/M/1/r).
26. Многоканальные СМО (M/M/n/∞ и M/M/n/r).

27. СМО с гиперэкспоненциальным и гиперэрланговским распределением времени обслуживания.
28. Простейшие немарковские модели. Формулы Полячека-Хинчина.
29. СМО со специальными дисциплинами обслуживания.
30. Описание класса сетей. Открытые и замкнутые экспоненциальные сети.

8. Рейтинг качества освоения дисциплины

Оценка качества освоения дисциплины в ходе текущей и промежуточной аттестации обучающихся осуществляется в соответствии с «Руководящими материалами по текущему контролю успеваемости, промежуточной и итоговой аттестации студентов Томского политехнического университета», утвержденными приказом ректора № 88/од от 27.12.2013 «Об утверждении и введении в действие «Положения о проведении текущего оценивания и промежуточной аттестации в ТПУ» (частичное изменение приказа от 29.11.2011 г. № 77/од)»

В соответствии с «Календарным планом изучения дисциплины»:

- текущая аттестация (оценка качества усвоения теоретического материала (ответы на вопросы и др.) и результаты практической деятельности (решение задач, выполнение заданий, решение проблем и др.) производится в течение семестра (оценивается в баллах (максимально 60 баллов), к моменту завершения семестра студент должен набрать не менее 33 баллов);
- промежуточная аттестация (зачет) производится в конце семестра (оценивается в баллах (максимально 40 баллов), на зачете студент должен набрать не менее 22 баллов).

Итоговый рейтинг по дисциплине определяется суммированием баллов, полученных в ходе текущей и промежуточной аттестаций. Максимальный итоговый рейтинг соответствует 100 баллам.

В соответствии с «Календарным планом выполнения курсового проекта (работы)»:

- текущая аттестация (оценка качества выполнения разделов и др.) производится в течение семестра (оценивается в баллах (максимально 40 баллов), к моменту завершения семестра студент должен набрать не менее 22 баллов);
- промежуточная аттестация (защита проекта (работы)) производится в конце семестра (оценивается в баллах (максимально 60 баллов), по результатам защиты студент должен набрать не менее 33 баллов).

Итоговый рейтинг выполнения курсового проекта (работы) определяется суммированием баллов, полученных в ходе текущей и промежуточной аттестаций. Максимальный итоговый рейтинг соответствует 100 баллам.

9. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Основная литература:

1. Яковенко П.Г. Моделирование систем [Электронный ресурс] : учебное пособие / П. Г. Яковенко; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). — 1 компьютерный файл (pdf; 1.38 МВ). — Томск: Изд-во ТПУ, 2011. — Заглавие с титульного экрана. — Электронная версия печатной публикации. — Доступ из корпоративной сети ТПУ [Схема доступа: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2011/m214.pdf>]. — Системные требования: Adobe Reader.
2. Голубева Н.В. Математическое моделирование систем и процессов [Электронный ресурс] : учебное пособие / Н. В. Голубева. — Санкт-Петербург: Лань, 2013. — 192 с.: ил.. — Учебники для вузов. Специальная литература. — Библиогр.: с. 176-179. — Предметный указатель: с. 180-188.. — Заглавие с титульного экрана. — Электронная версия печатной публикации. — Доступ из корпоративной сети ТПУ [Схема доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=4862].
3. Казиев В.М. Введение в анализ, синтез и моделирование систем : учебное пособие / В. М. Казиев. — 2-е изд.. — Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний Интернет-Университет информационных технологий, 2013. — 244 с.: ил.. — Основы информационных технологий. — Библиогр.: с. 236-244.. — ISBN 978-5-94774-710-2.
4. Гнеденко Б.В. Введение в теорию массового обслуживания / Б. В. Гнеденко, И. Н. Коваленко. — 6-е изд.. — Москва: URSS, 2013. — 400 с.. — Библиогр.: с. 362-397.. — ISBN 978-5-382-01393-0.
5. Моделирование систем : учебное пособие для вузов / И. А. Елизаров [и др.]. — Старый Оскол: ТНТ, 2013. — 136 с.: ил.. — Библиогр.: с. 135.. — ISBN 978-5-94178-350-2.

Дополнительная литература:

1. Карташевский В.Г. Основы теории массового обслуживания : учебник / В. Г. Карташевский. — Москва: Горячая линия-Телеком, 2013. — 130 с.: ил.. — Учебник для вузов. — Специальность. — Библиогр.: с. 128.. — ISBN 978-5-9912-0346-3.
2. Кирпичников А.П. Методы прикладной теории массового обслуживания / А. П. Кирпичников. — Казань: Изд-во КГУ, 2011. — 200 с.. — Библиогр.: с. 198-199.. — ISBN 978-5-98180-920-0.
3. Советов Б.Я. Моделирование систем : учебник для бакалавров / Б. Я. Советов, С. А. Яковлев. — 7-е изд.. — Москва: Юрайт, 2013. — 344 с.: ил.. — Бакалавр. Базовый курс. — Список литературы: с. 340-341.. — ISBN 978-5-9916-2698-9.
4. Яковенко П.Г. Моделирование систем : лабораторный практикум : учебное пособие / П. Г. Яковенко; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). — Томск: Изд-во ТПУ, 2011. — 96 с.: ил.. — ISBN 978-5-98298-945-1.

5. Афонин В.В. Моделирование систем : учебно-практическое пособие / В. В. Афонин, С. А. Федосин. — Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний Интернет-Университет информационных технологий, 2010. — 231 с.: ил.. — Основы информационных технологий. — Библиогр.: с. 230-231.. — ISBN 978-5-9963-0352-6.
6. Теория вероятностей и математическая статистика : учебное пособие / Российская экономическая академия им. Г. В. Плеханова (РЭА); под ред. В. И. Ермакова. — Москва: Инфра-М, 2010. — 287 с.: ил.. — Высшее образование. — Предметный указатель: с. 268-275. — Библиографический список: с. 276-279.. — ISBN 978-5-16-001561-3.
7. Вентцель Е.С. Задачи и упражнения по теории вероятностей : учебное пособие / Е. С. Вентцель, Л. А. Овчаров. — 8-е изд., стер.. — Москва: КноРус, 2010. — 493 с.: ил.. — Библиогр.: с. 493.. — ISBN 978-406-00548-4.

Используемое программное обеспечение:

1. PTC Mathcad 14.
2. HPSim v.1.1.
3. Rockwell Arena 13.9.

10. Материально-техническое обеспечение дисциплины

№ п/п	Наименование (компьютерные классы, учебные лаборатории, оборудование)	Корпус, ауд., количество установок
1	Компьютерный класс	10к.-117Б
2	Компьютеры класса IBM PC с доступом в Internet	8

Программа составлена на основе Стандарта ООП ТПУ в соответствии с требованиями ФГОС образовательной программы 27.04.04 «Управление в технических системах» и профилем «Теория систем управления»

Программа одобрена на заседании кафедры АиКС ИК

(протокол № 1 от 01.09.2014г.).

Автор

Ефремов А.А.

Рецензент

Аврамчук В.С.