Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 06.08.2026 17:35:02
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Факультет машиностроения

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета машиностроения
_____ /Е.В. Сафонов/
«26» февраля 2026 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Моделирование систем управления»

Направление подготовки
27.03.04.«Управление в технических системах»

Образовательная программа (профиль подготовки)
«Электронные системы управления»

Квалификация (степень) выпускника
Бакалавр

Форма обучения
Очная

Москва, 2026 г.

Разработчик(и):

Старший преподаватель_____ Е.С. Березин

Согласовано:

Заведующий кафедрой «Автоматика и управление»,
д.т.н., проф. /А.А. Радионов/

Содержание

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине 4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы 4
3. Структура и содержание дисциплины 5
   - 3.1. Виды учебной работы и трудоемкость 5
   - 3.2. Тематический план изучения дисциплины 6
   - 3.3. Содержание дисциплины 8
   - 3.4. Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий 10
   - 3.5. Тематика курсовых проектов (курсовых работ) 11
4. Учебно-методическое и информационное обеспечение 12
   - 4.1. Нормативные документы и ГОСТы 12
   - 4.2. Основная литература 12
   - 4.3. Дополнительная литература 12
   - 4.4. Электронные образовательные ресурсы 12
   - 4.5. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение 12
   - 4.6. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы 12
5. Материально-техническое обеспечение 12
6. Методические рекомендации 13
   - 6.1. Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения 13
   - 6.2. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины 13
7. Фонд оценочных средств 14
   - 7.1. Методы контроля и оценивания результатов обучения 15
   - 7.2. Шкала и критерии оценивания результатов обучения 15
   - 7.3. Оценочные средства 17

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

К основным целям освоения дисциплины «Моделирование систем управления» следует отнести:

– формирование у студентов знаний общих принципов, методов и средств моделирования автоматических и автоматизированных систем управления;

– подготовку студентов к деятельности в соответствии с квалификационной характеристикой бакалавра по направлению.

Задачи дисциплины:

– Ознакомление с основными понятиями, относящимися к моделированию систем управления;

– Изучение основных принципов моделирования систем, свойств и видов моделей, их классификации;

– Изучение математических моделей систем управления в переменных состояния и анализа с их помощью управляемости и наблюдаемости систем управления.

– Знакомство с методами и алгоритмами численного интегрирования дифференциальных уравнений, служащих моделями динамических систем управления.

– Рассмотрение вопросов динамики развития и использования моделей систем.

– Изучение вероятностных математических моделей систем массового обслуживания и сетей Петри.

– Изучение методов имитационного моделирования сложных дискретных систем управления.

– Рассмотрение вопросов обработки и интерпретации полученных результатов компьютерного моделирования с применением методов статистического анализа.

Обучение по дисциплине «Моделирование систем управления» направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

Код и наименование компетенций	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-4. Способен осуществлять оценку эффективности систем управления, разработанных на основе математических методов	ИОПК -4.1. Знает классификацию и основные виды моделей систем управления (СУ); методы и алгоритмы исследования линейных динамических моделей непрерывных и дискретных СУ; критерии полной управляемости и полной наблюдаемости линейных многомерных СУ; методы и алгоритмы численного интегрирования дифференциальных уравнений (ДУ); аналитические вероятностные математические модели СУ в виде систем массового обслуживания (СМО) и сетей Петри; правила и методику построения имитационных моделей (ИМ); критерии согласия для проверки статистических гипотез;

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к обязательной части, формируемой участниками образовательных отношений блока Б1 «Дисциплины (модули)».

Дисциплина базируется на следующих, пройденных дисциплинах:

- «Компьютерные системы обработки экспериментальных данных»;
- «Высшая математика»;
- «Программирование и основы алгоритмизации»;

- «Теория автоматического управления»;

Дисциплина «Моделирование систем управления» логически связана с последующими дисциплинами: «Проектирование систем управления», «Цифровая обработка сигналов», «Микропроцессорные системы управления».

3. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 8 зачетных(е) единиц(ы) (288 часов).
Изучается на 5,6 семестрах обучения. Форма промежуточной аттестации -экзамен.

3.1 Виды учебной работы и трудоемкость

3.1.1.Очная форма обучения

№ п/п	Вид учебной работы	Количество часов	Семестры	
			5 семестр	6 семестр
1	**Аудиторные занятия**	**144**	**72**	**72**
	В том числе:			
1.1	Лекции	54	36	18
1.2	Семинарские/практические занятия	36	-	36
1.3	Лабораторные занятия	54	36	18
2	**Самостоятельная работа**	**144**	**72**	**72**
	В том числе:			
2.1	Подготовка к защите лабораторных работ	54	36	18
2.2	Самостоятельное изучение	72	36	36
2.3	Подготовка и выполнение курсовой работы	18	-	18
3	**Промежуточная аттестация**			
	Курсовая работа			+
	Зачет/диф.зачет/экзамен		экзамен	экзамен
	Итого	**288**		

3.2 Тематический план изучения дисциплины

3.2.1. Очная форма обучения

№ п/п	Разделы/темы дисциплины	Трудоемкость, час					
		Всего	Аудиторная работа				Самостоятельная работа
			Лекции	Семинарские/ практические занятия	Лабораторные занятия	Практическая подготовка	
1	**Раздел 1. Модели и их свойства**		**12**				**24**
	Тема 1. Основные понятия и определения		2				4
	Тема 2. Целенаправленность моделей.		2				4
	Тема 3. Свойства моделей		2				4
	Тема 4. Способы реализации моделей.		2				4
	Тема 5. Виды моделей		2				4
	Тема 6. Кибернетические модели систем		2				4
2	**Раздел 2. Аналитические математические модели систем.**		**18**		**36**		**36**
	Тема 7. Общая математическая модель динамической системы.		2		4		4
	Тема 8. Частные математические модели динамических систем		2		6		6
	Тема 9. Свойства динамических систем		2		6		6
	Тема 10. Линейная непрерывная модель многомерной детерминированной динамической системы в переменных состояния.		2		4		4
	Тема 11. Векторы		2		4		4
	Тема 12. Линейное векторное пространство		4		6		6
	Тема 13. Управляемость и наблюдаемость		4		6		6
3	**Раздел 3. Компьютерное моделирование. Численное интегрирование дифференциальных уравнений.**		**6**				**12**
	Тема 14. Ошибки усечения и округления. Метод Эйлера. Методы Рунге-Кутта.		2				4
	Тема 15. Сравнение различных методов решения. Контроль величины шага и устойчивость		2				4

	Тема 16. Сложности алгоритмизации моделирования		2				4
4	**Раздел 4. Аналитические вероятностные математические модели систем.**		**2**	**8**			**6**
	Тема 17. Аналитические модели систем массового обслуживания (СМО).		1	8			3
	Тема 18. Сети Петри.		1				3
5	**Раздел 5. Имитационные модели систем**		**4**		**18**		**24**
	Тема 19. Имитационный эксперимент. Развитие имитационного моделирования (ИМ). Этапы имитационного моделирования		1				3
	Тема 20. Подходы к построению имитационных моделей.		1				3
	Тема 21. Разработка программ имитационного моделирования		1		12		9
	Тема 22. Имитационное моделирование систем массового обслуживания		1		6		9
6	**Раздел 6. Метод РДО (ресурсы-действия-операции)**		**6**				**12**
	Тема 23. Основные положения метода РДО.		1				3
	Тема 24. Представление СДС в РДО-методе. Базовая структура инструментальной среды. Продукционный имитатор.		2				3
	Тема 25. Моделирование в среде РДО		2				3
	Тема 26. Интегрированная среда моделирования (ИСМ) РДО		1				3
7	**Раздел 7. Описание языка GPSS**		**2**				**6**
	Тема 27. Изучение операторов языка GPSS.		1				3
	Тема 28. Рассмотрение примера на языке GPSS для СМО.		1				3
8	**Раздел 8. Планирование компьютерных экспериментов.**		**4**	**28**			**24**
	Тема 29. Основные понятия теории планирования экспериментов		0,5	4			3
	Тема 30. Модели планирования эксперимента		0,5	4			3
	Тема 31. Виды планов экспериментов		0,5				3
	Тема 32. Раздел 9. Обработка и анализ результатов компьютерного моделирования.		0,5	4			3
	Тема 33. Методы оценки		0,5	4			3

	Тема 34. Статистические методы обработки		0,5	4			3
	Тема 35. Задачи обработки результатов моделирования		0,5	4			3
	Тема 36. Анализ и интерпретация результатов компьютерного моделирования		0,5	4			3
	Итого		**54**	**36**	**54**		**144**

3.3 Содержание дисциплины

Раздел 1. Модели и их свойства

Предмет, задачи и содержание дисциплины. Основные положения, понятия и определения. Всеобщность моделирования. Материальные и абстрактные модели, виды подобия. Целенаправленность моделей. Модель процесса управления. Адаптивный алгоритм достижения цели управления. Свойства моделей: конечность, упрощенность, приближенность, адекватность, истинность, ингерентность. Способы реализации моделей. Материальные модели. Виды подобия: прямое, косвенное, условное. Идеальные модели. Языковые и знаковые модели. Семиотика. Познавательные и прагматические, детерминированные и вероятностные, непрерывные и дискретные, статические и динамические, линейные и нелинейные, стационарные и нестационарные, сосредоточенные и распределенные модели. Сложные системы. Понятие эмерджентности. Система как средство достижения цели. Модель типа «черный ящик». Модели состава и структуры. Свойства и отношения. Способы задания бинарных отношений. Свосства бинарных отношений: рефлексивность, антирефлексивность, симметричность, асимметричность, антисимметричность, транзитивность, отрицательная транзитивность и сильная транзитивность. Отношения эквивалентности, порядка и доминирования. Модель принятия решений на основе бинарных отношений. Граф предпочтений. Разновидности графов. Основные структуры графов: линейная, древовидная (иерархическая), матричная, сетевая, кольцевая, звездообразная. Модель системы типа «прозрачный ящик». Структурные схемы СУ.

Раздел 2. Аналитические математические модели систем.

Общая математическая модель динамической системы. Вектор состояния, отображение выхода и переходное отображение. Частные математические модели динамических систем. Непрерывные системы. Линейные системы. Гладкие системы. Дискретные системы. Конечные автоматы. Автоматы Мили и автоматы Мура. Детерминированные автоматы с памятью и без памяти. Синхронные и асинхронные автоматы. Вероятностные автоматы. Векторы. Норма вектора. Внутреннее и внешнее произведения векторов. Неравенство треугольника и неравенство Шварца. Линейная независимость векторов. Особенная матрица. Вырожденность. Правило вырожденности Сильвестра. Определитель Грама. Линейное векторное пространство. Базис линейного векторного пространства. Характеристические числа и характеристические векторы. Формула Бохера. Модальная матрица. Диагонализация квадратной матрицы. Управляемость линейной многомерной системы. Критерий полной управляемости. Наблюдаемость линейной многомерной системы. Критерий полной наблюдаемости.

Раздел 3. Компьютерное моделирование. Численное интегрирование дифференциальных уравнений.

Ошибки усечения и округления. Метод Эйлера и его модификации. Методы Рунге-Кутта. Сравнение различных методов решения. Контроль величины шага и вычислительная устойчивость алгоритмов. Жизненный цикл моделей. Сложности алгоритмизации моделирования. Противоречивость требований к моделям: полнота и простота, точность и размерность, эффективность и затраты на реализацию и др. Теория разрешимости Гёделя и

Клини об универсальной программе создания модели для решения реальной задачи. Невозможность полной формализации процесса моделирования.

Раздел 4. Аналитические вероятностные математические модели систем.

Заявки на обслуживание (транзакты) и обслуживающие аппараты (ОА). Модели СМО: одноканальные и многоканальные, с отказами, с ожиданием, с ограниченным временем ожидания, с восстановлением отказавших ОА. Дисциплины обслуживания: с приоритетами и без приоритетов. Простейший входной поток заявок и его свойства: ординарность, стационарность, отсутствие последействия. Характеристики простейшего потока заявок. Функция распределения времени ожидания прихода заявки и плотность распределения. Функция распределения Пуассона. Среднее время ожидания. Характеристики обслуживания. Функция распределения времени обслуживания и соответствующая плотность распределения. Среднее время обслуживания. Показательный закон распределения времени обслуживания. Достоинства использования показательного закона распределения.

Показатели качества обслуживания. Вероятность потери заявки. Распределение величины очереди. Средняя величина очереди. Загрузка ОА. Согласование источника заявок с каналом обслуживания: синхронное и асинхронное. Согласование простейшего пуассоновского источника заявок: 1) с каналом, время обслуживания которого распределено по показательному закону; 2) с каналом, время обслуживания которого постоянно. Оценка эффективности многоканальной СМО. Уравнения Колмогорова и формула Эрланга. Критерии эффективности работы многоканальной СМО: вероятность отказа в обслуживании, относительная и абсолютная пропускная способность.

Вершины, дуги и маркеры. Перемещение маркеров по сети (маркировка). События в сети Петри. Правила срабатывания переходов. Разновидности сетей Петри: временные, стохастические, функциональные, цветные, ингибиторные.

Конфликтные ситуации в сетях Петри. Свойства сетей Петри: ограниченность, безопасность, сохраняемость, достижимость, живость. Анализ достижимости в сетях Петри.

Раздел 5. Имитационные модели систем

Имитационные модели как алгоритмические поведенческие модели. Особенности и сферы применения, достоинства и недостатки имитационных моделей. Имитационный эксперимент, его содержание и результаты.

Основные фазы развития средств ИМ. Этапы ИМ. Альтернативные методологические подходы к построению имитационных моделей: событийный, сканирование активностей и процессно-ориентированный.

Преимущества и недостатки использования для создания имитационных моделей: универсальных языков программирования; специализированных языков моделирования; проблемно-ориентированных систем ИМ. Имитационное моделирование СМО. Схема реализации событийного метода ИМ СМО.

Раздел 6. Метод РДО (ресурсы-действия-операции)

Метод «Ресурсы–действия–операции» (РДО). Основные положения метода РДО. Ресурсы сложной дискретной системы (СДС): постоянные и временные. Действия в СДС. Операции в СДС.

Базовая структура интеллектуальной системы на основе РДО-метода. Продукционный имитатор. Моделирование в среде РДО. Основные понятия: модель, прогон, проект, объект. Интегрированная среда моделирования РДО.

Раздел 7. Описание языка GPSS

В данном раздели изучаются основные операторы языка GPSS и рассматривается пример реализации системы массового обслуживания, реализованного в синтаксисе данного языка.

Раздел 8. Планирование компьютерных экспериментов.

Методы статистической оценки первого и второго центральных моментов случайной величины. Требования к оценкам, полученным в результате статистической обработки данных моделирования: несмещенность, эффективность и состоятельность.

Статистические методы обработки. Эргодическое свойство характеристик стационарных случайных процессов.

Задачи по проверке статистических гипотез. Критерии согласия Колмогорова, Пирсона, Смирнова, Стьюдента и Фишера.

Корреляционный анализ результатов моделирования. Регрессионный анализ. Дисперсионный анализ. Сферы применения различных видов анализа результатов компьютерного моделирования.

3.4 Тематика семинарских/практическихилабораторных занятий

3.4.1.Семинарские/практические занятия

Семинар 1. Операции над матрицами. Сложение, умножение, транспонирование. Нахождение определителей разложением Лапласа, а также по правилу Саррюса (для матриц 3-го порядка). Свойства определителей.

Семинар 2. Миноры и алгебраические дополнения определителей. Нахождение присоединенной и обратной матриц.

Семинар 3. Получение модели линейной многомерной системы в переменных состояния из дифференциального уравнения *n*-го порядка.

Семинар 4. Векторы и векторные пространства. Скалярное (внутреннее) произведение векторов. Ортогональные векторы. Векторное (внешнее) произведение векторов. Неравенства. Линейная независимость векторов. Вырожденные матрицы. Дефект и ранг матриц.

Семинар 5. Характеристические числа и векторы. Формула Бохера. Решение характеристического уравнения и нахождение собственных значений матрицы объекта.

Семинар 6. Нахождение характеристических чисел из условия $|\lambda E – A|=0$. Нахождение модальной матрицы. Диагонализация квадратной матрицы.

Семинар 7. Определение управляемости и наблюдаемости системы 2-го порядка.

Семинар 8. Решение задач на согласование источника заявок СМО с каналом обслуживания.

Семинар 9. Показатели качества обслуживания многоканальной СМО. Решение задач на применение формулы Эрланга.

3.4.2.Лабораторные занятия

Лабораторная работа 1. Лабораторная работа №1 «Вычисления в пакете MathCAD. Решение систем алгебраических уравнений».

Лабораторная работа 2. «Матрицы, векторы и графики в пакете MathCAD».

Лабораторная работа 3. «Символьные вычисления и преобразования в MathCAD. Дифференцирование функций».

Лабораторная работа 4. «Ознакомление с пакетом MatLab».

Лабораторная работа 5. «Матрицы и векторы в пакете MatLab».

Лабораторная работа 6. «Исследование управляемости и наблюдаемости линейных многомерных систем управления».

Лабораторная работа 7. «Визуализация данных и построение графиков в пакете MatLab»

Лабораторная работа 8. Моделирование случайных потоков заявок. Нерегулярные события в методе РДО.

Лабораторная работа 9. Моделирование в среде РДО случайных процессов, распределенных по нормальному, экспоненциальному, равномерному законам.

Лабораторная работа 10. Изучение трассировки прогона модели в среде РДО.

Лабораторная работа 11. Сбор показателей вида watch_state и вида watch_par в программе RAO-studio.

Лабораторная работа 12. Показатели типа get_value в программе RAO-studio.

Лабораторная работа 13. Программирование операций обслуживания в программе RAO-studio
Лабораторная работа 14. Программирование разделов pat, rtp, rss и frm в программе RAO-studio.
Лабораторная работа 15. Программирование разделов fun, dpt, smr и pmd в программе RAO-studio.
Лабораторная работа 16. Программирование разделов frm в программе RAO-studio.

3.5 Тематика курсовых проектов (курсовых работ)

- Разработка имитационной модели сборки автомобилей.
- Разработка имитационной модели системы массового обслуживания автомобильного предприятия общественного питания.
- Разработка имитационной модели системы массового обслуживания «Станция шиномонтажа».
- Разработка имитационной модели сборки центральных процессоров.
- Разработка имитационной модели системы массового обслуживания беспилотной доставки.
- Разработка имитационной модели СМО проходная.
- Разработка модели работы автозаправочной станции в системе имитационного моделирования РДО.
- Разработка имитационной модели «Ресторан».
- Разработка имитационной модели СМО на примере работы метрополитена.
- Разработка имитационной модели работы цеха по производству пиротехники.
- Разработка имитационной модели работы цеха по производству мебели.
- Разработка имитационной модели работы кинотеатра.
- Разработка имитационной модели работы ж-д станции.

3.6 Требования к курсовой работе

1. Тема курсовой работы выбирает студент, после объяснения курсовой работы.
2. На выбор темы отводится одна неделя.
3. В случае, если студент не смог самостоятельно выбрать тему, то тема выдается преподавателем.
4. Курсовая работа должна быть выполнена в программном обеспечении RAO-studio.
5. В курсовой работе должно быть не меньше 20 операций, которые описываются в разделе pat в ПО RAO-studio.
6. Анимация в ПО RAO-studio должна быть красочная и отображать все основные операции, которые описаны в системе массового обслуживания (СМО).
7. Студент обязан вывести статистику параметров своей СМО, которые необходимы для дальнейшего анализа системы.
8. В своей курсовой работе студент обязан описывать приход заявки используя простейший Пуассоновский поток.
9. В своей курсовой работе студент обязан описывать обслуживание заявки используя экспоненциальный закон.

10. В выводе курсовой работы должна содержаться информация о сравнении характеристик разрабатываемой СМО, полученных аналитическим и экспериментальным способами.

4. Учебно-методическое и информационное обеспечение

4.1 Нормативные документы и ГОСТы

Нормативные документы и ГОСТы отсутствуют.

4.2 Основная литература

1. Кириличев Б.В. Моделирование систем: Учебное пособие. – М.: МГИУ, 2010. – 274 с. ISBN 978-5-2760-1647-4.

2. Советов Б.Я, Яковлев С.А. Моделирование систем: Учеб. для вузов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 2001.– 343 с.: ил. ISBN 5-06-003860-2.

4.3 Дополнительная литература

1. Советов Б.Я, Яковлев С.А. Моделирование систем: Учебник. – Серия «Бакалавр. Академический курс» – М.: Юрайт, 2016. – 344 с. – ISBN 978-5-9916-3916-3.

2. Кельтон В., Лоу А. Имитационное моделирование. Классика CS. 3-е изд. – СПб.: Питер; Киев: Издательская группа BHV, 2004. – 847 с.: ил. ISBN 5-94723-981-7.

4.4 Электронные образовательные ресурсы

Проведение занятий и аттестаций возможно в дистанционном формате с применением системы дистанционного обучения университета (СДО-LMS) на основе разработанных кафедрой электронных образовательных ресурсов (ЭОР) по всем разделам программы:.

Название ЭОР	
Моделирование систем управления	https://online.mospolytech.ru/course/view.php?id=11153

Разработанные ЭОР включают тренировочные и итоговые тесты.

Порядок проведения работ в дистанционном формате устанавливается отдельными распоряжениями проректора по учебной работе и/или центром учебно-методической работы.

4.5 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

1. Программный комплекс «MatLab»;
2. ПО Mathcad;
3. ПО SimInTech.
4. RAO-studio;

4.6 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Не предусмотрено.

5. Материально-техническое обеспечение

Для проведения лекционных занятий необходимы аудитории, оснащенные мультимедийными проекторами и экранами. Для проведения лабораторных работ требуется компьютерный класс (АВ2507, АВ2614).

6. Методические рекомендации

Методика преподавания дисциплины «Моделирование систем управления» и реализация компетентностного подхода в изложении и восприятии материала предусматривает использование следующих активных и интерактивных форм проведения аудиторных и внеаудиторных занятий:

– аудиторные занятия: лекции, семинарские занятия, лабораторные работы, тестирование;

– внеаудиторные занятия: самостоятельное изучение отдельных вопросов, подготовка к лабораторным работам и семинарам.

6.1 Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения

На первом занятии по дисциплине необходимо ознакомить студентов с порядком ее изучения (темами курса, формами занятий, текущего и промежуточного контроля), раскрыть место и роль дисциплины в системе наук, ее практическое значение, довести до студентов требования к форме отчетности и применения видов контроля. Выдаются задания для подготовки к лабораторным и семинарским занятиям.

При подготовке **к семинарскому занятию** по перечню объявленных тем преподавателю необходимо уточнить план их проведения, продумать формулировки и содержание учебных вопросов, выносимых на обсуждение, ознакомиться с перечнем вопросов по теме семинара.

В ходе семинара во вступительном слове раскрыть практическую значимость темы семинарского занятия, определить порядок его проведения, время на обсуждение каждого учебного вопроса. Применяя фронтальный опрос дать возможность выступить всем студентам, присутствующим на занятии.

Целесообразно в ходе защиты лабораторных работ задавать выступающим и аудитории дополнительные и уточняющие вопросы с целью выяснения их позиций по существу обсуждаемых проблем.

Следует предоставить возможность выступления с места в виде кратких сообщений по подготовленному заранее вопросу.

В заключительной части семинарского занятия следует подвести его итоги: дать оценку выступлений каждого студента и учебной группы в целом. Раскрыть положительные стороны и недостатки проведенного семинарского занятия. Ответить на вопросы студентов. Выдать задания для самостоятельной работы по подготовке к следующему занятию.

Возможно проведение занятий и аттестаций в дистанционном формате с применением системы дистанционного обучения университета (СДО-LMS). Порядок проведения работ в дистанционном формате устанавливается отдельными распоряжениями проректора по учебной работе и/или центром учебно-методической работы.

6.2 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Самостоятельная работа является одним из видов учебных занятий. Цель самостоятельной работы – практическое усвоение студентами вопросов, рассматриваемых в процессе изучения дисциплины.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа выполняется студентом по заданию преподавателя, но без его непосредственного участия.

Задачи самостоятельной работы студента:

- развитие навыков самостоятельной учебной работы;
- освоение содержания дисциплины;
- углубление содержания и осознание основных понятий дисциплины;
- использование материала, собранного и полученного в ходе самостоятельных занятий для эффективной подготовки к зачету.

Виды внеаудиторной самостоятельной работы:

- самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины;
- подготовка к лекционным занятиям;
- подготовка к семинарам и практическим занятиям;
- оформление отчетов по выполненным лабораторным работам и подготовка к их защите.
- выполнение курсовой работы

Для выполнения любого вида самостоятельной работы необходимо пройти следующие этапы:

- определение цели самостоятельной работы;
- конкретизация познавательной задачи;
- самооценка готовности к самостоятельной работе;
- выбор адекватного способа действия, ведущего к решению задачи;
- планирование работы (самостоятельной или с помощью преподавателя) над заданием;
- осуществление в процессе выполнения самостоятельной работы самоконтроля (промежуточного и конечного) результатов работы и корректировка выполнения работы;
- рефлексия;
- презентация работы или защита лабораторной работы.

7. Фонд оценочных средств

В процессе обучения в течение семестра используются оценочные средства текущего контроля успеваемости и промежуточных аттестаций. Применяются следующие оценочные средства: тест под присмотром преподавателя, защита лабораторных работ и экзамен.

Обучение по дисциплине «Моделирование систем управления» направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

Код и наименование компетенций	**Индикаторы достижения компетенции**
ОПК-4. Способен осуществлять оценку эффективности систем управления, разработанных на основе математических методов	ИОПК -4.1. Знает классификацию и основные виды моделей систем управления (СУ); методы и алгоритмы исследования линейных динамических моделей непрерывных и дискретных СУ; критерии полной управляемости и полной наблюдаемости линейных многомерных СУ; методы и алгоритмы численного интегрирования дифференциальных уравнений (ДУ); аналитические вероятностные математические модели СУ в виде систем массового обслуживания (СМО) и сетей Петри; правила и методику построения имитационных моделей (ИМ);

	критерии согласия для проверки статистических гипотез;

7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения

№ ОС	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в ФОС
1	Тест (Т)	Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.	Фонд тестовых заданий
2	ЗЛР	Средство проверки умений и навыков применять полученные знания для решения практических задач с помощью инструментальных средств.	Задания и вопросы для защиты лабораторных работ
3	КР (Курсовая работа)	Средство проверки умений и навыков применять полученные знания для решения практических задач с помощью инструментальных средств.	Задания и вопросы для защиты курсовой работы

7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения

Форма промежуточной аттестации: экзамен.

Обязательными условиями подготовки студента к промежуточной аттестации является выполнение и защита студентом лабораторных работ, предусмотренных рабочей программой и прохождение всех промежуточных тестов не ниже, чем на 70% правильных ответов. Промежуточные тестирования могут проводится как в аудитории университета под контролем преподавателя, так и дистанционном формате на усмотрение преподавателя.

Шкала оценивания	Описание
Отлично	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой. Защищены все лабораторные работы предусмотренные рабочей программой и пройдено тестирование выше 85 процентов. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При

	этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
Хорошо	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой. Защищены все лабораторные работы предусмотренные рабочей программой и пройдено тестирование выше 70 процентов. Студент демонстрирует неполное, правильное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, либо если при этом были допущены 2-3 несущественные ошибки.
Удовлетворительно	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой. Защищены все лабораторные работы предусмотренные рабочей программой и пройдено тестирование выше 60 процентов. Студент демонстрирует соответствие знаний, в котором освещена основная, наиболее важная часть материала, но при этом допущена одна значительная ошибка или неточность.
Неудовлетворительно	Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. Не защищена одна и более лабораторных работ предусмотренные рабочей программой. Пройдено тестирование ниже 60 процентов. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

Форма промежуточной аттестации: защита курсовой работы.

Обязательными условиями подготовки студента к промежуточной аттестации по курсовой работе является выполнение требований предъявляемых к курсовой работе, предусмотренных рабочей программой.

Шкала оценивания	**Описание**
Отлично	Выполнены все требования к курсовой работе, предусмотренные рабочей программой. Студент оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной

	сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при устном опросе, умеет демонстрировать знания при переносе вопроса на новые, нестандартные ситуации.
Хорошо	Выполнены все требования к курсовой работе, предусмотренные рабочей программой. Студент демонстрирует неполное, правильное соответствие знаний, умений, навыков при ответе на устные вопросы, либо если при этом были допущены 2-3 несущественные ошибки.
Удовлетворительно	Выполнены все требования к курсовой работе, предусмотренные рабочей программой. Студент демонстрирует соответствие знаний, в котором освещена основная, наиболее важная часть материала, но при этом допущена одна значительная ошибка или неточность.
Неудовлетворительно	Не выполнены требования к курсовой работе, предусмотренные рабочей программой. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков при ответе на теоретические вопросы, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

7.3 Оценочные средства

7.3.1. Текущий контроль

Текущий контроль выполняется с применением Банка тестовых вопросов (частично). Примеры тестов представлены ниже. Для подготовки к тестированию и защите лабораторных работ в разделе 3.7.1.1 приведён перечень контрольных вопросов. Результаты текущего контроля успешно зачитываются, если при тестировании набрано не менее 70 баллов из 100 возможных.

№ п/п	Текст вопроса	Варианты ответов
1	Выберите из списка модели прямого подобия	Карты
		Деньги
		Два ствола
		Актрисы (и актеры)
		Чертежи
		Документы
2	Выберите из списка модели косвенного подобия	Деньги
		Дифференциальные уравнения

		Игрушки
		Часы
3	При каких обстоятельствах карта местности может рассматриваться как прагматическая модель?	Топография
		Поиск клада
		Вырубка леса
		Полет на самолете
		Полет на воздушном шаре
4	Выберите из списка модели условного подобия	Деньги
		Автопилот
		Манекен
		Картина
		Дифференциальные уравнения
5	Что такое ингерентность модели?	Независимость от внешней среды
		Согласованность с культурной средой
		Недостаточность ресурсов
		Не то, что когерентность
		Несогласованность с внешней средой
6	Приведите пример динамической модели	Структурная схема
		Алгебраическое уравнение
		Импульсная переходная функция
		Конечный автомат
		Станковый пулемет
7	Что в дорожном знаке можно отнести к свойствам абстрактной модели?	Материал, из которого он изготовлен, люминофор и т.п
		Место установки знака
		Содержание, соответствующее его описанию в ПДД
		То, что скажет Вам сотрудник ГИБДД при нарушении
8	Назовите преимущество имитационного моделирования?	Малый объем вычислений
		Возможность исследовать сложные СУ
		Достоверность результатов

7.3.1.1 Вопросы для защиты лабораторных работ

1. Назовите преимущества пакета MathCAD по сравнению с другими языками программирования при решении уравнений, построении графиков и т.д.
2. Перечислите главные части прикладного меню MathCAD.
3. Приведите примеры областей в MathCAD.
4. Порядок ввода выражений и текста в MathCAD.
5. Назовите способ прочтения выражения в MathCAD.
6. Назовите виды констант в MathCAD и их отличие.
7. Приведите примеры применения констант.
8. Определение функций.
9. Приведите пример определения функции MathCAD.
10. Опишите меню MathCAD.
11. Формат и точность вычислений в MathCAD.
12. Работа справочной системы MathCAD.

13. Объясните назначение символов = ; := ; ═ ; → ; ≡.

14. Каков порядок ввода выражений?

15. Что обозначают ключевые слова Given…Find( )?

16. Синтаксис функций Find и Minerr?

17. Различие в применении Find и Minerr?

18. Что необходимо для успешного решения систем алгебраических уравнений?

19. В чем различие символьного и численного решений?

20. Построение простейшего графика функции.

21. Дайте определение массивов в MathCAD.

22. Использование функции ORIGIN.

23. Сортировка элементов матрицы.

24. Назовите способы создания массивов в MathCAD.

25. Назовите операторы работы с матрицами MathCAD.

26. Приведите пример параллельного решения квадратного уравнения для нескольких входных коэффициентов с использованием векторизации.

27. Что необходимо для решения систем уравнений с помощью матриц в MathCAD.

28. Приведите примеры действий над матрицами.

29. Какие векторные действия можно производить с матрицами?

30. Какие скалярные операции можно производить с матрицами?

31. Решение систем линейных уравнений с помощью матриц.

32. Дайте определения детерминанта матрицы.

33. Назовите, в каких видах систем координат в MathCAD выполняются построения графиков?

34. Перечислите виды графиков в MathCAD.

35. Что такое ранжированная переменная, её свойства, способы задания?

36. Как построить график нескольких функций?

37. Перечислите виды трехмерных и двухмерных графиков.

38. Как производится форматирование графиков?

39. Сколько кривых можно построить на одном X-Y графике?

40. Какое меню в системе MathCAD следует использовать при решении уравнений в символьном виде?

41. Как задать вывод определенного числа значащих цифр при выводе результата?

42. С помощью каких операторов можно разложить выражение на множители или по степеням?

43. Как разложить слагаемые по подвыражению, относительно заданного члена выражения?

44. Дайте определения полинома. Как вычислить коэффициент полинома?

45. С какими математическими рядами работает MathCAD.

46. Дайте определение производной.

47. Какое меню в математической палитре используют для решения дифференциальных уравнений.

48. Опишите методы символьной и численной оценки производных, отметьте, в чем сходство и в чем различия.

49. Перечислите некоторые правила дифференцирования.

7.3.1.2 Вопросы для защиты курсовых работ

1. Определение RAO-studio.

2. Для каких систем используется метод РДО?

3. Для чего используется вкладка PAT?

4. Для чего используется вкладка RTP?

5. Для чего используется вкладка RSS?

6. Для чего используется вкладка OPR?

7. Для чего используется вкладка FRM?
8. Для чего используется вкладка FUN?
9. Для чего используется вкладка DPT?
10. Для чего используется вкладка SMR?
11. Для чего используется вкладка PMD?
12. Как описывается регулярный входной поток?
13. Для чего используется trace и no_trace в RAO-studio?
14. Как описывается нерегулярное событие в RAO-studio?
15. В какую глобальную переменную записывается время наступления события?
16. Как описывается условие окончания прогона?
17. Что представляет собой модель в RAO-studio?
18. Что представляет собой прогон в RAO-studio?
19. Что представляет собой проект в RAO-studio?
20. Что представляет собой объект в RAO-studio?
21. Как задаются комментарии?
22. Какие задачи решает программный комплекс RAO-editor?
23. Что является объектами исходных данных?
24. Какие объекты создаются в РДО-имитатором при выполнении прогона?
25. Из каких частей состоит программный комплекс?
26. Назовите задачи имитационного моделирования.
27. Как осуществляется описание ресурсов.
28. Какие типов ресурсов вы знаете?
29. Какие могут быть параметры?
30. Назовите типы данных, которые можно использовать в RAO-studio?
31. Что содержит в себе образец типа operations?
32. Напишите конструкцию языка, которую используете при описании образца?
33. Что позволяет отслеживать трассировка?
34. Что представляет собой закон распределения uniform и как он описывается?
35. Что представляет собой закон распределения exponential и как он описывается?
36. Что представляет собой закон распределения normal и как он описывается?
37. Что представляет собой закон распределения by_hist и как он описывается?
38. Что представляет собой закон распределения enumerative и как он описывается?
39. Где в программе описываются законы распределения и как в дальнейшем они используются?
40. Опишите конструкцию convert_begin …. convert_end.
41. Как и для чего используются показатель вида watch_state?
42. Как и для чего используются показатель вида watch_par?
43. Как и для чего используются показатель вида get_value?
44. Какой формат имеет описание кадров анимации?
45. Какая цветовая модель используется при описании кадров анимации?
46. Как задается текстовый элемент в анимации?
47. Какой формат имеет битовая карта (bitmap)?
48. Как задать прозрачный фон в текстовом элементе?
49. Что необходимо сделать, чтобы отображалась картинка в анимации?
50. Какие законы распределения задавали для появления заявки и обработки заявки, и почему?
51. Каким образом описывали функцию распределения Пуассона в своей КР?
52. Как определяется длина очереди?
53. Как связана длина очереди с загрузкой обслуживающего аппарата (ОА)?
54. Какую информацию необходимо собрать, для того чтобы определить загрузку ОА?

55. Что такое интенсивность поступления заявки?
56. Что такое интенсивность обработки заявки?
57. Запишите формулу Эрланга и просчитайте вероятность отказа вашей системы.

7.3.2. Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация проводится на 5 и 6 семестрах обучения в форме экзамена

Экзамен проводится по билетам или в виде компьютерного тестирования под контролем преподавателя в стенах университета, ответы предоставляются письменно с последующим устным собеседованием. Билеты формируются из вопросов представленного ниже перечня. В случае, если преподаватель не уверен, что результат компьютерного тестирования соответствует уровню знаний студента, он вправе опросить студента устно. В случае, если студент не согласен с оценкой по экзамену на основании компьютерного тестирования, он вправе ответить преподавателю устно с дальнейшим повышением оценки или уменьшением.

На шестом семестре предусмотрена курсовая работа. Защита курсовой работы проводится по теоретическим и практическим знаниям студента по тематике систем массового обслуживания. К промежуточной аттестации допускается студент с полностью выполненной курсовой работой, которая соответствует требованиям, предъявляемые к ней.

Регламент проведения экзамена:

1. В билет включается (3) вопроса из разных разделов дисциплины.
2. Перечень вопросов содержит 82 вопроса по изученным темам на лекционных и лабораторных занятиях (прилагается).
3. Время на подготовку письменных ответов - до 20 мин, устное собеседование - до 10 минут.
4. Проведение аттестации (экзамена) с использованием средств электронного обучения и дистанционных образовательных технологий выполняется в соответствии с утверждённым в университете "Порядком проведения промежуточной аттестации с использованием средств электронного обучения и дистанционных образовательных технологий".

Регламент проведения защиты курсовой работы:

1. Студент обязан продемонстрировать свою курсовую работу первый раз не позднее, чем за 10 дней до предполагаемой даты защиты.
2. Студент обязан продемонстрировать готовую, полностью правильную курсовую работу не менее чем за 3 дня предполагаемой даты защиты.
3. Студент демонстрирует отчет по курсовой работе в распечатанном виде или в электронном виде в двух формата word и pdf, с вложенной программой на курсе ЭОР, приведенный в пункте 4.4 данной РПД. Как именно демонстрирует студент выполненную курсовую работу решает преподаватель.
4. Защита курсовой работы проходит в очном формате.
5. В назначенный день студент приходит со своей курсовой работой к преподавателю. После устного опроса, преподаватель на основании пункта 7.2 рабочей программы дисциплины выставляет оценку.

Перечень вопросов для подготовки к экзамену и составления экзаменационных билетов для (5, 6 семестры)

Текст вопроса
5 семестр 3 курс
1. Определения модели. Модель как философская категория
2. Классификация моделей. Познавательные и прагматические, статические и динамические модели

3. Классификация моделей. Абстрактные и материальные модели
4. Знаковые модели и сигналы, языки
5. Подобие и его виды. Примеры прямого, косвенного и условного подобия
6. Реализация моделей. Ингерентность
7. Свойства моделей. Конечность, упрощенность, приближенность, адекватность, сходство, истинность и ложность. Полнота, точность и эффективность
8. Модели систем. Определения системы. Выявление целей системы
9. Модель типа «черный ящик» и ее свойства. Проблемы построения
10. Модель состава системы. Проблемы построения
11. Модель структуры системы. Свойство и отношение. Проблемы построения
12. Бинарные отношения и их свойства. Рефлексивность, симметричность, транзитивность
13. Антирефлексивность, асимметричность, отрицательная транзитивность
14. Отношения эквивалентности, порядка и доминирования
15. Модель структуры системы. Графы и их разновидности. Топология моделей
16. Типы динамических моделей. Модель типа «белый ящик»
17. Общая математическая модель динамики
18. Частные случаи общей динамической модели: дискретные, конечные автоматы, линейные, гладкие, стационарные системы
19. Принцип причинности реальных систем и условия физической реализуемости теоретических моделей
20. Векторно-матричные модели описания динамических многомерных линейных систем управления
21. Матрицы и линейные пространства. Линейная независимость. Вырожденность. Ранг. Правило вырожденности Сильвестра
22. Матрицы и линейные пространства. Определитель Грама
23. Характеристические числа и характеристические векторы
24. Характеристическое уравнение. Формула Бохера

25. Диагонализация квадратной матрицы. Модальная матрица
26. Функциональное пространство. Ортогональные функции как базис функционального пространства
27. Переменные состояния для описания линейных непрерывных систем
28. Представление линейных уравнений состояния при помощи матриц
29. Стандартная форма уравнений системы в переменных состояния
30. Нормальная форма уравнений системы в переменных состояния
31. Управляемость и наблюдаемость систем управления
32. Критерий полной управляемости линейных систем
33. Критерий полной наблюдаемости линейных систем
34. Численное интегрирование обыкновенных дифференциальных уравнений. Ошибки усечения и округления
35. Одношаговые Сравнение различных методов численного интегрирования. Контроль величины шага и устойчивость методы решения задачи Коши. Метод Эйлера и его модификации
36. Одношаговые методы решения задачи Коши. Методы Рунге-Кутта различных порядков
37. Сравнение различных методов численного интегрирования. Контроль величины шага и устойчивость
38. Сравнение различных методов численного интегрирования. Контроль величины шага и устойчивость
6 семестр 3 курс
1. Модели системного уровня проектирования. Системы массового обслуживания (СМО)
2. Бесприоритетные и приоритетные дисциплины обслуживания
3. Простейший поток заявок и его характеристики
4. Закон распределения вероятностей Пуассона
5. Экспоненциальный закон распределения вероятностей

6. Нормальный закон распределения вероятностей
7. Модели СМО с отказами. Примеры
8. Модели СМО с ожиданием. Примеры
9. Модели СМО с ненадежными обслуживающими приборами. Примеры
10. Характеристики канала обслуживания
11. Показатели качества обслуживания
12. Согласование источника заявок с обслуживающим прибором
13. Многоканальные СМО
14. Формула Эрланга и алгоритм ее вывода
15. Оценка эффективности СМО. Критерии эффективности
16. Модели системного уровня проектирования. Сети Петри
17. Разновидности сетей Петри: временные, стохастические, функциональные, цветные, ингибиторные
18. Свойства сетей Петри: ограниченность, безопасность, сохраняемость, достижимость, живость
19. Анализ достижимости сетей Петри
20. Имитационное моделирование (ИМ). Преимущества и недостатки ИМ. Причины широкого использования ИМ
21. Имитационный эксперимент, его содержание и результаты
22. Этапы имитационного моделирования
23. Использование для ИМ универсальных алгоритмических языков программирования
24. Использование для ИМ специализированных языков моделирования
25. Создание и использование для ИМ проблемно-ориентированных систем моделирования
26. Событийный метод моделирования
27. Процессный метод моделирования
28. Метод сканирования активностей

29. Сложные дискретные системы (СДС). Ресурсы, действия и операции в СДС
30. Нерегулярные события в СДС
31. Основные понятия и положения метода РДО
32. Состав и основные характеристики пакета СИИМ РДО
33. Оценки, используемые при проведении имитационных экспериментов со стохастическими моделями
34. Требования к оценкам, полученным в итоге статистической обработки результатов: несмещенность, эффективность, состоятельность
35. Эргодическое свойство стационарных случайных процессов
36. Коэффициент корреляции между случайными переменными
37. Критерий согласия Пирсона
38. Критерий согласия Колмогорова
39. Критерий согласия Смирнова
40. Критерий согласия Стьюдента
41. Критерий согласия Фишера
42. Корреляционный анализ. Его содержание, назначение и область применения
43. Регрессионный анализ. Его содержание, назначение и область применения
44. Дисперсионный анализ. Его содержание, назначение и область применения