**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»
(ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ
Директор департамента образования
_____ П. Е. Троян
«___» _____ 20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

# Моделирование систем управления

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки / специальность: **27.03.04 Управление в технических системах**
Направленность (профиль) / специализация: **Управление в робототехнических системах**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **ФВС, Факультет вычислительных систем**
Кафедра: **КСУП, Кафедра компьютерных систем в управлении и проектировании**
Курс: **4**
Семестр: **7**
Учебный план набора 2015 года

Распределение рабочего времени

| № | Виды учебной деятельности | 7 семестр | Всего | Единицы |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Лекции | 30 | 30 | часов |
| 2 | Лабораторные работы | 78 | 78 | часов |
| 3 | Контроль самостоятельной работы (курсовой проект / курсовая работа) | 18 | 18 | часов |
| 4 | Всего аудиторных занятий | 126 | 126 | часов |
| 5 | Самостоятельная работа | 198 | 198 | часов |
| 6 | Всего (без экзамена) | 324 | 324 | часов |
| 7 | Подготовка и сдача экзамена | 36 | 36 | часов |
| 8 | Общая трудоемкость | 360 | 360 | часов |
| | | 10.0 | 10.0 | З.Е. |

Экзамен: 7 семестр
Курсовой проект / курсовая работа: 7 семестр

Томск 2018

Согласована на портале № 39764

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 15 от «19» 6 2018 г.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа дисциплины составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 27.03.04 Управление в технических системах, утвержденного 20.10.2015 года, рассмотрена и одобрена на заседании кафедры КСУП «___» _____ 20__ года, протокол №_____.

Разработчик:

доцент каф. КСУП _____ Г. Н. Решетникова

Заведующий обеспечивающей каф. КСУП _____ Ю. А. Шурыгин

Рабочая программа дисциплины согласована с факультетом и выпускающей кафедрой:

Декан ФВС _____ Л. А. Козлова

Заведующий выпускающей каф. КСУП _____ Ю. А. Шурыгин

Эксперты:

Профессор кафедры компьютерных систем в управлении и проектировании (КСУП) _____ В. М. Зюзьков

Доцент кафедры компьютерных систем в управлении и проектировании (КСУП) _____ Н. Ю. Хабибулина

Согласована на портале № 39764

## 1. Цели и задачи дисциплины

### 1.1. Цели дисциплины

Целью курса является:

- знакомство студентов с основными понятиями моделирования систем,
- с численными методами моделирования,
- с описанием математических моделей управления в пространстве состояний,
- с концепцией совмещенного синтеза при формировании управляющих воздействий,
- с методами аналитического конструирования оптимальных регуляторов,
- с методами формирования следящих систем адаптивного управления при неполной информации об объекте с ошибками
- развитие способности выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения изученный математический аппарат
- развитие способности проводить вычислительные эксперименты с использованием стандартных программных средств с целью получения математических моделей процессов и объектов автоматизации и управления

### 1.2. Задачи дисциплины

– получение понимания того, что математическое моделирование с помощью современных компьютеров является мощным, а иногда и единственным средством проектирования сложных систем;

– изучение принципов, методов моделирования, численных методов моделирования и интерпретации полученных результатов;

– изучение методов проектирования систем управления для объектов или процессов, математические модели которых заданы в пространстве состояний системой обыкновенных дифференциальных уравнений;

– получение навыков решения задач моделирования с помощью современных математических пакетов;

– развитие навыков составления научно-технических отчетов по результатам выполненной работы, подготовки публикаций по результатам исследований и разработок

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Моделирование систем управления» (Б1.В.ОД.14) относится к блоку 1 (вариативная часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются: Дискретная математика, Математическая логика и теория алгоритмов, Теория автоматического управления.

Последующими дисциплинами являются: Методы оптимальных решений, Преддипломная практика.

## 3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– ОПК-2 способностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат;

– ПК-2 способностью проводить вычислительные эксперименты с использованием стандартных программных средств с целью получения математических моделей процессов и объектов автоматизации и управления;

– ПК-3 готовностью участвовать в составлении аналитических обзоров и научно-технических отчетов по результатам выполненной работы, в подготовке публикаций по результатам исследований и разработок;

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

– **знать** основные понятия, принципы и методы моделирования сложных динамических систем; алгоритмы управления методами аналитического конструирования по квадратичным

Согласована на портале № 39764

критериям качества; методы проектирования систем управления для объектов или процессов, математические модели которых заданы в пространстве состояний системой обыкновенных дифференциальных уравнений; что математическое моделирование с помощью современных компьютеров является мощным, а иногда и единственным средством проектирования сложных динамических систем.

– **уметь** использовать численные методы для моделирования систем управления; проектировать следящую систему адаптивного управления при неполном измерении; интерпретировать полученные результаты.

– **владеть** навыками использования численных методов моделирования и интерпретации полученных результатов; навыками программирования задач моделирования и оценки их вычислительной сложности, |навыками решения задач моделирования с помощью современных математических пакетов.

## 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 10.0 зачетных единицы и представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины

| Виды учебной деятельности | Всего часов | Семестры |
|---|---|---|
| | | 7 семестр |
| Аудиторные занятия (всего) | 126 | 126 |
| Лекции | 30 | 30 |
| Лабораторные работы | 78 | 78 |
| Контроль самостоятельной работы (курсовой проект / курсовая работа) | 18 | 18 |
| Самостоятельная работа (всего) | 198 | 198 |
| Выполнение курсового проекта / курсовой работы | 111 | 111 |
| Оформление отчетов по лабораторным работам | 54 | 54 |
| Проработка лекционного материала | 33 | 33 |
| Всего (без экзамена) | 324 | 324 |
| Подготовка и сдача экзамена | 36 | 36 |
| Общая трудоемкость, ч | 360 | 360 |
| Зачетные Единицы | 10.0 | 10.0 |

## 5. Содержание дисциплины

### 5.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Разделы дисциплины и виды занятий приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы дисциплины и виды занятий

| Названия разделов дисциплины | Лек., ч | лаб., | КР, | ср., | (без | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 7 семестр | | | | | | |
| 1 Основные понятия моделирования систем. | 8 | 0 | 18 | 13 | 21 | ОПК-2, ПК-2, ПК-3 |
| 2 Численные методы моделирования. | 10 | 40 | | 50 | 100 | ОПК-2, ПК-2 |
| 3 Моделирование систем управления. | 12 | 38 | | 135 | 185 | ОПК-2, ПК-2, ПК-3 |
| Итого за семестр | 30 | 78 | 18 | 198 | 324 | |
| Итого | 30 | 78 | 18 | 198 | 324 | |

Согласована на портале № 39764

**5.2. Содержание разделов дисциплины (по лекциям)**

Содержание разделов дисциплин (по лекциям) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Содержание разделов дисциплин (по лекциям)

| Названия разделов | Содержание разделов дисциплины (по лекциям) | Трудоемкость, ак. часов | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|
| 7 семестр | | | |
| 1 Основные понятия моделирования систем. | Основные понятия моделирования систем. Модель: свойства, классификации, определения. Система: историческое развитие понятия системы, модели «черного ящика», состава и структуры системы, структурная схема, классификации, анализ и синтез систем, основные системные принципы, понятия и определения. Моделирование: определение, классификация методов представления систем, методы формализованного и неформализованного представления систем, классификация видов моделирования. | 4 | ОПК-2, ПК-3, ПК-2 |
| | Математическое моделирование: Цели и задачи математического моделирования. Этапы построения, основные характеристики и классификация математических моделей, формы представления математических моделей: непрерывно-детерминированная, непрерывно-вероятностная, дискретно-детерминированная и дискретно-вероятностная. Методы упрощения математических моделей.Методы теории подобия. Использование теории подобия при физическом моделировании. Математическое подобие. Агрегативное моделирование. Основные характеристики агрегативной модели. Математическое описание процесса функционирования агрегата. | 2 | |
| | Статистическое моделирование: методы имитации на ЭВМ случайных элементов. Моделирование случайных величин. Методы Монте-Карло вычисления кратных интегралов.Имитационное моделирование. Принципы построения имитационных моделей. Организация процесса моделирования. Способы имитации. Этапы имитационного моделирования. Планирование имитационных экспериментов: стратегическое и тактическое планирование. Обработка и анализ результатов моделирования. Достоинства и недостатки имитационного моделирования | 2 | |
| | Итого | 8 | |
| 2 Численные методы моделирования. | Элементы теории погрешности. Методы приближения данных: интерполирование, сплайн-функции, аппроксимация методом наименьших квадратов. Численное дифференцирование и интегрирование. Методы решения нелинейных уравнений и систем. Решение задач матричной алгебры: обусловленность систем и матриц, | 10 | ОПК-2, ПК-2 |

Согласована на портале № 39764

| | | | |
|---|---|---|---|
| | точные и итерационные методы решения систем линейных алгебраических уравнений, методы вычисления собственных значений и векторов матриц. | | |
| | Итого | 10 | |
| 3 Моделирование систем управления. | Описание систем в пространстве состояний. Аналитическое конструирование оптимальных регуляторов: оптимальное управление при минимизации классического квадратичного функционала, обобщенной работы и локального. Моделирование систем оптимального управления: основные понятия цифровых систем управления, алгоритмы моделирования поведения управляемого объекта и синтеза оптимального управления. Моделирование систем управления при случайных внешних воздействиях: моделирование поведения объекта при наличии внешних возмущений, описание математической модели измерительного комплекса, оценивание состояния модели фильтром Калмана, синтез управляющих воздействий по оценкам состояния. Синтез адаптивной следящей системы управления: основные понятия адаптивных систем управления, одновременное оценивание состояния и параметров модели объекта, алгоритмы синтеза адаптивного управления. Учет ограничений и запаздываний по управлению. Общая схема синтеза адаптивных систем управления.Примеры построения математических моделей. | 12 | ОПК-2, ПК-2, ПК-3 |
| | Итого | 12 | |
| Итого за семестр | | 30 | |

**5.3. Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами**

Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами представлены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Разделы дисциплины и междисциплинарные связи

| Наименование дисциплин | № разделов данной дисциплины, для которых необходимо изучение обеспечивающих и обеспечиваемых дисциплин | | |
|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 |
| Предшествующие дисциплины | | | |
| 1 Дискретная математика | | + | + |
| 2 Математическая логика и теория алгоритмов | + | | |
| 3 Теория автоматического управления | + | | |
| Последующие дисциплины | | | |
| 1 Методы оптимальных решений | | + | + |
| 2 Преддипломная практика | + | + | + |

Согласована на портале № 39764

### 5.4. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий представлено в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

| Компетенции | Виды занятий | | | | Формы контроля |
|---|---|---|---|---|---|
| | Лек. | Лаб. раб. | СР (КП/К | Сам. раб. | |
| ОПК-2 | + | + | + | + | Контрольная работа, Экзамен, Отчет по лабораторной работе, Защита курсовых проектов / курсовых работ, Расчетная работа, Тест, Отчет по курсовому проекту / курсовой работе |
| ПК-2 | + | + | | + | Контрольная работа, Экзамен, Отчет по лабораторной работе, Защита курсовых проектов / курсовых работ, Тест, Отчет по курсовому проекту / курсовой работе |
| ПК-3 | + | + | + | + | Контрольная работа, Экзамен, Отчет по лабораторной работе, Защита курсовых проектов / курсовых работ, Расчетная работа, Тест, Отчет по курсовому проекту / курсовой работе |

## 6. Интерактивные методы и формы организации обучения

Не предусмотрено РУП.

## 7. Лабораторные работы

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 7.1.

Таблица 7.1 – Наименование лабораторных работ

| Названия разделов | Наименование лабораторных работ | ое мкос | мые ко |
|---|---|---|---|
| 7 семестр | | | |
| 2 Численные методы моделирования. | Статистическое моделирование, (задачи 1-4), [страницы 81-93]/В [•] указаны страницы учебного пособия:Решетникова Г.Н. Моделирование систем: учеб. пособие / Г.Н. Решетникова; Федеральное агентство по образованию, Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники. – 2-е изд., перераб и доп. – Томск: Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2007. – 441 с.,где размещена теория и методические указания для выполнения конкретных лабораторных заданий | 8 | ОПК-2, ПК-2 |
| | Приближение данных, (задачи 5-14), [страницы 137-150, 155-172] | 8 | |
| | Методы интерполирования по равноотстоящим | 8 | |

Согласована на портале № 39764

| | | | |
|---|---|---|---|
| | узлам, численное дифференцирование и интегрирование, (задачи (15-36), [страницы 150-155, 172-185] | | |
| | Решение нелинейных уравнений, систем нелинейных уравнений и задач матричной алгебры, (задачи 37-59), [страницы 196-260] | 8 | |
| | Решение дифференциальных уравнений и систем, (задачи 60-66), [страницы 260-280] | 8 | |
| | Итого | 40 | |
| 3 Моделирование систем управления. | Моделирование систем оптимального управления, (задачи 67-69), [страницы 300-313] | 12 | ОПК-2, ПК-2, ПК-3 |
| | Моделирование систем управления по оценкам состояния, (задачи 70-72), [страницы 314- 325] | 12 | |
| | Моделирование систем адаптивного управления, (задачи 73-75), [страницы 325-337] | 14 | |
| | Итого | 38 | |
| Итого за семестр | | 78 | |

## 8. Практические занятия (семинары)

Не предусмотрено РУП.

## 9. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

| Названия разделов | Виды самостоятельной работы | Трудоемкость, | Формируемые компетенции | Формы контроля |
|---|---|---|---|---|
| 7 семестр | | | | |
| 1 Основные понятия моделирования систем. | Проработка лекционного материала | 13 | ОПК-2, ПК-2, ПК-3 | Тест |
| | Итого | 13 | | |
| 2 Численные методы моделирования. | Проработка лекционного материала | 10 | ОПК-2, ПК-2 | Отчет по лабораторной работе, Тест |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 40 | | |
| | Итого | 50 | | |
| 3 Моделирование систем управления. | Проработка лекционного материала | 10 | ОПК-2, ПК-2, ПК-3 | Защита курсовых проектов / курсовых работ, Отчет по курсовому проекту / курсовой работе, Отчет по лабораторной работе, Тест, Экзамен |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 14 | | |
| | Выполнение курсового проекта / курсовой работы | 111 | | |
| | Итого | 135 | | |
| Итого за семестр | | 198 | | |
| | Подготовка и сдача экзамена | 36 | | Экзамен |

Согласована на портале № 39764

| | | | |
|---|---|---|---|
| Итого | 234 | | |

## 10. Курсовой проект / курсовая работа

Трудоемкость аудиторных занятий и формируемые компетенции в рамках выполнения курсового проекта / курсовой работы представлены таблице 10.1.

Таблица 10.1 – Трудоемкость аудиторных занятий и формируемые компетенции в рамках выполнения курсового проекта / курсовой работы

| Наименование аудиторных занятий | Трудоемкость, академические часы | Формируемые компетенции |
|---|---|---|
| 7 семестр | | |
| Согласно заданию осуществляется: 1) численное моделирование, 2) оформление отчета по курсовой работе,3) оформляется презентация для защиты курсовой работы. | 18 | ОПК-2, ПК-3 |
| Итого за семестр | 18 | |

### 10.1. Темы курсовых проектов / курсовых работ

Примерная тематика курсовых проектов / курсовых работ:

– 1) Математическая модель прямолинейного движения судна
– 2) Математическая модель прямолинейного движения меканум-робота
– 3) Математическая модель движения судна по заданной траектории
– 4) Математическая модель вращательного движения
– 5) Математическая модель производства, хранения и сбыта товара повседневного спроса
– 6) Математическая модель движения колесного робота по заданной траектории
– 7) Моделирование систем управления в пространстве состояний методами аналитического конструирования по квадратичным критериям

## 11. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

### 11.1. Балльные оценки для элементов контроля

Таблица 11.1 – Балльные оценки для элементов контроля

| Элементы учебной деятельности | Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра | Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ | Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра | Всего за семестр |
|---|---|---|---|---|
| 7 семестр | | | | |
| Защита курсовых проектов / курсовых работ | | | 22 | 22 |
| Контрольная работа | | | 10 | 10 |
| Отчет по курсовому проекту / курсовой работе | | | 9 | 9 |
| Отчет по лабораторной работе | 2 | 4 | 4 | 10 |
| Расчетная работа | | | 9 | 9 |
| Тест | 2 | 4 | 4 | 10 |
| Итого максимум за период | 4 | 8 | 58 | 70 |
| Экзамен | | | | 30 |
| Нарастающим итогом | 4 | 12 | 70 | 100 |

Согласована на портале № 39764

### 11.2. Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

Пересчет баллов в оценки за контрольные точки представлен в таблице 11.2.

Таблица 11.2 – Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

| Баллы на дату контрольной точки | Оценка |
|---|---|
| ≥ 90% от максимальной суммы баллов на дату КТ | 5 |
| От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату КТ | 4 |
| От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату КТ | 3 |
| < 60% от максимальной суммы баллов на дату КТ | 2 |

### 11.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице 11.3.

Таблица 11.3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

| Оценка (ГОС) | Итоговая сумма баллов, учитывает успешно сданный экзамен | Оценка (ECTS) |
|---|---|---|
| 5 (отлично) (зачтено) | 90 - 100 | A (отлично) |
| 4 (хорошо) (зачтено) | 85 - 89 | B (очень хорошо) |
| | 75 - 84 | C (хорошо) |
| | 70 - 74 | D (удовлетворительно) |
| 3 (удовлетворительно) (зачтено) | 65 - 69 | |
| | 60 - 64 | E (посредственно) |
| 2 (неудовлетворительно) (не зачтено) | Ниже 60 баллов | F (неудовлетворительно) |

## 12. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 12.1. Основная литература

1. Решетникова Г.Н. Моделирование систем : Учебное пособие. - 2-е изд., перераб. и доп. - Томск : ТУСУР, 2007. - 440 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 70 экз.)

### 12.2. Дополнительная литература

1. Решетникова, Г.Н. Моделирование систем : Учебное пособие для вузов . - Томск : ТУСУР, 2005. - 260 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 50 экз.)

2. Перегудов, Ф.И., Тарасенко Ф.П. Основы системного анализа: учеб. – 2-е изд., доп. – Томск : Изд-во НТЛ, 1997. – 396 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 9 экз.)

3. Советов, Б.Я., Яковлев С.А. Моделирование систем : Учебник для вузов . - 4-е изд., стериотип. - М. : Высшая школа, 2005. - 342 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 30 экз.)

4. Математическое и имитационное моделирование [Электронный ресурс]: учеб. пособие / А.И. Безруков, О.Н. Алексенцева. — М. ИНФРА-М, 2017. — 227 с. + Доп. материалы [Электронный ресурс; Режим доступа http//www.znanium.com]. — (Высшее образование Бакалавриат). - Режим доступа: http://znanium.com/bookread2.php?book=811122 (дата обращения: 19.07.2018).

### 12.3. Учебно-методические пособия

#### 12.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Решетникова Г.Н. Моделирование систем [Электронный ресурс]: Учебное пособие - 2-е изд., перераб. и доп. - Томск ТУСУР, 2007. - 440 с. ил. Методические указания к лабораторным работам - стр. 81-337. - Режим доступа: http://www.kcup.tusur.ru/index.php?module=mod_methodic&command=view&id=145 (дата обращения: 19.07.2018).

2. Решетникова Г.Н. Моделирование систем управления (учебное методическое пособие

Согласована на портале № 39764

по курсовому проектированию) – Томск [Электронный ресурс]: ТУСУР, каф. КСУП, 2015.– 21с. - Режим доступа: http://new.kcup.tusur.ru/library/modelirovanie-sistem-upravlenija-uchebnoe-metodicheskoe-posobie-po-kursovomu-proektirovaniju (дата обращения: 19.07.2018).

3. Решетникова Г.Н. Моделирование систем : Учебное пособие. - 2-е изд., перераб. и доп. - Томск : ТУСУР, 2007. - 440 с. (Самостоятельная работа стр. 42-55, 69-80, 96-120, 362-368) (наличие в библиотеке ТУСУР - 70 экз.)

### 12.3.2. Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

**Для лиц с нарушениями зрения:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме увеличенным шрифтом.

**Для лиц с нарушениями слуха:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

**Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

## 12.4. Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. http://edu.tusur.ru
2. http://lib.tusur.ru
3. http://new.kcup.tusur.ru/library
4. https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazy-dannyh
5. http://protect.gost.ru/
6. https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazy-dannyh/uis-rossiya
7. https://elibrary.ru/defaultx.asp
8. http://www.tehnorma.ru/

## 13. Материально-техническое обеспечение дисциплины и требуемое программное обеспечение

### 13.1. Общие требования к материально-техническому и программному обеспечению дисциплины

#### 13.1.1. Материально-техническое и программное обеспечение для лекционных занятий

Для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используется учебная аудитория с количеством посадочных мест не менее 22-24, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются демонстрационное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по лекционным разделам дисциплины.

#### 13.1.2. Материально-техническое и программное обеспечение для лабораторных работ

Лаборатория информационных технологий

учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, помещение для самостоятельной работы

634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 323 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- ПТК На базе IBM PC/AT (4 шт.);
- ПЭВМ DURON SWS 40;
- ПЭВМ IBM PC-XT;
- ПЭВМ IBM/PC-386;
- ПЭВМ VIVO D 133 (2 шт.);

Согласована на портале № 39764

- КомпьютерР WS2;
- ПЭВМ "AMSTRAD";
- Доска маркерная;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:
- Foxit Reader
- Mathcad 13,14
- Microsoft PowerPoint Viewer
- Microsoft Word Viewer
- OpenOffice 4
- Windows Embedded 8.1 Industry Enterprise

Лаборатория САПР

учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, помещение для самостоятельной работы

634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 321 ауд.

Описание имеющегося оборудования:
- Интерактивная доска SmartBOARD;
- Монитор SVGA;
- Монитор 17,0" LG FLATRON L1750SQ SN (10 шт.);
- Проектор LG RD-DX 130;
- ПЭВМ -"PENTIUM-386"- 7;
- Системный блок Intel Cekeron 2.93CHz КС-1 (2 шт.);
- Системный блок Intel Cekeron 2.93CHz КС-3;
- Экран;
- Доска маркерная;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:
- Foxit Reader
- Mathcad 13,14
- Microsoft PowerPoint Viewer
- Microsoft Word Viewer
- OpenOffice 4
- Windows 10 Enterprise

**13.1.3. Материально-техническое и программное обеспечение для самостоятельной работы**

Для самостоятельной работы используются учебные аудитории (компьютерные классы), расположенные по адресам:
- 634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 233 ауд.;
- 634045, Томская область, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 146, 201 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 207 ауд.

Состав оборудования:
- учебная мебель;
- компьютеры класса не ниже ПЭВМ INTEL Celeron D336 2.8ГГц. - 5 шт.;
- компьютеры подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

Перечень программного обеспечения:
- Microsoft Windows;

Согласована на портале № 39764

- OpenOffice;
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows;
- 7-Zip;
- Google Chrome.

### 13.2. Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Освоение дисциплины лицами с ограниченными возможностями здоровья и инвалидами осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При занятиях с обучающимися **с нарушениями слуха** предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы преподавания для обучающихся с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой занимаются обучающиеся с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При занятиях с обучающимися **с нарушениями зрениями** предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеоувеличителей для комфортного просмотра.

При занятиях с обучающимися **с нарушениями опорно-двигательного аппарата** используются альтернативные устройства ввода информации и другие технические средства приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы обучения для людей с инвалидностью.

## 14. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины

### 14.1. Содержание оценочных материалов и методические рекомендации

Для оценки степени сформированности и уровня освоения закрепленных за дисциплиной компетенций используются оценочные материалы в составе:

#### 14.1.1. Тестовые задания

| | | |
|---|---|---|
| 1 | Системой называется: | 1) множество функциональных элементов, выделенное из среды в соответствии с определенной целью в рамках определенного временного интервала;<br>2) совокупность взаимосвязанных элементов, обособленная от среды и взаимодействующая с ней как целое;<br>3) последовательность объектов, обладающих следующими свойствами: конечность, упрощенность, приближенность. |
| 2 | Системы, моделирование которых затруднительно вследствие недостатка информации для управления, называются: | 1) большими;<br>2) сложными;<br>3) плохо организованными. |
| 3 | Математическое моделирование – это | 1) вид компьютерного моделирования, для которого характерно воспроизведение на ЭВМ процесса функционирования исследуемой сложной системы;<br>2) метод исследования реальных явлений или процессов путем построения их математических моделей и исследования этих моделей;<br>3) вид компьютерного моделирования, позволяющий получать статистические данные о процессах в моделируемой системе. |
| 4 | Имитационная модель – это | 1) программы и алгоритмы, позволяющие |

Согласована на портале № 39764

| | | |
|---|---|---|
| | | имитировать на ЭВМ поведение отдельных элементов системы и связей между ними в течение заданного времени моделирования;<br>2) вид компьютерного моделирования, использующий методы вычислительной математики;<br>3) вид моделирования, при котором процессы функционирования элементов системы записываются в виде некоторых математических соотношений или логических условий. |
| 5 | Переменные состояния описывают | 1) поведение системы в будущем;<br>2) измерения состояния системы;<br>3) управляющие воздействия. |
| 6 | Система управления называется оптимальной, если она | 1) обеспечивает минимум соответствующей оценки качества;<br>2) обеспечивает достижение заданного состояния;<br>3) обеспечивает компенсацию внешних воздействий. |
| 7 | Система управления является линейной, если она представима в виде: | 1) $\dot{x}(t) = f(t, x(t), u(t))$;<br>2) $\dot{x}(t) = \overline{A}(t)x(t) + \overline{B}(t)u(t))$;<br>3) $\dot{x}(t) = f(t, x(t)) + \overline{B}(t)u(t))$. |
| 8 | Дискретизация линейной модели объекта осуществляется методом Эйлера, если: | 1) $A(k) = I_n + \Delta t\overline{A}(t_k)$, $B(k) = \Delta t\overline{B}(t_k)$;<br>2) $A(k) = I_n + \sum_{k=1}^{4} \frac{\Delta t^k \overline{A}(t_k)^k}{k!}$, $\mathbf{B}(k) = \sum_{k=1}^{4} \frac{\Delta t^k \overline{A}(t_k)^{k-1}\overline{B}(t_k)}{k!}$;<br>3) $A(k) = I_n + \sum_{k=1}^{8} \frac{\Delta t^k \overline{A}(t_k)^k}{k!}$, $\boldsymbol{B}(k) = \sum_{k=1}^{8} \frac{\Delta t^k \overline{A}(t_k)^{k-1}\overline{B}(t_k)}{k!}$; |
| 9 | Если дискретная стохастическая система представима в виде $x(k+1) = A(k)x(k) + B(k)u(k) + F(k)q$ $M\{q(k)\} = \overline{q}(k)$, $M\{(q(k) - \overline{q}(k))(q(j) - \overline{q}(j))^T\} = Q(k)$ то компоненты вектора внешних возмущений $q(k)$ являются: | 1) случайными величинами, имеющими биномиальное распределение,<br>2) равномерно распределенными случайными величинами,<br>3) гауссовскими случайными величинами с заданными характеристиками. |
| 10 | Синтез управляющих воздействий при минимизации критерия $J(t_0, T) = \frac{1}{2}\int_{t_0}^{T}\left[x^T(t)Cx(t) + u^T(t)Du(t)\right]dt$ осуществляется следующим образом: | 1) $u(k) = -D_d^{-1}B^T S(x(k) - x_z(t_k))$;<br>2) $v(k) = -D_1^{-1}W_2(k)$,<br>3) $u(k) = -(B^T SB + D)^{-1}B^T S[Ax(k) - x_z(t_k)]$ |
| 11 | Синтез управляющих воздействий при минимизации критерия $J(t_k) = \frac{1}{2}\int_{t_k}^{t_k + l_p\Delta t}[(x(t) - x_z(t_k))^T C(x(t) - x_z(t_$ $+ u^T(t)D_2u(t) + v^T(t)D_1v(t) + v_{on}^T(t)$ осуществляется следующим образом: | 1) $u(k) = -D_d^{-1}B^T S(x(k) - x_z(t_k))$,<br>2) $v(k) = -D_1^{-1}W_2(k)$,<br>3) $u(k) = -(B^T SB + D)^{-1}B^T S[Ax(k) - x_z(t_k)]$ |
| 12 | Синтез управляющих воздействий при | 1) $u(k) = -D_d^{-1}B^T S(x(k) - x_z(t_k))$, |

| | | |
|---|---|---|
| | минимизации критерия $J(k)=\frac{1}{2}[(x(k+1)-x_z(t_k))^T C(x(k+1)-x_z(t_k))+u(k)^T Du(k)]$ осуществляется следующим образом: | 2) $v(k)=-D_1^{-1}W_2(k)$, 3) $u(k)=-(B^T SB+D)^{-1}B^T S[Ax(k)-x_z(t_k)]$ |
| 13 | Модель измерительного комплекса задается в виде: | 1) $y(k)=Ax(k)+r(k)$, 2) $y(k)=Hx(k)+r(k)$, 3) $y(k)=f(x(k),u(k))+r(k)$ |
| 14 | Оптимальная оценка состояния по текущему измерению $y(k+1)$ строится в виде: | 1) $\hat{x}(k+1)=\hat{x}(k)+K(k)[y(k+1)-H\hat{x}(k)]$, 2) $\hat{x}(k+1)=\hat{x}(k+1/k)+K(k)[y(k+1)-H\hat{x}(k+1/k)]$ 3) $\hat{x}(k+1)=A(k)y(k+1)+B(k)u(k)+F(k)\bar{q}(k)$ |
| 15 | Системы управления, построенные с использованием априорной информации, достаточной для достижения поставленной цели, относятся: | 1) к традиционным, 2) к диффузным, 3) к нестационарным. |
| 16 | Системы управления, построенные с использованием априорной информации, не достаточной для достижения поставленной цели, относятся: | 1) к адаптивным, 2) к самоорганизующимся, 3) к стационарным. |
| 17 | Синтез управляющих воздействий, который осуществляется в реальном времени в процессе функционирования объекта, называется | 1) аналитическим конструированием оптимальных регуляторов; 2) совмещенным синтезем; 3) адаптивным управлением. |
| 18 | Оценка параметров по текущему измерению $y(k+1)$ строится в виде: | 1) $\hat{\theta}(k+1)=\hat{\theta}(k)+L(k)[y(k+1)-H\Phi(\hat{x}(k),u(k))\hat{\theta}(k)-Hf(\hat{x}(k),u(k))]$, 2) $\hat{\theta}(k+1)=\hat{\theta}(k)+L(k)[y(k+1)-HA(k,\hat{\theta}(k))\hat{x}(k)-HB(\hat{x}(k),\hat{\theta}(k))u(k)]$, 3) $\hat{\theta}(k+1)=\hat{\theta}(k)+L(k)[y(k+1)-H\hat{x}(k)+\bar{r}(k)]$. |
| 19 | При построении Фильтра Калмана для оценивания параметров модели объекта предполагается, что априорные распределения векторов начальных условий состояния и параметров являются | 1) марковскими; 2) равномерными; 3) гауссовскими. |
| 20 | Для моделирования систем управления с нестационарными моделями используются: | 1) методы решения систем нелинейных уравнений; 2) методы приближения данных; 3) методы численного интегрирования. |

### 14.1.2. Экзаменационные вопросы

1 Построение мат. модели измерительного комплекса.

2 Оценивание состояния фильтром Калмана.

3 Синтез управлений по оценкам состояния.

4 Алгоритмы управления методами аналитического конструирования оптимальных регуляторов.

Согласована на портале № 39764

5 Алгоритмы управления при использования классического квадратичного критерия.

6 Алгоритмы управления при использования квадратичного критерия обобщенной работы.

7 Алгоритмы управления при использования локального квадратичного критерия.

8 Адаптивное управление.

9 Оценивание состояния и параметров параллельными фильтрами Калмана.

10 Задачи Коши (методы Эйлера, Рунге-Кутта, Адамса) и краевые (методы сеток и коллокаций).

11 Решение обыкновенных дифференциальных уравнений и систем.

12 Статистическое моделирование

13 Методы приближения экспериментальных данных: интерполирование, сплайн-функции, аппроксимация методом наименьших квадратов.

14 Алгоритмы управления при использования локального квадратичного критерия.

15 Синтез управления по оценкам состояния или синтез адаптивного управления для содержательной модели.

16 Решение обыкновенных дифференциальных уравнений и систем.

17 Алгоритмы управления методами аналитического конструирования оптимальных регуляторов.

18 Агрегативное моделирование.

19 Имитационное моделирование.

20 Статистическое моделирование

### 14.1.3. Темы расчетных работ

Для выбранной модели объекта (в виде системы обыкновенных диф. уравнений второго порядка или в виде содержательной модели, которая описывает систему управления техническим объектом в пространстве состояний) спроектировать систему управления при полном измерении по оценкам состояния, которые определяются с помощью фильтра Калмана; определить минимальный набор измерительных датчиков, при котором сохраняется качество функционирование системы управления без изменения параметров алгоритма управления.

В дополнении к предыдущему заданию осуществить проектирование системы адаптивного управления при неполном измерении, где набор измерительных датчиков определен при выполнении предыдущего задания , оценивание состояния и параметров модели произвести последовательными фильтрами Калмана.

### 14.1.4. Темы контрольных работ

Модель, система, моделирование, виды моделирования, классификации.

Математическое моделирование, цели и задачи.

Методы теории подобия.

Агрегативное моделирование.

Статистическое моделирование

Имитационное моделирование.

Планирование имитационных экспериментов

### 14.1.5. Темы лабораторных работ

Статистическое моделирование, (задачи 1-4), [страницы 81-93]/В [•] указаны страницы учебного пособия:Решетникова Г.Н. Моделирование систем: учеб. пособие / Г.Н. Решетникова; Федеральное агентство по образованию, Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники. – 2-е изд., перераб и доп. – Томск: Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2007. – 441 с.,где размещена теория и методические указания для выполнения конкретных лабораторных заданий

Приближение данных, (задачи 5-14), [страницы 137-150, 155-172]

Методы интерполирования по равноотстоящим узлам, численное дифференцирование и интегрирование, (задачи (15-36), [страницы 150-155, 172-185]

Решение нелинейных уравнений, систем нелинейных уравнений и задач матричной алгебры, (задачи 37-59), [страницы 196-260]

Решение дифференциальных уравнений и систем, (задачи 60-66), [страницы 260-280]

Моделирование систем оптимального управления, (задачи 67-69), [страницы 300-313]

Моделирование систем управления по оценкам состояния, (задачи 70-72), [страницы 314-

Согласована на портале № 39764

325]

Моделирование систем адаптивного управления, (задачи 73-75), [страницы 325-337]

### 14.1.6. Темы курсовых проектов / курсовых работ

"Моделирование систем управления"

Математические модели, используемые для выполнения курсового проекта, делятся на два вида. Первый вид – это учебные модели, заданные в виде системы обыкновенных дифференциальных уравнений второго порядка. Второй вид – это содержательные модели, описывающие систему управления некоторым объектом в пространстве состояний. Для каждой из моделей сформулированы два типа заданий. Задания первого типа – проектирование системы управления при полном измерении по оценкам состояния, которые определяются с помощью фильтра Калмана; определение минимального набора измерительных датчиков, при котором сохраняется качество функционирование системы управления без изменения параметров алгоритма управления. Задания второго типа – в дополнении к заданию первого типа осуществляется проектирование системы адаптивного управления при полном измерении, где набор измерительных датчиков определен при выполнении задания первого типа, оценивание состояния и параметров модели последовательными фильтрами Калмана. Для каждого студента случайным образом задаются учебная и содержательная модели и алгоритм управления: на основе классического квадратичного функционала, функционала обобщенной работы или локального квадратичного функционала. Студенту предоставляется право выбора модели и типа задания. Этот выбор определяет получение конкретной итоговой оценки в соответствии с приведенными правилами оценивания. Студент имеет право в процессе выполнения курсового проекта выбрать другую модель (из заданных ему моделей) и другой тип задания. Преподаватель, по согласованию со студентом, может сформулировать дополнительное задание для выполнения курсового проекта. Преподаватель, по согласованию со студентом, может дать ему индивидуальное задание.

Примерные темы курсовых проектов

1) Математическая модель прямолинейного движения судна
2) Математическая модель прямолинейного движения меканум-робота
3) Математическая модель движения судна по заданной траектории
4) Математическая модель вращательного движения
5) Математическая модель производства, хранения и сбыта товара повседневного спроса
6) Математическая модель движения колесного робота по заданной траектории
7) Моделирование систем управления в пространстве состояний методами аналитического конструирования по квадратичным критериям

### 14.1.7. Методические рекомендации

Для организации выполнения лабораторных работ используется электронный учебный комплекс «Моделирование систем», [Электронный ресурс] − URL.:http://ms.kcup.tusur.ru/

Комплекс включает следующее.

1) Лабораторный практикум, содержащий 75 задач по статистическому моделированию, численным методам моделирования и моделированию систем управления. Каждая задача содержит 30 вариантов исходных данных. Все задачи сгруппированы тематически в 8 групп. Из каждой группы студенту случайным образом выдается конкретная задача и вариант исходных данных к ней. Выполнение лабораторных работ осуществляется с использованием системы MATHCAD. Тестовые вопросы для проверки знаний по выполняемой работе.

2) Контрольную работу, которая включает 20 тестовых вопросов, выбранных из 106 случайным образом, и оценивается максимум в 10 баллов. Работа считается выполненной, если студент набрал не менее 5 баллов.

## 14.2. Требования к оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусмотрены дополнительные оценочные материалы, перечень которых указан в таблице 14.

Таблица 14 – Дополнительные материалы оценивания для лиц с ограниченными возможностями

Согласована на портале № 39764

здоровья и инвалидов

| Категории обучающихся | Виды дополнительных оценочных материалов | Формы контроля и оценки результатов обучения |
|---|---|---|
| С нарушениями слуха | Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы | Преимущественно письменная проверка |
| С нарушениями зрения | Собеседование по вопросам к зачету, опрос по терминам | Преимущественно устная проверка (индивидуально) |
| С нарушениями опорно-двигательного аппарата | Решение дистанционных тестов, контрольные работы, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету | Преимущественно дистанционными методами |
| С ограничениями по общемедицинским показаниям | Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы, устные ответы | Преимущественно проверка методами исходя из состояния обучающегося на момент проверки |

### 14.3. Методические рекомендации по оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

- в печатной форме;
- в печатной форме с увеличенным шрифтом;
- в форме электронного документа;
- методом чтения ассистентом задания вслух;
- предоставление задания с использованием сурдоперевода.

Лицам с ограниченными возможностями здоровья и инвалидам увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких обучающихся предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

- письменно на бумаге;
- набор ответов на компьютере;
- набор ответов с использованием услуг ассистента;
- представление ответов устно.

Процедура оценивания результатов обучения лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

**Для лиц с нарушениями зрения:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме увеличенным шрифтом.

**Для лиц с нарушениями слуха:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

**Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

При необходимости для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

Согласована на портале № 39764