

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

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



УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе

Документ подписан электронной подписью

Сертификат: 1с6сfa0a-52a6-4f49-aef0-5584d3fd4820

Владелец: Троян Павел Ефимович

Действителен: с 19.01.2016 по 16.09.2019

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Синтез автоматических регуляторов на основе концепции обратных задач динамики

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**

Направление подготовки (специальность): **15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств**

Направленность (профиль): **Автоматизация технологических процессов и производств**

Форма обучения: **очная**

Факультет: **ФВС, Факультет вычислительных систем**

Кафедра: **КСУП, Кафедра компьютерных систем в управлении и проектировании**

Курс: **4**

Семестр: **8**

Учебный план набора 2012 года

Распределение рабочего времени

| № | Виды учебной деятельности | 8 семестр | Всего | Единицы |
|---|-----------------------------|-----------|-------|---------|
| 1 | Лекции | 18 | 18 | часов |
| 2 | Практические занятия | 18 | 18 | часов |
| 3 | Лабораторные работы | 18 | 18 | часов |
| 4 | Всего аудиторных занятий | 54 | 54 | часов |
| 5 | Самостоятельная работа | 54 | 54 | часов |
| 6 | Всего (без экзамена) | 108 | 108 | часов |
| 7 | Подготовка и сдача экзамена | 36 | 36 | часов |
| 8 | Общая трудоемкость | 144 | 144 | часов |
| | | 4.0 | 4.0 | З.Е |

Экзамен: 8 семестр

Томск 2017

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

Рабочая программа составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств, утвержденного 12 марта 2015 года, рассмотрена и утверждена на заседании кафедры « ___ » _____ 20__ года, протокол № _____.

Разработчик:

Доцент каф. КСУП

_____ А. Е. Карелин

Заведующий обеспечивающей каф.
КСУП

_____ Ю. А. Шурыгин

Рабочая программа согласована с факультетом, профилирующей и выпускающей кафедрами направления подготовки (специальности).

Декан ФВС

_____ Л. А. Козлова

Заведующий выпускающей каф.
КСУП

_____ Ю. А. Шурыгин

Эксперт:

Доцент Кафедра КСУП

_____ Н. Ю. Хабибулина

1. Цели и задачи дисциплины

1.1. Цели дисциплины

являются формирование у студентов знаний и умений в области построения адаптивных систем управления с применением концепции обратных задач динамики.

1.2. Задачи дисциплины

- ознакомление студентов с методами синтеза автоматических регуляторов на основе концепции обратных задач динамики;
- приобретение студентами практических навыков в решении задач синтеза алгоритмов управления линейными и нелинейными, одномерными и многомерными системами.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Синтез автоматических регуляторов на основе концепции обратных задач динамики» (Б1.В.ДВ.10.2) относится к блоку 1 (вариативная часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются следующие дисциплины: Защита выпускной квалификационной работы, включая подготовку к процедуре защиты и процедуру защиты, Математика, Моделирование систем и процессов, Новые методы оценивания неизвестных величин, Теория автоматического управления, Технологические процессы автоматизированных производств.

3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

- ПК-6 способностью проводить диагностику состояния и динамики производственных объектов производств с использованием необходимых методов и средств анализа;
- ПК-18 способностью аккумулировать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт в области автоматизации технологических процессов и производств, автоматизированного управления жизненным циклом продукции, компьютерных систем управления ее качеством;

В результате изучения дисциплины студент должен:

- **знать** методологические основы функционирования, моделирования и синтеза систем автоматического управления (САУ); методы анализа технологических процессов и оборудования для их реализации, как объектов автоматизации и управления; методы построения математических моделей, их упрощения; технологию планирования эксперимента.
- **уметь** строить математические модели объектов управления и систем автоматического управления; осуществлять синтез автоматических регуляторов.
- **владеть** навыками обработки экспериментальных данных; навыками проектирования алгоритмического обеспечения систем автоматического регулирования и управления.

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4.0 зачетных единицы и представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины

| Виды учебной деятельности | Всего часов | Семестры |
|--|-------------|-----------|
| | | 8 семестр |
| Аудиторные занятия (всего) | 54 | 54 |
| Лекции | 18 | 18 |
| Практические занятия | 18 | 18 |
| Лабораторные работы | 18 | 18 |
| Самостоятельная работа (всего) | 54 | 54 |
| Оформление отчетов по лабораторным работам | 14 | 14 |
| Проработка лекционного материала | 12 | 12 |

| | | |
|---|-----|-----|
| Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 28 | 28 |
| Всего (без экзамена) | 108 | 108 |
| Подготовка и сдача экзамена | 36 | 36 |
| Общая трудоемкость ч | 144 | 144 |
| Зачетные Единицы | 4.0 | 4.0 |

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 | Лекции | Практические занятия | Лабораторные работы | Самостоятельная работа | Всего часов (без экзамена) | Формируемые компетенции |
|--|--------|----------------------|---------------------|------------------------|-------------------------------|-------------------------|
| 8 семестр | | | | | | |
| 1 Прямая и обратные задачи динамики. | 2 | 4 | 0 | 4 | 10 | ПК-18, ПК-6 |
| 2 Динамика систем, оптимизируемых по критерию минимума энергии ускорения. | 4 | 4 | 4 | 8 | 20 | ПК-18, ПК-6 |
| 3 Алгоритмы управления автоматических систем высокой динамической точности. | 4 | 4 | 4 | 14 | 26 | ПК-18, ПК-6 |
| 4 Параметрически адаптивная электромеханическая система управления скоростью вращательного движения. | 4 | 4 | 4 | 16 | 28 | ПК-18, ПК-6 |
| 5 Параметрически адаптивные электромеханические следящие системы высокой динамической точности. | 4 | 2 | 6 | 12 | 24 | ПК-18, ПК-6 |
| Итого за семестр | 18 | 18 | 18 | 54 | 108 | |
| Итого | 18 | 18 | 18 | 54 | 108 | |

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, ч | Формируемые компетенции |
|--------------------------------------|--|-----------------|-------------------------|
| 8 семестр | | | |
| 1 Прямая и обратные задачи динамики. | Задачи осуществления назначенной траектории движения в автоматических системах. Синтез ал- | 2 | ПК-18, ПК-6 |

| | | | |
|--|---|----|-------------|
| | горитмов управления в форме обратных связей. Концепции обратных задач динамики и минимизация локальных функционалов, характеризующих энергию движения. | | |
| | Итого | 2 | |
| 2 Динамика систем, оптимизируемых по критерию минимума энергии ускорения. | Свойства системы с алгоритмами управления, синтезированным по эталонной модели второго и третьего порядков. | 4 | ПК-18, ПК-6 |
| | Итого | 4 | |
| 3 Алгоритмы управления автоматических систем высокой динамической точности. | Постановка задачи управления объектом третьего порядка. Структура алгоритмов управления, свойства управляемых систем. | 4 | ПК-18, ПК-6 |
| | Итого | 4 | |
| 4 Параметрически адаптивная электромеханическая система управления скоростью вращательного движения. | Математическая модель управляемой системы. Постановка задачи, структура алгоритма управления и свойства системы. Алгоритмы управления с минимальным информационным обеспечением. | 4 | ПК-18, ПК-6 |
| | Итого | 4 | |
| 5 Параметрически адаптивные электромеханические следящие системы высокой динамической точности. | Математическая модель управляемой системы. Формулировка задачи, синтез структуры алгоритма управления и свойства системы. Алгоритмы управления с минимальным информационным обеспечением. | 4 | ПК-18, ПК-6 |
| | Итого | 4 | |
| Итого за семестр | | 18 | |

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 | 4 | 5 |
| Предшествующие дисциплины | | | | | |
| 1 Защита выпускной квалификационной работы, включая подготовку к процедуре защиты и процедуру защиты | + | + | + | + | |
| 2 Математика | | | | + | |
| 3 Моделирование систем и процессов | | + | + | | |
| 4 Новые методы оценивания неизвестных | | | + | + | |

| | | | | | |
|---|---|--|---|--|--|
| величин | | | | | |
| 5 Теория автоматического управления | + | | + | | |
| 6 Технологические процессы автоматизированных производств | | | + | | |

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 и видов занятий, формируемых при изучении дисциплины

| Компетенции | Виды занятий | | | | Формы контроля |
|-------------|--------------|----------------------|---------------------|------------------------|---|
| | Лекции | Практические занятия | Лабораторные работы | Самостоятельная работа | |
| ПК-6 | + | + | + | + | Контрольная работа, Домашнее задание, Экзамен, Защита отчета, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях |
| ПК-18 | + | + | + | + | Контрольная работа, Домашнее задание, Экзамен, Защита отчета, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях |

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 | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|---|---|-----------------|-------------------------|
| 8 семестр | | | |
| 2 Динамика систем, оптимизируемых по критерию минимума энергии ускорения. | Исследование динамики систем, оптимизируемых по критерию минимума энергии ускорения. | 4 | ПК-18, ПК-6 |
| | Итого | 4 | |
| 3 Алгоритмы управления автоматических систем высокой динамической точности. | Алгоритмы управления автоматических систем высокой динамической точности. Управляемые объекты третьего порядка. | 4 | ПК-18, ПК-6 |

| | | | |
|--|---|----|----------------|
| | Итого | 4 | |
| 4 Параметрически адаптивная электромеханическая система управления скоростью вращательного движения. | Исследование динамики системы управления скоростью вращательного движения, построенной на алгоритмах управления синтезированными с применением концепций обратных задач динамики. | 4 | ПК-18, ПК-6 |
| | Итого | 4 | |
| 5 Параметрически адаптивные электромеханические следящие системы высокой динамической точности. | Моделирование следящей системы высокой точности с алгоритмами управления синтезированными на основе концепций обратных задач динамики. | 6 | ПК-18, ПК-6 |
| | Итого | 6 | |
| Итого за семестр | | 18 | |

8. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 8.1.

Таблица 8. 1 – Наименование практических занятий (семинаров)

| Названия разделов | Наименование практических занятий (семинаров) | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|---|--|-----------------|-------------------------|
| 8 семестр | | | |
| 1 Прямая и обратные задачи динамики. | Синтез алгоритмов управления в форме обратных связей. | 2 | ПК-18, ПК-6 |
| | Концепции обратных задач динамики и минимизации локальных функционалов, характеризующих энергию (постановка задачи, структура алгоритмов управления). | 2 | |
| | Итого | 4 | |
| 2 Динамика систем, оптимизируемых по критерию минимума энергии ускорения. | Асимптотические и структурные свойства систем стабилизации стационарных состояний управляемых объектов для случая, когда порядок эталонной модели равен порядку дифференциального уравнения движения объектов. | 2 | ПК-18, ПК-6 |
| | Асимптотические и структурные свойства систем стабилизации стационарных состояний управляемых объектов для случая, когда порядок эталонной модели выше на единицу порядка дифференциального уравнения движения объектов. | 2 | |
| | Итого | 4 | |
| 3 Алгоритмы управления автоматических систем высокой | Синтез алгоритмов управления следящих систем для случая, когда динами- | 2 | ПК-18, ПК-6 |

| | | | |
|--|--|----|----------------|
| динамической точности. | ка объекта управления описывается дифференциальным уравнением третьего порядка. | | |
| | Синтез алгоритмов управления следящих систем для случая, когда динамика объекта управления описывается дифференциальным уравнением высокого порядка. | 2 | |
| | Итого | 4 | |
| 4 Параметрически адаптивная электромеханическая система управления скоростью вращательного движения. | Синтез алгоритмов управления вращательным движением с использованием информации об угловой скорости и ускорении. | 2 | ПК-18, ПК-6 |
| | Синтез алгоритмов управления вращательным движением с использованием информации об угловой скорости. | 2 | |
| | Итого | 4 | |
| 5 Параметрически адаптивные электромеханические следящие системы высокой динамической точности. | Синтез алгоритмов управления следящих систем высокой динамической точности. | 2 | ПК-18, ПК-6 |
| | Итого | 2 | |
| Итого за семестр | | 18 | |

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, ч | Формируемые компетенции | Формы контроля |
|---|---|-----------------|-------------------------|--|
| 8 семестр | | | | |
| 1 Прямая и обратные задачи динамики. | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 2 | ПК-18, ПК-6 | Контрольная работа, Опрос на занятиях, Экзамен |
| | Проработка лекционного материала | 2 | | |
| | Итого | 4 | | |
| 2 Динамика систем, оптимизируемых по критерию минимума энергии ускорения. | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 4 | ПК-18, ПК-6 | Контрольная работа, Опрос на занятиях |
| | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 2 | | |
| | Проработка лекционного материала | 2 | | |

| | | | | |
|--|---|----|----------------|--|
| | Итого | 8 | | |
| 3 Алгоритмы управления автоматических систем высокой динамической точности. | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 4 | ПК-18, ПК-6 | Домашнее задание, Защита отчета, Контрольная работа, Отчет по лабораторной работе, Экзамен |
| | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 4 | | |
| | Проработка лекционного материала | 2 | | |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 4 | | |
| | Итого | 14 | | |
| 4 Параметрически адаптивная электромеханическая система управления скоростью вращательного движения. | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 4 | ПК-18, ПК-6 | Домашнее задание, Защита отчета, Контрольная работа, Отчет по лабораторной работе, Экзамен |
| | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 4 | | |
| | Проработка лекционного материала | 4 | | |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 4 | | |
| | Итого | 16 | | |
| 5 Параметрически адаптивные электромеханические следящие системы высокой динамической точности. | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 4 | ПК-18, ПК-6 | Домашнее задание, Защита отчета, Контрольная работа, Отчет по лабораторной работе, Экзамен |
| | Проработка лекционного материала | 2 | | |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 6 | | |
| | Итого | 12 | | |
| Итого за семестр | | 54 | | |
| | Подготовка и сдача экзамена | 36 | | Экзамен |
| Итого | | 90 | | |

10. Курсовая работа (проект)

Не предусмотрено РУП

11. Рейтинговая система для оценки успеваемости студентов

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 |
|-------------------------------|--|---|---|------------------|
| 8 семестр | | | | |

| | | | | |
|------------------------------|----|----|----|-----|
| Домашнее задание | 5 | 5 | | 10 |
| Защита отчета | | 5 | 5 | 10 |
| Контрольная работа | 6 | 6 | | 12 |
| Опрос на занятиях | 4 | 5 | 5 | 14 |
| Отчет по лабораторной работе | | 12 | 12 | 24 |
| Итого максимум за период | 15 | 33 | 22 | 70 |
| Экзамен | | | | 30 |
| Нарастающим итогом | 15 | 48 | 70 | 100 |

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) |
| 65 - 69 | | |
| 3 (удовлетворительно) (зачтено) | 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. Теория автоматического управления [Текст] : учебное пособие / А. Г. Карпов ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники (Томск), Кафедра компьютерных систем в управлении и проектировании. - Томск : ТМЛ-Пресс, 2011 - . Ч. 1. - Томск : ТМЛ-Пресс, 2011. - 211 с. : ил. (наличие в библиотеке ТУСУР - 15 экз.)

12.2. Дополнительная литература

1. Адаптивные системы автоматического управления : Учебное пособие / Министерство высшего и среднего специального образования РСФСР ; Ред. В. Б. Яковлев. - Л. : Издательство Ленинградского университета, 1984. - 204 с. : ил. - Библиогр.: с. 195-199. (наличие в библиотеке ТУ-

СУР - 5 экз.)

2. Обратные задачи динамики управляемых систем. Линейные модели [Текст] / П. Крутько. - [Б. м. : б. и.], 1987. - 304 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 1 экз.)

3. Обратные задачи динамики управляемых систем. Нелинейные модели [Текст] / П. Крутько. - [Б. м. : б. и.], 1988. - 328 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 1 экз.)

4. Оптимальное дискретное управление динамическими системами : монография / Л. Н. Волгин; Ред. П. Д. Крутько. - М. : Наука, 1986. - 240 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 1 экз.)

12.3 Учебно-методические пособия

12.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Лабораторный практикум по междисциплинарному курсу «Обобщенные обратные матрицы и их применение в задачах автоматизации технологических процессов и производств» [Текст] : учебное пособие / А. Е. Карелин, А. В. Майстренко, А. А. Светлаков ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники (Томск). - Томск : [б. и.], 2010. - 147 с. : ил., табл. Библиогр. в конце работ. (наличие в библиотеке ТУСУР - 15 экз.)

2. Scilab:Решение инженерных и математических задач /Е. Р. Алексеев, Е. А. Чеснокова, Е. А. Рудченко. - М. : ALT Linux ; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008. - 269 с. : ил. ; 8 с. цв. Вклейки.- (Библиотека ALT Linux). (Дата обращения:27.05.2017) [Электронный ресурс]. - <http://docs.altlinux.org/books/2008/altlibrary-scilab-20090409.pdf>

12.3.2 Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся из числа 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. Базы данных, информационно-справочные, поисковые системы и требуемое программное обеспечение

1. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU. <https://elibrary.ru/defaultx.asp>
2. Выполнение лабораторных работ и практических заданий осуществляется с применением свободно распространяемого математического пакета Scilab 5.5. <http://http://www.scilab.org/>

13. Материально-техническое обеспечение дисциплины

13.1. Общие требования к материально-техническому обеспечению дисциплины

13.1.1. Материально-техническое 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 наглядные пособия в виде презентаций по лекционным разделам дисциплины.

13.1.2. Материально-техническое обеспечение для практических занятий

учебно-исследовательская вычислительная лаборатория, расположенная по адресу 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74,2 этаж, ауд. 207. Состав оборудования: Учебная мебель; Проектор TOSHIBA – 1 шт.; Компьютеры класса не ниже Intel Core i5-4460 /4GB RAM/ 500GB с широкополосным доступом в Internet, с мониторами типа Монитор BenQ GW2255 – 5 шт.; Используется лицензионное программное обеспечение, пакеты версией не ниже: ОС Microsoft Windows 7 Professional, scilab 5.5.1 (64-bit); компьютеры подключены к сети ИНТЕРНЕТ и обеспе-

чивают доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

13.1.3. Материально-техническое обеспечение для лабораторных работ

учебно-исследовательская вычислительная лаборатория, расположенная по адресу 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74,2 этаж, ауд. 207. Состав оборудования: Учебная мебель; Проектор TOSHIBA – 1 шт.; Компьютеры класса не ниже Intel Core i5-4460 /4GB RAM/ 500GB с широкополосным доступом в Internet, с мониторами типа Монитор BenQ GW2255 – 5 шт.; Используется лицензионное программное обеспечение, пакеты версией не ниже: ОС Microsoft Windows 7 Professional, scilab 5.5.1 (64-bit); компьютеры подключены к сети ИНТЕРНЕТ и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

13.1.4. Материально-техническое обеспечение для самостоятельной работы

учебно-исследовательская вычислительная лаборатория, расположенная по адресу 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74,2 этаж, ауд. 207. Состав оборудования: Учебная мебель; Проектор TOSHIBA – 1 шт.; Компьютеры класса не ниже Intel Core i5-4460 /4GB RAM/ 500GB с широкополосным доступом в Internet, с мониторами типа Монитор BenQ GW2255 – 5 шт.; Используется лицензионное программное обеспечение, пакеты версией не ниже: ОС Microsoft Windows 7 Professional, scilab 5.5.1 (64-bit); компьютеры подключены к сети ИНТЕРНЕТ и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

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

Освоение дисциплины лицами с ОВЗ осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При обучении студентов **с нарушениями слуха** предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах для студентов с нарушениями слуха, мобильной системы обучения для студентов с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой обучаются студенты с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При обучении студентов **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 удаленного просмотра.

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

14. Фонд оценочных средств

14.1. Основные требования к фонду оценочных средств и методические рекомендации

Фонд оценочных средств и типовые контрольные задания, используемые для оценки сформированности и освоения закрепленных за дисциплиной компетенций при проведении текущей, промежуточной аттестации по дисциплине приведен в приложении к рабочей программе.

14.2 Требования к фонду оценочных средств для лиц с ограниченными возможностями здоровья

Для студентов с инвалидностью предусмотрены дополнительные оценочные средства, перечень которых указан в таблице.

Таблица 14 – Дополнительные средства оценивания для студентов с инвалидностью

| Категории студентов | Виды дополнительных оценочных средств | Формы контроля и оценки результатов обучения |
|---------------------|--|--|
| С нарушениями слуха | Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы | Преимущественно письменная проверка |
| С нарушениями | Собеседование по вопросам к зачету, | Преимущественно устная проверка |

| зрения | опрос по терминам | (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 средствам для лиц с ограниченными возможностями здоровья

Для студентов с ОВЗ 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.

Студентам с инвалидностью увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких студентов 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 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 обучающихся с инвалидностью процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

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

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____ П. Е. Троян
«__» _____ 20__ г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

Синтез автоматических регуляторов на основе концепции обратных задач динамики

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**

Направление подготовки (специальность): **15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств**

Направленность (профиль): **Автоматизация технологических процессов и производств**

Форма обучения: **очная**

Факультет: **ФВС, Факультет вычислительных систем**

Кафедра: **КСУП, Кафедра компьютерных систем в управлении и проектировании**

Курс: **4**

Семестр: **8**

Учебный план набора 2012 года

Разработчик:

– Доцент каф. КСУП А. Е. Карелин

Экзамен: 8 семестр

Томск 2017

1. Введение

Фонд оценочных средств (ФОС) является приложением к рабочей программе дисциплины (практики) и представляет собой совокупность контрольно-измерительных материалов (типовые задачи (задания), контрольные работы, тесты и др.) и методов их использования, предназначенных для измерения уровня достижения студентом установленных результатов обучения.

ФОС по дисциплине (практике) используется при проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации студентов.

Перечень закрепленных за дисциплиной (практикой) компетенций приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень закрепленных за дисциплиной компетенций

| Код | Формулировка компетенции | Этапы формирования компетенций |
|-------|--|---|
| ПК-6 | способностью проводить диагностику состояния и динамики производственных объектов производств с использованием необходимых методов и средств анализа | <p>Должен знать методологические основы функционирования, моделирования и синтеза систем автоматического управления (САУ); методы анализа технологических процессов и оборудования для их реализации, как объектов автоматизации и управления; методы построения математических моделей, их упрощения; технологию планирования эксперимента.;</p> <p>Должен уметь строить математические модели объектов управления и систем автоматического управления; осуществлять синтез автоматических регуляторов.;</p> <p>Должен владеть навыками обработки экспериментальных данных; навыками проектирования алгоритмического обеспечения систем автоматического регулирования и управления.;</p> |
| ПК-18 | способностью аккумулировать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт в области автоматизации технологических процессов и производств, автоматизированного управления жизненным циклом продукции, компьютерных систем управления ее качеством | |

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенций на всех этапах приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенций по этапам

| Показатели и критерии | Знать | Уметь | Владеть |
|---------------------------------------|---|---|--|
| Отлично (высокий уровень) | Обладает фактическими и теоретическими знаниями в пределах изучаемой области с пониманием границ применимости | Обладает диапазоном практических умений, требуемых для развития творческих решений, абстрагирования проблем | Контролирует работу, проводит оценку, совершенствует действия работы |
| Хорошо (базовый уровень) | Знает факты, принципы, процессы, общие понятия в пределах изучаемой области | Обладает диапазоном практических умений, требуемых для решения определенных проблем в области исследования | Берет ответственность за завершение задач в исследовании, приспосабливает свое поведение к обстоятельствам в решении проблем |
| Удовлетворительно (пороговый уровень) | Обладает базовыми общими знаниями | Обладает основными умениями, требуемыми для выполнения простых задач | Работает при прямом наблюдении |

2 Реализация компетенций

2.1 Компетенция ПК-6

ПК-6: способностью проводить диагностику состояния и динамики производственных объектов производств с использованием необходимых методов и средств анализа.

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

| Состав | Знать | Уметь | Владеть |
|----------------------------------|---|---|--|
| Содержание этапов | методы анализа технологических процессов и оборудования для их реализации, как объектов автоматизации и управления; методы построения математических моделей, их упрощения. | строить математические модели объектов управления и систем автоматического управления; осуществлять синтез автоматических регуляторов. | навыками обработки экспериментальных данных. |
| Виды занятий | <ul style="list-style-type: none">• Практические занятия;• Лабораторные работы;• Лекции;• Самостоятельная работа; | <ul style="list-style-type: none">• Практические занятия;• Лабораторные работы;• Лекции;• Самостоятельная работа; | <ul style="list-style-type: none">• Лабораторные работы;• Самостоятельная работа; |
| Используемые средства оценивания | <ul style="list-style-type: none">• Контрольная работа;• Домашнее задание;• Отчет по лабораторной работе;• Опрос на занятиях;• Экзамен; | <ul style="list-style-type: none">• Контрольная работа;• Домашнее задание;• Отчет по лабораторной работе;• Опрос на занятиях;• Экзамен; | <ul style="list-style-type: none">• Отчет по лабораторной работе;• Домашнее задание;• Экзамен; |

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 4.

Таблица 4 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

| Состав | Знать | Уметь | Владеть |
|---------------------------|--|---|---|
| Отлично (высокий уровень) | <ul style="list-style-type: none">• этапы построения модели технологического процесса (объекта);• задачи осуществления назначенной траектории движения в автоматических системах.;• концепции обратных задач динамики и минимизация локальных функционалов, характеризующих энергию движения.; | <ul style="list-style-type: none">• строить математические модели объектов управления и систем автоматического управления; ;• осуществлять синтез алгоритмов управления скоростью вращательного движения на основе концепции обратных задач динамики с использованием результатов измерения угловой скорости и ускорения;• осуществлять синтез алгоритмов управления скоростью вращатель- | <ul style="list-style-type: none">• навыками обработки экспериментальных данных;• навыками проверки адекватности полученной модели объекта управления; |

| | | | |
|---------------------------------------|--|--|---|
| | | ного движения на основе концепции обратных задач динамики с использованием результатов измерения угловой скорости; | |
| Хорошо (базовый уровень) | <ul style="list-style-type: none"> • этапы построения модели технологического процесса (объекта); • концепции обратных задач динамики и минимизация локальных функционалов, характеризующих энергию движения.; • задачи осуществления назначенной траектории движения в автоматических системах.; | <ul style="list-style-type: none"> • строить математические модели объектов управления и систем автоматического управления.; • осуществлять синтез алгоритмов управления скоростью вращательного движения на основе концепции обратных задач динамики с использованием результатов измерения угловой скорости и ускорения; | <ul style="list-style-type: none"> • навыками обработки экспериментальных данных; |
| Удовлетворительно (пороговый уровень) | <ul style="list-style-type: none"> • задачи осуществления назначенной траектории движения в автоматических системах.; • этапы построения модели технологического процесса (объекта); | <ul style="list-style-type: none"> • применять основными знания, требуемые для решения задач синтеза алгоритмов управления на основе концепции обратных задач динамики; | <ul style="list-style-type: none"> • базовыми навыками обработки экспериментальных данных; |

2.2 Компетенция ПК-18

ПК-18: способностью аккумулировать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт в области автоматизации технологических процессов и производств, автоматизированного управления жизненным циклом продукции, компьютерных систем управления ее качеством.

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

| Состав | Знать | Уметь | Владеть |
|-------------------|--|--|---|
| Содержание этапов | методологические основы функционирования, моделирования и синтеза систем автоматического управления (САУ); | выбирать методы и способы моделирования процессов и явлений оценивать границы применимости методов моделирования в области автоматизации технологических процессов и производств. | навыками проектирования алгоритмического обеспечения систем автоматического регулирования и управления. |
| Виды занятий | <ul style="list-style-type: none"> • Практические занятия; • Лабораторные работы; • Лекции; | <ul style="list-style-type: none"> • Практические занятия; • Лабораторные работы; • Лекции; | <ul style="list-style-type: none"> • Лабораторные работы; • Самостоятельная работа; |

| | | | |
|----------------------------------|---|---|--|
| | <ul style="list-style-type: none"> • Самостоятельная работа; | <ul style="list-style-type: none"> • Самостоятельная работа; | |
| Используемые средства оценивания | <ul style="list-style-type: none"> • Контрольная работа; • Домашнее задание; • Отчет по лабораторной работе; • Опрос на занятиях; • Экзамен; | <ul style="list-style-type: none"> • Контрольная работа; • Домашнее задание; • Отчет по лабораторной работе; • Опрос на занятиях; • Экзамен; | <ul style="list-style-type: none"> • Отчет по лабораторной работе; • Домашнее задание; • Экзамен; |

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 6.

Таблица 6 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

| Состав | Знать | Уметь | Владеть |
|---------------------------|--|---|--|
| Отлично (высокий уровень) | <ul style="list-style-type: none"> • методику синтеза алгоритмов управления систем высокой динамической точности (следающих систем), основанную на концепции обратных задач динамики; • методику синтеза алгоритмов управления систем стабилизации, основанную на концепции обратных задач динамики; • методику синтеза алгоритмов управления с минимальным информационным обеспечением, основанную на концепции обратных задач динамики; | <ul style="list-style-type: none"> • уметь синтезировать алгоритмы управления с минимальным информационным обеспечением, основанные на концепции обратных задач динамики; • выбирать методы и способы моделирования процессов и явлений в области автоматизации технологических процессов и производств.; • уметь синтезировать алгоритмы управления систем высокой динамической точности (следающих систем), основанные на концепции обратных задач динамики; • уметь синтезировать алгоритмы управления систем стабилизации, основанные на концепции обратных задач динамики; | <ul style="list-style-type: none"> • навыками программной реализации алгоритмов управления систем высокой динамической точности (следающих систем), основанных на концепции обратных задач динамики, с применением пакетов прикладных программ; • навыками программной реализации алгоритмов управления систем стабилизации, основанных на концепции обратных задач динамики, с применением пакетов прикладных программ; • навыками программной реализации алгоритмов управления с минимальным информационным обеспечением, основанных на концепции обратных задач динамики, с применением пакетов прикладных программ; |
| Хорошо (базовый уровень) | <ul style="list-style-type: none"> • методику синтеза алгоритмов управления систем стабилизации, основанную на концепции обратных задач динамики; • методику синтеза алгоритмов управления систем высокой дина- | <ul style="list-style-type: none"> • уметь синтезировать алгоритмы управления систем высокой динамической точности (следающих систем), основанные на концепции обратных задач динамики; • выбирать методы и | <ul style="list-style-type: none"> • навыками программной реализации алгоритмов управления систем высокой динамической точности (следающих систем), основанных на концепции обратных задач динамики, с применением па- |

| | | | |
|---------------------------------------|--|---|--|
| | мической точности (следающих систем), основанную на концепции обратных задач динамики; | способы моделирования процессов и явлений в области автоматизации технологических процессов и производств.; • уметь синтезировать алгоритмы управления систем стабилизации, основанные на концепции обратных задач динамики; | кетов прикладных программ; • навыками программной реализации алгоритмов управления систем стабилизации, основанных на концепции обратных задач динамики, с применением пакетов прикладных программ; |
| Удовлетворительно (пороговый уровень) | • методику синтеза алгоритмов управления систем стабилизации, основанную на концепции обратных задач динамики; | • уметь синтезировать алгоритмы управления систем стабилизации, основанные на концепции обратных задач динамики; | • навыками программной реализации алгоритмов управления систем стабилизации, основанных на концепции обратных задач динамики, с применением пакетов прикладных программ; |

3 Типовые контрольные задания

Для реализации вышеперечисленных задач обучения используются типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, в следующем составе.

3.1 Темы домашних заданий

– Динамика систем, оптимизируемых по критерию минимума энергии ускорения. Асимптотические и структурные свойства систем стабилизации стационарных состояний управляемых объектов для случая, когда порядок эталонной модели равен порядку дифференциального уравнения движения объектов.

– Динамика систем, оптимизируемых по критерию минимума энергии ускорения. Асимптотические и структурные свойства систем стабилизации стационарных состояний управляемых объектов для случая, когда порядок эталонной модели выше на единицу порядка дифференциального уравнения движения объектов.

– Алгоритмы управления автоматических систем высокой динамической точности. Синтез алгоритмов управления следающих систем для случая, когда динамика объекта управления описывается дифференциальным уравнением третьего порядка.

– Параметрически адаптивная электромеханическая система управления скоростью вращательного движения. Синтез алгоритмов управления вращательным движением с использованием информации об угловой скорости и ускорении.

3.2 Темы опросов на занятиях

– Синтез алгоритмов управления в форме обратных связей.

– Синтез алгоритмов управления следающих систем для случая, когда динамика объекта управления описывается дифференциальным уравнением третьего порядка.

– Синтез алгоритмов управления следающих систем высокой динамической точности.

3.3 Темы контрольных работ

– Динамика систем, оптимизируемых по критерию минимума энергии ускорения. Задачи осуществления назначенной траектории движения в автоматических системах.

– Прямая и обратные задачи динамики. Синтез алгоритмов управления в форме обратных связей.

– Алгоритмы управления автоматических систем высокой динамической точности. Струк-

тура алгоритмов управления, свойства управляемых систем.

- Параметрически адаптивная электромеханическая система управления скоростью вращательного движения. Постановка задачи, структура алгоритма управления и свойства системы.
- Параметрически адаптивные электромеханические следящие системы высокой динамической точности. Математическая модель управляемой системы.

3.4 Экзаменационные вопросы

- Динамика систем, оптимизируемых по критерию минимума энергии ускорения. Задачи осуществления назначенной траектории движения в автоматических системах.
- Прямая и обратные задачи динамики. Синтез алгоритмов управления в форме обратных связей.
- Прямая и обратные задачи динамики. Концепции обратных задач динамики и минимизация локальных функционалов, характеризующих энергию движения.
- Прямая и обратные задачи динамики. Свойства системы с алгоритмами управления, синтезированным по эталонной модели второго и третьего порядков.
- Алгоритмы управления автоматических систем высокой динамической точности. Постановка задачи управления объектом третьего порядка. Структура алгоритмов управления, свойства управляемых систем.
- Алгоритмы управления автоматических систем высокой динамической точности. Постановка задачи управления объектом третьего порядка. Структура алгоритмов управления, свойства управляемых систем.
- Параметрически адаптивная электромеханическая система управления скоростью вращательного движения. Постановка задачи, структура алгоритма управления и свойства системы.
- Параметрически адаптивная электромеханическая система управления скоростью вращательного движения. Математическая модель управляемой системы.
- Параметрически адаптивная электромеханическая система управления скоростью вращательного движения. Алгоритмы управления с минимальным информационным обеспечением.
- Параметрически адаптивные электромеханические следящие системы высокой динамической точности. Формулировка задачи, синтез структуры алгоритма управления и свойства системы.
- Параметрически адаптивные электромеханические следящие системы высокой динамической точности. Математическая модель управляемой системы.
- Параметрически адаптивные электромеханические следящие системы высокой динамической точности. Алгоритмы управления с минимальным информационным обеспечением.

3.5 Темы лабораторных работ

- Исследование динамики систем, оптимизируемых по критерию минимума энергии ускорения.
- Алгоритмы управления автоматических систем высокой динамической точности. Управляемые объекты третьего порядка.
- Исследование динамики системы управления скоростью вращательного движения, построенной на алгоритмах управления синтезированных с применением концепций обратных задач динамики.
- Моделирование следящей системы высокой точности с алгоритмами управления синтезированными на основе концепций обратных задач динамики.

4 Методические материалы

Для обеспечения процесса обучения и решения задач обучения используются следующие материалы:

- методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций, согласно п. 12 рабочей программы.

4.1. Основная литература

1. Теория автоматического управления [Текст] : учебное пособие / А. Г. Карпов ; Мини-

стерство образования и науки Российской Федерации, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники (Томск), Кафедра компьютерных систем в управлении и проектировании. - Томск : ТМЛ-Пресс, 2011 - . Ч. 1. - Томск : ТМЛ-Пресс, 2011. - 211 с. : ил. (наличие в библиотеке ТУСУР - 15 экз.)

4.2. Дополнительная литература

1. Адаптивные системы автоматического управления : Учебное пособие / Министерство высшего и среднего специального образования РСФСР ; Ред. В. Б. Яковлев. - Л. : Издательство Ленинградского университета, 1984. - 204 с. : ил. - Библиогр.: с. 195-199. (наличие в библиотеке ТУСУР - 5 экз.)

2. Обратные задачи динамики управляемых систем. Линейные модели [Текст] / П. Крутько. - [Б. м. : б. и.], 1987. - 304 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 1 экз.)

3. Обратные задачи динамики управляемых систем. Нелинейные модели [Текст] / П. Крутько. - [Б. м. : б. и.], 1988. - 328 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 1 экз.)

4. Оптимальное дискретное управление динамическими системами : монография / Л. Н. Волгин; Ред. П. Д. Крутько. - М. : Наука, 1986. - 240 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 1 экз.)

4.3. Обязательные учебно-методические пособия

1. Лабораторный практикум по междисциплинарному курсу «Обобщенные обратные матрицы и их применение в задачах автоматизации технологических процессов и производств» [Текст] : учебное пособие / А. Е. Карелин, А. В. Майстренко, А. А. Светлаков ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники (Томск). - Томск : [б. и.], 2010. - 147 с. : ил., табл. Библиогр. в конце работ. (наличие в библиотеке ТУСУР - 15 экз.)

2. Scilab:Решение инженерных и математических задач /Е. Р. Алексеев, Е. А. Чеснокова, Е. А. Рудченко. - М. : ALT Linux ; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008. - 269 с. : ил. ; 8 с. цв. Вклейки.- (Библиотека ALT Linux). (Дата обращения:27.05.2017) [Электронный ресурс]. - <http://docs.altlinux.org/books/2008/altlibrary-scilab-20090409.pdf>

4.4. Базы данных, информационно справочные и поисковые системы

1. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU. <https://elibrary.ru/defaultx.asp>

2. Выполнение лабораторных работ и практических заданий осуществляется с применением свободно распространяемого математического пакета Scilab 5.5. <http://http://www.scilab.org/>