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.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Методы математического моделирования

Уровень образования: **высшее образование - магистратура**
Направление подготовки (специальность): **11.04.04 Электроника и наноэлектроника**
Направленность (профиль): **Микроэлектроника в информационных и управляющих системах**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **ФБ, Факультет безопасности**
Кафедра: **МИТУС, кафедра микроэлектроники, информационных технологий и управляющих систем**
Курс: **1**
Семестр: **1**
Учебный план набора 2016 года

Распределение рабочего времени

№	Виды учебной деятельности	1 семестр	Всего	Единицы
1	Лекции	18	18	часов
2	Практические занятия	12	12	часов
3	Лабораторные работы	16	16	часов
4	Всего аудиторных занятий	46	46	часов
5	Из них в интерактивной форме	20	20	часов
6	Самостоятельная работа	62	62	часов
7	Всего (без экзамена)	108	108	часов
8	Подготовка и сдача экзамена	36	36	часов
9	Общая трудоемкость	144	144	часов
		4.0	4.0	З.Е

Экзамен: 1 семестр

Томск 2017

Согласована на портале № 20775

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 44 от «31» 3 2017 г.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

Рабочая программа составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 11.04.04 Электроника и наноэлектроника, утвержденного 30 октября 2014 года, рассмотрена и утверждена на заседании кафедры «___» _____ 20__ года, протокол №_____.

Разработчик:

профессор каф. ПрЭ	_____	Т. Н. Зайченко
Заведующий обеспечивающей каф. ПрЭ	_____	С. Г. Михальченко

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

Декан ФБ	_____	Е. М. Давыдова
Заведующий выпускающей каф. МИТУС	_____	Р. З. Хафизов

Эксперт:

Профессор Каф. ПрЭ ТУСУРа	_____	Н. С. Легостаев

Согласована на портале № 20775

1. Цели и задачи дисциплины

1.1. Цели дисциплины

изучение теоретических основ и программных средств решения задач исследования и проектирования электротехнических и электронных устройств и систем, приборов и технологий электроники и наноэлектроники (ЭиНЭ) с использованием методов математического моделирования и современных программных средств аналитического и численного моделирования с целью выработки умений и навыков их использования в профессиональной деятельности

1.2. Задачи дисциплины

- сформировать знания, умения, навыки и компетенции, необходимые для решения задач:
- – моделирования функционально сложных устройств и систем, в том числе разработки моделей новых элементов;
- – оптимального проектирования;
- – оптимального управления
- с использованием современных программных средств аналитического и численного моделирования в области ЭиНЭ, а также смежных областях науки и техники.
-

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Методы математического моделирования» (Б1.Б.2) относится к блоку 1 (базовая часть).

Последующими дисциплинами являются: Защита выпускной квалификационной работы, включая подготовку к процедуре защиты и процедуру защиты, Научно-исследовательская работа (рассред.), Планирование эксперимента, Проектирование и технология электронной компонентной базы.

3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

- ОПК-4 способностью самостоятельно приобретать и использовать в практической деятельности новые знания и умения в своей предметной области;
- ПК-1 готовностью формулировать цели и задачи научных исследований в соответствии с тенденциями и перспективами развития электроники и наноэлектроники, а также смежных областей науки и техники, способностью обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач;
- ПК-2 способностью разрабатывать эффективные алгоритмы решения сформулированных задач с использованием современных языков программирования и обеспечивать их программную реализацию;
- ПК-4 способностью к организации и проведению экспериментальных исследований с применением современных средств и методов;

В результате изучения дисциплины студент должен:

- **знать** – основные понятия методов математического моделирования, используемых при изучении общетеоретических и специальных дисциплин и в инженерной практике; – методы синтеза и исследования моделей, основы аналитического и численного моделирования, типовые процедуры применения проблемно-ориентированных прикладных программных средств (MathCad, Matlab/Simulink, OrCAD), ориентированных на решение научных, проектных и технологических задач в области ЭиНЭ;
- **уметь** применять свои знания к решению практических задач; читать специальную литературу, использующую математические модели задач естествознания и техники; пользоваться литературой при самостоятельном изучении инженерных вопросов; адекватно ставить задачи исследования и оптимизации на основе методов математического моделирования; выбирать и применять методы и компьютерные системы моделирования;
- **владеть** – современными методами математического моделирования; – методами расчета параметров и основных характеристик моделей, используемых в предметной области; – методами построения математических моделей для задач, возникающих в инженер-ной практике и науч-

Согласована на портале № 20775

ных исследованиях, численными методами их решения с использованием современных программных средств компьютерного моделирования.

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
		1 семестр
Аудиторные занятия (всего)	46	46
Лекции	18	18
Практические занятия	12	12
Лабораторные работы	16	16
Из них в интерактивной форме	20	20
Самостоятельная работа (всего)	62	62
Выполнение индивидуальных заданий	20	20
Оформление отчетов по лабораторным работам	8	8
Проработка лекционного материала	20	20
Написание рефератов	10	10
Подготовка к практическим занятиям, семинарам	4	4
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
1 семестр						
1 Введение. Методология решения инженерных и научно-исследовательских задач	2	2	0	5	9	ПК-1
2 Моделирование сложных технических устройств и систем	4	6	12	31	53	ОПК-4, ПК-1, ПК-2, ПК-4
3 Моделирование компонентов и элементов микро- и наноэлектроники	4	4	0	16	24	ОПК-4, ПК-1

Согласована на портале № 20775

4 Методы оптимального проектирования	4	0	0	4	8	ПК-1
5 Методы планирования эксперимента и идентификации моделей	4	0	4	6	14	ПК-1, ПК-2
Итого за семестр	18	12	16	62	108	
Итого	18	12	16	62	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
1 семестр			
1 Введение. Методология решения инженерных и научно-исследовательских задач	Методология получения научных результатов; задачи анализа и синтеза в области физики, естествознания, техники и технологии; формализация задач и методы решения задач; основные типы уравнений; языки описания, технологии и программные средства решения задач.	2	ПК-1
	Итого	2	
2 Моделирование сложных технических устройств и систем	Способы моделирования технических устройств и систем; метод аналогий, метод подсхем, аналитические и численные методы анализа моделей; способы построения моделей технических устройств и систем; программные средства компьютерного моделирования для аналитического и численного моделирования.	4	ПК-1
	Итого	4	
3 Моделирование компонентов и элементов микро- и наноэлектроники	Задачи моделирования приборов и технологий ЭиНЭ, приборно-технологическое проектирование и моделирование; способы построения моделей приборов ЭиНЭ; простейшие аналитические модели технологических процессов и методы их анализа; программные средства компьютерного моделирования приборов и технологических процессов ЭиНЭ.	4	ПК-1
	Итого	4	
4 Методы оптимального проектирования	Экстремальные задачи и основы вариационного исчисления. Необходимые и достаточные условия существования	4	ПК-1

Согласована на портале № 20775

	экстремума функций одной и многих переменных. Методы и алгоритмы безусловной оптимизации. Методы и алгоритмы условной оптимизации. Методы оптимизации в программных средствах проектирования.		
	Итого	4	
5 Методы планирования эксперимента и идентификации моделей	Основы теории планирования эксперимента. Методы идентификация статических и динамических моделей.	4	ПК-1
	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
Последующие дисциплины					
1 Защита выпускной квалификационной работы, включая подготовку к процедуре защиты и процедуру защиты	+	+	+	+	+
2 Научно-исследовательская работа (рассред.)		+	+	+	+
3 Планирование эксперимента					+
4 Проектирование и технология электронной компонентной базы			+	+	

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	
ОПК-4				+	Отчет по индивидуальному заданию, Реферат

Согласована на портале № 20775

ПК-1	+	+		+	Контрольная работа, Отчет по индивидуальному заданию, Экзамен, Отчет по лабораторной работе, Выступление (доклад) на занятии, Реферат, Отчет по практическому занятию
ПК-2		+	+	+	Отчет по индивидуальному заданию, Экзамен, Отчет по лабораторной работе
ПК-4			+	+	Отчет по индивидуальному заданию, Отчет по лабораторной работе

6. Интерактивные методы и формы организации обучения

Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий в часах приведены в таблице 6.1

Таблица 6.1 – Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий в часах

Методы	Интерактивные практические занятия	Интерактивные лабораторные занятия	Интерактивные лекции	Всего
1 семестр				
Презентации с использованием слайдов с обсуждением			6	6
Работа в команде	6	8		14
Итого за семестр:	6	8	6	20
Итого	6	8	6	20

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
1 семестр			
2 Моделирование сложных технических устройств и систем	Исследование влияния методов и параметров моделирования на адекватность компьютерных моделей	4	ПК-4
	Исследование процесса моделирования электрических цепей и устройств электроники в программе PSpice САПР OrCAD	4	
	Исследование способов создания моделей элементно-узловой базы в системах моделирования	4	

Согласована на портале № 20775

	Итого	12	
5 Методы планирования эксперимента и идентификации моделей	Исследование методов идентификации моделей	4	ПК-2
	Итого	4	
Итого за семестр		16	

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
1 семестр			
1 Введение. Методология решения инженерных и научно-исследовательских задач	Вводное занятие	2	ПК-1
	Итого	2	
2 Моделирование сложных технических устройств и систем	Исследование методов схемотехнического и функционального моделирования	2	ПК-1, ПК-2
	Реализация метода многовариантного анализа в Matlab/Simulink	2	
	Разработка виртуальной лаборатории в Matlab/Simulink	2	
	Итого	6	
3 Моделирование компонентов и элементов микро- и наноэлектроники	Контрольная работа. Понятийно определительный аппарат в области моделирования устройств, систем и технологий электроники, микро- и наноэлектроники	2	ПК-1
	Защита ИЗ1	2	
	Итого	4	
Итого за семестр		12	

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
1 семестр				
1 Введение. Методология решения	Подготовка к практическим занятиям, семина-	1	ПК-1	Выступление (доклад) на занятии, Контрольная ра-

Согласована на портале № 20775

инженерных и научно-исследовательских задач	рам			бота, Отчет по практическому занятию, Экзамен
	Проработка лекционного материала	4		
	Итого	5		
2 Моделирование сложных технических устройств и систем	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	1	ПК-1, ПК-4, ОПК-4, ПК-2	Выступление (доклад) на занятии, Отчет по индивидуальному заданию, Отчет по лабораторной работе, Экзамен
	Проработка лекционного материала	4		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	6		
	Выполнение индивидуальных заданий	20		
	Итого	31		
3 Моделирование компонентов и элементов микро- и наноэлектроники	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ПК-1, ОПК-4	Выступление (доклад) на занятии, Отчет по индивидуальному заданию, Отчет по лабораторной работе, Реферат, Экзамен
	Написание рефератов	10		
	Проработка лекционного материала	4		
	Итого	16		
4 Методы оптимального проектирования	Проработка лекционного материала	4	ПК-1	Выступление (доклад) на занятии, Отчет по лабораторной работе, Экзамен
	Итого	4		
5 Методы планирования эксперимента и идентификации моделей	Проработка лекционного материала	4	ПК-1, ПК-2	Выступление (доклад) на занятии, Отчет по лабораторной работе, Экзамен
	Оформление отчетов по лабораторным работам	2		
	Итого	6		
Итого за семестр		62		
	Подготовка и сдача экзамена	36		Экзамен
Итого		98		

9.1. Темы индивидуальных заданий

1. Информационно-физическое моделирование управляемого выпрямителя в системе MatLab/Simulink.
2. Аналитическое моделирование электрической цепи методом переменных состояний в системе MathCad.

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	Максимальный	Максимальный	Максимальный	Всего за

Согласована на портале № 20775

деятельности	балл на 1-ую КТ с начала семестра	балл за период между 1КТ и 2КТ	балл за период между 2КТ и на конец семестра	семестр
1 семестр				
Выступление (доклад) на занятии	10			10
Контрольная работа		10		10
Отчет по индивидуальному заданию		10	10	20
Отчет по лабораторной работе		10	10	20
Отчет по практическому занятию		10		10
Итого максимум за период	10	40	20	70
Экзамен				30
Нарастающим итогом	10	50	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)
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. Петров М.Н., Гудков Г.В. Моделирование компонентов и элементов интегральных схем:

Согласована на портале № 20775

Учебное пособие для вузов. – СПб.: Лань, 2011. – 464 с. – Базовый учебник, для лекционных занятий. (наличие в библиотеке ТУСУР - 10 экз.)

2. Матюшкин И.В. Моделирование и визуализация средствами MATLAB физики наноструктур: Учебное пособие для вузов. – М.: Техносфера, 2011. – 168 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 15 экз.)

12.2. Дополнительная литература

1. Черных И.В. SIMULINK: среда создания инженерных приложений. – М.: Диалог-МИФИ, 2004. – 496 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 20 экз.)
2. Решетникова Г. Н. Моделирование систем: Учебное пособие. – Томск : ТУСУР, 2007. – 440 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 70 экз.)

12.3 Учебно-методические пособия

12.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Зайченко Т.Н. Методы математического моделирования: Методическое пособие по практическим занятиям и организации самостоятельной работы для магистров направления 210100 «Электроника и наноэлектроника». – Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2011. – 59 с. (для практических занятий [С. 5-58] и самостоятельной работы [С. 45-59]) [Электронный ресурс]. - http://ie.tusur.ru/docs/ztn/mmm_pr.rar
2. . Зайченко Т.Н. Методы математического моделирования: Методическое пособие по лабораторным занятиям для магистров направления 210100 – Электроника и наноэлектроника». – Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2011. – 77 с. [Электронный ресурс]. - http://ie.tusur.ru/docs/ztn/mmm_lr.rar

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. Поисковые системы Google, Rambler

13. Материально-техническое обеспечение дисциплины

13.1. Общие требования к материально-техническому обеспечению дисциплины

13.1.1. Материально-техническое обеспечение для лекционных занятий

Лекционные занятия проводятся в мультимедийной аудитории с количеством посадочных мест согласно численности студентов в потоке.

13.1.2. Материально-техническое обеспечение для практических занятий

ПЗ проводятся в компьютерном классе, оснащенном 16 компьютерами. с программным обеспечением Matlab/Simulink, MathCAD, OrCAD.

13.1.3. Материально-техническое обеспечение для лабораторных работ

ЛР проводятся в компьютерном классе, оснащенном 16 компьютерами. с программным обеспечением Matlab/Simulink, MathCAD, OrCAD.

Согласована на портале № 20775

13.1.4. Материально-техническое обеспечение для самостоятельной работы

СР выполняется на индивидуальных компьютерах студентов.

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 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 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;

Согласована на портале № 20775

– 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.

Согласована на портале № 20775

Приложение 1

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

Методы математического моделирования

Уровень образования: **высшее образование - магистратура**
Направление подготовки (специальность): **11.04.04 Электроника и наноэлектроника**
Направленность (профиль): **Микроэлектроника в информационных и управляющих системах**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **ФБ, Факультет безопасности**
Кафедра: **МИТУС, кафедра микроэлектроники, информационных технологий и управляющих систем**
Курс: **1**
Семестр: **1**

Учебный план набора 2016 года

Разработчик:
- профессор каф. ПрЭ Т. Н. Зайченко

Экзамен: 1 семестр

Томск 2017

Согласована на портале № 20775

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-4	способностью к организации и проведению экспериментальных исследований с применением современных средств и методов	Должен знать – основные понятия методов математического моделирования, используемых при изучении общетеоретических и специальных дисциплин и в инженерной практике; – методы синтеза и исследования моделей, основы аналитического и численного моделирования, типовые процедуры применения проблемно-ориентированных прикладных программных средств (MathCad, Matlab/Simulink, OrCAD), ориентированных на решение научных, проектных и технологических задач в области ЭиНЭ; ; Должен уметь применять свои знания к решению практических задач; читать специальную литературу, использующую математические модели задач естествознания и техники; пользоваться литературой при самостоятельном изучении инженерных вопросов; адекватно ставить задачи исследования и оптимизации на основе методов математического моделирования; выбирать и применять методы и компьютерные системы моделирования; ; Должен владеть – современными методами математического моделирования; – методами расчета параметров и основных характеристик моделей, используемых в предметной области; – методами построения математических моделей для задач, возникающих в инженер-ной практике и научных исследованиях, численными методами их решения с использованием современных программных средств компьютерного моделирования. ;
ПК-2	способностью разрабатывать эффективные алгоритмы решения сформулированных задач с использованием современных языков программирования и обеспечивать их программную реализацию	
ПК-1	готовностью формулировать цели и задачи научных исследований в соответствии с тенденциями и перспективами развития электроники и наноэлектроники, а также смежных областей науки и техники, способностью обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач	
ОПК-4	способностью самостоятельно приобретать и использовать в практической деятельности новые знания и умения в своей предметной области	

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

Согласована на портале № 20775

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-4

ПК-4: способностью к организации и проведению экспериментальных исследований с применением современных средств и методов.

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	методику проведения вычислительного эксперимента	создавать модели и задавать параметры моделирования в системах MatLab/Simulink и OrCad	методикой имитационного моделирования эксперимент в системах MatLab/Simulink и OrCad
Виды занятий	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лабораторные занятия; • Интерактивные лекции; • Практические занятия; • Лабораторные работы; • Лекции; • Самостоятельная работа;	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лабораторные занятия; • Интерактивные лекции; • Практические занятия; • Лабораторные работы; • Лекции; • Самостоятельная работа;	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лабораторные занятия; • Лабораторные работы; • Самостоятельная работа;
Используемые средства оценивания	• Отчет по индивидуальному заданию; • Отчет по лабораторной работе; • Экзамен;	• Отчет по индивидуальному заданию; • Отчет по лабораторной работе; • Экзамен;	• Отчет по лабораторной работе; • Отчет по индивидуальному заданию; • Экзамен;

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

Согласована на портале № 20775

Таблица 4 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	• Знает глубоко методику проведения вычислительного эксперимента;	• Может самостоятельно создавать модели, обосновывает выбор параметров и методов моделирования в системах MatLab/Simulink и OrCad;	• Планирует и проводит вычислительный эксперимент в системах MatLab/Simulink и OrCad самостоятельно, анализирует полученные результаты и принимает решение о ходе эксперимента;
Хорошо (базовый уровень)	• Знает с замечаниями методику проведения вычислительного эксперимента;	• Может самостоятельно создавать модели и задавать параметры моделирования;	• с замечаниями проводит вычислительный эксперимент;
Удовлетворительно (пороговый уровень)	• Знает поверхностно методику проведения вычислительного эксперимента;	• Только при прямом наблюдении может создавать модели и задавать параметры моделирования;	• Только при прямом наблюдении проводит вычислительный эксперимент;

2.2 Компетенция ПК-2

ПК-2: способностью разрабатывать эффективные алгоритмы решения сформулированных задач с использованием современных языков программирования и обеспечивать их программную реализацию.

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	– язык программирования систем MathCad, MatLab	разрабатывать эффективные алгоритмы решения задач	навыками программной реализации алгоритмов решения задач в системе MatLab
Виды занятий	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лабораторные занятия; • Интерактивные лекции; • Практические занятия; • Лабораторные работы; • Лекции; • Самостоятельная работа;	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лабораторные занятия; • Интерактивные лекции; • Практические занятия; • Лабораторные работы; • Лекции; • Самостоятельная работа;	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лабораторные занятия; • Лабораторные работы; • Самостоятельная работа;
Используемые средства оценивания	• Отчет по индивидуальному заданию; • Отчет по лабораторной работе;	• Отчет по индивидуальному заданию; • Отчет по лабораторной работе;	• Отчет по лабораторной работе; • Отчет по индивидуальному заданию;

Согласована на портале № 20775

	• Экзамен;	• Экзамен;	• 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)	• Знает глубоко язык программирования систем MathCad, MatLab;	• Умеет четко и ясно по намеченному плану разрабатывать алгоритмы решения задач;	• Обеспечивает программную реализацию алгоритмов решения задач, проводит анализ правильности решения и исправляет ошибки;
Хорошо (базовый уровень)	• Знает поверхностно язык программирования систем MathCad, MatLab;	• Умеет разрабатывать алгоритмы решения задач с замечаниями ;	• с замечаниями обеспечивает программную реализацию алгоритмов решения задач, не делает выводов о правильности реализации;
Удовлетворительно (пороговый уровень)	• Имеет представление о языке программирования систем MathCad, MatLab;	• может разрабатывать алгоритмы решения задач только при прямом наблюдении;	• Только при прямом наблюдении обеспечивает программную реализацию алгоритмов решения задач;

2.3 Компетенция ПК-1

ПК-1: готовностью формулировать цели и задачи научных исследований в соответствии с тенденциями и перспективами развития электроники и наноэлектроники, а также смежных областей науки и техники, способностью обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач.

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	основные методы научных исследований	– применять и выбирать методы и средства моделирования для решения задач анализа и синтеза;	– методами и средствами решения задач анализа и синтеза;
Виды занятий	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лабораторные занятия; • Интерактивные лекции; • Практические занятия; • Лабораторные работы; • Лекции; • Самостоятельная работа;	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лабораторные занятия; • Интерактивные лекции; • Практические занятия; • Лабораторные работы; • Лекции; • Самостоятельная работа;	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лабораторные занятия; • Лабораторные работы; • Самостоятельная работа;

Согласована на портале № 20775

Используемые средства оценивания	• Контрольная работа; • Отчет по индивидуальному заданию; • Отчет по лабораторной работе; • Выступление (доклад) на занятии; • Реферат; • Отчет по практическому занятию; • Экзамен;	• Контрольная работа; • Отчет по индивидуальному заданию; • Отчет по лабораторной работе; • Выступление (доклад) на занятии; • Реферат; • Отчет по практическому занятию; • Экзамен;	• Отчет по лабораторной работе; • Отчет по индивидуальному заданию; • Выступление (доклад) на занятии; • Реферат; • Отчет по практическому занятию; • Экзамен;

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 8.

Таблица 8 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	• знает типы методов научного исследования, дает их характеристику;	• может самостоятельно выбрать средства для решения задач анализа;	• способен обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства моделирования;
Хорошо (базовый уровень)	• знает типы методов научного исследования;	• может самостоятельно выбрать средства для проведения вычислительного эксперимента;	• с замечаниями способен выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства моделирования;
Удовлетворительно (пороговый уровень)	• имеет представление о методах научного исследования;	• Только при прямом наблюдении может выбирать средства для проведения вычислительного эксперимента;	• Только при прямом наблюдении способен выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства моделирования;

2.4 Компетенция ОПК-4

ОПК-4: способностью самостоятельно приобретать и использовать в практической деятельности новые знания и умения в своей предметной области.

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 9.

Таблица 9 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	основные источники и методы поиска информации;	производить поиск информации, приобретать новые знания и умения;	навыками использования информации, знаний и умений при решении задач математического моделирования
Виды занятий	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лабораторные занятия; • Интерактивные лекции;	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лабораторные занятия; • Интерактивные лекции;	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лабораторные занятия; • Лабораторные работы;

Согласована на портале № 20775

	• Практические занятия; • Лабораторные работы; • Лекции; • Самостоятельная работа;	• Практические занятия; • Лабораторные работы; • Лекции; • Самостоятельная работа;	• Самостоятельная работа;
Используемые средства оценивания	• Отчет по индивидуальному заданию; • Реферат; • Экзамен;	• Отчет по индивидуальному заданию; • Реферат; • Экзамен;	• Отчет по индивидуальному заданию; • Реферат; • Экзамен;

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 10.

Таблица 10 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	• имеет представление об основных источниках и способах поиска информации, анализирует, обобщает, оценивает актуальность и новизну;	• производить поиск информации, приобретать новые знания и умения самостоятельно;	• навыками использования информации, знаний и умений при решении задач математического моделирования, консультирует и может научить другого;
Хорошо (базовый уровень)	• знает источники и способы поиска информации, может анализировать и обобщать;	• производить поиск информации, приобретать новые знания и умения при наличии консультаций;	• навыками использования информации, знаний и умений при решении задач математического моделирования;
Удовлетворительно (пороговый уровень)	• имеет представление об источниках и способах поиска информации;	• при непосредственном наблюдении производить поиск информации, приобретать новые знания и умения;	• навыками использования информации, знаний и умений при решении задач математического моделирования при непосредственном наблюдении ;

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 рефератов

- 1. Функционально-логическое моделирование электронных схем.
- 2. Моделирование микропроцессорных устройств и систем.
- 3. Моделирование компьютерных систем
- 4. Моделирование компьютерных сетей
- 5. Электромагнитное моделирование.
- 6. Промышленное моделирование.
- 7. Моделирование технологических процессов микроэлектрони-ки.
- 8. Моделирование технологических процессов наноэлектроники.
- 9. Моделирование приборов оптоэлектроники (фотоники, голо-графии).

Согласована на портале № 20775

– 10. Моделирование приборов интегральной и волоконной опти-ки.
– 11. Моделирование наноструктур.
– 1. Функционально-логическое моделирование электронных схем.
– 2. Моделирование микропроцессорных устройств и систем.
– 3. Моделирование компьютерных систем
– 4. Моделирование компьютерных сетей
– 5. Электромагнитное моделирование.
– 6. Промышленное моделирование.
– 7. Моделирование технологических процессов микроэлектрони-ки.
– 8. Моделирование технологических процессов наноэлектроники.
– 9. Моделирование приборов оптоэлектроники (фотоники, голо-графии).
– 10. Моделирование приборов интегральной и волоконной опти-ки.
– 11. Моделирование наноструктур.

3.2 Темы индивидуальных заданий

– Информационно-физическое моделирование управляемого выпрямителя в системе MatLab/Simulink.

– Аналитическое моделирование электрической цепи методом переменных состояний в системе MathCad.

3.3 Темы докладов

– 1. Функционально-логическое моделирование электронных схем.
– 2. Моделирование микропроцессорных устройств и систем.
– 3. Моделирование компьютерных систем
– 4. Моделирование компьютерных сетей
– 5. Электромагнитное моделирование.
– 6. Промышленное моделирование.
– 7. Моделирование технологических процессов микроэлектроники.
– 8. Моделирование технологических процессов наноэлектроники.
– 9. Моделирование приборов оптоэлектроники (фотоники, голографии).
– 10. Моделирование приборов интегральной и волоконной оптики.
– 11. Моделирование наноструктур.

3.4 Темы контрольных работ

– Понятийно определительный аппарат в области моделирования устройств, систем и технологий электроники, микро- и наноэлектроники

– Понятийно-определительный аппарат в области моделирования устройств, систем и технологий электроники, микро- и наноэлектроники

3.5 Экзаменационные вопросы

– Билет включает 2 теоретических вопроса и 1 практическое задание.
– Теоретические вопросы
– 1. Общая характеристика математического моделирования как метода познания – перечислить методы познания, дать определения понятиям «модель» и «моделирование», «математическая модель», «математическое моделирование».

– 2. Способы математического моделирования, применяемые при моделировании устройств, систем и технологий электроники и микроэлектроники – перечислите, дайте их общую характеристику, поясните отличия.

– 3. Общая характеристика системного подхода в научных исследованиях – пояснить термины «система», «системный подход».

– 4. Этапы математического моделирования – перечислить и пояснить основные этапы процесса.

– 5. Требования, предъявляемые к моделям – перечислить и пояснить.
– 6. Применение методов численного и аналитического моделирования при моделирова-

Согласована на портале № 20775

нии устройств, систем и технологий электроники и микроэлектроники – пояснить отличия численного и аналитического моделирования, рассказать об областях применения.

– 7. Численные методы интегрирования, использующиеся при решении обыкновенных дифференциальных уравнений – поясните термины: явный и неявный метод, одношаговый и многошаговый метод; приведите примеры математических моделей схем интегрирования этих методов.

– 8. Дайте общую характеристику экстремальных задач – определение, математическая запись, задачи на условный и безусловный экстремум.

– 9. Поясните методику решения экстремальных задач и место теоремы Ферма при решении данного класса задач. Перечислите необходимые и достаточные условия экстремума.

– 10. Математические методы решения задачи идентификации – сформулируйте задачу идентификации, назовите методы идентификации, поясните основные этапы метода максимального правдоподобия при идентификации динамических систем.

– 2. Практические задания

– 1. Решить задачу схемотехнического моделирования во временной области трехфазного выпрямителя (произвольного) в Matlab/Simulink. Обеспечить визуализацию мгновенных и действующих значений токов и напряжений (произвольных) в виде временных диаграмм в режиме одновариантного анализа.

– 2. Решить задачу схемотехнического моделирования во временной области однофазного выпрямителя (произвольного) в OrCAD. Обеспечить визуализацию токов, напряжений и мощностей на разных графиках в виде временных диаграмм.

– 3. Решить задачу функционального либо функционально-логического моделирования во временной области схемы управления инвертором (произвольным) в Matlab/Simulink.

– 4. Решить задачу схемотехнического моделирования во временной области однофазного выпрямителя (произвольного) в Matlab/Simulink. Обеспечить визуализацию временных диаграмм в режиме многовариантного анализа.

– 5. В Matlab/Simulink создать новую библиотеку пользователя и включить в нее новый блок.

– Модель блока должна представлять собой модель силовой части преобразовательного устройства (произвольного).

– При создании модели блока использовать механизм подсхем (маскирования).

– 6. В Matlab/Simulink создать новую библиотеку пользователя и включить в нее новый блок.

– Модель блока должна реализовывать расчет функции (произвольной) с использованием тригонометрических функций и возведения в степень. Показатель степени должен быть параметром модели.

– При создании модели блока использовать механизм S-функций.

– 7. Создать элементарную (простейшую) виртуальную лабораторию в системе Matlab/Simulink для исследования однофазного выпрямителя с использованием конструктора интерфейса пользователя. Пояснить работу с конструктором интерфейса.

– 8. Решить аналитическим методом задачу оптимизации функции одной переменной.

– Дан источник постоянного напряжения E с внутренним сопротивлением r, работающий на активную нагрузку R.

– Определить:

– – при каком сопротивлении нагрузки R будет происходить максимальная отдача мощности в нагрузку;

– – каков при этом будет коэффициент полезного действия.

– 9. Решить аналитическим методом задачу оптимизации.

– Определить, при каких размерах a x b печатной платы прямоугольной формы при той же площади S = const ее периметр P будет минимальным?

– 10. Исследовать на экстремум заданную в аналитическом виде функцию двух переменных. Найти точки локальных экстремумов. Построить график функции. Указать на нем точки экс-

Согласована на портале № 20775

тремума.

– Вид функции:

– 11. Решить аналитическим методом задачу оптимизации.

–

– Дан электромагнитный элемент броневого типа, выполненный на сердечнике типоразмера EFD, центральный стержень которого имеет форму овала с размерами полуосей a и b.

– Определить, при каких размерах центрального стержня при тех же габаритах и мощности магнитного элемента средняя длина витка катушки будет минимальной?

–

–

– 12. Решить задачу идентификации динамической модели (Вариант 1)

– 13. Решить задачу идентификации динамической модели (Вариант 2)

– 14. Решить задачу идентификации динамической модели (Вариант 7)

– 15. Решить задачу идентификации динамической модели (Вариант 8)

– 16. Решить задачу идентификации динамической модели (Вариант 9)

3.6 Вопросы для подготовки к практическим занятиям, семинарам

– Согласно темам практических занятий, приведенных в учебно-методическому пособии по практическим занятиям и самостоятельной работе

3.7 Темы лабораторных работ

– Исследование влияния методов и параметров моделирования на адекватность компьютерных моделей

– Исследование процесса моделирования электрических цепей и устройств электроники в программе PSpice САПР OrCAD

– Исследование способов создания моделей элементно-узловой базы в системах моделирования

– Исследование методов идентификации моделей

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 фор-мирования компетенций, согласно п. 12 рабочей программы.

4.1. Основная литература

1. Петров М.Н., Гудков Г.В. Моделирование компонентов и элементов интегральных схем: Учебное пособие для вузов. – СПб.: Лань, 2011. – 464 с. – Базовый учебник, для лекционных занятий. (наличие в библиотеке ТУСУР - 10 экз.)

2. Матюшкин И.В. Моделирование и визуализация средствами MATLAB физики наноструктур: Учебное пособие для вузов. – М.: Техносфера, 2011. – 168 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 15 экз.)

4.2. Дополнительная литература

1. Черных И.В. SIMULINK: среда создания инженерных приложений. – М.: Диалог-МИФИ, 2004. – 496 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 20 экз.)

2. Решетникова Г. Н. Моделирование систем: Учебное пособие. – Томск : ТУСУР, 2007. – 440 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 70 экз.)

4.3. Обязательные учебно-методические пособия

1. Зайченко Т.Н. Методы математического моделирования: Методическое пособие по практическим занятиям и организации самостоятельной работы для магистров направления 210100 «Электроника и наноэлектроника». – Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2011. – 59 с. (для практических занятий [С. 5-58] и самостоятельной работы [С. 45-59]) [Электронный ресурс]. - http://ie.tusur.ru/docs/ztn/mmm_pr.rar

Согласована на портале № 20775

2. . Зайченко Т.Н. Методы математического моделирования: Методическое пособие по лабораторным занятиям для магистров направления 210100 – Электроника и наноэлектроника». – Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2011. – 77 с. [Электронный ресурс]. - http://ie.tusur.ru/docs/ztn/mmm_lr.rar

4.4. Базы данных, информационно справочные и поисковые системы

1. Поисковые системы Google, Rambler

Согласована на портале № 20775