

## МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное бюджетное государственное образовательное учреждение  
высшего образования«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ  
И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ» (ТУСУР)

## УТВЕРЖДАЮ

Документ подписан электронной подписью

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

Владелец: Троян Павел Ефимович

Действителен: с 19.01.2016 по 16.09.2019

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2017 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

### КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ЭЛЕКТРОНИКЕ МИКРО- И НАНОСТРУКТУР (ГПО 1)

Уровень профессионального образования: высшее образование - бакалавриат \_\_\_\_\_

Направления подготовки 11.03.04 «Электроника и микроэлектроника»Направленность (профиль) Микроэлектроника и твердотельная электроникаФорма обучения очнаяФакультет электронной техники (ФЭТ)Кафедра физической электроники (ФЭ)Курс 2 Семестр 4Учебный план набора 2015, 2016 года и последующих лет.

Распределение рабочего времени:

№	Виды учебной работы	Семестр 1	Семестр 2	Семестр 3	Семестр 4	Семестр 5	Семестр 6	Семестр 7	Семестр 8	Всего	Единицы
1.	Лекции				-					-	часов
2.	Лабораторные работы				-					-	часов
3.	Практические занятия				102					102	часов
4.	Курсовой проект/работа (КРС) (аудиторная)				-					-	часов
5.	Всего аудиторных занятий (Сумма 1-4)				102					102	часов
6.	Из них в интерактивной форме				10					10	часов
7.	Самостоятельная работа студентов (СРС)				114					114	часов
8.	Всего (без экзамена) (Сумма 5,7)				216					216	часов
9.	Самост. работа на подготовку, сдачу экзамена				-					-	часов
10.	Общая трудоемкость (Сумма 8,9)				216					216	часов
	(в зачетных единицах)				6					6	ЗЕ

Диф. зачет 4 семестр

Томск 2017

### Лист согласований

Рабочая программа составлена с учетом требований Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) направления 11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника» (уровень бакалавриата), утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 12 марта 2015 г. № 218, рассмотрена и утверждена на заседании кафедры физической электроники от «11» 01 2017 г., протокол № 77.

**Разработчик:**

Ассистент кафедры ФЭ \_\_\_\_\_ / В.В. Каранский

**Заведующий кафедрой**

Профессор кафедры ФЭ \_\_\_\_\_ / П.Е. Троян

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

Декан \_\_\_\_\_ ФЭТ \_\_\_\_\_ / А.И. Воронин

Зав. профилирующей  
кафедрой \_\_\_\_\_ ФЭ \_\_\_\_\_ / П.Е. Троян

Зав. выпускающей  
кафедрой \_\_\_\_\_ ФЭ \_\_\_\_\_ / П.Е. Троян

**Эксперты:**

Председатель методической  
комиссии факультета ФЭТ \_\_\_\_\_ / И.А. Чистоедова

Председатель методической  
комиссии кафедры ФЭ \_\_\_\_\_ / И.А. Чистоедова

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения учебной дисциплины «Компьютерное моделирование в электронике микро- и наноструктур (ГПО 1)» является приобретение студентами теоретических знаний и практических навыков моделирования при решении задач из курса физики твердого тела, физики квантоворазмерных структур, нанотехнологий.

Задачей изучения дисциплины «Компьютерное моделирование в электронике микро- и наноструктур (ГПО 1)» являются изучение основных понятий и теоретических выкладок по вопросам квантоворазмерных гетероструктур, описания процессов диффузии, ионного легирования, окисления и эпитаксии, перераспределение примеси; изучение основ построения математических моделей квантоворазмерных структур, нанотехнологий.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

В соответствии с ОПОП дисциплина «Компьютерное моделирование в электронике микро- и наноструктур (ГПО 1)» относится к дисциплинам вариативной части образовательной программы бакалавриата по направлению 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника» (Б1.В.ДВ.4.2).

Изучение дисциплины базируется на следующих ранее изучаемых дисциплинах: информационные технологии, прикладная математика, математическое моделирование и программирование.

На материалах, изучаемых в данной дисциплине, базируются следующие дисциплины учебного плана, изучаемые позднее: методы исследования и анализа микро- и наноструктур (ГПО 2), организация научных исследований в области производства изделий микро- и наноэлектроники (ГПО 3), технология изготовления микро- и наноструктур (ГПО 4), учебно-исследовательская работа в семестре, технология материалов микро- и наноэлектроники, основы технологии электронной компонентной базы, моделирование и проектирование микро- и наносистем.

## 3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**3.1. Изучение дисциплины направлено на формирование у бакалавров следующих *общепрофессиональных (ОПК)* и *профессиональных компетенций (ПК)*:**

- способностью учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности (**ОПК-7**);
- способностью строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования (**ПК-1**);
- готовностью анализировать и систематизировать результаты исследований, представлять материалы в виде научных отчетов, публикаций, презентаций (**ПК-3**).

### 3.2. В результате изучения дисциплины бакалавр должен:

#### **знать:**

- основные численные методы, используемые в математическом моделировании;
- алгоритмы проведения многофакторных экспериментов при построении математических моделей сложных объектов;
- конечно-разностные сеточные методы, используемые в моделировании;
- основы метода конечных элементов, применительно к системам моделирования;
- требования, предъявляемые к форме и содержанию научных отчетов, публикаций, презентаций;

#### **уметь:**

- строить формальные математические модели реальных объектов на основе экспериментального исследования их характеристик;
- определять параметры физических моделей объектов на основе экспериментального исследования их характеристик;
- применять численные методы при использовании моделей алгебраических уравнений и их систем; применять численные методы при использовании моделей - дифференциальных уравнений и их систем;
- формулировать основные результаты работы и оценивать их значимость для представления материалов в виде отчетов и публикаций;

#### **иметь опыт / владеть:**

- методами использования компьютерных технологий в моделировании;
- построения математических моделей некоторых конкретных физических и химических объектов.

#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр
		4
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	<b>102</b>	<b>102</b>
В том числе:		
Лекции	-	-
Практические занятия	102	102
<b>Самостоятельная работа (всего)</b>	<b>114</b>	<b>114</b>
В том числе:		
Изучение и анализ литературы	36	36
Индивидуальное творческое задание	70	70
Подготовка отчета по ГПО	8	8
<b>Общая трудоемкость час</b>	<b>216</b>	<b>216</b>
Зачетные Единицы Трудоемкости	<b>6</b>	<b>6</b>

#### 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

##### 5.1. Разделы дисциплин и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекции	Практические занятия	Самост. работа студента	Всего час	Формируемые компетенции (ОК, ПК, ПСК)
1.	Введение. Краткие сведения о квантоворазмерных гетероструктурах.	-	12	14	26	ОПК-7; ПК-1,3
2.	Компьютерное моделирование физических процессов в кристаллах и квантоворазмерных структурах.	-	30	30	60	ОПК-7; ПК-1,3
3.	Компьютерное моделирование микро- и наноструктур.	-	30	30	60	ОПК-7; ПК-1,3
4.	Математическое моделирование процессов переноса в полупроводниковых структурах элементов больших интегральных схем.	-	30	40	70	ОПК-7; ПК-1,3
<b>ИТОГО</b>		<b>-</b>	<b>102</b>	<b>114</b>	<b>216</b>	

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

Не предусмотрено.

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

№ п/п	Наименование обеспечивающих (предыдущих) и обеспечиваемых (последующих) дисциплин	№ № разделов данной дисциплины, для которых необходимо изучение обеспечивающих (предыдущих) и обеспечиваемых (последующих) дисциплин			
		1	2	3	4
<b>Предшествующие дисциплины</b>					
1.	информационные технологии	+	+	+	+
2.	планирование эксперимента	-	+	+	+
3.	математическое моделирование и программирование	+	+	+	+
<b>Последующие дисциплины</b>					
1.	методы исследования и анализа микро- и наноструктур (ГПО 2)	+	+	+	+
2.	организация научных исследований в области производства изделий микро- и нанoeлектроники (ГПО 3)	+	+	+	+
3.	технология изготовления микро- и наноструктур (ГПО 4)	+	+	+	+
4.	учебно-исследовательская работа в семестре	+	+	+	+

5.	технология материалов микро- и наноэлектроники	+	+	+	+
6.	основы технологии электронной компонентной базы	+	+	+	+
7.	моделирование и проектирование микро- и наносистем	+	+	+	+

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

Перечень компетенций	Виды занятий		Формы контроля
	ПЗ	СРС	
ОПК-7	+	+	Опрос на практическом занятии; отчет по индивидуальному творческому заданию; защита индивидуального творческого задания; защита отчетов по ГПО
ПК-1	+	+	Опрос на практическом занятии; отчет по индивидуальному творческому заданию; защита индивидуального творческого задания; защита отчетов по ГПО
ПК-3	+	+	Опрос на практическом занятии; отчет по индивидуальному творческому заданию; защита индивидуального творческого задания; защита отчетов по ГПО

## 6. МЕТОДЫ И ФОРМЫ ОРГАНИЗАЦИИ ОБУЧЕНИЯ

### Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий в часах

Методы	Формы	Практические занятия (час)	Всего
<i>Мультимедийные презентации с видеороликами и раздаточным материалом с последующим обсуждением</i>		4	4
<i>Работа в команде</i>		6	6
Итого интерактивных занятий		10	10

## 7. ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

Не предусмотрено.

## 8. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ (СЕМИНАРЫ)

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тематика практических занятий	Трудоёмкость (час.)	Компетенции ОК, ПК, ПСК
1.	1	Введение. Краткие сведения о квантоворазмерных гетероструктурах. Принцип размерного квантования. Условия наблюдения квантовых размерных эффектов. Структуры с двумерным электронным газом. Гетероструктуры и их классификации. Квантоворазмерные гетероструктуры на основе твердого раствора $Al_xGa_{1-x}As$ .	12	ОПК-7; ПК-1,3
2.	2	Компьютерное моделирование физических процессов в кристаллах и квантоворазмерных структурах. Моделирование энергетического спектра электрона в твердом теле (модель Кронига-Пенни). Моделирование энергетического спектра электрона в одномерной квантовой яме. Моделирование движения электрона вблизи потенциальной ступеньки.	30	ОПК-7; ПК-1,3
3.	3	Компьютерное моделирование микро- и наноструктур. Моделирование процессов диффузии. Моделирование процессов ионного легирования. Моделирование процессов окисления и эпитаксии.	30	ОПК-7; ПК-1,3

4.	4	Математическое моделирование процессов переноса в полупроводниковых структурах элементов больших интегральных схем. Систематизация и оформление результатов, подготовка материалов в виде научного отчета. Подготовка и оформление материалов исследований в виде публикации. Подготовка устного выступления и презентации. Публичная защита отчета.	30	ОПК-7; ПК-1,3
----	---	--	----	---------------

## 9. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тематика самостоятельной работы (детализация)	Трудоемкость (час.)	Компетенции ОК, ПК, ПСК	Контроль выполнения работы
1.	1-4	Изучение и анализ литературы	40	ОПК-7; ПК-1,3	Опрос на практических занятиях
2.	1-4	Выполнение и защита индивидуального творческого задания	60	ОПК-7; ПК-1,3	Отчет по индивидуальному творческому занятию
3.	1-4	Выполнение и защита отчета по ГПО	14	ОПК-7; ПК-1,3	Отчет по ГПО

## 10. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ)

Не предусмотрено.

## 11. РЕЙТИНГОВАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ОЦЕНКИ УСПЕВАЕМОСТИ СТУДЕНТОВ

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
Выполнение промежуточных этапов разработки проекта в соответствии с техническим заданием и календарным планом проекта	10	10	10	30
Посещение занятий	12	12	8	32
Публикации и доклады участников проектных групп на научно-технических конференциях различного уровня			8	8
<b>Итого максимум за период:</b>	<b>22</b>	<b>22</b>	<b>26</b>	<b>70</b>
Отчетная составляющая балльной оценки участников проекта. Выставляется на этапе защиты ГПО.				30
<b>Нарастающим итогом</b>	<b>22</b>	<b>44</b>	<b>70</b>	<b>100</b>

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

**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)
	Ниже 60 баллов	F (неудовлетворительно)

**Вопросы для подготовки к зачету:**

В соответствии с техническим заданием группового проектного обучения <https://gpo.tusur.ru/manage/chairs/18/projects>.

**12. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

**12.1 Основная литература**

1. Ибрагимов, И.М. Основы компьютерного моделирования наносистем. [Электронный ресурс] / И.М. Ибрагимов, А.Н. Ковшов, Ю.Ф. Назаров. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2010. — 384 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/156>
2. Элементы и маршруты изготовления кремниевых ИС и методы их математического моделирования / М. А. Королев [и др.]. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. - 423 с. (35)

**12.2 Дополнительная литература**

1. Нанотехнологии в электронике: Монография / Н.И. Боргардт и др. ред. Ю.А. Чаплыгин. Московский государственный институт электронной техники. – М.: Техносфера, 2005. – 446 с. (20)
2. Зондовые нанотехнологии в электронике / В.К. Неволин. – М.: Техносфера, 2005. – 147 с. (9)
3. Основы наноэлектроники: Учебное пособие для вузов / В.П. Драгунов, И.Г. Неизвестный, В.А. Гридчин. – 2-е изд., исп. и доп. – Новосибирск: НГТУ, 2004. – 494 [2] с. (20)

**12.3 Учебно-методические пособия и программное обеспечение**

1. Учебно-методическое пособие для самостоятельной работы студентов по дисциплине «Физика низкоразмерных структур»: к самостоятельной работе / М.М. Симунин. Министерство образования и науки Российской Федерации, Национальный исследовательский университет «МИЭТ» (М.). – М.: МИЭТ, 2011. – 128 с. (1)
2. Зариковская, Н. В. Учебно-методическое пособие «Математическое моделирование» для аудиторных практических занятий, лабораторных работ и самостоятельных работ студентов по направлению 210100 «Электроника и наноэлектроника» и 222900 «Нанотехнологии и микросистемная техника» [Электронный ресурс] / Зариковская Н. В. — Томск: ТУСУР, 2014. — 103 с. — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/4607>

**12.4 Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы**

1. Научно-образовательный портал ТУСУР - <https://edu.tusur.ru/>
2. Издательство «Лань» Электронно-библиотечная система - <http://e.lanbook.com/>

**13. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

**13.1 Общие требования к материально-техническому обеспечению дисциплины**

Для реализации программы учебной дисциплины используется материально-техническое обеспечение кафедры физической электроники.

**13.1.1 Материально-техническое обеспечение для практических занятий**

Для проведения практических занятий используются учебные аудитории, расположенные по адресу 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д 74, 1 этаж, ауд. 116, 117, 119, 2 этаж, ауд. 216. Состав оборудования ауд. 116: установка вакуумного напыления УВН2М-1 – 3 шт., лабораторное

оборудование и приборы: микроскоп МБС-9 – 4 шт., микроскоп стерео МС-1 – 5 шт., микроинтерферометр МИИ-4 – 1 шт., измеритель иммитанса Е7-20 – 1 шт., мультиметр ЕДС-128 – 4 шт., микроскоп ММУ-3У – 1 шт., лабораторный макет – 4-х зондовый метод измерения удельного сопротивления.

Состав оборудования ауд. 117: доска магнито-маркерная - 1шт., ноутбук - 1шт., установка совмещения и экспонирования ЩА-310, установка для нанесения фоторезиста, дистиллятор воды, химическая посуда, реактивы.

Состав оборудования ауд. 119: доска магнито-маркерная – 1 шт., лабораторные макеты: температурные свойства ферромагнитных материалов, температурные свойства проводящих материалов, объемное и поверхностное сопротивление изоляционных материалов, пробой тонкопленочных конденсаторов (ТПК), температурная зависимость проводимости диэлектриков, фотоэлектрические свойства полупроводниковых материалов.

Лабораторное оборудование и приборы: измеритель Е7-8 – 2 шт., вольтметр В7-22А – 2 шт., амперметр Ф-195, М-253 – 2 шт., источник постоянного тока Б5-47 – 1 шт., электрометр В7Э-42 – 1 шт., мультиметр В7-22А – 2 шт., измеритель иммитанса Е7-20 – 1 шт., терраметр Е6-13 – 1 шт., печь лабораторная – 2 шт., прибор для исследования пробоя ТПК – 1 шт.

Компьютерные лабораторные работы – 3 шт., ПЭВМ – 4 шт.

Лабораторные макеты: определение ширины запрещенной зоны полупроводников, определение термо-ЭДС полупроводников, эффект Холла, эффект Пельтье.

Лабораторное оборудование и приборы: лабораторный стенд СФП-5 – 2 шт., вольтметр В7-22А – 5 шт., вольтметр В7-26 – 1 шт., вольтметр цифровой Ф4214 – 1 шт., вольтметр Ф238 – 1 шт., источник постоянного тока Б5-47 – 1 шт., измеритель иммитанса Е7-20 – 1 шт.

Состав оборудования ауд. 216: Оптический УФ спектрометр USB2000 – 1 шт., ИК Фурье-спектрометр Infracum FT-801 с приставкой на отражение – 1 шт., монохроматор МДР-23 – 1 шт., спектральный лазерный эллипсомер Эллипс-1891 САГ – 1 шт., растровый электронный микроскоп Hitachi TM-1000 с микроанализатором Bruker Quantax 50EDX – 1 шт., рамановский спектрометр Avantes-532TEC – 1 шт., атомно-силовой микроскоп Certus Optic U с совмещенным оптическим микроскопом – 1 шт., измеритель параметров полупроводниковых приборов Метроном-03 – 1 шт., микроинтерферометр Линника МИИ-4М – 1 шт., цифровой RLC-метр Protek 9216А – 1 шт., измеритель иммитанса МНИПИ Е7-20 – 1 шт., компьютер – 4 шт., ноутбук – 2 шт.

### **13.1.2 Материально-техническое обеспечение для самостоятельной работы**

Для самостоятельной работы используется учебная аудитория, расположенная по адресу 634034, г. Томск, ул. Вершинина, 74, 2 этаж, ауд. 217. Состав оборудования: учебная мебель; доска магнито-маркерная.

## **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 видео увеличителей 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:

1. в печатной форме;
2. в печатной форме с увеличенным шрифтом;
3. в форме электронного документа;
4. методом чтения ассистентом задания вслух;
5. 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:

1. письменно на бумаге;
2. набор ответов на компьютере;
3. набор ответов с использованием услуг ассистента;
4. 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.

## **15. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

Для выполнения проекта создается группа студентов, назначается руководитель из числа преподавателей или научных сотрудников кафедры, а из числа студентов назначается ответственный исполнитель проекта. В проектную группу могут привлекаться студенты других кафедр, факультетов и университетов.

Основой проекта является индивидуальная работа каждого участника группы. Результаты работы обсуждаются на совещаниях, которые проводятся один раз в неделю. Председателем совещания является руководитель проекта.

Проекты выполняются по техническим заданиям, структура и содержание которых соответствуют ГОСТ 2.114-95. Техническое задание составляется студентами и согласовывается с руководителем проекта и утверждается заведующим выпускающей кафедрой. Техническое задание может корректироваться по результатам выполнения отдельных этапов, а все изменения должны оформляться протоколом.

Техническое задание составляется по этапам (семестрам) с указанием содержания работ каждого студента. Работа заканчивается предъявлением к защите отчетов. При этом должны быть приложены все необходимые документы, предусмотренные техническим заданием.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное бюджетное государственное образовательное учреждение  
высшего образования  
«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ  
И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ» (ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ  
Директор департамента образования  
(Проректор по учебной работе)  
\_\_\_\_\_ П.Е. Троян  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2017 г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ  
КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ЭЛЕКТРОНИКЕ МИКРО- И  
НАНОСТРУКТУР (ГПО 1)

Уровень профессионального образования: высшее образование - бакалавриат \_\_\_\_\_  
Направления подготовки 11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника» \_\_\_\_\_  
Направленность (профиль) Микроэлектроника и твердотельная электроника \_\_\_\_\_  
Форма обучения очная \_\_\_\_\_  
Факультет электронной техники (ФЭТ) \_\_\_\_\_  
Кафедра физической электроники (ФЭ) \_\_\_\_\_  
Курс 2 Семестр 4

Учебный план набора 2015, 2016 года и последующих лет.

Диф. зачет 4 семестр

Разработчик:

Ассистент кафедры ФЭ \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_

В.В. Каранский

Томск 2017

## 1. ВВЕДЕНИЕ

Фонд оценочных средств (ФОС) является приложением к рабочей программе учебной дисциплины «Компьютерное моделирование в электронике микро- и наноструктур (ГПО 1)» и представляет собой совокупность контрольно-измерительных материалов ( типовые задачи ( задания), индивидуальные творческие задания и др.) и методов их использования, предназначенных для измерения уровня достижения студентом установленных результатов обучения.

ФОС по учебной дисциплине «Компьютерное моделирование в электронике микро- и наноструктур (ГПО 1)» используется при проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации студентов.

Перечень закрепленных за дисциплиной «Компьютерное моделирование в электронике микро- и наноструктур (ГПО 1)» компетенций приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень закрепленных за дисциплиной компетенций

Код	Формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции
ОПК-7	способностью учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности;	<i>знает</i> современные тенденции развития электроники; <i>знает</i> современное измерительное и вычислительное оборудование; <i>умеет</i> использовать современное оборудование для формирования микро- и наноструктур; <i>умеет</i> учитывать современные тенденции развития электроники; <i>иметь опыт</i> работы с современным оборудованием для формирования наноструктур с учетом современных тенденций развития электроники.
ПК-1	способностью строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования;	<i>знает</i> основные численные методы, используемые в математическом моделировании; <i>знает</i> конечно-разностные сеточные методы, используемые в моделировании; <i>знает</i> основы метода конечных элементов, применительно к системам моделирования; <i>знает</i> алгоритмы проведения многофакторных экспериментов при построении математических моделей сложных объектов; <i>умеет</i> строить формальные математические модели реальных объектов на основе экспериментального исследования их характеристик; <i>умеет</i> определять параметры физических моделей объектов на основе экспериментального исследования их характеристик; <i>умеет</i> применять численные методы при использовании моделей алгебраических уравнений и их систем; <i>умеет</i> применять численные методы при использовании моделей - дифференциальных уравнений и их систем; <i>владеет</i> методами использования компьютерных технологий в моделировании; <i>имеет опыт</i> построения математических моделей некоторых конкретных физических и химических объектов.
ПК-3	готовностью анализировать и систематизировать результаты исследований, представлять материалы в виде научных отчетов, публикаций, презентаций.	<i>знает</i> правила оформления материалов, научных отчетов, публикаций и презентаций; <i>знает</i> требования, предъявляемые к форме и содержанию научных отчетов, публикаций, презентаций; <i>умеет</i> применять методы анализа и обработки экспериментальных данных; <i>владеет</i> системным подходом к анализу результатов научных исследований; <i>владеет</i> методами обработки результатов измерения параметров и характеристик микро- и наноструктур.

## 2. РЕАЛИЗАЦИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ

### 2.1 Компетенция ОПК-7

**ОПК-7** способностью учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности.

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Содержание этапов формирования компетенции, виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

Состав	Знать	Уметь	Владеть
<b>Содержание этапов</b>	<i>знает</i> современные тенденции развития электроники; <i>знает</i> современное измерительное и вычислительное оборудование;	<i>умеет</i> использовать современное оборудование для формирования микро- и наноструктур; <i>умеет</i> учитывать современные тенденции развития электроники;	<i>иметь опыт</i> работы с современным оборудованием для формирования микро- и наноструктур с учетом современных тенденций развития электроники.
<b>Виды занятий</b>	Практические занятия; Групповые консультации	Практические занятия; Самостоятельная работа	Самостоятельная работа
<b>Используемые средства оценивания</b>	Опрос на практическом занятии; Индивидуальное творческое задание (защита); Зачет	Индивидуальное задание (выполнение, оформление); Конспект самостоятельной работы	Конспект самостоятельной работы; Зачет

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции на всех этапах приведены в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции по этапам

Показатели и критерии	Знать	Уметь	Владеть
<b>Отлично (высокий уровень)</b>	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
<b>Хорошо (базовый уровень)</b>	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
<b>Удовлетворительно (пороговый уровень)</b>	обладает базовыми общими знаниями	обладает основными умениями, требуемыми для выполнения простых задач	работает при прямом наблюдении

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Показатели и критерии	Знать	Уметь	Владеть
<b>Отлично (высокий уровень)</b>	<i>знает</i> современные тенденции развития электроники; <i>знает</i> современное измери-	<i>умеет использовать</i> современное оборудование для формирования микро- и наноструктур;	<i>иметь опыт</i> работы с современным оборудованием для формирования микро- и наноструктур с учетом со-

	<p>тельное оборудование в электронике и нанoeлектронике;  <i>знает</i> современное вычислительное оборудование в электронике и нанoeлектронике;  <i>знает</i> оборудование для формирования микро- и наноструктур.</p>	<p><i>умеет выбирать</i> оборудование для формирования микро- и наноструктур;  <i>умеет подготавливать</i> оборудование для формирования микро- и наноструктур;  <i>умеет учитывать</i> современные тенденции развития электроники при формировании микро- и наноструктур.</p>	<p>временных тенденций развития электроники.</p>
<p><b>Хорошо</b> (базовый уровень)</p>	<p><i>знает</i> современные тенденции развития электроники;  <i>знает</i> современное измерительное оборудование в электронике и нанoeлектронике;  <i>знает</i> современное вычислительное оборудование в электронике и нанoeлектронике;  <i>знает</i> базовое оборудование для формирования микро- и наноструктур.</p>	<p><i>умеет использовать</i> современное оборудование для формирования микро- и наноструктур;  <i>умеет выбирать</i> оборудование для формирования микро- и наноструктур;  <i>умеет подготавливать</i> базовое оборудование для формирования микро- и наноструктур.</p>	<p><i>иметь опыт</i> работы базовым оборудованием для формирования микро- и наноструктур с учетом современных тенденций развития электроники.</p>
<p><b>Удовлетворительно</b> (пороговый уровень)</p>	<p><i>знает</i> современные тенденции развития электроники;  <i>знает</i> базовое оборудование для формирования микро- и наноструктур.</p>	<p><i>выбирает</i> оборудование для формирования микро- и наноструктур под руководством руководителя.</p>	<p><i>иметь опыт</i> работы базовым оборудованием для формирования микро- и наноструктур с учетом современных тенденций развития электроники под руководством руководителя.</p>

## 2.2 Компетенция ПК-2

**ПК-1 способностью строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования.**

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Содержание этапов формирования компетенции, виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 2.4.

Таблица 2.4 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

Состав	Знать	Уметь	Владеть
<p><b>Содержание этапов</b></p>	<p><i>знает</i> основные численные методы, используемые в математическом моделировании;  <i>знает</i> конечно-разностные сеточные методы, используемые в моделировании;  <i>знает</i> основы метода конечных элементов, применительно к системам моделирования;  <i>знает</i> алгоритмы проведения</p>	<p><i>умеет</i> строить формальные математические модели реальных объектов на основе экспериментального исследования их характеристик;  <i>умеет</i> определять параметры физических моделей объектов на основе экспериментального исследования их характеристик;  <i>умеет</i> применять численные методы при использовании</p>	<p><i>владеет</i> методами использования компьютерных технологий в моделировании;  <i>имеет опыт</i> построения математических моделей некоторых конкретных физических и химических объектов.</p>

	многофакторных экспериментов при построении математических моделей сложных объектов;	моделей алгебраических уравнений и их систем; <i>умеет</i> применять численные методы при использовании моделей - дифференциальных уравнений и их систем;	
<b>Виды занятий</b>	Практические занятия; Групповые консультации	Практические занятия; Самостоятельная работа	Самостоятельная работа
<b>Используемые средства оценивания</b>	Опрос на практическом занятии; Индивидуальное творческое задание (защита); Зачет	Индивидуальное задание (выполнение, оформление); Конспект самостоятельной работы	Конспект самостоятельной работы; Зачет

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции на всех этапах приведены в таблице 2.2 в п. 2.1.

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 2.5.

Таблица 2.5 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

<b>Показатели и критерии</b>	<b>Знать</b>	<b>Уметь</b>	<b>Владеть</b>
<b>Отлично (высокий уровень)</b>	<i>знает</i> основные численные методы, используемые в математическом моделировании приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники, различного функционального назначения; <i>знает</i> конечно-разностные сеточные методы, используемые в моделировании приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники, различного функционального назначения; <i>знает</i> основы метода конечных элементов, применительно к системам моделирования приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники, различного функционального назначения; <i>знает</i> алгоритмы проведения многофакторных экспериментов при построении математических моделей сложных объектов; <i>знает</i> стандартные программные средства для компьютерного моделирования приборов электроники и нанoeлектроники, различного функционального назначения.	<i>умеет</i> строить формальные математические модели реальных приборов электроники и нанoeлектроники на основе экспериментального исследования их характеристик; <i>умеет</i> определять параметры физических моделей объектов электроники и нанoeлектроники на основе экспериментального исследования их характеристик; <i>умеет</i> применять численные методы при использовании моделей алгебраических уравнений и их систем; <i>умеет</i> применять численные методы при использовании моделей - дифференциальных уравнений и их систем; <i>умеет</i> работать со стандартными программными средствами для компьютерного моделирования приборов электроники и нанoeлектроники, различного функционального назначения.	<i>владеет</i> методами использования компьютерных технологий в моделировании приборов электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения; <i>имеет опыт</i> построения математических моделей некоторых конкретных физических и химических объектов; <i>владеет</i> практическими навыками работы со стандартными программными средствами для компьютерного моделирования приборов электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения.
<b>Хорошо (базовый уровень)</b>	<i>знает</i> основные численные методы, используемые в	<i>умеет</i> определять основные параметры физических	<i>владеет</i> основными методами использования ком-

	<p>математическом моделировании приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники, различного функционального назначения;  <i>знает</i> основы метода конечных элементов, применительно к системам моделирования приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники, различного функционального назначения;  <i>знает</i> стандартные программные средства для компьютерного моделирования приборов электроники и нанoeлектроники, различного функционального назначения.</p>	<p>моделей объектов электроники и нанoeлектроники на основе экспериментального исследования их характеристик;  <i>умеет</i> применять численные методы при использовании моделей алгебраических уравнений и их систем;  <i>умеет</i> применять численные методы при использовании моделей - дифференциальных уравнений и их систем;  <i>умеет</i> работать со стандартными программными средствами для компьютерного моделирования приборов электроники и нанoeлектроники.</p>	<p>компьютерных технологий в моделировании приборов электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения;  <i>владеет</i> практическими навыками работы со стандартными программными средствами для компьютерного моделирования приборов электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения.</p>
<b>Удовлетворительно (пороговый уровень)</b>	<p><i>знает</i> основные численные методы, используемые в математическом моделировании приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники, различного функционального назначения;  <i>знает</i> стандартные программные средства для компьютерного моделирования приборов электроники и нанoeлектроники, различного функционального назначения.</p>	<p><i>умеет</i> применять численные методы при использовании моделей алгебраических уравнений и их систем;  <i>умеет</i> применять численные методы при использовании моделей - дифференциальных уравнений и их систем;  <i>умеет</i> работать со стандартными программными средствами для компьютерного моделирования приборов электроники и нанoeлектроники, под руководством руководителя.</p>	<p><i>классифицирует</i> основные методы компьютерных технологий в моделировании приборов электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения.</p>

## 2.2 Компетенция ПК-3

**ПК-3** **готовностью анализировать и систематизировать результаты исследований, представлять материалы в виде научных отчетов, публикаций, презентаций.**

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Содержание этапов формирования компетенции, виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 2.6.

Таблица 2.6 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

Состав	Знать	Уметь	Владеть
<b>Содержание этапов</b>	<p><i>знает</i> правила оформления материалов, научных отчетов, публикаций и презентаций;  <i>знает</i> требования, предъявляемые к форме и содержанию научных отчетов, публикаций, презентаций;</p>	<p><i>умеет</i> применять методы анализа и обработки экспериментальных данных;</p>	<p><i>владеет</i> системным подходом к анализу результатов научных исследований;  <i>владеет</i> методами обработки результатов измерения параметров и характеристик микро- и наноструктур.</p>
<b>Виды занятий</b>	<p>Практические занятия;  Групповые консультации</p>	<p>Практические занятия;  Самостоятельная работа</p>	<p>Самостоятельная работа</p>



<b>Используемые средства оценивания</b>	Опрос на практическом занятии; Индивидуальное творческое задание (защита); Зачет	Индивидуальное задание (выполнение, оформление); Конспект самостоятельной работы	Конспект самостоятельной работы; Зачет
---	--	---	---

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции на всех этапах приведены в таблице 2.2 в п. 2.1.

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 2.7.

Таблица 2.7 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Показатели и критерии	Знать	Уметь	Владеть
<b>Отлично (высокий уровень)</b>	<i>представляет</i> свои материалы в виде научных статей; <i>знает</i> принципиальные отличия в правилах оформления материалов, научных отчетов, публикаций и презентаций; <i>формулирует</i> требования к оформлению материалов, научных отчетов, публикаций и презентаций.	<i>выбирает</i> оптимальный метод обработки экспериментальных данных, учитывая условия при которых проходил научный эксперимент.	<i>владеет</i> методами обработки данных прямых и косвенных измерений параметров и характеристик материалов и компонентов для изготовления изделий нано- и микросистемной техники.
<b>Хорошо (базовый уровень)</b>	<i>представляет</i> свои труды в виде материалов докладов конференций; <i>знает</i> основные требования оформления библиографических ссылок при написании научного отчета и публикаций.	<i>рассчитывает</i> погрешности результатов прямых и косвенных измерений параметров и характеристик материалов и компонентов для изготовления изделий нано- и микросистемной техники.	<i>демонстрирует</i> системный подход к анализу результатов научных исследований материалов и компонентов, используемых для изготовления изделий нано- и микросистемной техники.
<b>Удовлетворительно (пороговый уровень)</b>	<i>оформляет</i> свои труды в виде материалов докладов конференций и научных статей в соответствии с требованиями конференции; <i>называет</i> основные правила оформления материалов, научных отчетов, публикаций и презентаций.	<i>умеет выбирать</i> оптимальный метод обработки экспериментальных данных, в соответствии с рекомендациями.	<i>классифицирует</i> методы обработки результатов измерений.

### 3. ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

Для реализации вышеперечисленных задач обучения используются следующие материалы:

– типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, в составе: индивидуальные творческие задания, самостоятельная работа, зачет.

#### 3.1 Индивидуальные творческие задания

В соответствии с техническим заданием группового проектного обучения <https://gpo.tusur.ru/manage/chairs/18/projects>.

#### 3.2 Темы для самостоятельной работы

1. Краткие сведения о квантоворазмерных гетероструктурах.
2. Гетероструктуры и их классификации.
3. Компьютерное моделирование физических процессов в кристаллах и квантоворазмерных струк-

турах.

4. Моделирование энергетического спектра электрона в твердом теле (модель Кронига-Пенни).
5. Моделирование энергетического спектра электрона в одномерной квантовой яме.
6. Моделирование движения электрона вблизи потенциальной ступеньки.
7. Компьютерное моделирование микро- и наноструктур.
8. Моделирование процессов диффузии.
9. Моделирование процессов ионного легирования.
10. Моделирование процессов окисления и эпитаксии.
11. Математическое моделирование процессов переноса в полупроводниковых структурах элементов больших интегральных схем.

### **3.3 Зачет**

В соответствии с техническим заданием группового проектного обучения <https://gpo.tusur.ru/manage/chairs/18/projects>.

## **4. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ**

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

### **4.1 Основная литература**

1. Ибрагимов, И.М. Основы компьютерного моделирования наносистем. [Электронный ресурс] / И.М. Ибрагимов, А.Н. Ковшов, Ю.Ф. Назаров. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2010. — 384 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/156>
2. Элементы и маршруты изготовления кремниевых ИС и методы их математического моделирования / М. А. Королев [и др.]. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. - 423 с. (35)

### **4.2 Дополнительная литература**

1. Нанотехнологии в электронике: Монография / Н.И. Боргардт и др. ред. Ю.А. Чаплыгин. Московский государственный институт электронной техники. – М.: Техносфера, 2005. – 446 с. (20)
2. Зондовые нанотехнологии в электронике / В.К. Неволин. – М.: Техносфера, 2005. – 147 с. (9)
3. Основы наноэлектроники: Учебное пособие для вузов / В.П. Драгунов, И.Г. Неизвестный, В.А. Гридчин. – 2-е изд., исп. и доп. – Новосибирск: НГТУ, 2004. – 494 [2] с. (20)

### **4.3 Учебно-методические пособия и программное обеспечение**

1. Учебно-методическое пособие для самостоятельной работы студентов по дисциплине «Физика низкоразмерных структур»: к самостоятельной работе / М.М. Симунин. Министерство образования и науки Российской Федерации, Национальный исследовательский университет «МИЭТ» (М.). – М.: МИЭТ, 2011. – 128 с. (1)
2. Зариковская, Н. В. Учебно-методическое пособие «Математическое моделирование» для аудиторных практических занятий, лабораторных работ и самостоятельных работ студентов по направлению 210100 «Электроника и наноэлектроника» и 222900 «Нанотехнологии и микросистемная техника» [Электронный ресурс] / Зариковская Н. В. — Томск: ТУСУР, 2014. — 103 с. — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/4607>

### **4.4 Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы**

1. Научно-образовательный портал ТУСУР - <https://edu.tusur.ru/>
2. Издательство «Лань» Электронно-библиотечная система - <http://e.lanbook.com/>