**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

# Микро-и наносистемная техника

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки (специальность): **28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника**
Направленность (профиль): **Нанотехнологии в электронике и микросистемной технике**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **ФЭТ, Факультет электронной техники**
Кафедра: **ФЭ, Кафедра физической электроники**
Курс: **3**
Семестр: **5**
Учебный план набора 2013 года

Распределение рабочего времени

| № | Виды учебной деятельности | 5 семестр | Всего | Единицы |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Лекции | 18 | 18 | часов |
| 2 | Практические занятия | 18 | 18 | часов |
| 3 | Всего аудиторных занятий | 36 | 36 | часов |
| 4 | Самостоятельная работа | 36 | 36 | часов |
| 5 | Всего (без экзамена) | 72 | 72 | часов |
| 6 | Подготовка и сдача экзамена | 36 | 36 | часов |
| 7 | Общая трудоемкость | 108 | 108 | часов |
| | | 3.0 | 3.0 | З.Е |

Экзамен: 5 семестр

Томск 2016

Согласована на портале № 6157

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 73 от « 8 » 9 2016 г.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

Рабочая программа составлена с учетом требований Федерального Государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, утвержденного 2015-03-06 года, рассмотрена и утверждена на заседании кафедры «___» _____ 20__ года, протокол №_____.

Разработчики:

Доцент каф. ФЭ _____ Мухачев В. А.

Заведующий обеспечивающей каф. ФЭ _____ Троян П. Е.

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

Декан ФЭТ _____ Воронин А. И.

Заведующий выпускающей каф. ФЭ _____ Троян П. Е.

Эксперты:

Председатель методической комиссии факультета ФЭТ ТУСУР _____ Чистоедова И. А.

Председатель методической комиссии кафедры ФЭ ТУСУР _____ Чистоедова И. А.

Согласована на портале № 6157

## 1. Цели и задачи дисциплины

### 1.1. Цели дисциплины

формирование знаний в области методов формирования и физических принципов функционирования компонентов микро- и наносистемной техники

### 1.2. Задачи дисциплины

– изучение физических основ функционирования устройств микро- и наносистемной техники

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Микро-и наносистемная техника» (Б1.В.ДВ.12.2) относится к блоку 1 (вариативная часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются следующие дисциплины: Материаловедение наноструктурированных материалов, Твердотельная электроника, Физика, Химия, Элементная база микро- и наносистем.

Последующими дисциплинами являются: Технология материалов микро- и наноэлектроники, Физика пленочных наноструктур.

## 3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

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

– ПСК-1 способностью владеть современными методами расчета и проектирования изделий микро- и наноэлектроники и микросистемной техники, изготовленных с применением нанотехнологий, способностью к восприятию, разработке и критической оценке новых способов их проектирования;

– ПСК-3 готовностью к выполнению научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области производства изделий наноэлектроники и микросистемной техники;

В результате изучения дисциплины студент должен:

– **знать** современное состояние и тенденции развития микро- и наносистемной техники; современные методики расчета и проектирования элементов и приборов микро- и наносистемной техники; методику проведения и этапы выполнения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области производства элементов и приборов микро- и наносистемной техники;

– **уметь** проводить анализ научно-технической литературы в области микро- и наносистемной техники; проводить расчет и проектирование элементов и приборов микро- и наносистемной техники; оформлять конструкторскую документацию на приборы и устройства микро- и наносистемной техники;

– **владеть** методикой поиска информации в области микро- и наносистемной техники с использованием информационных технологий; методикой расчета и проектирования приборов и устройств микро- и наносистемной техники; методикой оформления конструкторско-технологической документации на приборы и устройства микро- и наносистемной техники;

## 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3.0 зачетных единицы и представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины

| Виды учебной деятельности | Всего часов | Семестры |
|---|---|---|
| | | 5 семестр |
| Аудиторные занятия (всего) | 36 | 36 |
| Лекции | 18 | 18 |

Согласована на портале № 6157

| | | |
|---|---|---|
| Практические занятия | 18 | 18 |
| Самостоятельная работа (всего) | 36 | 36 |
| Проработка лекционного материала | 12 | 12 |
| Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 24 | 24 |
| Всего (без экзамена) | 72 | 72 |
| Подготовка и сдача экзамена | 36 | 36 |
| Общая трудоемкость час | 108 | 108 |
| Зачетные Единицы Трудоемкости | 3.0 | 3.0 |

## 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 | Самостоятельная работа | Всего часов (без экзамена) | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Чувствительные элементы для микросистемной техники (МСТ) | 4 | 4 | 9 | 17 | ОПК-7, ПСК-1, ПСК-3 |
| 2 | Сенсорные компоненты МСТ | 4 | 4 | 9 | 17 | ОПК-7, ПСК-1, ПСК-3 |
| 3 | Акселерометры для МСТ | 4 | 6 | 9 | 19 | ОПК-7, ПСК-1, ПСК-3 |
| 4 | Актюаторы | 6 | 4 | 9 | 19 | ОПК-7, ПСК-1, ПСК-3 |
| | Итого | 18 | 18 | 36 | 72 | |

### 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 |
|---|---|---|---|
| 5 семестр | | | |
| 1 Чувствительные элементы для микросистемной техники (МСТ) | Основные понятия МСТ, Пьезорезистивные и пьезоэлектрические чувствительные элементы (ЧЭ). Резонансные ЧЭ. ЧЭ на поверхностных акустических волнах (ПАВ). | 4 | ОПК-7, ПСК-3 |

Согласована на портале № 6157

| | | | |
|---|---|---|---|
| | Итого | 4 | |
| 2 Сенсорные компоненты МСТ | Сенсоры температуры, магнитного поля, угловых скоро-стей. Гироскопы: волоконно-оптический гироскоп, микроме-ханический сенсор угловых скоростей | 4 | ОПК-7, ПСК-3 |
| | Итого | 4 | |
| 3 Акселерометры для МСТ | Микромеханические акселерометры L-типа, микромеха-нические акселерометры R-типа. Акселерометры с нагрева-тельной пластиной, акселерометры с нагреваевым газом | 4 | ОПК-7, ПСК-3 |
| | Итого | 4 | |
| 4 Актюаторы | Актюаторные элементы МСТ. Микромеханические ключи. Интегральные микрозеркала. Интегральные микродвигатели. Электростатиститтческие планарные микродвигатели | 6 | ОПК-7, ПСК-3 |
| | Итого | 6 | |
| 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 представ-лены 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 |
| Предшествующие дисциплины | | | | | |
| 1 | Материаловедение наноструктурированных материалов | + | + | + | + |
| 2 | Твердотельная электроника | + | + | + | + |
| 3 | Физика | + | + | + | + |
| 4 | Химия | + | + | | + |
| 5 | Элементная база микро- и наносистем | + | + | + | + |
| Последующие дисциплины | | | | | |
| 1 | Технология материалов микро- и наноэлектроники | + | + | + | |
| 2 | Физика пленочных наноструктур | + | + | + | + |

**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

Согласована на портале № 6157

Таблица 5. 4 – Соответствие компетенций и видов занятий, формируемых при изучении дисциплины

| Компетенции | Виды занятий | | | Формы контроля |
|---|---|---|---|---|
| | Лекции | Практические занятия | Самостоятельная работа | |
| ОПК-7 | + | | + | Контрольная работа, Экзамен, Конспект самоподготовки |
| ПСК-1 | | + | + | Контрольная работа, Отчет по индивидуальному заданию, Экзамен, Конспект самоподготовки |
| ПСК-3 | + | + | + | Контрольная работа, Отчет по индивидуальному заданию, Экзамен, Конспект самоподготовки |

## 6. Интерактивные методы и формы организации обучения

Не предусмотрено РУП

## 7. Лабораторный практикум

Не предусмотрено РУП

## 8. Практические занятия

Содержание практических работ приведено в таблице 8.1.

Таблица 8. 1 – Содержание практических работ

| Названия разделов | Содержание практических занятий | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|
| 5 семестр | | | |
| 1 Чувствительные элементы для микросистемной техники (МСТ) | Параметры и характеристики МСТ. Термины и буквенные обозначения пара-метров МСТ. Прямой и обратный пьезоэффекты. ЧЭ на пьезоэффекте. Емкостные ЧЭ. ЧЭ на ПАВ. | 4 | ПСК-1, ПСК-3 |
| | Итого | 4 | |
| 2 Сенсорные компоненты МСТ | Физические основы датчиков температуры: эффекты Пельтье и Зеебека. Дат-чики магнитного поля: прямые –непосредственное измерение магнитной индукции (например, использование эффекта Холла), косвенные - обнаружение | 4 | ПСК-1, ПСК-3 |

Согласована на портале № 6157

| | | | |
|---|---|---|---|
| | электрического поля по его магнитному полю, регистрация механического перемещения при воздействии магнитного поля. Датчики угловых скоростей – гироскопы: волоконно-оптические и микромеханические. Конструкции микромеханических гироскопов. | | |
| | Итого | 4 | |
| 3 Акселерометры для МСТ | Микромеханические сенсоры линейных скоростей - микромеханические акселерометры (ММА). ММА L-типа и R-типа: конструкции и принципы действия. Акселерометры с нагреваемой пластиной и с нагреваемым газом | 6 | ПСК-1, ПСК-3 |
| | Итого | 6 | |
| 4 Актюаторы | Актюаторы. Микромеханические ключи: термические, пьезоэлектрические, электростатические, магнитные – принцип действия и конструкции. Интегральные микрозеркала: одноосные и двуосные – принцип действия и конструкции. Микродвигатели: электростатические и пьезоэлектрические. | 4 | ПСК-1, ПСК-3 |
| | Итого | 4 | |
| Итого за семестр | | 18 | |

## 9. Самостоятельная работа

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

Таблица 9.1 - Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

| Названия разделов | Виды самостоятельной работы | Трудоемкость ч | Формируемые компетенции | Формы контроля |
|---|---|---|---|---|
| 5 семестр | | | | |
| 1 Чувствительные элементы для микросистемной техники (МСТ) | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 6 | ОПК-7, ПСК-1, ПСК-3 | Конспект самоподготовки, Контрольная работа, Экзамен |
| | Проработка лекционного материала | 3 | | |
| | Итого | 9 | | |
| 2 Сенсорные компоненты МСТ | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 6 | ОПК-7, ПСК-1, ПСК-3 | Контрольная работа, Экзамен |

Согласована на портале № 6157

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Проработка лекционного материала | 3 | | |
| | Итого | 9 | | |
| 3 Акселерометры для МСТ | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 6 | ОПК-7, ПСК-1, ПСК-3 | Контрольная работа, Экзамен |
| | Проработка лекционного материала | 3 | | |
| | Итого | 9 | | |
| 4 Актюаторы | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 6 | ОПК-7, ПСК-1, ПСК-3 | Контрольная работа, Экзамен |
| | Проработка лекционного материала | 3 | | |
| | Итого | 9 | | |
| Итого за семестр | | 36 | | |
| | Подготовка к экзамену | 36 | | Экзамен |
| Итого | | 72 | | |

## 10. Курсовая работа

Не предусмотрено РУП

## 11. Рейтинговая система для оценки успеваемости студентов

### 11.1. Балльные оценки для элементов контроля

Таблица 11.1 – Бальные 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 |
|---|---|---|---|---|
| 5 семестр | | | | |
| Конспект самоподготовки | 5 | 5 | 5 | 15 |
| Контрольная работа | | 15 | 20 | 35 |
| Отчет по индивидуальному заданию | 5 | 5 | 10 | 20 |
| Итого максимум за период | 10 | 25 | 35 | 70 |
| Экзамен | | | | 30 |
| Нарастающим итогом | 10 | 35 | 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 |

Согласована на портале № 6157

| | |
|---|---|
| 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. «Физические основы микро- и наносистемной техники»: Учебное пособие по дисциплине для бакалавров направления 222900 «Нанотехнологии и микросистемная техника» /Мухачев В.А. - Томск: ТУСУР, 2014, - 46 с. [электронный ресурс] [Электронный ресурс]. - http://miel.tusur.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=235

### 12.2. Дополнительная литература

1. Физика микросистем : учебное пособие для вузов / В. А. Гридчин, В. П. Драгунов. - Новосибирск : НГТУ, 2004 - . - (Учебники НГТУ). Ч. 1. - Новосибирск : НГТУ, 2004. - 415[1] с. : ил. - Библиогр. в конце глав. - ISBN 5-7782-0446-9 (наличие в библиотеке ТУСУР - 10 экз.)
2. Учебное пособие по дисциплине "Технология наносистем" [Текст] : учебное пособие / С. П. Тимошенков, В. В. Калугин ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Национальный исследовательский университет "МИЭТ" (М.). - М. : МИЭТ, 2011. - 200 с. : ил. - (Учебно-методический комплекс для бакалавров. Направление "Наноэлектроника"). - ISBN 978-5-7256-0663-8 (наличие в библиотеке ТУСУР - 1 экз.)
3. Наноматериалы. Нанотехнологии. Наносистемная техника: Мировые достижения за 2005 год : Сборник / ред. : П. П. Мальцев. - М. : Техносфера, 2006. - 152 с. : цв. ил., рис. - (Мир материалов и технологий ; VI-10). - ISBN 5-94836-085-7 : (наличие в библиотеке ТУСУР - 5 экз.)
4. Учебно-методическое пособие для самостоятельной работы студентов по дисциплине "Технология наносистем" [Текст] : учебно-методический комплекс / С. П. Тимошенков, В. В. Калугин ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Национальный исследовательский университет "МИЭТ" (М.). - М. : МИЭТ, 2011. - 24 с. : ил (наличие в библиотеке ТУСУР - 1 экз.)

### 12.3. Учебно-методическое пособие и программное обеспечение

1. Мухачев В.А. Физические основы микро- и наносистемной техники: учебно-методическое пособие по аудиторным практическим занятиям и самостоятельной работе для студентов направления подготовки 222900.62 «Нанотехнологии и микросистемная техника».- Томск: ТУСУР, 2014. в 2 ч. - 18 с. [электронный ресурс] [Электронный ресурс]. - http://miel.tusur.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=235

### 12.4. Базы данных, информационно справочные и поисковые системы

1. 1. Ежемесячный междисциплинарный теоретический и прикладной научно-

Согласована на портале № 6157

технический журнал «Нано- и микросистемная техника» - http://www.microsystems.ru. Есть в библиотеке ТУСУР

2. 2. Ежемесячный журнал «Российские нанотехнологии» - http://www.nanorf.ru/.

## 13. Материально-техническое обеспечение дисциплины

В связи с большим количеством графического материала и рисунков по данной дисциплине лекционные занятия следует проводить с применением проектора и компьютера и обеспечивать слушателей раздаточным материалом.

Практические занятия следует проводить в компьютерном классе с использованием математического пакета.

## 14. Фонд оценочных средств

Фонд оценочных средств приведен в приложении 1.

## 15. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины

Конспектирование студентами лекционного материала обязательно. Обязательным условием допуска к экзамену является выполнение контрольных работ, а также выполнение и защита индивидуального задания

Согласована на портале № 6157

**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

# Микро-и наносистемная техника

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки (специальность): **28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника**
Направленность (профиль): **Нанотехнологии в электронике и микросистемной технике**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **ФЭТ, Факультет электронной техники**
Кафедра: **ФЭ, Кафедра физической электроники**
Курс: **3**
Семестр: **5**

Учебный план набора 2013 года

Разработчики:

- Доцент каф. ФЭ Мухачев В. А.

Экзамен: 5 семестр

Томск 2016

Согласована на портале № 6157

## 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 |
|---|---|---|
| ОПК-7 | способностью учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности | Должен знать современное состояние и тенденции развития микро- и наносистемной техники; современные методики расчета и проектирования элементов и приборов микро- и наносистемной техники; методику проведения и этапы выполнения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области производства элементов и приборов микро- и наносистемной техники;; Должен уметь проводить анализ научно-технической литературы в области микро- и наносистемной техники; проводить расчет и проектирование элементов и приборов микро- и наносистемной техники; оформлять конструкторскую документацию на приборы и устройства микро- и наносистемной техники;; Должен владеть методикой поиска информации в области микро- и наносистемной техники с использованием информационных технологий; методикой расчета и проектирования приборов и устройств микро- и наносистемной техники; методикой оформления конструкторско-технологической документации на приборы и устройства микро- и наносистемной техники; ; |
| ПСК-1 | способностью владеть современными методами расчета и проектирования изделий микро- и наноэлектроники и микросистемной техники, изготовленных с применением нанотехнологий, способностью к восприятию, разработке и критической оценке новых способов их проектирования | |
| ПСК-3 | готовностью к выполнению научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области производства изделий наноэлектроники и микросистемной техники | |

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

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

| Показатели и критерии | Знать | Уметь | Владеть |
|---|---|---|---|
| Отлично (высокий уровень) | Обладает фактическими и теоретическими знаниями в пределах изучаемой области с пониманием границ применимости | Обладает диапазоном практических умений, требуемых для развития творческих решений, абстрагирования проблем | Контролирует работу, проводит оценку, совершенствует действия работы |

Согласована на портале № 6157

| | | | |
|---|---|---|---|
| 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 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. 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 | современное состояние и тенденции развития микро- и наносистемной техники; | проводить анализ научно-технической литературы в области микро- и наносистемной техники; | методикой поиска информации в области микро- и наносистемной техники с использованием информационных технологий; |
| Виды занятий | • Практические занятия;<br>• Лекции;<br>• Самостоятельная работа;<br>• Подготовка к экзамену; | • Практические занятия;<br>• Лекции;<br>• Самостоятельная работа;<br>• Подготовка к экзамену; | • Самостоятельная работа; |
| Используемые средства оценивания | • Контрольная работа;<br>• Экзамен;<br>• Конспект самоподготовки;<br>• Экзамен; | • Контрольная работа;<br>• Экзамен;<br>• Конспект самоподготовки;<br>• Экзамен; | • Экзамен;<br>• Экзамен; |

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

Таблица 4 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

| Состав | Знать | Уметь | Владеть |
|---|---|---|---|
| Отлично (высокий уровень) | • современное состояние и тенденции развития наноэлектроники и микросистемной и измерительной техники, | • проводить анализ научно-технической литературы в области наноэлектроники и микросистемной. Проводить измерения | • практическими навыками работы на современном измерительной оборудовании, используемом для |

Согласована на портале № 6157

| | | | |
|---|---|---|---|
| | используемой для определения параметров приборов и устройств наноэлектроники и микросистемной техники. Диапазон и физический смысл измеряемых параметров; | параметров приборов и устройств наноэлектроники и микросистемной техники; | определения параметров приборов и устройств наноэлектроники и микросистемной техники; |
| Хорошо (базовый уровень) | • современное состояние наноэлектроники и микросистемной и измерительной техники, используемой для определения параметров приборов и устройств наноэлектроники и микросистемной техники.; | • проводить измерения параметров типовых приборов и устройств наноэлектроники и микросистемной техники; | • практическими навыками работы на современном измерительном оборудовании, используемом для определения параметров приборов и устройств наноэлектроники и микросистемной техники под руководством оператора; |
| Удовлетворительно (пороговый уровень) | • перечень типового измерительного оборудования используемого для определения параметров приборов и устройств наноэлектроники и микросистемной техники; | • проводить простые измерения параметров приборов и устройств наноэлектроники и микросистемной техники с использованием типового измерительного оборудования; | • методикой работы на типовом измерительном оборудовании, используемом для определения параметров приборов и устройств наноэлектроники и микросистемной техники при прямом участии оператора; |

**2.2 Компетенция ПСК-1**

ПСК-1: способностью владеть современными методами расчета и проектирования изделий микро- и наноэлектроники и микросистемной техники, изготовленных с применением нанотехнологий, способностью к восприятию, разработке и критической оценке новых способов их проектирования.

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 | современные методики расчета и проектирования элементов и приборов микро- и наносистемной техники | проводить расчет и проектирование элементов и приборов микро- и наносистемной техники | методикой расчета и проектирования приборов и устройств микро- и наносистемной техники |

Согласована на портале № 6157

| | | | |
|---|---|---|---|
| Виды занятий | • Практические занятия;<br>• Лекции;<br>• Самостоятельная работа;<br>• Подготовка к экзамену; | • Практические занятия;<br>• Лекции;<br>• Самостоятельная работа;<br>• Подготовка к экзамену; | • Самостоятельная работа; |
| Используемые средства оценивания | • Контрольная работа;<br>• Отчет по индивидуальному заданию;<br>• Экзамен;<br>• Конспект самоподготовки;<br>• Экзамен; | • Контрольная работа;<br>• Отчет по индивидуальному заданию;<br>• Экзамен;<br>• Конспект самоподготовки;<br>• Экзамен; | • Отчет по индивидуальному заданию;<br>• Экзамен;<br>• 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) | • вывод основных расчетных формул, используемых для расчета приборов и устройств микро- и наноэлектроники и микросистемной техники. Знает перечень современного программного обеспечения для расчета и проектирования приборов и устройств микро- и наноэлектроники и микросистемной техники; | • проводить вывод основных формул применяемых для расчета приборов и устройств микро- и наноэлектроники и микросистемной техники. Умеет в совершенстве пользоваться программным обеспечением применяемым для расчета и проектирования приборов и устройств микро- и наноэлектроники и микросистемной техники; | • физико-математическим аппаратом для решения задач возникающих в ходе профессиональной деятельности. Владеет в совершенстве программным обеспечением применяемым для расчета и проектирования приборов и устройств микро- и наноэлектроники и микросистемной техники; |
| Хорошо (базовый уровень) | • основные расчетные формулы, используемые для расчета приборов и устройств микро- и наноэлектроники и микросистемной техники. Знает перечень основного программного обеспечения для расчета и проектирования | • решать типовые задачи по расчету приборов и устройств микро- и наноэлектроники и микросистемной техники. Умеет в совершенстве пользоваться программным обеспечением применяемым для | • методикой расчета типовых задач возникающих в ходе профессиональной деятельности. Владеет типовым программным обеспечением применяемым для расчета и проектирования приборов и устройств микро- и |

Согласована на портале № 6157

| | | | |
|---|---|---|---|
| | приборов и устройств микро- и наноэлектроники и микросистемной техники; | расчета и проектирования приборов и устройств микро- и наноэлектроники и микросистемной техники; | наноэлектроники и микросистемной техники; |
| Удовлетворительно (пороговый уровень) | • основные параметры микро- и наноэлектроники и микросистемной техники, а также перечень справочной и методической литературы с примерами расчета приборов и устройств микро- и наноэлектроники и микросистемной техники; | • решать простые задачи, используя справочную и методическую литературу с примерами расчета приборов и устройств микро- и наноэлектроники и микросистемной техники; | • методикой расчета параметров гетероструктур, а также методикой поиска справочной и методической литературы с примерами расчета приборов и устройств микро- и наноэлектроники и микросистемной техники; |

**2.3 Компетенция ПСК-3**

ПСК-3: готовностью к выполнению научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области производства изделий наноэлектроники и микросистемной техники.

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 | методику проведения и этапы выполнения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области производства элементов и приборов микро- и наносистемной техники | оформлять конструкторскую документацию на приборы и устройства микро- и наносистемной техники | методикой оформления конструкторско-технологической документации на приборы и устройства микро- и наносистемной техники |
| Виды занятий | • Практические занятия;<br>• Лекции;<br>• Самостоятельная работа;<br>• Подготовка к экзамену; | • Практические занятия;<br>• Лекции;<br>• Самостоятельная работа;<br>• Подготовка к экзамену; | • Самостоятельная работа; |
| Используемые средства оценивания | • Контрольная работа;<br>• Отчет по индивидуальному заданию;<br>• Экзамен;<br>• Конспект | • Контрольная работа;<br>• Отчет по индивидуальному заданию;<br>• Экзамен;<br>• Конспект | • Отчет по индивидуальному заданию;<br>• Экзамен;<br>• Экзамен; |

Согласована на портале № 6157

| | | | |
|---|---|---|---|
| | самоподготовки;<br>• Экзамен; | самоподготовки;<br>• 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) | • международные и внутренние требования к оформлению конструкторской документации при разработке приборов и устройств наноэлектроники и микросистемной техники. Этапы выполнения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по разработке приборов и устройств наноэлектроники и микросистемной техники; | • оформлять конструкторскую документацию по разработке приборов и устройств наноэлектроники и микросистемной техники в соответствии с международными и внутренними стандартами. Выполнять научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по разработке приборов и устройств наноэлектроники и микросистемной техники; | • методикой оформления конструкторской документации по разработке приборов и устройств наноэлектроники и микросистемной техники в соответствии с международными и внутренними стандартами. Навыками организации научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по разработке приборов и устройств наноэлектроники и микросистемной техники; |
| Хорошо (базовый уровень) | • внутренние требования к оформлению конструкторской документации при разработке приборов и устройств наноэлектроники и микросистемной техники. Основные этапы выполнения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по разработке приборов и устройств наноэлектроники и микросистемной техники; | • оформлять конструкторскую документацию по разработке приборов и устройств наноэлектроники и микросистемной техники в соответствии с ЕСКД. Выполнять научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по разработке приборов и устройств наноэлектроники и микросистемной техники под руководством; | • методикой оформления конструкторской документации по разработке приборов и устройств наноэлектроники и микросистемной техники в соответствии с ЕСКД. Методикой проведения типовых научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по разработке приборов и устройств наноэлектроники и микросистемной техники; |
| Удовлетворительно (пороговый уровень) | • справочную литературу в которой перечислены требования к оформлению | • пользоваться справочной литературой по оформлению конструкторской | • методикой поиска литературы по оформлению конструкторской документации по |

Согласована на портале № 6157

| | | | |
|---|---|---|---|
| | конструкторской документации при разработке приборов и устройств наноэлектроники и микросистемной техники. а также основные этапы выполнения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по разработке приборов и устройств наноэлектроники и микросистемной техники; | документации по разработке приборов и устройств наноэлектроники и микросистемной техники. Выполнять инструкции при проведении научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по разработке приборов и устройств наноэлектроники и микросистемной техники; | разработке приборов и устройств наноэлектроники и микросистемной техники в соответствии с ЕСКД. Методикой проведения простых научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по разработке приборов и устройств наноэлектроники и микросистемной техники; |

## 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 Вопросы на самоподготовку

– Термины и буквенные обозначения параметров МСТ. Датчики угловых скоростей. Актюаторы.

### 3.2 Темы индивидуальных заданий

– 1. Параметры и характеристики МСТ. 2. Физические основы датчиков температуры: эффекты Пельтье и Зеебека. 3. Датчики магнитного поля: прямые –непосредственное измерение магнитной индукции, косвенные - обнаружение электрического поля по его магнитному полю, регистрация механического перемещения при воздействии магнитного поля. 4. Датчики угловых скоростей – гироскопы: волоконно-оптические и микромеханические. 5. Конструкции микромеханических гироскопов. 6. Микромеханические сенсоры линейных скоростей - микромеханические акселерометры (ММА). 7. ММА L-типа и R-типа: конструкции и принципы действия. 8. Акселерометры с нагреваемой пластиной и с нагреваемым газом. 9. Актюаторы. 10. Микромеханические ключи: термические, пьезоэлектрические, электростатические, магнитные. 11. Интегральные микрозеркала: одноосные и двуосные. 12. Микродвигатели: электростатические и пьезоэлектрические.

### 3.3 Экзаменационные вопросы

– Параметры и характеристики МСТ. Термины и буквенные обозначения параметров МСТ. Прямой и обратный пьезоэффекты. ЧЭ на пьезоэффекте. Емкостные ЧЭ. ЧЭ на ПАВ. Физические основы датчиков температуры: эффекты Пельтье и Зеебека. Датчики магнитного поля: прямые – непосредственное измерение магнитной индукции (например, использование эффекта Холла), косвенные - обнаружение электрического поля по его магнитному полю, регистрация механического перемещения при воздействии магнитного поля. Датчики угловых скоростей – гироскопы: волоконно-оптические и микромеханические. Конструкции микромеханических гироскопов. Микромеханические сенсоры линейных скоростей - микромеханические акселерометры (ММА). ММА L-типа и R-типа: конструкции и принципы действия. Акселерометры с нагреваемой пластиной и с нагреваемым газом. Актюаторы. Микромеханические ключи: термические, пьезоэлектрические, электростатические, магнитные – принцип действия и конструкции. Интегральные микрозеркала: одноосные и двуосные – принцип действия и конструкции. Микродвигатели: электростатические и пьезоэлектрические.

Согласована на портале № 6157

### 3.4 Темы контрольных работ

– Тема контрольной работы № 1: Параметры и характеристики МСТ. Физические основы датчиков температуры: эффекты Пельтье и Зеебека (Разделы 1-2 рабочей программы). Варианты контрольной работы приведены в учебно-методическом пособии (п. 1.5 - п.1.9). Учебно-методическое пособие содержат варианты заданий для контрольных работ и индивидуальных заданий. Для самостоятельного изучения рекомендуется список литературы и приводятся справочные материалы.

– Тема контрольной работы № 2: Микромеханические сенсоры линейных скоростей. Микромеханические ключи (Разделы 3-4 рабочей программы). Варианты контрольной работы приведены в учебно-методическом пособии (п.2.1 – п.2.4). Учебно-методическое пособие содержат варианты заданий для контрольных работ и индивидуальных заданий. Для самостоятельного изучения рекомендуется список литературы и приводятся справочные материал

## 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. «Физические основы микро- и наносистемной техники»: Учебное пособие по дисциплине для бакалавров направления 222900 «Нанотехнологии и микросистемная техника» /Мухачев В.А. - Томск: ТУСУР, 2014, - 46 с. [электронный ресурс] [Электронный ресурс]. - http://miel.tusur.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=235

### 4.2. Дополнительная литература

1. Физика микросистем : учебное пособие для вузов / В. А. Гридчин, В. П. Драгунов. - Новосибирск : НГТУ, 2004 - . - (Учебники НГТУ). Ч. 1. - Новосибирск : НГТУ, 2004. - 415[1] с. : ил. - Библиогр. в конце глав. - ISBN 5-7782-0446-9 (наличие в библиотеке ТУСУР - 10 экз.)
2. Учебное пособие по дисциплине "Технология наносистем" [Текст] : учебное пособие / С. П. Тимошенков, В. В. Калугин ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Национальный исследовательский университет "МИЭТ" (М.). - М. : МИЭТ, 2011. - 200 с. : ил. - (Учебно-методический комплекс для бакалавров. Направление "Наноэлектроника"). - ISBN 978-5-7256-0663-8 (наличие в библиотеке ТУСУР - 1 экз.)
3. Наноматериалы. Нанотехнологии. Наносистемная техника: Мировые достижения за 2005 год : Сборник / ред. : П. П. Мальцев. - М. : Техносфера, 2006. - 152 с. : цв. ил., рис. - (Мир материалов и технологий ; VI-10). - ISBN 5-94836-085-7 : (наличие в библиотеке ТУСУР - 5 экз.)
4. Учебно-методическое пособие для самостоятельной работы студентов по дисциплине "Технология наносистем" [Текст] : учебно-методический комплекс / С. П. Тимошенков, В. В. Калугин ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Национальный исследовательский университет "МИЭТ" (М.). - М. : МИЭТ, 2011. - 24 с. : ил (наличие в библиотеке ТУСУР - 1 экз.)

### 4.3. Учебно-методическое пособие и программное обеспечение

1. Мухачев В.А. Физические основы микро- и наносистемной техники: учебно-методическое пособие по аудиторным практическим занятиям и самостоятельной работе для студентов направления подготовки 222900.62 «Нанотехнологии и микросистемная техника».- Томск: ТУСУР, 2014. в 2 ч. - 18 с. [электронный ресурс] [Электронный ресурс]. - http://miel.tusur.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=235

### 4.4. Базы данных, информационно справочные и поисковые системы

1. 1. Ежемесячный междисциплинарный теоретический и прикладной научно-технический журнал «Нано- и микросистемная техника» - http://www.microsystems.ru. Есть в библиотеке ТУСУР
2. 2. Ежемесячный журнал «Российские нанотехнологии» - http://www.nanorf.ru/.

Согласована на портале № 6157