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. Электростатиститческие 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; • Лекции; • Самостоятельная работа; • Подготовка к экзамену;	• Практические занятия; • Лекции; • Самостоятельная работа; • Подготовка к экзамену;	• Самостоятельная работа;
Используемые средства оценивания	• Контрольная работа; • Экзамен; • Конспект самоподготовки; • Экзамен;	• Контрольная работа; • Экзамен; • Конспект самоподготовки; • Экзамен;	• Экзамен; • 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; • Лекции; • Самостоятельная работа; • Подготовка к экзамену;	• Практические занятия; • Лекции; • Самостоятельная работа; • Подготовка к экзамену;	• Самостоятельная работа;
Используемые средства оценивания	• Контрольная работа; • Отчет по индивидуальному заданию; • Экзамен; • Конспект самоподготовки; • Экзамен;	• Контрольная работа; • Отчет по индивидуальному заданию; • Экзамен; • Конспект самоподготовки; • Экзамен;	• Отчет по индивидуальному заданию; • 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)	• 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; • Лекции; • Самостоятельная работа; • Подготовка к экзамену;	• Практические занятия; • Лекции; • Самостоятельная работа; • Подготовка к экзамену;	• Самостоятельная работа;
Используемые средства оценивания	• Контрольная работа; • Отчет по индивидуальному заданию; • Экзамен; • Конспект	• Контрольная работа; • Отчет по индивидуальному заданию; • Экзамен; • Конспект	• Отчет по индивидуальному заданию; • Экзамен; • Экзамен;

Согласована на портале № 6157

	самоподготовки; • Экзамен;	самоподготовки; • 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