

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

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



УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной работе  
П.Е.Троян

Документ подписан электронной подписью  
Сертификат: 1с6сfa0a-52a6-4f49-aef0-5584d3fd4820  
Владелец: Троян Павел Ефимович  
Действителен: с 19.01.2016 по 16.09.2019

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБ

ПЛАНИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА

Уровень основной образовательной программы бакалавриат

Направления подготовки 11.03.04 Электроника и наноэлектроника  
Профиль(и) «Микроэлектроника и твердотельная электроника»

Форма обучения очная

Факультет электронной техники (ФЭТ)

Кафедра физической электроники (ФЭ)

Курс 2 Семестр 3

Учебный план набора 2013, 2014 года.

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	-	-	18						18	часов
2.	Лабораторные работы	-	-	-						-	часов
3.	Практические занятия	-	-	18						18	часов
4.	Курсовой проект/работа (КРС) (аудиторная)	-	-	-						-	часов
5.	Всего аудиторных занятий (Сумма 1-4)	-	-	36						36	часов
6.	Из них в интерактивной форме	-	-	8						8	часов
7.	Самостоятельная работа студентов (СРС)	-	-	108						108	часов
8.	Всего (без экзамена) (Сумма 5,7)	-	-	144						144	часов
9.	Самост. работа на подготовку, сдачу экзамена	-	-	-						-	часов
10.	Общая трудоемкость (Сумма 8,9)	-	-	144						144	часов
	(в зачетных единицах)	-	-	4						4	ЗЕТ

Зачет 3 семестр

Томск 2016

Лист согласований

Рабочая программа составлена с учетом требований Федерального Государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС) по направлению подготовки 11.03.04 Электроника и микроэлектроника (квалификация (бакалавр)), утвержденный приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 12.03.2015 г. № 218.

Рабочая программа учебной дисциплины рассмотрена и утверждена на заседании кафедры физической электроники от «30» 06 2016 г., протокол № 71.


**Разработчик:**

Доцент кафедры ФЭ

 / В.А.Мухачев


**Заведующий кафедрой**

Профессор кафедры ФЭ


 / П.Е. Троян

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

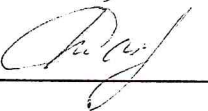
Декан ФЭТ

 / А.И. Воронин

Зав. профилирующей  
кафедрой ФЭ

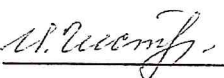
 / П.Е. Троян

Зав. выпускающей  
кафедрой ФЭ

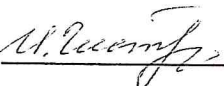
 / П.Е. Троян

**Эксперты:**

Председатель методической  
комиссии факультета ФЭТ

 / И.А. Чистоедова

Председатель методической  
комиссии кафедры ФЭ

 / И.А. Чистоедова

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель** – освоение студентами теоретических знаний и практических навыков в области планирования и обработки результатов эксперимента.

**Задачи изучения дисциплины** – в результате студенты должны:

- знать современные методы планирования однофакторных и многофакторных экспериментов;
- уметь обрабатывать экспериментальные данные: оценивать погрешность измерений, доверительную вероятность (надежность) полученных результатов, исключать грубые погрешности, рассчитывать необходимое число экспериментов при указанной надежности;
- выявлять решающие факторы при многофакторном эксперименте.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

Дисциплина «Планирование эксперимента», входящая в блок дисциплин по выбору (Б1.В.ДВ.3.1) в государственных образовательных стандартах 3-го поколения предназначена для ознакомления студентов с современными методами планирования эксперимента и обработки результатов измерений.

Предполагается, что бакалавр, независимо от профиля подготовки, должен понимать и использовать в своей практической деятельности базовые концепции и методы, развитые в современном естествознании.

## 3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

### 3.1. Изучение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Способность представить адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знаний основных положений, законов и методов естественных наук и математики (ОПК-1).

Способность использовать основные приемы обработки и представления экспериментальных данных (ОПК-5).

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

**Знать** - основные законы распределения погрешностей измерений физических величин;

- основные физические величины и физические константы, их определение, смысл, способы и единицы измерения;

- основные методы планирования однофакторного и многофакторного экспериментов;

- методики обработки экспериментальных данных.

**Уметь** - использовать различные методики физических измерений и обработки экспериментальных данных;

- применять методы физико-математического анализа к решению конкретных естественнонаучных проблем.

**Владеть навыками:**

- определения доверительных интервалов и доверительной вероятности при небольшом числе измерений;

- выявления грубых погрешностей;

- выявления наиболее существенных факторов, влияющих на исследуемый процесс;

- обработки и интерпретации результатов эксперимента.

## 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры
		3
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>		<b>36</b>
В том числе:		
Лекции	18	18
Лабораторные работы (ЛР)	-	-
Практические занятия (ПЗ)	18	18
<b>Самостоятельная работа (всего)</b>	<b>108</b>	<b>108</b>
В том числе:		

Проработка лекций, подготовка к практическим занятиям	36	36
Выполнение двух индивидуальных заданий	72	72
Вид промежуточной аттестации (зачет)		
Общая трудоемкость час	144	144
<b>Зачетные единицы трудоемкости</b>	<b>4</b>	<b>4</b>

## 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекции	Практич. занятия.	Самост. работа студента	Всего час	Формируемые компетенции (ОК, ПК, ПСК)
1.	Однофакторный эксперимент	4	4	18	26	ОПК-1, ОПК-5
2.	Полный факторный эксперимент. Матрица планирования.	6	6	42	54	ОПК-1, ОПК-5
3.	Центральный композиционный ортогональный план (ЦКОП) и центральный композиционный рототабельный план (ЦКРП)	6	6	36	48	ОПК-1, ОПК-5
4.	Выявление наиболее существенных факторов исследуемого процесса	2	2	12	16	ОПК-1, ОПК-5

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

№ п/п	Наименование разделов	Содержание разделов	Трудоемкость (час.)	Формируемые компетенции (ОК, ПК, ПСК)
1	Однофакторный эксперимент	Методика физического эксперимента. Выбор измерительных приборов. Обработка результатов эксперимента. Сравнение результатов разных серий измерений. Критерии Стьюдента и Фишера. Оценка погрешности косвенных измерений.	4	ОПК-1, ОПК-5
2	Полный факторный эксперимент. Матрица планирования.	Выбор шага эксперимента. Построение матрицы планирования. Дробный факторный эксперимент	6	ОПК-1, ОПК-5
3	Центральный композиционный ортогональный план (ЦКОП) и центральный композиционный рототабельный план (ЦКРП)	Центральные композиционные планы: ЦКОП и ЦКРП. Матрицы планирования. Достоинства и недостатки планов.	6	ОПК-1, ОПК-5
4	Выявление наиболее существенных факторов исследуемого процесса	Метод ранговой корреляции. Однофакторный дисперсионный анализ.	2	ОПК-1, ОПК-5

### 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 из табл.5.1, для которых необходимо изучение обеспечивающих (предыдущих) и обеспечиваемых (последующих) дисциплин						
		1	2	3	4	5	6	7
<b>Предшествующие дисциплины</b>								
1	Математика (математическая статистика)	+	+	+	+			
2	Физика	+	+	+	+			
3	Инженерная и компьютерная графика	+	+	+	+			
<b>Последующие дисциплины</b>								
1	Вакуумная и плазменная электроника	+	+	+	+			
2	Материаловедение наноструктурированных материалов	+	+	+	+			
3	Физика конденсированного состояния	+	+	+	+			
4	Физические основы электроники	+	+	+	+			
5	Научно-исследовательская работа	+	+	+	+			
6	Учебно-исследовательская работа	+	+	+	+			

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

Перечень компетенций	Формы контроля			
	Л	Пр.	СРС	
ОПК-1	+	+	+	Мини-диспуты, тесты
ОПК-5	+	+	+	Мини-диспуты, тесты, защита индивидуальных заданий

## 6. МЕТОДЫ И ФОРМЫ ОРГАНИЗАЦИИ ОБУЧЕНИЯ

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

Методы	Формы	Лекции (час)	Практические занятия (час)	Лабораторные работы (час)	Всего
	Защита индивидуальных заданий		6		6
	Мини-диспуты на лекциях	2			2
	Итого интерактивных занятий	2	6		8

### 7. ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ (учебным планом не предусмотрено)

### 8. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ (СЕМИНАРЫ)

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тематика практических занятий (семинаров)	Трудоемкость (час.)	Компетенции ОК, ПК, ПСК
1.	1	Распределения Пуассона, Гаусса. Систематические и случайные погрешности. Критерии Стьюдента и Фишера. Оценка суммарной погрешности косвенного измерения.	4	ОПК-1, ОПК-5
2.	2	Построение матрицы планирования полного факторного эксперимента. Обработка результатов измерений полного факторного эксперимента	6	ОПК-1, ОПК-5
3.	3	Построение матриц планирования ЦКОП и ЦКРП и обработка результатов измерений.	6	ОПК-1, ОПК-5

4.	4	Метод ранговой корреляции и метод случайного баланса	2	ОПК-1, ОПК-5
----	---	--	---	--------------

## 9. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

№ п/п	Тематика самостоятельной работы (детализация)	Трудо- емкость (час.)	Компетенции ОК, ПК, ПСК	Контроль выполне- ния работы
1.	Проработка лекций, подготовка к прак- тическим занятиям	36	ОПК-1, ОПК-5	Тестовый опрос на практике, мини- диспуты
2	Выполнение двух индивидуальных за- даний (ИЗ): 1. Обработка экспериментальных дан- ных при однофакторном эксперименте. 2. Проверка правильности настройки двух технологических установок для получения большой партии пленочных резисторов.	72	ОПК-1, ОПК-5	Защита ИЗ, зачет

## 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 и на конец семестра	Всего за семестр
Посещение занятий	5	5	10
Индивидуальное задание № 1	45		45
Индивидуальное задание № 2		37	37
Компонент своевременности	4	4	8
<b>Итого максимум за период:</b>	<b>54</b>	<b>46</b>	<b>100</b>
<b>Нарастающим итогом</b>	<b>54</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

Зачёт ставится при успешном выполнении обоих индивидуальных заданий.

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)
2 (неудовлетворительно), (не зачтено)	Ниже 60 баллов	F (неудовлетворительно)

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

### **12.1 Основная литература**

12.1.1. Мухачёв В.А. Планирование и обработка результатов эксперимента. - Учебное пособие. – Томск: ТУСУР, 2012.- 116с. - [электронный ресурс] - [http://miel.ru./index.php?option=com\\_content&view=article&id=97&Itemid=92](http://miel.ru./index.php?option=com_content&view=article&id=97&Itemid=92) сайт метод. пособий кафедры ФЭ

12.1.2. Мухачёв В.А. Планирование и обработка результатов эксперимента. - Учебное пособие. – Томск: ТУСУР, 2007.-116с.

### **12.2 Дополнительная литература**

12.2.1. Блохин В.Г., Глудкин О.П., Гуров А.И., Ханин М.А. Современный эксперимент: подготовка, проведение, анализ результатов/ Под редакцией О.П. Глудкина.- М.: Радио и связь, 1997.-232с. (28 экз.)

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

12.3.1. Мухачёв В.А. Планирование эксперимента: учебно-методическое пособие к аудиторным практическим занятиям и самостоятельной работе для студентов специальности 11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника», профиль программы «Микроэлектроника и твердотельная электроника». - Томск: ТУСУР, 2012.-13 с, - [электронный ресурс] [http://miel.ru./index.php?option=com\\_content&view=article&id=97&Itemid=92](http://miel.ru./index.php?option=com_content&view=article&id=97&Itemid=92), сайт метод. пособий кафедры ФЭ

12.3.2. Оценка погрешностей измерений: Методические указания к лабораторным работам/ Мухачёв В.А.-2012, 24 с., режим доступа свободный для скачивания: <http://edu.tusur.ru/training/publikations/1099>

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

1. Базы для двух индивидуальных заданий (48 вариантов)

## **13. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

1. Лаборатории кафедры с компьютерами для обсчета и анализа результатов измерений.

## **14. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины:**

Объем часов, предусмотренных учебным планом, не позволяет раскрыть в лекциях подробно и глубоко материал. Поэтому главное внимание – самостоятельной работе студентов с методическим пособием. В течение семестра студенты должны выполнить два индивидуальных задания по разным темам курса. На практических занятиях происходит обсуждение и разбор методов обработки результатов однофакторного и многофакторного эксперимента и защита индивидуальных заданий.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

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

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе  
П. Е. Троян  
« 9 » 08 2016 г.

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

**Планирование эксперимента**

(полное наименование учебной дисциплины или практики)

Уровень основной образовательной программы **бакалавриат**  
(бакалавриат, магистратура, специалитет)

Направление(я) подготовки (специальность) **11.03.04 Электроника и нанoeлектроника**  
(полное наименование направления подготовки (специальности))

Профиль(и) **«Микроэлектроника и твердотельная электроника»**  
(полное наименование профиля направления подготовки (специальности))

Форма обучения **очная**  
(очная, очно-заочная (вечерняя), заочная)

Факультет **электронной техники (ФЭТ)**  
(сокращенное и полное наименование факультета)

Кафедра **физической электроники (ФЭ)**  
(сокращенное и полное наименование кафедры)

Курс **2**

Семестр **3**

Учебный план набора 2013, 2014 года.

Зачет **3** семестр

Диф. зачет \_\_\_\_\_ семестр

Экзамен \_\_\_\_\_ семестр

Разработчик: доцент каф. ФЭ Мухачев В.А.

Томск 2016



## 1 Введение

Фонд оценочных средств (ФОС) является приложением к рабочей программе дисциплины «Планирование эксперимента» 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 «Планирование эксперимента» используется при проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации студентов.

Перечень закрепленных за дисциплиной «Планирование эксперимента» компетенций приведен в таблице 1.

**Таблица 1 – Перечень закрепленных за дисциплиной компетенций**

Код	Формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции
ОПК-1	Способность представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики.	Знать основные законы физики, основы дифференциального и интегрального анализа, основные законы распределения случайных величин; <b>Уметь</b> вычислять доверительные вероятности при небольшом числе измерений, определять систематические и случайные погрешности измерений; <b>Владеть</b> практическими навыками определения погрешностей измерительных приборов, выбором методики измерений, необходимого числа измерений.

ОПК-5	Способность использовать основные приемы обработки и представления экспериментальных данных	<p><b>Знать</b> законы распределения случайных величин (Пуассона и Гаусса), способы построения гистограмм, закон сложения случайных величин, виды планирования многофакторного эксперимента;</p> <p><b>Уметь</b> обрабатывать результаты однофакторного и многофакторного эксперимента, строить матрицы планирования полного факторного эксперимента (ПФЭ), выявлять доминирующие факторы методом ранговой корреляции и однофакторного дисперсионного анализа;</p> <p><b>Владеть</b> методами сравнения результатов разных серий измерений (критерии Стьюдента и Фишера), порядком статистической обработки и анализом результатов ПФЭ.</p>
-------	---	---

## 2 Реализация компетенций

### 1 Компетенция ОПК-1

**ОПК-1:** Способность представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики.

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий, и используемые средства оценивания представлены в таблице 2.

**Таблица 2.– Этапы формирования компетенции ОПК-1 и используемые средства оценивания**

1. Состав	Знать	Уметь	Владеть
<b>Содержание этапов</b>	Основные законы физики, основы дифференциального анализа, основные законы и виды распределения случайных величин	<b>Уметь</b> определять закон распределения случайных величин, анализировать случайные и систематические закономерности в эксперименте	<b>Владеть</b> методикой математического анализа случайных распределений погрешностей измерений и сопоставления (сложения) с ошибками измерительных приборов.
<b>Виды занятий</b>	Лекции; Практические занятия;	Практические занятия; Индивидуальные работы;	Практические занятия; Защита индивидуальных заданий;
<b>Используемые средства оценивания</b>	Тесты на лекциях и практических занятиях; Анализ некоторых случаев с выбором методики и обсчета измерений	Выбор адекватной методики измерений и способа обсчета результатов измерений по индивидуальному заданию	Защита индивидуальных заданий

## 2 Компетенция ОПК-5

**ОПК-5:** Способность использовать основные приемы обработки и представления экспериментальных данных.

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 ОПК-5 и используемые средства оценивания**

<b>2. Состав</b>	<b>Знать</b>	<b>Уметь</b>	<b>Владеть</b>
<b>Содержание этапов</b>	<b>Знать</b> основные понятия и законы распределения Гаусса и Пуассона, методики обработки однофакторного и многофакторного экспериментов, виды планирования многофакторного эксперимента и выявления доминирующих факторов	<b>Уметь</b> вычислять доверительные вероятности при небольшом числе измерений, определять систематические и случайные погрешности измерений	<b>Владеть</b> практическими навыками определения погрешностей измерительных приборов, выбором методики измерений, расчетом необходимого числа измерений
<b>Виды занятий</b>	Лекции; Практические занятия;	Практические занятия; Индивидуальные задания;	Практические занятия; Индивидуальные задания;
<b>Используемые средства оценивания</b>	Тесты; Разбор сложных ситуаций при выборе методики измерений	Выполнение двух индивидуальных заданий; Составление матриц планирования	Защита индивидуальных заданий; Способы выявления доминирующих факторов

**1. Компетенция ОПК-1** - способность представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции по этапам приведены в таблице 4

**Таблица 4 – Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции по этапам**

<b>Показатели и критерии</b>	<b>Знать</b>	<b>Уметь</b>	<b>Владеть</b>
<b>Отлично (высокий уровень)</b>	Обладает фактическими и теоретическими знаниями в пределах изучаемой области с	Обладает диапазоном практических умений, требуемых для развития творческих решений	Контролирует работу, проводит оценку, совершенствует методику работы

	пониманием границ применимости		
<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, приспособливает 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 компетенции ОПК-1 приведена в таблице 5.

**Таблица 5 – Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции по этапам**

<b>Показатели и критерии</b>	<b>Знать</b>	<b>Уметь</b>	<b>Владеть</b>
<b>Отлично (высокий уровень)</b>	<b>Знает</b> основные законы физики, основы дифференциального и интегрального анализа, основные законы и виды распределения случайных величин	<b>Уметь</b> определять закон распределения случайных величин, анализировать случайные и систематические закономерности в эксперименте	<b>Владеть</b> методикой математического анализ случайных распределений погрешностей измерения и сопоставления (сложения) с ошибками измерительных приборов
<b>Хорошо (базовый уровень)</b>	<b>Знает</b> основные законы физики, математического анализа, виды распределения случайных величин	<b>Умеет</b> определять законы распределения случайных величин, вычислять случайные и систематические погрешности	Владеет методикой выбора измерительных приборов и вычисления суммарной погрешности измерений
<b>Удовлетворительно (пороговый уровень)</b>	<b>Знает</b> основные законы физики и дифференциального и интегрального исчисления	<b>Умеет</b> решать простые задачи	Может выбрать необходимые измерительные приборы и вычислить систематические и случайные погрешности при участии специалиста

**2. Компетенция ОПК-5** - способность использовать основные приемы обработки и представления экспериментальных данных.

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции по этапам приведены в таблице 6.

**Таблица 6 – 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, приспособливает 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 компетенции **ОПК-5** приведена в таблице 7.

**Таблица 7 - Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах**

Показатели и критерии	Знать	Уметь	Владеть
<b>Отлично (высокий уровень)</b>	<b>Знает</b> основы распределения (Пуассона и Гаусса), методики обработки однофакторного и многофакторного экспериментов, виды планирования многофакторного эксперимента и	<b>Умеет</b> вычислять доверительные вероятности погрешностей измерений, вычислять систематические и случайные ошибки измерений, определять необходимое число	<b>Владеет</b> практическими навыками определения погрешностей приборов, выбором методики измерений, составление матриц планирования при многофакторном эксперименте.

	способы выявления доминирующих факторов	измерений при заданных доверительном интервале и вероятности	
<b>Хорошо (базовый уровень)</b>	<b>Знает</b> основные характеристики распределения Гаусса, методики обработки однофакторного эксперимента, знаком с видами планирования многофакторного эксперимента и способами выявления формирующих факторов	<b>Умеет</b> вычислять доверительные вероятности, систематические, случайные и суммарные погрешности измерений, определять необходимое число измерений при заданных доверительном интервале и доверительной вероятности	Владеет практическими навыками определения погрешностей приборов: выбором методики измерений, способами выявления доминирующих факторов
<b>Удовлетворительно (пороговый уровень)</b>	<b>Знает</b> методику обработки результатов однофакторного эксперимента и способы выявления доминирующих факторов	Умеет вычислять систематические и случайные погрешности измерений, определять необходимое число измерений для достижения нужной доверительной вероятности	Владеет навыками определения погрешностей приборов: выбором методики измерений, составлением матрицы планирования под руководством преподавателя.

### 3 Типовые контрольные задания

Для реализации вышеперечисленных задач обучения используются, необходимые для оценки знаний, умений, навыков, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, в составе: тесты, контрольные работы, индивидуальные задания, практические задания, лабораторные работы, экзамен.

Типовые задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, в составе:

### **3.1. Индивидуальные задания (ИЗ):**

**Тема ИЗ № 1** – Обработка результатов однофакторного эксперимента (4 варианта измерений: удельного сопротивления ( $\rho$ ), диэлектрической проницаемости ( $\epsilon$ ), ширины запрещенной зоны полупроводника ( $\Delta E$ ), концентрации примеси в варикапах ( $N$ )).

**Тема ИЗ № 2** – Проверка правильности настройки установок для производства тонкопленочных резисторов при серийном производстве (10 вариантов).

### **3.2. Тесты по следующим разделам:**

- 1) Определение погрешностей при однофакторном эксперименте;
- 2) Вычисление систематических и случайных погрешностей при однофакторном эксперименте;
- 3) Особенности планирования многофакторного эксперимента;
- 4) Матрица планирования полного факторного эксперимента (ПФЭ);
- 5) Порядок статистической обработки результатов ПФЭ;
- 6) Сравнение результатов разных серий измерений (критерии Стьюдента, Фишера, Кохрена).

### **3.4. Темы практических занятий:**

- 1) Выбор методики эксперимента, измерительных приборов, вычисление погрешности прибора по классу точности;
- 2) Вычисление систематической, случайной и суммарной погрешности при однофакторном эксперименте;
- 3) Методика определения доверительной вероятности, необходимого числа измерений при заданном доверительном интервале;
- 4) Полный факторный эксперимент (ПФЭ), построение матрицы планирования (ПФЭ);
- 5) Центральные композиционные планы: центральный композиционный ортогональный план (ЦКОП), центральный композиционный ротатабельный план (ЦКРП);
- 6) Сравнение результатов разных серий измерений: критерии Фишера, Кохрена, Стьюдента;
- 7) Порядок статистической обработки и анализ результатов ПФЭ;
- 8) Выявление доминирующих факторов методом ранговой корреляции и однофакторного дисперсионного анализа;
- 9) Защита индивидуальных заданий, зачетное занятие.



## 4 Методические материалы

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

### 4.1. Основная литература

4.1.1. Мухачев В.А. Планирование и обработка результатов эксперимента. - Учебное пособие. – Томск: ТУСУР, 2012.- 116с. - [электронный ресурс] - [http://miel.ru/index.php?option=com\\_content&view=article&id=97&Itemid=92](http://miel.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=97&Itemid=92) сайт методических пособий каф. ФЭ.

4.1.2. Мухачев В.А. Планирование и обработка результатов эксперимента: Учебное пособие – Томск: ТУСУР, 2007г. – 116с., 49 экз.

### 4.2. Дополнительная литература

4.2.1. Блохин В.Г., Глудкин О.П., Гуров А.И., Ханин М.А. Современный эксперимент: подготовка, проведение, анализ результатов/ под ред. О.П.Глудкина. – М.: Радио и связь, 1997. – 223с. (28 экз.)

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

4.3.1. Мухачев В.А. Планирование эксперимента. - Учебно-методическое пособие к аудиторным практическим занятиям и самостоятельной работе для студентов специальности 11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника», Томск: ТУСУР, 2016.- 13 с. – [электронный ресурс] - [http://miel.ru/index.php?option=com\\_content&view=article&id=97&Itemid=92](http://miel.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=97&Itemid=92) сайт методических пособий каф. ФЭ.

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

### 4.5. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для реализации лекционных и практических занятий необходимы: компьютер с необходимым программным обеспечением, проектор и экран.