

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



УТВЕРЖДАЮ  
Директор департамента образования

Документ подписан электронной подписью  
Сертификат: 1сбсfa0a-52a6-4f49-aef0-5584d3fd4820  
Владелец: Троян Павел Ефимович  
Действителен: с 19.01.2016 по 16.09.2019

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Планирование эксперимента**

Уровень образования: **высшее образование - магистратура**  
Направление подготовки / специальность: **11.04.04 Электроника и наноэлектроника**  
Направленность (профиль) / специализация: **Твердотельная электроника**  
Форма обучения: **очная**  
Факультет: **ФЭТ, Факультет электронной техники**  
Кафедра: **ФЭ, Кафедра физической электроники**  
Курс: **1**  
Семестр: **2**  
Учебный план набора 2018 года

**Распределение рабочего времени**

№	Виды учебной деятельности	2 семестр	Всего	Единицы
1	Лекции	18	18	часов
2	Практические занятия	10	10	часов
3	Всего аудиторных занятий	28	28	часов
4	Из них в интерактивной форме	10	10	часов
5	Самостоятельная работа	80	80	часов
6	Всего (без экзамена)	108	108	часов
7	Общая трудоемкость	108	108	часов
		3.0	3.0	З.Е.

Зачет: 2 семестр

Томск 2018

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа дисциплины составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 11.04.04 Электроника и наноэлектроника, утвержденного 30.10.2014 года, рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ФЭ «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ года, протокол № \_\_\_\_\_.

### Разработчики:

Ассистент каф. ФЭ \_\_\_\_\_ Ю. С. Жидик  
Доцент каф. ФЭ \_\_\_\_\_ В. А. Мухачев  
Заведующий обеспечивающей каф.  
ФЭ \_\_\_\_\_ П. Е. Троян

Рабочая программа дисциплины согласована с факультетом и выпускающей кафедрой:

Декан ФЭТ \_\_\_\_\_ А. И. Воронин  
Заведующий выпускающей каф.  
ФЭ \_\_\_\_\_ П. Е. Троян

### Эксперты:

Доцент кафедры физической  
электроники (ФЭ) \_\_\_\_\_ И. А. Чистоедова  
Профессор кафедры физической  
электроники (ФЭ) \_\_\_\_\_ Т. И. Данилина

## 1. Цели и задачи дисциплины

### 1.1. Цели дисциплины

освоение студентами теоретических знаний и практических навыков в области планирования эксперимента.

### 1.2. Задачи дисциплины

- ознакомиться с современными методами планирования однофакторных и многофакторных экспериментов;
- выработать навык выявлять решающие факторы при многофакторном эксперименте.
- 

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Планирование эксперимента» (ФТД.1) относится к блоку ФТД.1.

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются: Практика по получению первичных профессиональных умений и навыков, Приборно-технологическое моделирование.

Последующими дисциплинами являются: Испытание и контроль изделий электронной техники, Моделирование и проектирование гетероструктурных СВЧ МИС, Научно-исследовательская работа (распред.), Преддипломная практика, Физические основы надежности изделий твердотельной электроники.

## 3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

- ОПК-1 способностью понимать основные проблемы в своей предметной области, выбирать методы и средства их решения;
- ПК-3 готовностью осваивать принципы планирования и методы автоматизации эксперимента на основе информационно-измерительных комплексов как средства повышения точности и снижения затрат на его проведение, овладевать навыками измерений в реальном времени;
- ПК-4 способностью к организации и проведению экспериментальных исследований с применением современных средств и методов;
- ПК-5 способностью делать научно-обоснованные выводы по результатам теоретических и экспериментальных исследований, давать рекомендации по совершенствованию устройств и систем, готовить научные публикации и заявки на изобретения;

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

- **знать** - основные приемы представления экспериментальных данных; - современные эффективные методики проведения экспериментального исследования; - методы анализа и систематизации результатов исследований; - основные методы планирования однофакторного и многофакторного экспериментов; - особенности метрологического обеспечения производства материалов и изделий электронной техники; - методики обработки экспериментальных данных.
- **уметь** - представлять результаты проведенного эксперимента; - использовать методики проведения экспериментального исследования; - анализировать и систематизировать результаты исследований; - планировать однофакторные и многофакторные эксперименты; - метрологически обеспечить производство материалов и изделий электронной техники.
- **владеть** - методиками представления результатов проведенного эксперимента; - методиками проведения экспериментального исследования; - методиками анализа и систематизирования результатов исследований; - методиками планирования однофакторных и многофакторных экспериментов; - методиками метрологического обеспечения производства материалов и изделий электронной 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
---------------------------	-------------	----------

		2 семестр
Аудиторные занятия (всего)	28	28
Лекции	18	18
Практические занятия	10	10
Из них в интерактивной форме	10	10
Самостоятельная работа (всего)	80	80
Выполнение индивидуальных заданий	46	46
Проработка лекционного материала	10	10
Подготовка к практическим занятиям, семинарам	24	24
Всего (без экзамена)	108	108
Общая трудоемкость, ч	108	108
Зачетные Единицы	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	Ле к., ч	ра к. за н.	м. ра б.,	в (б ез ир уе м ыс ко м	
2 семестр					
1 Однофакторный эксперимент	4	3	19	26	ОПК-1, ПК-3, ПК-4, ПК-5
2 Полный факторный эксперимент. Матрица планирования.	6	3	29	38	ОПК-1, ПК-3, ПК-4, ПК-5
3 Центральный композиционный ортогональный план (ЦКОП) и центральный композиционный рототабельный план (ЦКРП).	6	4	20	30	ОПК-1, ПК-3, ПК-4, ПК-5
4 Выявление наиболее существенных факторов исследуемого процесса.	2	0	12	14	ОПК-1, ПК-3, ПК-4, ПК-5
Итого за семестр	18	10	80	108	
Итого	18	10	80	108	

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

Содержание разделов дисциплин (по лекциям) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Содержание разделов дисциплин (по лекциям)

Названия разделов	Содержание разделов дисциплины (по лекциям)	о е м к о с	м ыс ко
2 семестр			
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, ПК-3, ПК- 4, ПК-5
	Итого	4	
2 Полный факторный эксперимент. Матрица	Выбор шага эксперимента. Построение матрицы планирования. Дробный факторный эксперимент.	6	ОПК-1, ПК-3, ПК-

планирования.	Итого	6	4, ПК-5
3 Центральный композиционный ортогональный план (ЦКОП) и центральный рототабельный план (ЦКРП).	Центральные композиционные планы: ЦКОП и ЦКРП. Матрицы планирования. Достоинства и недостатки планов.	6	ОПК-1, ПК-3, ПК-4, ПК-5
	Итого	6	
4 Выявление наиболее существенных факторов исследуемого процесса.	Метод ранговой корреляции. Однофакторный дисперсионный анализ.	2	ОПК-1, ПК-3, ПК-4, ПК-5
	Итого	2	
Итого за семестр		18	

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

Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами представлены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Разделы дисциплины и междисциплинарные связи

Наименование дисциплин	№ разделов данной дисциплины, для которых необходимо изучение обеспечивающих и обеспечиваемых дисциплин			
	1	2	3	4
Предшествующие дисциплины				
1 Практика по получению первичных профессиональных умений и навыков	+	+	+	+
2 Приборно-технологическое моделирование	+	+	+	+
Последующие дисциплины				
1 Испытание и контроль изделий электронной техники	+	+	+	+
2 Моделирование и проектирование гетероструктурных СВЧ МИС	+	+	+	+
3 Научно-исследовательская работа (рассред.)	+	+	+	+
4 Преддипломная практика	+	+	+	+
5 Физические основы надежности изделий твердотельной электроники	+	+	+	+

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

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий представлено в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Компетенции	Виды занятий			Формы контроля
	Ле к.	П ра к. за н.	Са м. ра б.	
ОПК-1	+	+	+	Отчет по индивидуальному заданию, Опрос на занятиях, Зачет, Тест, Отчет по практическому занятию

ПК-3	+	+	+	Отчет по индивидуальному заданию, Опрос на занятиях, Зачет, Тест, Отчет по практическому занятию
ПК-4	+	+	+	Отчет по индивидуальному заданию, Опрос на занятиях, Зачет, Тест, Отчет по практическому занятию
ПК-5	+	+	+	Отчет по индивидуальному заданию, Опрос на занятиях, Зачет, Тест, Отчет по практическому занятию

### 6. Интерактивные методы и формы организации обучения

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

Таблица 6.1 – Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий

Методы	Интерактивные практические занятия, ч	Интерактивные лекции, ч	Всего, ч
2 семестр			
Мозговой штурм	4		4
Решение ситуационных задач		6	6
Итого за семестр:	4	6	10
Итого	4	6	10

### 7. Лабораторные работы

Не предусмотрено РУП.

### 8. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 8.1.

Таблица 8.1 – Наименование практических занятий (семинаров)

Названия разделов	Наименование практических занятий (семинаров)	се	МК	ОС	М	БС	КО
2 семестр							
1 Однофакторный эксперимент	Распределения Пуассона, Гаусса. Систематические и случайные погрешности. Критерии Стьюдента и Фишера. Оценка суммарной погрешности косвенного измерения.	3					ОПК-1, ПК-3, ПК-4, ПК-5
	Итого	3					
2 Полный факторный эксперимент. Матрица планирования.	Построение матрицы планирования полного факторного эксперимента. Обработка результатов измерений полного факторного эксперимента.	3					ОПК-1, ПК-3, ПК-4, ПК-5
	Итого	3					
3 Центральный композиционный ортогональный план (ЦКОП) и центральный рототабельный план (ЦКРП).	Построение матриц планирования ЦКОП и ЦКРП и обработка результатов измерений.	4					ОПК-1, ПК-3, ПК-4, ПК-5
	Итого	4					
Итого за семестр		10					

## 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,	формируемые	комп	Формы контроля
2 семестр					
1 Однофакторный эксперимент	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	7	ОПК-1, ПК-3, ПК-4, ПК-5		Зачет, Опрос на занятиях, Отчет по индивидуальному заданию, Отчет по практическому занятию, Тест
	Проработка лекционного материала	2			
	Выполнение индивидуальных заданий	10			
	Итого	19			
2 Полный факторный эксперимент. Матрица планирования.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	10	ОПК-1, ПК-3, ПК-4, ПК-5		Зачет, Опрос на занятиях, Отчет по индивидуальному заданию, Отчет по практическому занятию, Тест
	Проработка лекционного материала	4			
	Выполнение индивидуальных заданий	15			
	Итого	29			
3 Центральный композиционный ортогональный план (ЦКОП) и центральный рототабельный план (ЦКРП).	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	7	ОПК-1, ПК-3, ПК-4, ПК-5		Зачет, Опрос на занятиях, Отчет по индивидуальному заданию, Отчет по практическому занятию, Тест
	Проработка лекционного материала	2			
	Выполнение индивидуальных заданий	11			
	Итого	20			
4 Выявление наиболее существенных факторов исследуемого процесса.	Проработка лекционного материала	2	ОПК-1, ПК-3, ПК-4, ПК-5		Зачет, Опрос на занятиях, Отчет по индивидуальному заданию, Тест
	Выполнение индивидуальных заданий	10			
	Итого	12			
Итого за семестр		80			
Итого		80			

## 10. Курсовой проект / курсовая работа

Не предусмотрено РУП.

## 11. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

### 11.1. Балльные оценки для элементов контроля

Таблица 11.1 – Балльные оценки для элементов контроля

Элементы учебной деятельности	Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра	Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ	Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра	Всего за семестр
2 семестр				
Зачет			20	20
Опрос на занятиях	5	5		10
Отчет по индивидуальному заданию	25	25		50
Отчет по практическому занятию	5	5		10
Тест			10	10
Итого максимум за период	35	35	30	100
Нарастающим итогом	35	70	100	100

### 11.2. Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

Пересчет баллов в оценки за контрольные точки представлен в таблице 11.2.

Таблица 11.2 – Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

Баллы на дату контрольной точки	Оценка
≥ 90% от максимальной суммы баллов на дату КТ	5
От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату КТ	4
От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату КТ	3
< 60% от максимальной суммы баллов на дату КТ	2

### 11.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице 11.3.

Таблица 11.3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Оценка (ГОС)	Итоговая сумма баллов, учитывает успешно сданный экзамен	Оценка (ECTS)
5 (отлично) (зачтено)	90 - 100	A (отлично)
4 (хорошо) (зачтено)	85 - 89	B (очень хорошо)
	75 - 84	C (хорошо)
	70 - 74	D (удовлетворительно)
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**

1. Мухачёв В.А. Планирование и обработка результатов эксперимента: Учебное пособие. — Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. — 116 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: [http://miel.tusur.ru/images/files/Uchebno-metodicheskii\\_kompleks%20disciplin/Mukhachev/PE\\_lec.pdf](http://miel.tusur.ru/images/files/Uchebno-metodicheskii_kompleks%20disciplin/Mukhachev/PE_lec.pdf) (дата обращения: 26.06.2018).

### **12.2. Дополнительная литература**

1. Бешапошнникова В.И. Планирование и организация эксперимента в легкой промышленности : учеб. пособие / В.И. Бешапошнникова. — М. : ИНФРА-М. 2017. — 224 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=543099> (дата обращения: 26.06.2018).

### **12.3. Учебно-методические пособия**

#### **12.3.1. Обязательные учебно-методические пособия**

1. Мухачёв В.А. Планирование эксперимента: Учебно-методическое пособие.- Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2016.- 14 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: [http://miel.tusur.ru/images/files/Uchebno-metodicheskii\\_kompleks%20disciplin/Mukhachev/PE\\_pract.pdf](http://miel.tusur.ru/images/files/Uchebno-metodicheskii_kompleks%20disciplin/Mukhachev/PE_pract.pdf) (дата обращения: 26.06.2018).

#### **12.3.2. Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

##### **Для лиц с нарушениями зрения:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме увеличенным шрифтом.

##### **Для лиц с нарушениями слуха:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

##### **Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

### **12.4. Профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

1. Научно-образовательный портал ТУСУР - <https://edu.tusur.ru/>
2. Электронная библиотека - [www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru)

## **13. Материально-техническое обеспечение дисциплины и требуемое программное обеспечение**

### **13.1. Общие требования к материально-техническому и программному обеспечению дисциплины**

#### **13.1.1. Материально-техническое и программное обеспечение для лекционных занятий**

Для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используется учебная аудитория с количеством посадочных мест не менее 22-24, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются демонстрационное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по лекционным разделам дисциплины.

#### **13.1.2. Материально-техническое и программное обеспечение для практических занятий**

Учебная аудитория

учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций, помещение для

проведения текущего контроля и промежуточной аттестации  
634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 224 ауд.  
Описание имеющегося оборудования:  
- Комплект специализированной учебной мебели;  
- Рабочее место преподавателя.  
Программное обеспечение не требуется.

#### Учебная аудитория

учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, помещение для курсового проектирования (выполнения курсовых работ), помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций, помещение для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации

634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 222 ауд.

Описание имеющегося оборудования:  
- Комплект специализированной учебной мебели;  
- Рабочее место преподавателя.  
Программное обеспечение не требуется.

### 13.1.3. Материально-техническое и программное обеспечение для самостоятельной работы

Для самостоятельной работы используются учебные аудитории (компьютерные классы), расположенные по адресам:

- 634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 233 ауд.;
- 634045, Томская область, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 146, 201 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 207 ауд.

#### Состав оборудования:

- учебная мебель;
- компьютеры класса не ниже ПЭВМ INTEL Celeron D336 2.8ГГц. - 5 шт.;
- компьютеры подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

#### Перечень программного обеспечения:

- Microsoft Windows;
- OpenOffice;
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows;
- 7-Zip;
- Google Chrome.

### 13.2. Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Освоение дисциплины лицами с ограниченными возможностями здоровья и инвалидами осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями слуха** предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы преподавания для обучающихся с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой занимаются обучающиеся с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями зрениями** предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеовеличителей для комфортного просмотра.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями опорно-двигательного аппарата** используются альтернативные устройства ввода информации и другие технические средства

приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы обучения для людей с инвалидностью.

#### 14. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины

##### 14.1. Содержание оценочных материалов и методические рекомендации

Для оценки степени сформированности и уровня освоения закрепленных за дисциплиной компетенций используются оценочные материалы в составе:

##### 14.1.1. Тестовые задания

1. Чему равно максимальное значение доверительной вероятности, если доверительный интервал  $l = 2\sigma(\bar{x})$ ?

- 1) 0,68;
- 2) 0,9;
- 3) 0,95;
- 4) 0,997.

2. Каков физический смысл стандартной (среднеквадратичной) погрешности?

- 1) используется при любом законе распределения случайных величин;
- 2) характеризует погрешность метода измерений или каждого отдельного измерения;
- 3) имеет смысл среднеквадратичной погрешности среднеарифметической величины;
- 4) характеризует систематическую погрешность.

3. Какой физический смысл среднеквадратичной погрешности среднего арифметического?

- 1) характеризует погрешность метода измерений;
- 2) характеризует систематическую погрешность;
- 3) характеризует случайную погрешность среднего арифметического;
- 4) используется при любом законе распределения случайных величин.

4. В каких случаях при записи суммарной погрешности измерений используется одна значащая цифра?

- 1) Всегда, эта цифра соответствует разряду сомнительной величины;
- 2) арифметические вычисления погрешности производят, используя три значащие цифры (при этом погрешность вычислений не превышает 1%): если первая значащая цифра меньше четырех;
- 3) если первая значащая цифра больше трёх;
- 4) если первая значащая цифра больше пяти.

5. Что такое доверительный интервал?

- 1) интервал значений, внутри которого находятся результаты измерений с заданной доверительной вероятностью;
- 2) вероятность (частота) появления данного результата измерений;
- 3) интервал значений, вероятность попадания внутрь которого равна 0,95;
- 4) интервал значений, вероятность попадания внутрь которого равна 0,997.

6. Нормальный закон распределения выражается формулой:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} * e^{-\frac{(x-\bar{x})^2}{2\sigma^2}}$$

Какой физический смысл коэффициентов  $\sigma$ ?

- 1) вероятность попадания внутрь доверительного интервала результатов измерений;
- 2) дисперсия (разброс) результатов измерений  $x$ ;
- 3) среднее квадратичное отклонение величины  $x$ ;
- 4) доверительный интервал при доверительной вероятности 0,95

7. Нормальный закон распределения случайных величин выражается формулой:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} * e^{-\frac{(x-\bar{x})^2}{2\sigma^2}}$$

Каков физический смысл  $f(x)$ ?

- 1) плотность вероятности - вероятность попадания в единичный интервал значений величины  $x$  вблизи результата измерений;
- 2) математическое ожидание величины  $x$ ;
- 3) среднеквадратичное отклонение величины  $x$ ;
- 4) частота появления именно такого результата измерения

8. Суммарная погрешность  $\Delta\varepsilon$  есть сумма систематической и случайной погрешностей: формула (1). Почему же при нахождении суммарной погрешности измерений используются только формула (2) и (3)?

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{\delta^2 + \sigma^2(\bar{x})} \quad (1)$$

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{\delta^2 + (2\sigma(\bar{x}))^2} \quad (2)$$

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{\delta^2 + (3\sigma(\bar{x}))^2} \quad (3)$$

где  $\delta$  - систематическая погрешность;

$\sigma(\bar{x})$  - среднеквадратичная среднего арифметического.

- 1)  $\Delta_{\Sigma}$ , полученная по формуле (1), имеет минимальную величину, что не соответствует действительности;
- 2)  $\Delta_{\Sigma}$  - (по формуле 3) имеет максимальную величину, что не всегда соответствует действительности;
- 3)  $\Delta_{\Sigma}$  - (по формуле 1) имеет малую надежность;
- 4) Доверительные вероятности  $\Delta_{\Sigma}(2)$  и  $\Delta_{\Sigma}(3)$   $\alpha \geq 0,9$  - это наиболее близкие значения  $\alpha$  систематической погрешности.

9. При оценке высказывающихся значений, какой уровень значимости (вероятность выпадения этого значения измеряемой величины) является критическим?

- 1) 0,1;
- 2) 0,05;
- 3) 0,025;
- 4) 0,01.

10. Чем отличается полный факторный эксперимент (ПФЭ) от дробного факторного эксперимента (ДФЭ)?

- 1) в ПФЭ учитываются все возможные факторы, влияющие на функцию отклика;
- 2) в ДФЭ не учитываются взаимодействия между факторами;
- 3) в ДФЭ учитываются взаимодействия между факторами;
- 4) в ДФЭ учитываются только три главных фактора, влияющие на функцию отклика.

11. Какое минимальное число экспериментов следует запланировать в линейной модели, если число учитываемых факторов  $K = 3$ ?

- 1) 6;
- 2) 8;
- 3) 10;

4) 16.

12. Какое минимальное число опытов следует запланировать в линейной модели, если число учитываемых факторов  $K = 3$  и используется минимальное число параллельных опытов?

- 1) 4;
- 2) 6;
- 3) 8;
- 4) 16.

13. Какие правила следует обязательно учитывать при построении матрицы планирования полного факторного эксперимента?

- 1) первая строка матрицы в столбцах, соответствующих рассматриваемым в эксперименте факторам ( $X_1$  и  $X_2$ ), заполняется безразмерным символом, соответствующим нижнему уровню значений фактора, т. е. символом (-);
- 2) первая строка матрицы в столбцах, соответствующих рассматриваемым в эксперименте факторам ( $X_1$  и  $X_2$ ), заполняется безразмерным символом, соответствующим верхнему уровню значений фактора, т. е. символом (+);
- 3) продолжение заполнения столбца, соответствующего первому фактору, производится со знаком (-);
- 4) продолжение заполнения столбцов производится последовательным чередованием противоположных знаков (+) и (-).

14. При использовании критерия Стьюдента вычисляется t-критерий по формуле:

1) 
$$t = \frac{|M(x) - \bar{x}|}{\sigma(x)};$$

2) 
$$t = \frac{|M(x) - \bar{x}|}{\sigma(\bar{x})};$$

3) 
$$t = \frac{\sigma(x)}{\sqrt{n}};$$

4) 
$$t = \frac{\sigma(\bar{x})}{\sqrt{n}};$$

где  $M(x)$  – математическое ожидание: например установка настроена на получение резисторы номиналом 1000 Ом – это значение и будет математическим ожиданием.

15. Самый простой способ выявления наиболее существенных факторов, влияющих на исследуемый процесс:

- 1) метод случайного баланса;
- 2) метод ранговой корреляции;
- 3) метод центрального композиционного рототабельного плана;
- 4) метод центрального композиционного ортогонального плана.

16. К Какой главной ошибке приводит неправильный выбор интервала варьирования исследуемого фактора?

- 1) неправильная оценка только коэффициента взаимодействия исследуемых факторов;
- 2) неправильный выбор математической модели;
- 3) неправильная оценка всех коэффициентов влияния в выбранной математической модели (завышенные или заниженные значения);
- 4) неправильная оценка числа опытов.

17. В математической статистике существует понятие «статистический вес». Какая величина аналогична этому понятию в теории погрешностей измерений?
- 1) доверительный интервал;
  - 2) доверительная вероятность;
  - 3) среднее арифметическое измеряемой величины;
  - 4) средняя квадратичная погрешность среднего арифметического.
18. Допустим, что зависимость функция отклика ( $Y$ ) от исследуемых факторов ( $X$ ) квадратичная. Чему должно быть равно минимальное число уровней варьирования?
- 1) 2;
  - 2) 3;
  - 3) 4;
  - 4) 5.
19. Какие результаты измерений считаются грубыми и их следует отбросить?
- 1) вероятность появления такого результата  $\alpha < 0,9$ ;
  - 2) вероятность появления такого результата  $\alpha < 0,5$ ;
  - 3) вероятность появления такого результата  $\alpha \leq 0,01$ ;
  - 4) вероятность появления такого результата  $\alpha \leq 0,1$ .
20. Допустим, модель исследуемого процесса является линейной функцией:  

$$Y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_{12}x_1x_2.$$

Какой из предложенных ниже ответов является верными?

- 1)  $b_0$  — коэффициент, характеризующий степень влияния случайных факторов на значение  $Y$  в центре плана;
- 2)  $b_1, b_2$  — коэффициенты, характеризующие степень влияния факторов  $x_1$  и  $x_2$  на функцию  $Y$ ;
- 3)  $b_{12}$  — коэффициент, равный произведению  $b_1$  и  $b_2$ ;
- 4)  $b_0$  — величина интервала варьирования

#### 14.1.2. Темы индивидуальных заданий

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

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

#### 14.1.3. Зачёт

Дисциплина считается зачтенной при освоении студентом следующих основных вопросов:

- 1) Методика физического эксперимента;

- 2) Определение погрешностей при однофакторном эксперименте;
- 3) Определение погрешностей при многофакторном эксперименте;
- 4) Вычисление систематических погрешностей при однофакторном эксперименте;
- 5) Вычисление случайных погрешностей при однофакторном эксперименте;
- 6) Оценка суммарной погрешности прямых измерений;
- 7) Погрешности косвенных измерений;
- 8) Особенности планирования многофакторного эксперимента;
- 9) Матрица планирования полного факторного эксперимента (ПФЭ);
- 10) Порядок статистической обработки результатов ПФЭ;
- 11) Сравнение результатов разных серий измерений (критерии Стьюдента, Фишера, Кохрена);
- 12) Дробный факторный эксперимент;
- 13) Центральные композиционные планы;
- 14) Центральный композиционный ортогональный план (ЦКОП);
- 15) Центральный композиционный рототабельный план (ЦКРП);
- 16) Статистическая проверка гипотез о свойствах эксперимента;
- 17) Порядок статистической обработки и анализ результатов полного факторного эксперимента
- 18) Выявление доминирующих факторов с помощью метода ранговой корреляции;
- 19) Применение однофакторного дисперсионного анализа для выявления факторов, оказывающих влияние на функцию отклика;
- 20) Метод сверхнасыщенных планов для выявления доминирующих факторов (метод случайного баланса).

#### **14.1.4. Темы опросов на занятиях**

Методика физического эксперимента. Выбор измерительных приборов. Обработка результатов эксперимента. Сравнение результатов разных серий измерений. Критерии Стьюдента и Фишера. Оценка погрешности косвенных измерений.

Выбор шага эксперимента. Построение матрицы планирования. Дробный факторный эксперимент.

Центральные композиционные планы: ЦКОП и ЦКРП. Матрицы планирования. Достоинства и недостатки планов.

Метод ранговой корреляции. Однофакторный дисперсионный анализ.

#### **14.1.5. Вопросы для подготовки к практическим занятиям, семинарам**

Распределения Пуассона, Гаусса. Систематические и случайные погрешности. Критерии Стьюдента и Фишера. Оценка суммарной погрешности косвенного измерения.

Построение матрицы планирования полного факторного эксперимента. Обработка результатов измерений полного факторного эксперимента.

#### **14.2. Требования к оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусмотрены дополнительные оценочные материалы, перечень которых указан в таблице 14.

Таблица 14 – Дополнительные материалы оценивания для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Категории обучающихся	Виды дополнительных оценочных материалов	Формы контроля и оценки результатов обучения
С нарушениями слуха	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы	Преимущественно письменная проверка
С нарушениями зрения	Собеседование по вопросам к зачету, опрос по терминам	Преимущественно устная проверка (индивидуально)
С нарушениями опорно-двигательного аппарата	Решение дистанционных тестов, контрольные работы, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету	Преимущественно дистанционными методами
С ограничениями по общемедицинским показаниям	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы, устные ответы	Преимущественно проверка методами исходя из состояния обучающегося на момент проверки

### **14.3. Методические рекомендации по оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

- в печатной форме;
- в печатной форме с увеличенным шрифтом;
- в форме электронного документа;
- методом чтения ассистентом задания вслух;
- предоставление задания с использованием сурдоперевода.

Лицам с ограниченными возможностями здоровья и инвалидам увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких обучающихся предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

- письменно на бумаге;
- набор ответов на компьютере;
- набор ответов с использованием услуг ассистента;
- представление ответов устно.

Процедура оценивания результатов обучения лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

#### **Для лиц с нарушениями зрения:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме увеличенным шрифтом.

#### **Для лиц с нарушениями слуха:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

#### **Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

При необходимости для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.