


Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Калининградский государственный технический университет»  
Балтийская государственная академия рыбопромыслового флота  
(ФГБОУ ВО «КГТУ»)  
БГАРФ

УТВЕРЖДАЮ

И. о. декана радиотехнического факультета  
 /Баженов В.А./

27 июня 2018 г.

Фонд оценочных средств для аттестации по дисциплине  
(приложение к рабочей программе дисциплины)

**«ЭЛЕКТРОННЫЕ ПРИБОРЫ СВЕРХВЫСОКИХ ЧАСТОТ»**  
(наименование дисциплины)

вариативной части образовательной программы  
**специалитета**

по специальности

**25.05.03 «Техническая эксплуатация транспортного радиооборудования»**  
(код и наименование специальности)

специализаций

**«Инфокоммуникационные системы на транспорте и их информационная защита»**  
(наименование специализации)

**«Техническая эксплуатация и ремонт радиооборудования промышленного флота»**  
(наименование специализации)

Факультет **радиотехнический (РТФ)**  
(наименование)

Кафедра **теоретических основ радиотехники (ТОР)**  
(наименование)

Калининград 2018

## 1. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И ЭТАПЫ ИХ ФОРМИРОВАНИЯ

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций, представленных в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Компетенции, формируемые в результате изучения дисциплины и этапы их формирования для всех специализаций и форм обучения

<b>Компетенции выпускника ОП ВО и этапы их формирования в результате изучения дисциплины</b>	<b>Знания, умения и навыки, характеризующие этапы формирования компетенций</b>
1	2
Способность к самоорганизации и самообразованию (ОК-7) Этапы формирования компетенции <b>ОК-7.1:</b> Способность к самоорганизации	<b>Должен знать:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• порядок проведения аудиторных занятий, основные формы проведения аудиторных занятий;</li><li>• форму отчетности по всем видам аудиторных занятий;</li><li>• форму отчетности по выполнению заданий на самостоятельную работу;</li></ul> <b>Должен уметь:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• планировать внеаудиторную работу путем составления планов с указанием сроков и объемов решаемых задач;</li><li>• осуществлять подбор литературы при выполнении заданий на самостоятельную работу;</li><li>• определять последовательность изучения отдельных разделов дисциплины для установления междисциплинарных связей;</li></ul> <b>Должен владеть:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• навыками конспектирования материала;</li><li>• навыками составления и представления рефератов и научно-исследовательских работ;</li><li>• навыками оформления отчетов, расчетно-графических работ.</li></ul>

Компетенции выпускника ОП ВО и этапы их формирования в результате изучения дисциплины	Знания, умения и навыки, характеризующие этапы формирования компетенций
1	2
<p>Способность возглавить проведение комплекса планово-предупредительных работ по обеспечению исправности, работоспособности и готовности транспортного радиоэлектронного оборудования, его силовых и энергетических систем к использованию по назначению с наименьшими эксплуатационными затратами (<b>ПК-1</b>)</p> <p>Этапы формирования компетенции:  <b>ПК-1.2:</b> Способность возглавить проведение комплекса планово-предупредительных работ по обеспечению исправности, работоспособности и готовности силовых и энергетических систем РЭО к использованию по назначению с наименьшими эксплуатационными затратами</p>	<p><b>Должен знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• регламентирующие документы для проведения комплекса планово-предупредительных работ по обеспечению исправности, работоспособности и готовности силовых и энергетических систем РЭО к использованию по назначению с наименьшими эксплуатационными затратами;</li> <li>• методы проведения комплекса планово-предупредительных работ по обеспечению исправности, работоспособности и готовности силовых и энергетических систем РЭО к использованию по назначению с наименьшими эксплуатационными затратами;</li> <li>• методики проведения комплекса планово-предупредительных работ по обеспечению исправности, работоспособности и готовности силовых и энергетических систем РЭО к использованию по назначению с наименьшими эксплуатационными затратами.</li> </ul> <p><b>Должен уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• подготовить документацию для проведения комплекса планово-предупредительных работ по обеспечению исправности, работоспособности и готовности силовых и энергетических систем РЭО к использованию по назначению с наименьшими эксплуатационными затратами;</li> </ul>

Компетенции выпускника ОП ВО и этапы их формирования в результате изучения дисциплины	Знания, умения и навыки, характеризующие этапы формирования компетенций
1	2
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• подготовить радиоэлектронное оборудование к проведению комплекса планово-предупредительных работ по обеспечению исправности, работоспособности и готовности силовых и энергетических систем РЭО к использованию по назначению с наименьшими эксплуатационными затратами;</li> <li>• возглавить проведение комплекса планово-предупредительных работ по обеспечению исправности, работоспособности и готовности силовых и энергетических систем РЭО к использованию по назначению с наименьшими эксплуатационными затратами.</li> </ul> <p><b>Должен владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• навыками подготовки документации для проведения комплекса планово-предупредительных работ по обеспечению исправности, работоспособности и готовности силовых и энергетических систем РЭО к использованию по назначению с наименьшими эксплуатационными затратами;</li> <li>• навыками подготовки радиоэлектронного оборудования к проведению комплекса планово-предупредительных работ по обеспечению исправности, работоспособности и готовности силовых и энергетических систем РЭО к использованию по назначению с наименьшими эксплуатационными затратами;</li> <li>• навыками проведения комплекса планово-предупредительных работ по обеспечению исправности, работоспособности и готовности силовых и энергетических систем РЭО к использованию по назначению с наименьшими эксплуатационными затратами.</li> </ul>

Компетенции выпускника ОП ВО и этапы их формирования в результате изучения дисциплины	Знания, умения и навыки, характеризующие этапы формирования компетенций
1	2
<p>Готовность к проведению испытаний и определению работоспособности установленного, эксплуатируемого и ремонтируемого транспортного радиоэлектронного оборудования (ПК-2)</p> <p>Этапы формирования компетенции:</p> <p><b>ПК-2.1:</b> Готовность к проведению испытаний установленного, эксплуатируемого и ремонтируемого транспортного радиоэлектронного оборудования</p>	<p><b>Должен знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• принципы проведения испытаний установленного, эксплуатируемого и ремонтируемого транспортного радиоэлектронного оборудования;</li> <li>• документацию при проведении испытаний установленного, эксплуатируемого и ремонтируемого транспортного радиоэлектронного оборудования</li> <li>• методы и методики проведения испытаний установленного, эксплуатируемого и ремонтируемого транспортного радиоэлектронного оборудования.</li> </ul> <p><b>Должен уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• грамотно составить перечень документов для проведения испытаний установленного, эксплуатируемого и ремонтируемого транспортного радиоэлектронного оборудования;</li> <li>• определить параметры и величины, подлежащие определению при проведении испытаний установленного, эксплуатируемого и ремонтируемого транспортного радиоэлектронного оборудования;</li> <li>• организовать проведение испытаний установленного, эксплуатируемого и ремонтируемого транспортного радиоэлектронного оборудования.</li> </ul> <p><b>Должен владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• навыками составления документации при проведении испытаний установленного, эксплуатируемого и ремонтируемого транспортного радиоэлектронного оборудования;</li> <li>• навыками выбора методов проведения испытаний установленного, эксплуатируемого и ремонтируемого транспортного радиоэлектронного оборудования;</li> </ul>

Компетенции выпускника ОП ВО и этапы их формирования в результате изучения дисциплины	Знания, умения и навыки, характеризующие этапы формирования компетенций
1	2
<p>Способность анализировать результаты технической эксплуатации транспортного радиоэлектронного оборудования, динамики показателей качества объектов профессиональной деятельности с использованием проблемно-ориентированных методов и средств исследований, а также разрабатывать рекомендации по повышению уровня эксплуатационно-технических характеристик (ПК-24)</p> <p>Этапы формирования компетенции:  <b>ПК-24.1:</b> Способность анализировать результаты технической эксплуатации транспортного радиоэлектронного оборудования, динамики показателей качества объектов профессиональной деятельности с использованием проблемно-ориентированных методов и средств исследований</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• навыками организации испытаний установленного, эксплуатируемого и ремонтируемого транспортного радиоэлектронного оборудования.</li> </ul> <p><b>Должен знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• показатели качества объектов профессиональной деятельности;</li> <li>• проблемно-ориентированные методы анализа результатов технической эксплуатации транспортного радиоэлектронного оборудования;</li> <li>• средства исследований результатов технической эксплуатации транспортного радиоэлектронного оборудования.</li> </ul> <p><b>Должен уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• анализировать результаты технической эксплуатации транспортного радиоэлектронного оборудования;</li> <li>• анализировать результаты динамики показателей качества объектов профессиональной деятельности;</li> <li>• использовать проблемно-ориентированные методы и средства исследований при анализе результатов технической эксплуатации транспортного радиоэлектронного оборудования и динамики показателей качества объектов профессиональной деятельности.</li> </ul> <p><b>Должен владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• навыками анализа результатов технической эксплуатации транспортного радиоэлектронного оборудования;</li> <li>• навыками анализа результатов динамики показателей качества объектов профессиональной деятельности;</li> </ul>

Компетенции выпускника ОП ВО и этапы их формирования в результате изучения дисциплины	Знания, умения и навыки, характеризующие этапы формирования компетенций
1	2
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• навыками анализа результатов технической эксплуатации транспортного радиоэлектронного оборудования и динамики показателей качества объектов профессиональной деятельности.</li> </ul>

В ходе изучения этой учебной дисциплины обучаемые должны:

**Знать:**

- Основные типы и классификацию электровакуумных и полупроводниковых приборов СВЧ диапазона;
- Устройство и основные физические принципы работы СВЧ приборов, их параметры и характеристики, условные обозначения;
- схемы включения источников питания, условия безопасной работы приборов СВЧ диапазона.

**Уметь:**

- Использовать полученные знания для правильного выбора режимов работы электронных приборов СВЧ, нахождения параметров приборов по их характеристикам и определения влияния режимов на параметры.

**Владеть:**

- Методами проведения измерений параметров и характеристик СВЧ приборов.

В таблице 1.2 приведено соответствие разделов изучаемой дисциплины реализуемому этапу формирования компетенции.

Таблица 1.2 – Соответствие разделов дисциплины «Электронные приборы СВЧ» реализуемому этапу формирования компетенции для всех форм обучения и всех специализаций

Раздел дисциплины	Этап формирования компетенции			
	ОК-7.1	ПК-1.2	ПК-2.1	ПК-24.1
Раздел 1. Введение		+		
Раздел 2. Особенности СВЧ диапазона		+	+	
Раздел 3. Электровакуумные приборы СВЧ	+		+	+
Раздел 4. Электронные приборы со скрещенными электрическим и магнитным полями	+		+	+
Раздел 5. Полупроводниковые приборы СВЧ	+		+	+
Раздел 6. Заключение		+	+	+

## **2. ПЕРЕЧЕНЬ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПОЭТАПНОГО ФОРМИРОВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО НЕЙ**

Контроль поэтапного формирования результатов освоения дисциплины курсантами очной формы обучения осуществляется в рамках текущего контроля и итоговой аттестации в ходе выполнения заданий на лабораторных занятиях, выполнении заданий на самостоятельную работу (СР), а также при сдаче экзамена в 4 семестре.

Контроль поэтапного формирования результатов освоения дисциплины студентами заочной формы обучения осуществляется в рамках текущего контроля и итоговой аттестации в ходе выполнения контрольной работы, заданий на лабораторных занятиях, выполнении заданий на самостоятельную работу (СР), а также при сдаче экзамена студентами заочной формы обучения во 2 сессию 3 курса.

### **2.1. Перечень тем лабораторных работ**

#### **Очная форма обучения**

- «Исследование отражательного клистрона» (ОК-7.1, ПК-2.1, ПК-24.1);
- «Исследование многорезонаторного магнетрона» (ОК-7.1, ПК-2.1, ПК-24.1);
- «Исследование диода Ганна» (ОК-7.1, ПК-2.1, ПК-24.1).

#### **Заочная форма обучения**

Во время сессии выполняется 1 из перечисленных работ по заданию преподавателя.

- «Исследование отражательного клистрона» (ОК-7.1, ПК-2.1, ПК-24.1);
- «Исследование многорезонаторного магнетрона» (ОК-7.1, ПК-2.1, ПК-24.1);
- «Исследование диода Ганна» (ОК-7.1, ПК-2.1, ПК-24.1).

Формирование результатов освоения дисциплины (РОД) в рамках лабораторных занятий осуществляется при выполнении лабораторных заданий в специализированной учебной лаборатории с использованием специализированной контрольно-измерительной аппаратуры. Контроль освоения осуществляется при защите отчетов по выполненным лабораторным работам на соответствующую тему и ответе на контрольные вопросы и задания из приведенного перечня.

### **2.2. Перечень тем контрольной работы для студентов заочной формы обучения**

Контрольная работа содержит 3 индивидуальных задания по темам 3.2, 3.4 и 4.1 (ОК-7.1, ПК-2.1, ПК-24.1).

Формирование результатов освоения дисциплины в рамках выполнения контрольной работы для студентов заочной формы обучения осуществляется при самостоятельном решении типовых задач по расчету основных параметров и характеристик электронных приборов СВЧ различного принципа действия и назначения. Контроль освоения осуществляется при защите контрольной работы.

### **2.3. Перечень тем самостоятельных работ**

#### **Очная форма обучения**

1. «Особенности СВЧ диапазона» (ПК-1.2, ПК-2.1)
  - Наведенный и полный токи электровакуумного диода СВЧ.
  - Ограничение возможности работы ламп с электростатическим управлением электронным потоком на СВЧ.
2. «Электровакуумные приборы СВЧ» (ПК-2.1, ПК-24.1)
  - Параметры, характеристики и применение пролётных клистронов.
  - Форма импульсов электронного тока, их разложение в ряд.
  - Использование пролетного клистрона в качестве умножителя частоты.
  - Параметры, характеристики и применение отражательных клистронов.



- Баланс амплитуд и баланс фаз.
  - Механическая и электронная перестройки частоты генерации отражательных клистронов.
  - Устройство лампы обратной волны (ЛОВ).
  - Принцип действия ЛОВ типа «О», взаимодействие в них поля и электронного потока.
  - Генераторы на ЛОВ типа «О», их основные характеристики, электронная перестройка частоты.
3. «Электронные приборы со скрещенными электрическим и магнитным полями» (ПК-2.1, ПК-24.1)
- Свойства многорезонаторной колебательной системы магнетрона, виды колебаний, их разделение.
  - Эквивалентная схема магнетрона.
  - Параметры и характеристики магнетрона.
  - Применение магнетронов.
  - Особенности конструкций магнетрона.
  - Электронные приборы магнетронного типа. Характеристики и параметры платиновых усилителей.
  - Лампы прямой и обратной волны типа «М», их устройство и принцип работы.
  - Основные характеристики и параметры ЛБВ и ЛОВ типа «М».
  - Особенности конструкций, применение ЛБВ и ЛОВ типа «М».
4. «Полупроводниковые приборы СВЧ» (ПК-2.1, ПК-24.1)
- Конструктивно-технологические способы повышения граничной частоты и мощности транзисторов СВЧ диапазона.
  - Схемы замещения СВЧ транзисторов.
  - Режимы работы и параметры генераторов на диодах Ганна, их применение.
  - Лавинно-пролетные диоды (ЛПД). Параметры и применение лавинно-пролетных диодов (ЛПД).

#### **Заочная форма обучения**

1. «Введение» (ПК-1.2)
- Краткая история развития электронных приборов сверхвысоких частот.
2. «Особенности СВЧ диапазона» (ПК-1.2, ПК-2.1)
- Основы работы приборов СВЧ.
  - Распространение токов по поверхности проводников. Отражение от объектов.
  - Сравнимость геометрических размеров электронных устройств с длиной электромагнитной волны.
  - Сравнимость времени движения электронов с периодом колебаний.
  - Угол пролета электронов между электродами, наведенный ток.
  - Наведенный и полный токи электровакуумного диода СВЧ.
  - Ограничение возможности работы ламп с электростатическим управлением электронным потоком на СВЧ.
  - Принцип динамического управления электронным потоком.
  - Классификация электронных приборов СВЧ.
3. «Электровакуумные приборы СВЧ» (ПК-2.1, ПК-24.1).
- Пролётные клистроны. Устройство, принцип действия, пространственно-временные диаграммы.
  - Параметры, характеристики и применение пролётных клистронов.
  - Форма импульсов электронного тока, их разложение в ряд.
  - Использование пролетного клистрона в качестве умножителя частоты.

- Отражательные клистроны. Устройство, принцип действия, пространственно-временные диаграммы.
  - Параметры и характеристики ОК, применение.
  - Баланс амплитуд и баланс фаз.
  - Механическая и электронная перестройки частоты генерации отражательных клистронов.
  - Принцип длительного взаимодействия электронного потока с бегущей электромагнитной волной.
  - Лампы бегущей волны (ЛБВ). Устройство, принцип действия.
  - Параметры и характеристики ЛБВ, применение.
  - Способы уменьшения шумов.
  - Лампы обратной волны (ЛОВ). Устройство и принцип действия ЛОВ типа «О», взаимодействие в них поля и электронного потока.
  - Генераторы на ЛОВ типа «О», их основные характеристики, электронная перестройка частоты.
4. «Электронные приборы со скрещенными электрическим и магнитным полями» (ПК-2.1, ПК-24.1)
- Магнетроны. Свойства многорезонаторной колебательной системы, виды колебаний, их разделение.
  - Особенности конструкций магнетрона. Устройство и принцип действия магнетронов, взаимодействие в них поля и электронного потока.
  - Эквивалентная схема магнетрона.
  - Параметры, характеристики и применение магнетрона.
  - Электронные приборы магнетронного типа.
  - Характеристики и параметры платинотронных усилителей.
  - Лампы прямой и обратной волны типа «М», их устройство и принцип работы.
  - Основные характеристики и параметры ЛБВ и ЛОВ типа «М».
  - Особенности конструкций, применение ЛБВ и ЛОВ типа «М».
5. «Полупроводниковые приборы СВЧ» (ПК-2.1, ПК-24.1)
- Транзисторы СВЧ диапазона.
  - Конструктивно-технологические способы повышения граничной частоты и мощности транзисторов СВЧ диапазона.
  - Схемы замещения СВЧ транзисторов.
  - Полупроводниковые диоды СВЧ.
  - Диоды Ганна. Эффект Ганна.
  - Режимы работы и параметры генераторов на диодах Ганна, их применение.
  - Лавинно-пролетные диоды (ЛПД). Параметры и применение лавинно-пролетных диодов (ЛПД).
6. «Заклучение» (ПК-1.2, ПК-2.1, ПК-24.1)
- Перспективы развития и совершенствования электронных приборов СВЧ диапазона.

Формирование РОД при выполнении заданий на СР осуществляется при работе обучающегося с рекомендованной основной и дополнительной литературой, а также интернет-ресурсами. Контроль освоения осуществляется при проверке качества конспекта, а также умения применить изученный материал при решении практических задач.

## 2.4. Итоговая аттестация

Допуск к итоговой аттестации осуществляется после сдачи всех текущих контролей, включающих защиту лабораторных работ, предусмотренных рабочей программой дисциплины. Итоговая аттестация проводится в виде экзамена в 4 семестре для курсантов очной формы обучения, во 2 сессию 3 курса для студентов заочной формы. Экзаменационные

билеты содержат 3 четко сформулированных вопроса по разным разделам дисциплины. Билеты для проведения экзамена обсуждаются и утверждаются на заседании кафедры.

Формирование РОД осуществляется при самостоятельной подготовке обучающихся к итоговой аттестации по вопросам, разработанным кафедрой, рассмотренным и утвержденным на заседании кафедры. Вопросы для ознакомления обучающимся выдаются заранее, но не позднее, чем за 1 месяц до начала проведения экзамена. Экзамен проводится во время экзаменационной сессии в соответствии с расписанием, составленным учебным отделом.

Накануне экзамена обучающиеся знакомятся с порядком его проведения, получают необходимые консультации.

Контроль освоения компетенций (ОК-7, ПК-1, ПК-2, ПК-24) осуществляется по качеству ответа на вопросы экзаменационного билета и дополнительные вопросы по программе дисциплины.

### 3. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ПОЭТАПНОГО ФОРМИРОВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1. Типовые контрольные задания и вопросы

##### 3.1.1. Лабораторная работа № 1 «Исследование отражательного клистрона»

###### Задание на самоподготовку

1. Изучить по конспекту лекций и рекомендуемой литературе:
  - устройство и принцип действия отражательного клистрона;
  - принцип динамического управления электронным потоком в клистронах;
  - основные параметры и характеристики отражательного клистрона.
2. Пользуясь методическими указаниями к работе, изучить функциональную схему лабораторного макета и порядок выполнения работы.
3. Изучить методику измерения мощности и частоты отражательного клистрона с помощью радиолокационного испытательного прибора типа ГК4-19А.

###### Лабораторное задание

Зная методику измерения мощности и частоты с помощью радиолокационного испытательного прибора ГК4-19А приступить к экспериментам.

1. Внешним осмотром лабораторной установки убедиться в правильности соединения макета и измерительных приборов. Атенюатор волновода, расположенного на макете клистронного генератора, установить в положение максимального затухания 100 делений. После необходимого прогрева подготовить измерительный прибор ГК4-19А к работе и откалибровать в соответствии с инструкцией по эксплуатации.

2. Исследовать влияние напряжения на отражателе на выходную мощность и частоту генерируемым клистроном колебаний. Для этого, вращая ручку потенциометра напряжения на отражателе, вначале проверить наличие зон генерации по отклонению стрелки индикатора выходной мощности прибора ГК4-19А, приоткрыв волноводный аттенюатор, чтоб стрелка индикатора выходной мощности прибора ГК4-19А не зашкаливала. После этого снять зависимость  $P = \varphi_1(U_{отр})$  и  $f = \varphi_2(U_{отр})$  для 2-х, 3-х зон генерации. Результаты занести в таблицу.

3. По полученным данным построить графики  $P = \varphi_1(U_{отр})$ ,  $f = \varphi_2(U_{отр})$  для полученных зон генерации.

4. По графикам определить ширину зоны генерации  $\Delta U_{отр}$ , диапазон  $\Delta f_{эл}$  и крутизну  $S_f$  перестройки частоты в каждой зоне генерации.

5. Исследовать влияние объема резонатора на частоту генерируемых клистроном колебаний в одной из зон генерации. Определить диапазон механической частоты. Для этого выбрать одну зону генерации. Установить напряжение на отражателе, соответствующее максимальной мощности (центр зоны генерации). Значение частоты для установленного напряжения можно взять из таблицы или измерить заново. Не изменяя напряжение на отражателе, поворачивать ручку «Установка частоты» против часовой стрелки до тех пор, пока показание индикатора выходной мощности прибора ГК4-19А не уменьшится в два раза. При этом положении ручки «Установка частоты» измерить частоту  $f_1$ . Потом ручку «Установка частоты» повернуть по часовой стрелке до показания индикатора выходной мощности прибора ГК4-19А  $0.5P_{max}$ . И при этом положении ручки «Установка частоты» измерить частоту  $f_2$ . Разность этих частот определит диапазон механической перестройки частоты исследуемого клистрона  $\Delta f_{max} = f_2 - f_1$ .

6. Сравните результаты полученных значений  $\Delta f_{эл}$  и  $\Delta f_{max}$  для одной и той же зоны генерации.

7. В выводах проанализировать полученные результаты.

## Контрольные вопросы к защите лабораторной работы

1. Объясните принцип динамического управления электронным потоком в приборах СВЧ.
2. Какой метод группирования электронного потока используется в отражательном клистроне? Объясните его принцип с помощью пространственно-временных диаграмм.
3. Устройство отражательного клистрона и назначение всех его элементов.
4. Объясните принцип действия отражательного клистрона.
5. Почему генерация в отражательном клистроне носит зонный характер? Зоны генерации, оптимальная величина времени пролета электронного сгустка. Условие генерации.
6. Объясните зависимость мощности генерируемых колебаний от напряжения на отражателе.
7. Основные характеристики и параметры отражательных клистронов. Электронная и механическая перестройка частоты, к.п.д.
8. Конструктивное исполнение, буквенное и условное графическое обозначения отражательных клистронов на принципиальных электрических схемах.
9. Применение отражательных клистронов.

### 3.1.2. Лабораторная работа № 2 «Исследования многорезонаторного магнетрона»

#### Задание на самоподготовку

1. Изучить по конспекту лекций и рекомендуемой литературе:
  - устройство и принцип действия магнетрона;
  - уяснить движение электронов в скрещенных электрическом и магнитном полях;
  - уяснить свойства многорезонаторной колебательной системы;
  - работу магнетрона в динамическом режиме, т.е. при наличии СВЧ полей в пространстве взаимодействия, образование «спиц», условие самовозбуждения.
2. Пользуясь методическими указаниями к работе, изучить функциональную схему лабораторного макета и порядок выполнения работы.
3. Изучить методику измерения мощности и частоты магнетрона с помощью радиолокационного испытательного прибора типа ГК4-19А.

#### Лабораторное задание

Зная методику измерения мощности и частоты с помощью радиолокационного испытательного прибора типа ГК4-19А, приступить к экспериментам.

1. Внешним осмотром лабораторной установки убедиться в правильности соединения макета и измерительных приборов. Атенюатор волновода, расположенного на макете магнетронного генератора, установить в положение максимального затухания 100 делений. После необходимого прогрева подготовить измерительный прибор ГК4-19А к работе и откалибровать в соответствии с инструкцией по эксплуатации.

2. Исследовать влияние анодного напряжения на выходную мощность и частоту генерируемых магнетроном колебаний. Для чего необходимо снять рабочие характеристики магнетрона (вольтамперные, зависимость выходной мощности, частоты генерации от анодного напряжения и тока магнетрона):  $U_A = \varphi_1(I_A)$  при  $V = \text{const}$ ,  $P = \varphi_1(I_A)$  при  $V = \text{const}$ ,  $f = \varphi_1(U_A)$  при  $V = \text{const}$ . Исследования данных зависимостей проводятся для трёх значений магнитной индукции  $B_1$ ,  $B_2$  и  $B_3$ , что соответствует делениям шунта 22, 10, 5. Наибольшее значение магнитной индукции соответствует 22 делениям шкалы шунта. Результаты занести в таблицу.

3. По полученным данным построить графики зависимостей  $U_A = \varphi_1(I_A)$  при  $V = \text{const}$ ,  $P = \varphi_1(I_A)$  при  $V = \text{const}$ ,  $f = \varphi_1(U_A)$  при  $V = \text{const}$ .

4. В выводах проанализировать полученные результаты.

5. Получить спектр (при  $V = V_{\text{max}}$ ) ВЧ колебаний генерируемых магнетроном на экране прибора ГК4-19А, работающего в режиме спектроанализатора. Определить ширину

спектра, зарисовать его форму и сделать вывод о характере высокочастотного импульса, генерируемого магнетроном.

### Контрольные вопросы к защите лабораторной работы

1. Что собой представляют многорезонаторные магнетроны в конструктивном исполнении? Нарисовать схему устройства многорезонаторного магнетрона с различными конструктивными исполнениями резонансной системы.

2. Объясните движение электронов в магнетроне под действием электрического поля анодного напряжения и магнитного поля, создаваемого постоянным магнитом.

3. Что понимают под критическим режимом? Нарисуйте параболу критического режима  $U_A = \varphi_1(B)$  и график зависимости  $I_A = \varphi_2(B)$  при  $U_A = \text{const}$ . Объяснить при этом физические процессы.

4. Какое значение магнитной индукции называют критическим  $B_{кр}$ ?

5. Виды колебаний в резонаторной системе магнетрона. Нарисуйте простейшую эквивалентную схему многорезонаторной системы.

6. Нарисуйте картину электрических полей в пространстве взаимодействия  $\delta$  – резонаторного магнетрона для  $\pi$ -вида  $n = \frac{N}{2}$  и соседнего  $n = \left(\frac{N}{2} - 1\right)$  вида колебаний.

7. Какой вид волны распространяется в магнетроне при  $\pi$ -видах колебаний? Поясните это с помощью пространственно-временной диаграммы.

8. Причины возбуждения побочного вида колебаний в магнетроне и методы их устранения/разделение видов колебаний.

9. Нарисовать и объяснить схему подключения связей для различных видов колебаний.

10. Объяснить взаимодействие электронного потока с высокочастотным полем резонаторов при  $U_A = \text{const}$  и  $B \geq B_{кр}$ . Объясните действие на электронный поток радиальной  $E_r$  и азимутальной  $E_\phi$  составляющих высокочастотного поля резонаторов.

11. Фазовые условия самовозбуждения магнетрона.

12. Как влияет анодное напряжение при фиксированном значении магнитной индукции на возбуждение колебаний в магнетроне?

13. Основные параметры многорезонаторных магнетронов, работающих в импульсном и непрерывном режимах.

14. Рабочие и нагрузочные характеристики многорезонаторного магнетрона.

15. Применение многорезонаторных магнетронов.

### 3.1.3. Лабораторная работа № 3 «Исследование диода Ганна»

#### Задание на самоподготовку

1. Изучить по конспекту лекций и рекомендуемой литературе:  
- особенности строения зоны проводимости арсенида галлия;  
- эффект Ганна;  
- процесс формирования дипольного домена в диоде Ганна;  
- режимы работы диода Ганна (пролётный, доменный, ограничения накопления объёмного заряда);

- конструкцию и параметры генераторов на диодах Ганна.

2. Пользуясь методическими указаниями к работе, изучить функциональную схему лабораторного макета и порядок выполнения работы.

3. Изучить методику измерения мощности и частоты магнетрона с помощью радиолокационного испытательного прибора типа ГК4-19А.

#### Лабораторное задание

Зная методику измерения мощности и частоты с помощью радиолокационного испытательного прибора типа ГК4-19А, приступить к экспериментам.

1. Внешним осмотром лабораторной установки убедиться в правильности соединения макета и измерительных приборов. Аттенюатор волновода, расположенного на макете генератора на диоде Ганна, установить в положение максимального затухания 100 делений. После необходимого прогрева подготовить измерительный прибор ГК4–19А к работе и откалибровать в соответствии с инструкцией по эксплуатации.

2. Снять вольтамперную характеристику диода Ганна при изменении напряжения на диоде от 0 до 10 В. Перед снятием вольтамперной характеристики механической перестройкой (винтом) необходимо устранить генерацию. Отсутствие генерации контролируется по показанию прибора ГК4-19А в режиме измерения мощности. При этом все аттенюаторы плавно полностью открываются. Если стрелочный прибор ГК4-19А, при полностью открытых волноводах, показывает 0, то генерация отсутствует. Ток измерять с помощью миллиамперметра, используя шкалу 750 мА. Результаты занести в таблицу.

3. По полученным данным на миллиметровой бумаге построить график зависимости  $I_d = \varphi_1 (U_d)$ . По графику определить участок с отрицательным дифференциальным сопротивлением. Определить значение  $U_d$ , при котором могут возникать колебания.

4. Снять зависимость частоты, мощности генерируемых колебаний и к.п.д. генератора на диоде Ганна от напряжения на диоде при напряжении на варикапе 20 В. Эту часть задания необходимо выполнить в режиме генерации диода Ганна (винт механической перестройки резонатора выведен). Полученные результаты занести в таблицу.

5. По полученным данным на миллиметровой бумаге построить графики зависимостей  $P = \varphi_1 (U_d)$ ,  $f = \varphi_2 (U_d)$ ,  $\eta = \varphi_3 (U_d)$  при  $U_{\text{вар}} = \text{const}$ . В выводах проанализировать полученные результаты.

6. Снять зависимость частоты, мощности генерируемых колебаний и к.п.д. генератора на диоде Ганна от напряжения на варикапе при напряжении на диоде 7 В. Полученные результаты занести в таблицу. По полученным данным построить графики зависимостей  $P = \varphi_1 (U_{\text{вар}})$ ,  $f = \varphi_2 (U_{\text{вар}})$ ,  $\eta = \varphi_3 (U_{\text{вар}})$  при  $U_d = \text{const}$  (7В) и сделать выводы.

1. Снять зависимость мощности, частоты генерируемых колебаний и к.п.д. генератора на диоде Ганна от положения винта механической перестройки резонатора при  $U_d = 7\text{В}$ ,  $U_{\text{вар}} = 20\text{В}$ . Полученные результаты занести в таблицу. По полученным данным построить графики  $P = \varphi_1 (l)$ ,  $f = \varphi_2 (l)$ ,  $\eta = \varphi_3 (l)$ .

2. Зарисовать частотный спектр колебаний генерируемых генератором на диоде Ганна при  $U_d = 7\text{В}$ ,  $U_{\text{вар}} = 20\text{В}$ .

3. В выводе проанализировать и объяснить все полученные результаты.

### **Контрольные вопросы к защите лабораторной работы**

1. Как измеряется мощность и частота генерируемых колебаний исследуемого генератора на диоде Ганна с помощью прибора ГК4-19А?

2. Какой полупроводниковый материал используется для изготовления диода Ганна? Назовите основные его параметры.

3. Какова особенность структуры зоны проводимости арсенида галлия? Объясните междолинный переход носителей заряда.

4. Объясните зависимость дрейфовой скорости носителей заряда от напряженности электрического поля.

5. Объясните зависимость тока через полупроводник с многодолинной структурой зоны проводимости от напряженности электрического поля.

6. Эффект Ганна. Время формирования домена.

7. Какова форма тока, протекающего через диод Ганна в пролётном режиме? От чего зависит частота генерируемых колебаний в пролётном режиме?

8. Объясните режимы работы с подавлением и задержкой доменов.

9. Объясните режим ограничения накопления объёмного заряда (ОНОЗ).

10. Технология изготовления, параметры и свойства диодов Ганна.

11. Конструкция и свойства генераторов на диодах Ганна.

### 3.1.4. Задание для самостоятельной работы по разделу «Электровакуумные приборы СВЧ» для курсантов очной формы обучения

Конспект по данному разделу должен в полной мере раскрывать следующие частные вопросы:

1. Форма импульсов электронного тока, их разложение в ряд.
2. Использование пролетного клистрона в качестве умножителя частоты.
3. Баланс амплитуд и баланс фаз.
4. Механическая и электронная перестройки частоты генерации отражательных клистронов.
5. Устройство и принцип действия ЛОВ типа «О», взаимодействие в них поля и электронного потока.
6. Генераторы на ЛОВ типа «О», их основные характеристики, электронная перестройка частоты.

### 3.1.5. Задание для самостоятельной работы по разделу «Электронные приборы со скрещенными электрическим и магнитным полями»

Конспект по данному разделу должен в полной мере раскрывать следующие частные вопросы:

1. Свойства многорезонаторной колебательной системы, виды колебаний, их разделение.
2. Особенности конструкций магнетрона.
3. Характеристики и параметры платинотронных усилителей.
4. Лампы прямой волны типа «М», их устройство и принцип работы.
5. Лампы обратной волны типа «М», их устройство и принцип работы.
6. Основные характеристики и параметры ЛБВ типа «М», особенности конструкций, применение.
7. Основные характеристики и параметры ЛОВ типа «М», особенности конструкций, применение.

### 3.1.6. Задание для самостоятельной работы по разделу «Полупроводниковые приборы СВЧ»

Конспект по данному разделу должен в полной мере раскрывать следующие частные вопросы:

1. Конструктивно-технологические способы повышения граничной частоты и мощности СВЧ транзисторов.
2. Схемы замещения СВЧ транзисторов.
3. Параметры и применение лавинно-пролетных диодов (ЛПД).
4. Режимы работы генераторов на диодах Ганна с подавлением и задержкой доменов.
5. Режим работы ограничения накопления объемного заряда (ОНОЗ) генераторов на диодах Ганна.
6. Режимы работы и параметры генераторов на диодах Ганна, их применение.
7. Конструкция и свойства генераторов на диодах Ганна.

### 3.1.7. Задания на контрольную работу для студентов заочной формы обучения

#### Задача № 1

В соответствии с заданными в табл. 3.1 исходными данными для отражательного клистрона определить следующее:

1. Оптимальную величину напряжения на отражателе  $U_{omp}$ , соответствующего максимуму колебательной мощности в зоне с номером  $n$ .
2. Максимальный электронный КПД  $\eta_{max}$  для заданной зоны  $n$ .
3. Угол пролета электронов в высокочастотном зазоре  $\theta_1$ .
4. Угол пролета центра сгустка от второй сетки к отражателю  $\theta_2$  и обратно.
5. Диапазон электронной перестройки  $\Delta f_{эл}$  в заданной зоне.



6. Крутизну электронной настройки  $S_f$  в заданной зоне.

Таблица 3.1

Последняя цифра номера зачетки	Предпоследняя цифра номера зачетки	Резонансная частота $f_{рез}$ , МГц	Ускоряющее напряжение $U_0$ , В	Расстояние между сетками резонатора $d$ , см	Расстояние от второй сетки резонатора до отражателя $D$ , см	Нагруженная добротность резонатора $Q_n$	Номер зоны генерации $n$
0	0 – 4	9000	250	0,035	0,18	90	5
	5 – 9	9900	300	0,035	0,18	100	4
1	0 – 4	9050	350	0,035	0,18	110	4
	5 – 9	9150	400	0,035	0,18	120	3
2	0 – 4	9200	300	0,035	0,18	130	3
	5 – 9	9100	250	0,035	0,18	140	4
3	0 – 4	9250	300	0,035	0,18	150	3
	5 – 9	9350	400	0,035	0,18	160	2
4	0 – 4	9400	400	0,03	0,15	170	3
	5 – 9	9300	350	0,03	0,15	180	2
5	0 – 4	9600	250	0,03	0,15	190	4
	5 – 9	9500	400	0,03	0,15	200	3
6	0 – 4	9650	450	0,03	0,15	210	1
	5 – 9	9550	300	0,03	0,15	220	3
7	0 – 4	9800	350	0,03	0,15	230	3
	5 – 9	9700	400	0,03	0,15	240	2
8	0 – 4	9850	450	0,04	0,2	180	3
	5 – 9	9750	500	0,04	0,2	250	4
9	0 – 4	10000	400	0,04	0,2	200	5
	5 – 9	9450	300	0,04	0,2	150	4

Задача № 2

На основании заданных в таблице 3.2 исходных данных для лампы бегущей волны (ЛБВ) типа «О», работающей в режиме усиления, вычислить следующие энергетические параметры:

1. Оптимальное ускоряющее напряжение  $U_{0opt}$  на спирали замедляющей системы, соответствующее максимальному усилению в режиме малого сигнала.
2. Коэффициент усиления мощности  $K_{полн}$  в том же режиме. Данные для расчета помещены в табл. 2.
3. Электронный КПД  $\eta_e$ . Укажите, какие существуют способы его повышения.

Таблица 3.2

Последняя цифра номера зачетки	Предпоследняя цифра номера зачетки	Средняя частота $f_{cp}$ , МГц	Ток луча $I_0$ , мА	Радиус спирали $r$ , см	Шаг спирали $h$ , см	Сопротивление связи спирали, $R_{св}$ , Ом	Антенная длина спирали, $l$ , см	Коэффициент затухания спирали $L$ , дБ
0	0 – 4	3000	12	0,15	0,05	50	7	4
	5 – 9	3500	15	0,15	0,05	55	7	4
1	0 – 4	2500	18	0,15	0,05	60	7	4
	5 – 9	3000	12	0,20	0,05	75	7	8
2	0 – 4	4000	15	0,20	0,05	50	7	8
	5 – 9	3500	18	0,20	0,05	50	7	8
3	0 – 4	4000	16	0,15	0,05	70	8	8
	5 – 9	3000	16	0,15	0,05	55	8	9

Продолжение таблицы 3.2

Последняя цифра номера зачетки	Предпоследняя цифра номера зачетки	Средняя частота $f_{cp}$ , МГц	Ток луча $I_0$ , мА	Радиус спирали $r$ , см	Шаг спирали $h$ , см	Сопротивление связи спирали, $R_{св}$ , Ом	Антенная длина спирали, $l$ , см	Коэффициент затухания спирали $L$ , дБ
4	0 – 4	3000	18	0,20	0,05	90	9	4
	5 – 9	2000	16	0,24	0,06	95	7,5	8
5	0 – 4	3580	17	0,17	0,06	60	9	10
	5 – 9	3000	14	0,18	0,06	65	7	6
6	0 – 4	2500	16	0,19	0,07	70	8	4
	5 – 9	3500	17	0,20	0,08	75	9	7
7	0 – 4	3000	18	0,21	0,09	80	8,5	5
	5 – 9	3000	15	0,22	0,08	85	7	4
8	0 – 4	2000	18	0,23	0,07	90	8	8
	5 – 9	3000	14	0,23	0,09	50	8	10
9	0 – 4	2500	19	0,23	0,07	85	8	4
	5 – 9	3000	18	0,24	0,06	55	8	5

## Задача № 3.

В плоском магнетроне анодное напряжение  $U_a$ , индукция магнитного поля  $B$ , расстояние между анодом и катодом  $d$ . Электроны вылетают из катода с нулевой скоростью и движутся по циклоиде, которую описывает катящийся круг радиуса  $R$ , центр которого перемещается со скоростью  $V_{ц}$ . Циклотронная круговая частота  $\omega_{ц}$ . Полное время пролета электрона от катода до вершины циклоидной орбиты и снова на катод  $\tau$ .

При заданных в табл. 3 или полученных при решении остальных параметров:

1. найти критическое значение магнитной индукции  $B_{кр}$ ;
2. определить, как изменится значение критической индукции  $B_{кр}$ , если, сохраняя все остальные параметры, увеличить расстояние между катодом и анодом в три раза;
3. среднюю скорость электронов  $V_{e\text{ ср}}$
4. электронный КПД  $\eta_e$  при  $B = B_{кр}$ ;

Данные задачи сведены в таблице 33.. Знак вопроса в таблице означает, что значение этой величины необходимо определить.

Таблица 3.3

Последняя цифра номера зачетки	Предпоследняя цифра номера зачетки	Параметры						
		$U_a$ , В	$B$ , Вб/м <sup>2</sup>	$d$ , мм	$R$ , мкм	$V_{ц}$ , м/с	$\omega_{ц}$ , рад/с	$\tau$ , нс
0	0 – 4	2500	0,3	3	?	?	?	?
	5 – 9	1000	0,2	3	?	?	?	?
1	0 – 4	500	0,2	2	?	?	?	?
	5 – 9	?	0,2	1,5	47	?	?	?
2	0 – 4	?	0,2	1,5	39	?	?	?
	5 – 9	?	0,2	2	50	?	?	?
3	0 – 4	?	?	2	?	$0,83 \times 10^6$	?	90
	5 – 9	?	?	3	?	$0,83 \times 10^6$	?	110
4	0 – 4	500	?	1,5	?	?	$10,6 \times 10^{10}$	?
	5 – 9	2000	?	2	?	?	$10,6 \times 10^{10}$	?
5	0 – 4	1000	0,3	?	63	?	?	?
	5 – 9	2000	0,2	?	56	?	?	?

Последняя цифра номера зачетки	Предпоследняя цифра номера зачетки	Параметры						
		$U_a, В$	$B, Вб/м^2$	$d, мм$	$R, мкм$	$V_{ц}, м/с$	$\omega_{ц}, рад/с$	$\tau, нс$
6	0 – 4	1000	?	?	?	$3,5 \times 10^6$	$3,5 \times 10^{10}$	?
	5 – 9	2500	?	?	?	$4,5 \times 10^6$	$4,5 \times 10^{10}$	?
7	0 – 4	?	?	1,5	36	?	$7,1 \times 10^{10}$	?
	5 – 9	2000	?	?	?	$1,7 \times 10^6$	?	60
8	0 – 4	1000	0,3	?	47	?	?	?
	5 – 9	3000	0,3	2	?	?	?	?
9	0 – 4	1000	?	2	32	?	?	120
	5 – 9	1500	?	3	36	?	?	100

### 3.2. Методические материалы, определяющие процедуры использования оценочных средств

Изучение дисциплины «Электронные приборы СВЧ» сопровождается рейтинговой системой контроля знаний курсантов очной формы обучения. Для студентов заочной формы обучения применить рейтинговую систему невозможно, поэтому во время лабораторно-экзаменационной сессии они должны защитить выполненную контрольную работу, прослушать лекции, выполнить лабораторную работу, оформить отчет по ней и защитить лабораторную работу, тогда они будут допущены к сдаче экзамена. Экзамен сдается по тем же критериям, что и на очной форме обучения.

Рейтинговая система контроля и оценки знаний курсантов очной формы обучения – это комплекс учебных, организационных и методических мероприятий, направленных на обеспечение систематической творческой работы курсантов, повышение самостоятельности и состязательности учебы. Она обеспечивает реализацию принципов обратной связи в процессе учебы и включает в себя:

1. схему контрольных мероприятий;
2. критерии оценки знаний, умений и навыков.

Максимальное количество баллов (рейтинг), которое может получить курсант, определяется количеством часов, отводимых на изучение данной дисциплины – 144.

Схема контрольных мероприятий для курсантов очной формы обучения приведена в таблице 3.4.

Таблица 3.4 – Схема контрольных мероприятий для курсантов очной формы обучения

Этапы контрольных мероприятий	Вид контрольного мероприятия					
	ЛР	СР	Посещение занятий	Компонент своевременности	Экзамен	Итого
ТК1*	25	–	2	3	–	30
ТК2	25	–	2	3	–	30
ТК3	25	–	2	3	–	30
ТК4	–	7	–	2	–	9
ТК5	–	7	–	2	–	9
ТК6	–	7	–	2	–	9
ИА	–	–	–	–	27	27
Итого	75	21	6	15	27	144

\*ТК – текущий контроль, включающий выполнение и защиту лабораторных работ (ТК1 – ТК3); проработку тем, вынесенных на самостоятельное изучение (ТК4 – ТК6); ИА – промежуточная аттестация по ОП, включающая сдачу экзамена по дисциплине в 4 семестре.

В таблице 3.5 представлено соответствие рейтинговых баллов и оценки по 4-х балльной шкале, выставляемых за каждый этап контрольного мероприятия.

Таблица 3.5

Оценка	Этапы контрольных мероприятий							
	ТК1	ТК2	ТК3	ТК4	ТК5	ТК6	Итого до ИА	ИА
неудовлетворительно	0-18	0-18	0-18	0-5	0-5	0-5	0-69	0-16
удовлетворительно	19-23	19-23	19-23	6-7	6-7	6-7	70-95	17-20
хорошо	24-27	24-27	24-27	8	8	8	96-110	21-24
отлично	28-30	28-30	28-30	9	9	9	111-117	25-27

### Критерии выставления оценок за лабораторные работы

Оценка «отлично» выставляется, если курсант показал глубокие знания и понимание программного материала по теме лабораторной работы, умело увязывает лекционный материал с практикой, грамотно и логично строит ответ на контрольные вопросы.

Оценка «хорошо» выставляется, если курсант твердо знает программный материал по теме лабораторной работы, грамотно его излагает, не допускает существенных неточностей в ответе на контрольные вопросы. Правильно применяет полученные знания при решении практических вопросов.

Оценка «удовлетворительно» выставляется, если курсант имеет знания только основного материала по поставленным контрольным вопросам, но не усвоил его деталей, для принятия правильного решения требует наводящих вопросов, допускает отдельные неточности или недостаточно четко излагает учебный материал по теме лабораторной работы.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется, если курсант допускает грубые ошибки в ответе на контрольные вопросы, не может применять полученные знания на практике.

### Критерии выставления оценок за самостоятельную работу

Оценка «отлично» выставляется, если курсант показал глубину проработки темы самостоятельной работы, умело привязывает материал к области практического применения и показал высокий уровень освоения изложенного материала.

Оценка «хорошо» выставляется, если курсант показал глубину проработки темы самостоятельной работы, умело привязывает материал к области практического применения, показал достаточно высокий уровень освоения изложенного материала, однако при оформлении конспекта допускает немногочисленные ошибки.

Оценка «удовлетворительно» выставляется, если курсант показал глубину проработки темы самостоятельной работы, показал удовлетворительный уровень освоения изложенного материала, однако не увязывает изложенный материал с областью практического применения, при оформлении конспекта допускает грубые ошибки.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется, если курсант провел поверхностное изучение темы самостоятельной работы, показал неудовлетворительный уровень освоения изложенного материала, не увязывает изложенный материал с областью практического применения, при оформлении конспекта допускает грубые ошибки.

### **Критерии выставления оценок за контрольную работу**

Оценка «отлично» выставляется студенту, если он выполнил контрольную работу согласно предъявляемым требованиям, в полном объеме, без ошибок, своевременно. При защите правильно отвечает на все поставленные вопросы.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он выполнил контрольную работу согласно предъявляемым требованиям, в полном объеме, с небольшими корректировками, своевременно. При защите правильно отвечает на большинство поставленных вопросов.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он выполнил контрольную работу согласно предъявляемым требованиям, в полном объеме, с ошибками, проявил недостаточную пунктуальность в сроках сдачи. При защите дает правильные ответы только на вопросы, связанные с понятийным аппаратом дисциплины.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если не выполнены требования критериев удовлетворительной оценки.

### **Критерии выставления оценок на экзамене**

Оценка «отлично» выставляется, если курсант (студент) показал глубокие знания и понимание программного материала по поставленному вопросу, умело увязывает его с практикой, владеет терминологией, грамотно и отлично строит ответ, быстро принимает оптимальные решения при решении практических вопросов.

Оценка «хорошо» выставляется, если курсант (студент) твердо знает программный материал, грамотно его излагает, не допускает существенных неточностей в ответе на вопрос, владеет терминологией, правильно применяет полученные знания при решении практических вопросов.

Оценка «удовлетворительно» выставляется, если курсант (студент) имеет знания только основного материала по поставленному вопросу, но не усвоил деталей, требует в отдельных случаях наводящего вопроса для принятия правильного решения, допускает отдельные неточности.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется, если курсант (студент) допускает грубые ошибки в ответе на поставленный вопрос, не может применить полученные знания на практике.

Итоговая оценка за экзамен выводится по трем частным оценкам как среднее арифметическое с округлением в меньшую или большую сторону в зависимости от дробной части.

Если суммарный рейтинговый балл, набранный курсантом за этапы контрольных мероприятий, предшествующих ИА, соответствует категории «отлично», то курсант может быть освобожден от сдачи экзамена с выставлением ему оценки «отлично».

Если суммарный рейтинговый балл, набранный курсантом за этапы контрольных

мероприятий, предшествующих ИА, соответствует категории «хорошо», то курсант может быть освобожден от сдачи экзамена с выставлением ему оценки «хорошо», либо курсант проходит ИА с целью повышения оценки до «отлично».

Если суммарный рейтинговый балл, набранный курсантом за этапы контрольных мероприятий, предшествующих ИА, соответствует категории «удовлетворительно», то курсант проходит ИА на общих основаниях.

Если суммарный рейтинговый балл, набранный курсантом за этапы контрольных мероприятий, предшествующих ИА, соответствует категории «неудовлетворительно», то курсант проходит ИА на следующих основаниях:

1) при условии положительного результата прохождения ИА курсанту выставляется оценка «удовлетворительно», если курсант дополнительно дает ответы соответствующего уровня на контрольные вопросы и задания по тем этапам контроля, по которым имеет неудовлетворительную оценку;

2) при условии положительного результата прохождения ИА курсанту выставляется оценка «хорошо» или «отлично», если курсант дополнительно дает ответы соответствующего уровня на контрольные вопросы и задания по тем этапам контроля, по которым имеет оценку «удовлетворительно» или «неудовлетворительно».

#### **4. ТИПОВЫЕ ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ**

1. Особенности СВЧ-диапазона. Требования к приборам СВЧ.
2. Классификация электронных приборов СВЧ.
3. Принцип динамического управления электронным потоком.
4. Угол пролета электронов между электродами, наведенный и конвекционный токи.
5. Уравнение наведённого тока в диодах.
6. Наведенный и полный токи электровакуумного диода СВЧ.
7. Двухрезонаторный пролётный клистрон: устройство, принцип работы, пространственно-временная диаграмма.
8. Модуляция электронов по скорости.
9. Модуляция электронов по плотности. Формирование электронных сгустков.
10. Форма импульсов конвекционного тока в двухрезонаторном клистроне.
11. Параметры, характеристики и применение двухрезонаторных пролётных клистронов.
12. Многорезонаторный пролётный клистрон: устройство, принцип действия, пространственно-временная диаграмма.
13. Многорезонаторный пролётный клистрон: особенности работы, характеристики, применение.
14. Отражательный клистрон: устройство, принцип действия, пространственно-временная диаграмма.
15. Области (зоны) генерации отражательных клистронов. Условие генерации.
16. Электронная и механическая перестройки частоты отражательных клистронов.
17. Параметры, характеристики и применение отражательных клистронов.
18. Лампы бегущей волны типа «О»: принцип длительного взаимодействия с электронным потоком, условие синхронизма.
19. Лампы бегущей волны типа «О»: виды и назначение замедляющих систем.
20. Устройство и принцип работы ЛБВ типа «О».
21. Параметры и характеристики ЛБВ типа «О».
22. Частотные, фазовые и шумовые характеристики ЛБВ. Способы уменьшения шумов.
23. Генераторы на ЛБВ типа «О».
24. Устройство и принцип действия многорезонаторного магнетрона. Конструктивное исполнение резонансной системы.

25. Движение электронов в скрещенных электромагнитных полях в отсутствие СВЧ колебаний.
26. Что называют критическим режимом? Парабола критического режима и зависимость анодного тока от магнитной индукции при постоянном анодном напряжении.
27. Замедляющая система магнетрона. Эквивалентная схема замедляющей системы.
28. Частота колебаний магнетрона.
29. Виды колебаний в резонаторной системе магнетрона.
30. Причины возбуждения побочного вида колебаний в магнетроне и методы их устранения. Разделение видов колебаний.
31. Движение электронов в пространстве взаимодействия с СВЧ полем, образование электронных «спиц», обмен энергией.
32. Условие синхронизма магнетрона.
33. Параметры, рабочие и нагрузочные характеристики магнетрона.
34. Платинотрон: устройство, принцип работы и применение.
35. Особенности структуры зоны проводимости GaAs, образование доменов.
36. Зависимость тока через полупроводник с многодолинной структурой зоны проводимости от напряженности электрического поля.
37. Зависимость скорости электронов в полупроводнике с многодолинной структурой зоны проводимости от напряженности электрического поля.
38. Эффект Ганна. Форма тока в пролетном режиме. Частота генерируемых колебаний.
39. Режим работы диода Ганна с задержкой образования домена.
40. Режим работы диода Ганна с подавлением домена.
41. Режим ограниченного накопления объемного заряда в диоде Ганна.
42. Гибридный режим работы генераторов на диоде Ганна.
43. Параметры и свойства генераторов на диодах Ганна.
44. Особенности устройства и применения диодов Ганна.
45. Режимы работы генераторов на диодах Ганна, их особенности и применение.
46. Конструктивное исполнение, параметры и свойства генераторов на диодах Ганна.

### Формат сведений о ФОС и его согласовании

Фонд оценочных средств для аттестации по дисциплине представляет собой приложение к рабочей программе дисциплины

«Электронные приборы СВЧ»

(наименование дисциплины)

образовательной программы специалитета по направлению подготовки (по специальности) специалитета по специальности 25.05.03 Техническая эксплуатация транспортного радиооборудования и специализациям 25.05.03 «Техническая эксплуатация и ремонт радиооборудования промышленного флота», 25.05.03 «Инфокоммуникационные системы на транспорте и их информационная защита» и соответствует учебному плану, утвержденному 31 января 2018 г. и действующему для курсантов (студентов), принятых на первый курс, начиная с 2013 г.

Автор (ы) фонда – доцент кафедры ТОР Юшк Юшкевич Н.Ф.

Фонд оценочных средств рассмотрен и одобрен на заседании кафедры теоретических основ радиотехники

(протокол № 10 от 20 июня 2018 г.)

И. о. заведующего кафедрой Коротей /Е.В. Коротей/

Фонд оценочных средств рассмотрен и одобрен на заседании методической комиссии радиотехнического факультета

(протокол № 6 от 27 июня 2018 г.)

Председатель методической комиссии Жестовский /А. Г. Жестовский/

Согласовано  
начальник отдела  
мониторинга и контроля

Борисевич /Ю. В. Борисевич/