



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

УТВЕРЖДАЮ
Директор института

Фонд оценочных средств
(приложение к рабочей программе дисциплины)
«АНТЕННЫ И УСТРОЙСТВА СВЕРХВЫСОКИХ ЧАСТОТ»

основной профессиональной образовательной программы специалитета
по специальности

**25.05.03 ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ ТРАНСПОРТНОГО
РАДИООБОРУДОВАНИЯ**

Специализации программы
**«Техническая эксплуатация и ремонт радиоборудования промышленного флота»
«Информационно-телекоммуникационные системы на транспорте
и их информационная защита»**

ИНСТИТУТ
РАЗРАБОТЧИК

Морской
кафедра судовых радиотехнических систем

1 РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ, ПЕРЕЧЕНЬ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

Результаты освоения дисциплины представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с компетенциями

Код и наименование компетенции	Результаты обучения, соотнесенные с компетенциями
ПК-3: Способен осуществлять поиск и устранение неисправностей в работе оборудования радиосвязи на судовых станциях связи	<p><u>Знать:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - назначение, классификацию, характеристики и параметры антенн; - устройство, принцип действия, области применения и методы инженерного расчёта характеристик и параметров основных типов проволочных антенн (симметричный и несимметричный вибраторы, Г- и Т-образные антенны, рамочные антенны, директорные антенны, логопериодические антенны, спиральные антенны, антенны бегущей волны); - основные особенности взаимного влияния антенн; основные особенности влияния земной поверхности на характеристики и параметры антенн; - устройство, принцип действия, области применения и методы инженерного расчёта характеристик и параметров основных типов щелевых антенн; - устройство, принцип действия, области применения и методы инженерного расчёта характеристик и параметров основных типов апертурных антенн (волноводно-рупорные антенны, зеркальные антенны); - классификацию, параметры и особенности основных режимов излучения антенных решёток; - основные принципы построения антенных систем с управляемой диаграммой направленности, классификацию и параметры таких систем, основные методы и схемы их построения, области их применения; - требования к направленным свойствам антенн различного назначения; - назначение, классификацию, устройство, параметры и области применения фидерных линий; - виды согласования в антенно-фидерных трактах и методы их реализации в различных диапазонах частот (СЧ, ВЧ, ОВЧ, УВЧ, СВЧ); - конструкции согласующих и симметрирующих устройств, используемых для каждого вида согласования в различных диапазонах частот (СЧ, ВЧ, ОВЧ, УВЧ, СВЧ);

Код и наименование компетенции	Результаты обучения, соотнесенные с компетенциями
	<p>- разновидности СВЧ устройств антенно-фидерной техники и их назначение.</p> <p><u>Уметь:</u></p> <p>- проводить инженерные расчеты характеристик и параметров антенн различных типов, как аналитически, так и с использованием пакета прикладных программ MathCAD;</p> <p>- ремонт и техническое обслуживание связанных антенн.</p> <p><u>Владеть:</u></p> <p>- навыками проведения модельных исследований характеристик и параметров антенн различных типов с использованием пакетов прикладных программ MathCAD;</p> <p>- навыками выполнения измерений характеристик и параметров антенн;</p> <p>- навыками выполнения измерений параметров фидерных линий и элементов антенно-фидерных трактов различного назначения.</p> <p>- навыками определения неисправностей в функционировании антенно-фидерных устройств судовых станций радиосвязи и их устранением.</p>
<p>ПК-4: Способен осуществлять ввод в эксплуатацию, техническое обслуживание и текущий ремонт радиоэлектронных систем</p>	<p><u>Знать:</u></p> <p>- технические характеристики и экономические показатели отечественных и зарубежных разработок в области антенно-фидерных устройств и устройств СВЧ радиоэлектронных систем;</p> <p><u>Уметь:</u></p> <p>- выполнять технические расчеты основных показателей антенно-фидерных устройств, в том числе диапазона СВЧ, с применением средств вычислительной техники, оценивать их техническое состояние, результаты регламентного обслуживания;</p> <p><u>Владеть:</u></p> <p>- навыками тестирования, обслуживания и обеспечения бесперебойной работы антенно-фидерных устройств и блоков СВЧ радиоэлектронных систем различного назначения.</p>
<p>ПК-9: Способен выполнять действия, связанные с эксплуатацией, профилактическим ремонтом и обслуживанием оборудования радионавигационных и радиолокационных систем</p>	<p><u>Знать:</u></p> <p>- возможные причины возникновения эксплуатационных дефектов радиолокационного и радионавигационного оборудования;</p> <p><u>Уметь:</u></p> <p>- находить, анализировать и исследовать информацию, необходимую для обнаружения эксплуатационных дефектов радиолокационного оборудования;</p> <p><u>Владеть:</u></p>

Код и наименование компетенции	Результаты обучения, соотнесенные с компетенциями
	навыками анализа причин возникновения эксплуатационных дефектов радиолокационного оборудования и подготовки предложений по их дальнейшему исключению.

1.2 К оценочным средствам текущего контроля успеваемости относятся:

- тестовые задания открытого и закрытого типа с ключами правильных ответов;
- задания по контрольным работам;
- задания по расчетно-графической работе.

К оценочным средствам для промежуточной аттестации относятся:

- экзаменационные задания по дисциплине, представленные в виде тестовых заданий закрытого и открытого типов с ключами правильных ответов.

1.3 Критерии оценки результатов освоения дисциплины

Универсальная система оценивания результатов обучения включает в себя системы оценок: 1) «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно»; 2) «зачтено», «не зачтено»; 3) 100 – балльную/процентную систему и правило перевода оценок в пятибалльную систему (табл. 2).

Таблица 2 – Система оценок и критерии выставления оценки

Система оценок	2	3	4	5
	0-40%	41-60%	61-80 %	81-100 %
Критерий	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»
	«не зачтено»	«зачтено»		
1 Системность и полнота знаний в отношении изучаемых объектов	Обладает частичными и разрозненными знаниями, которые не может научно- корректно связывать между собой (только некоторые из которых может связывать между собой)	Обладает минимальным набором знаний, необходимым для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает набором знаний, достаточным для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает полной знаний и системным взглядом на изучаемый объект
2 Работа с информацией	Не в состоянии находить необходимую информацию, либо в состоянии находить отдельные фрагменты информации в рамках поставленной	Может найти необходимую информацию в рамках поставленной задачи	Может найти, интерпретировать и систематизировать необходимую информацию в рамках поставленной задачи	Может найти, систематизировать необходимую информацию, а также выявить новые, дополнительные источники информации в рам-

Система оценок Критерий	2	3	4	5
	0-40%	41-60%	61-80 %	81-100 %
	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»
	«не зачтено»	«зачтено»		
	задачи			как поставленной задачи
3 Научное осмысление изучаемого явления, процесса, объекта	Не может делать научно корректных выводов из имеющихся у него сведений, в состоянии проанализировать только некоторые из имеющихся у него сведений	В состоянии осуществлять научно корректный анализ предоставленной информации	В состоянии осуществлять систематический и научно корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные задаче данные	В состоянии осуществлять систематический и научно-корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные поставленной задаче данные, предлагает новые ракурсы поставленной задачи
4 Освоение стандартных алгоритмов решения профессиональных задач	В состоянии решать только фрагменты поставленной задачи в соответствии с заданным алгоритмом, не освоил предложенный алгоритм, допускает ошибки	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом, понимает основы предложенного алгоритма	Не только владеет алгоритмом и понимает его основы, но и предлагает новые решения в рамках поставленной задачи

1.4 Оценивание тестовых заданий закрытого типа осуществляется по системе зачтено/не зачтено («зачтено» – 41-100% правильных ответов; «не зачтено» – менее 40 % правильных ответов) или пятибалльной системе (оценка «неудовлетворительно» – менее 40 % правильных ответов; оценка «удовлетворительно» – от 41 до 60 % правильных ответов; оценка «хорошо» – от 61 до 80% правильных ответов; оценка «отлично» – от 81 до 100 % правильных ответов).

Тестовые задания открытого типа оцениваются по системе «зачтено/не зачтено». Оценивается верность ответа по существу вопроса, при этом не учитывается порядок слов в словосочетании, верность окончаний, падежи.

2 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Компетенция ПК-3: Способен осуществлять поиск и устранение неисправностей в работе оборудования радиосвязи на судовых станциях связи

Тестовые задания закрытого типа:

1. Амплитудной характеристикой направленности антенны называют функцию, определяющую зависимость ...

а. частоты радиоволны от направления в пространстве на точку наблюдения в сферической системе координат

б. фазы радиоволны от направления в пространстве на точку наблюдения в сферической системе координат

в. амплитуды напряженности магнитного поля от направления в пространстве на точку наблюдения в сферической системе координат

г. амплитуды напряженности электрического поля радиоволны, излучаемой антенной, от направления в пространстве, задаваемого углами сферической системы координат

2. К устранению антенного эффекта при работе рамочной антенны приведет ...

а. использование многовитковой рамочной антенны

б. использование магнитодиэлектрического сердечника

в. экранирование рамочной антенны и приёмника

г. увеличение площади, охватываемой витками рамочной антенны

3. Эквидистантной антенной решеткой называют систему идентичных излучателей, у которой расстояния между фазовыми центрами излучателей ...

а. пропорционально возрастают

б. убывают по экспоненциальному закону

в. одинаковы

г. возрастают по закону параболы

4. Фидерная система радиолинии состоит из ...

а. приёмных и передающих антенн

б. приёмопередающих устройств и приёмопередающих антенн

в. линий передачи, соединяющих антенну с выходом передатчика или с входом

приёмника, и совокупности устройств, обеспечивающих минимальные потери энергии в такой системе

г. приёмных и передающих устройств

Тестовые задания открытого типа:

5. Входное сопротивление антенны есть отношение _____

Ответ: комплексной амплитуды напряжения к комплексной амплитуде тока на входных зажимах антенны

6. Активная составляющая входного сопротивления антенны определяется суммой _____

Ответ: сопротивления излучения и сопротивления потерь, отнесенных к току в точках питания антенны

7. Облучатель параболической зеркальной антенны располагается _____

Ответ: в фокусе зеркала

8. Принцип фокусировки при работе параболической зеркальной антенны в режиме передачи заключается в _____

Ответ: преобразовании электромагнитной волны облучателя со сферическим фазовым фронтом в электромагнитную волну с плоским фазовым фронтом в раскрыве

9. При синфазном возбуждении элементов линейной антенной решетки наступает режим _____

Ответ: нормального / перпендикулярного излучения

10. Антенный фидер диапазона ВЧ представляет собой _____

Ответ: радиочастотный коаксиальный кабель

11. Относительным уровнем бокового лепестка называют отношение _____

Ответ: максимального значения амплитуды поля антенны в боковом лепестке к максимальному значению амплитуды поля в основном лепестке

12. Ток в идеальном симметричном вибраторе имеет амплитудное распределение, аналогичное распределению тока в длинной линии в режиме _____

Ответ: стоячей волны при холостом ходе на конце

13. Вторичные главные максимумы в диаграмме направленности прямолинейной антенной решетки возникают, когда фазовый сдвиг между полями соседних элементов достигает _____ радиан

Ответ: 2π

14. Меридиональным углом θ сферической системы координат называют угол между _____

Ответ: осью OZ и радиус-вектором, проведенным в точку наблюдения на поверхности воображаемой сферы

15. Ширина диаграммы направленности по мощности представляет собой _____ угол между таким направлением в пространстве в пределах _____ лепестка диаграммы направленности, на которых плотность потока излученной мощности в _____ раза _____ плотности потока излученной мощности в направлении главного излучения

Ответ: главного; два; меньше

16. Коэффициент направленного действия антенны показывает, во сколько раз мощность излучения _____ антенны больше мощности излучения _____ антенны при условии сохранения величины напряженности электрического поля в направлении _____ излучения направленной антенны при прочих равных условиях

Ответ: направленной; абсолютно ненаправленной; главного

Компетенция ПК-4: Способен осуществлять ввод в эксплуатацию, техническое обслуживание и текущий ремонт радиоэлектронных систем

Тестовые задания закрытого типа:

17. Для согласования несимметричной проволочной антенны с активно-емкостным характером входного сопротивления и радиопередатчика с активным выходным сопротивлением необходимо использовать ...

а. катушку индуктивности с сопротивлением меньшим, чем реактивная составляющая входного сопротивления антенны

б. катушку индуктивности, реактивное сопротивление которой равно реактивной составляющей входного сопротивления антенны с обратным знаком

в. катушку индуктивности с сопротивлением большим, чем реактивная составляющая

входного сопротивления антенны

г. конденсатор с сопротивлением меньшим, чем реактивная составляющая входного сопротивления антенны

18. Апертурой передающей рупорной антенны называют ...

а. воображаемую ограниченную плоскую поверхность, через которую проходит весь поток излучаемой мощности

б. расстояние от горловины до раскрыва

в. место сочленения отрезка волновода круглого сечения с коническим рупором

г. тип волны, распространяющейся в рупорной антенне

19. Уменьшение скорости дрейфа при увеличении поля в некотором диапазоне его значений носит название ...

а. эффекта близости

б. скин-эффекта

в. эффекта Ганна

г. туннельного эффекта

20. Использование многорезонаторной электродинамической системы клистрона вместо двухрезонаторной приводит к ...

а. уменьшению коэффициента усиления

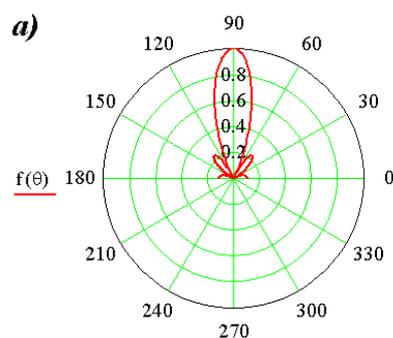
б. увеличению электронного КПД

в. расширению полосы рабочих частот

г. уменьшению выходной мощности

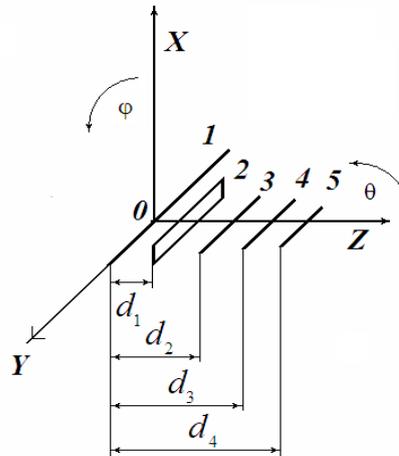
Тестовые задания открытого типа:

21. На рисунке представлена типовая нормированная диаграмма направленности линейной антенной решетки, функционирующей в режиме _____



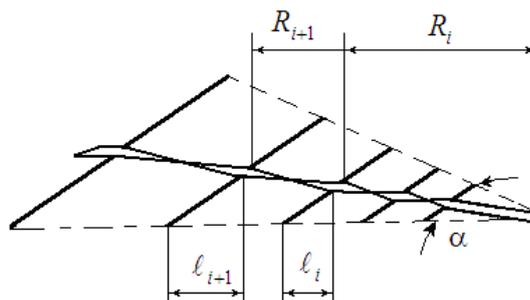
Ответ: нормального излучения

22. На рисунке схематично представлено конструктивное исполнение _____ антенны



Ответ: директорной / типа «волновой канал»

23. На рисунке схематично представлено конструктивное исполнение _____ антенны



Ответ: логопериодической проволочной

24. Полескоростная характеристика отражает зависимость _____

Ответ: дрейфовой скорости от напряженности электрического поля

25. Для расширения полосы усиливаемых частот в многорезонаторных клистронах применяется _____ схема настройки резонаторов

Ответ: скиртронная

26. В отражательном клистроне процесс генерации носит _____ характер

Ответ: зонный

27. Отражательные клистроны работают в _____ зонах генерации

Ответ второй и третьей

28. Достоинством отражательного клистрона как генератора микроволнового излучения является возможность _____

Ответ: электронной перестройки частоты

29. Смена зоны генерации происходит за счет изменения _____

Ответ: напряжения на отражателе

30. Под диапазоном перестройки понимается интервал изменения частоты, в пределах которого выходная мощность меняется не более чем _____

Ответ: в 2 раза / на половину

31. Для повышения электронного КПД лампы бегущей волны используют «способ скачка фазовой скорости» и «способ скачка _____»

Ответ: напряжения

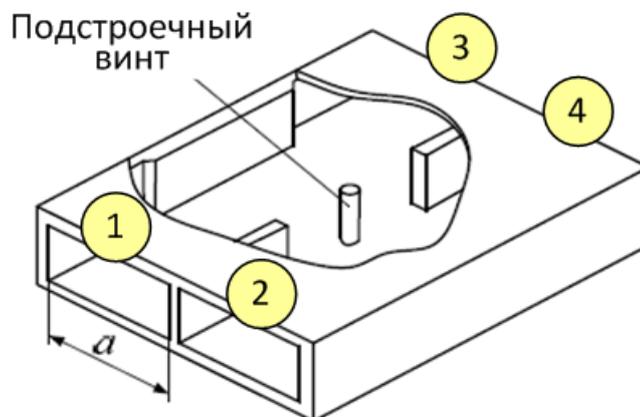
32. Электронный КПД магнетрона равен нулю при критических значениях анодного напряжения и _____

Ответ: индукции магнитного поля

Компетенция ПК-9: Способен выполнять действия, связанные с эксплуатацией, профилактическим ремонтом и обслуживанием оборудования радионавигационных и радиолокационных систем

Тестовые задания закрытого типа:

33. На рисунке представлена конструкция блока СВЧ...



а. Н-тройника

б. Y-циркулятора

в. волноводно-щелевого моста

г. Е-тройника

34. В состав электронно-оптической системы электровакуумного прибора входят ...

а. электронная пушка

б. коллектор

в. р-п-переход

г. фокусирующая система

35. К диодам с отрицательным дифференциальным сопротивлением относятся ...

а. *p-i-n* диоды

б. варакторные диоды

в. туннельные диоды

г. диоды Ганна

д. смесительные диоды

36. Диоды с отрицательным динамическим сопротивлением может выполнять функции ...

а. генерации микроволновых колебаний

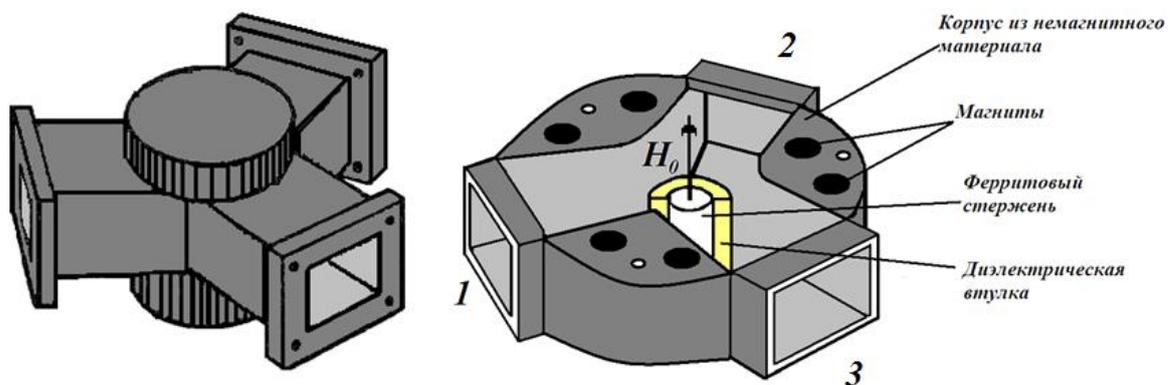
б. преобразования частоты микроволновых колебаний

в. усиления микроволновых колебаний

г. детектирования микроволновых колебаний

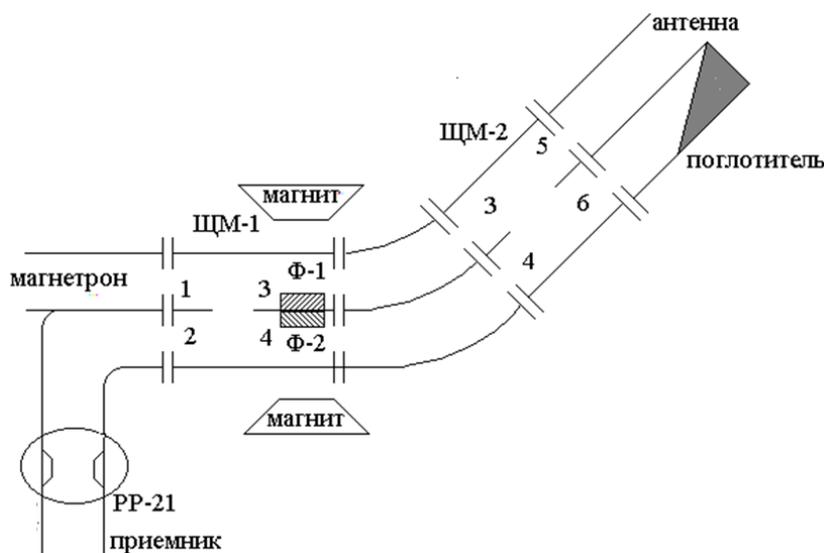
Тестовые задания открытого типа:

37. На рисунке представлено конструктивное исполнение блока СВЧ – _____



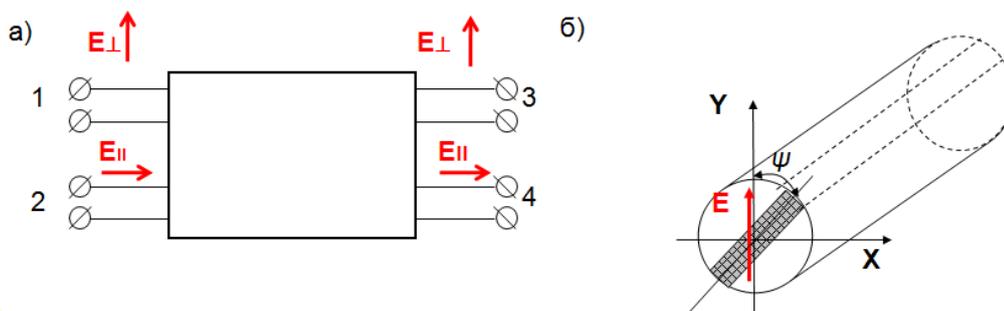
Ответ: волноводного Y-циркулятора

38. К функциям, выполняемым волноводно-щелевым мостом ЩМ-1 в составе антенного переключателя РЛС «Донец-2» относятся: обеспечение _____ между плечами 1 и 2, деление _____ волны, поступившей в антенный переключатель от передатчика РЛС, между плечами 3 и 4 пополам, обеспечение _____ волн в плечах 3 и 4 на 90 градусов



Ответ: развязки; мощности; сдвига по фазе

39. На рисунке представлены эквивалентная схема и конструкция блока СВЧ. Называемого _____



Ответ: поляризатором

40. В двухрезонаторном пролетном клистроне модуляцию электронов по скорости осуществляет _____

Ответ: поле первого резонатора

41. В двухрезонаторном пролетном клистроне в промежутке между зазорами резонаторов происходит процесс _____

Ответ: группирования электронов в сгустки

42. Волновыми лампами называют микроволновые приборы с длительным взаимодействием сформированного электронного пучка с электромагнитными полями _____

Ответ: замедляющих структур

43. В лампах бегущей волны малой и средней мощности замедляющая структура имеет _____ форму

Ответ: спиральную

44. Для обеспечения тормозящей фазы в лампах бегущей волны фазовая скорость волны в замедляющей структуре должна быть _____ скорости электронов в пучке

Ответ: меньше

45. Полости анодного блока магнетрона играют роль _____

Ответ: объемных резонаторов

46. В качестве рабочего вида колебаний в магнетроне используется колебание _____

Ответ: π -вида

47. Разделение частот рабочего и ближайшего к нему по частоте видов колебаний в магнетроне осуществляется за счет использования _____

Ответ: связок и разнорезонаторных структур

48. Области лавинно-пролетного диода, в которой достигается критическое (пробивное) значение напряженности электрического поля, достаточное для возникновения лавинного пробоя, называется зоной _____

Ответ: лавинного умножения

Таблица 3 – Использование тестовых заданий для текущего контроля успеваемости

Элементы (разделы дисциплины, темы лабораторных работ, практических занятий и пр.), подлежащие контролю	Номера вопросов закрытого типа	Номера вопросов открытого типа
Основные положения теории антенн	1, 4	5, 6, 11, 14-16
Проволочные антенны	2, 17	10, 12, 22, 23
Апертурные антенны	18	7, 8
Антенные системы с управляемой диаграммой направленности	3	9, 13, 21
Устройства СВЧ	33	37-39
Электровакуумные приборы СВЧ типа «О»	20, 34	25-31, 40-44
Электронные приборы со скрещенными электрическим и магнитным полями типа «М»	–	45-47
Полупроводниковые приборы СВЧ	19, 35, 36	24, 48

Таблица 4 – Использование тестовых заданий для промежуточного контроля успеваемости

Форма и период промежуточного контроля	Номера вопросов закрытого типа	Номера вопросов открытого типа
Экзамен (1 семестр)	1-4, 17, 18, 33	5-16, 21-23, 37-39
Экзамен (2 семестр)	19, 20, 34-36	24-32, 40-48

3 ТИПОВЫЕ ЗАДАНИЯ НА КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ, КУРСОВУЮ РАБОТУ/КУРСОВОЙ ПРОЕКТ, РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКУЮ РАБОТУ

3.1. Типовые задания на контрольную работу №1

Задача № 1

Симметричный электрический вибратор, выполненный в виде двух одинаковых проводников цилиндрической формы длиной l и диаметром поперечного сечения D , возбуждается электрическим током, амплитуда которого в точках питания равна I_0 . Необходимо на рабочей длине волны излучения вибратора λ :

- рассчитать и построить график распределения амплитуды колебаний электрического тока в вибраторе, отнесённой к амплитуде колебаний тока в пучности;
- рассчитать и построить график распределения амплитуды колебаний напряжения в вибраторе, отнесённой к амплитуде колебаний напряжения в пучности;

в) рассчитать и построить в полярных координатах диаграмму направленности (ДН) вибратора в его меридиональной плоскости, определить амплитуды колебаний напряжённости электрического и магнитного полей его излучения в направлении главного максимума на расстоянии r от него и найти значение коэффициента направленного действия (КНД) в направлении главного максимума излучения;

г) определить отношение действующей длины вибратора, отнесённой к току в пучности, к рабочей длине волны;

д) определить мощность излучения и сопротивление излучения вибратора, отнесённое к току в пучности;

е) рассчитать полное входное сопротивление вибратора;

ж) считая, что заданный вибратор расположен на высоте h над идеально проводящей поверхностью Земли и сориентирован относительно неё определённым образом, рассчитать и построить в полярных координатах диаграмму направленности для вертикального вибратора в его меридиональной плоскости, а для горизонтального вибратора – в его экваториальной плоскости;

з) определить полное входное сопротивление такого вибратора.

Задача № 2

Задана линейная эквидистантная антенная решётка, состоящая из N изотропных излучателей, с равномерным распределением амплитуд токов и линейным распределением фаз токов в элементах решётки. Считая, что период решётки равен d , а сдвиг фаз между токами в соседних элементах φ , на рабочей длине волны λ необходимо в меридиональной по отношению к оси решётки плоскости:

а) определить режим излучения;

б) рассчитать значение коэффициента направленного действия (КНД) в направлении главного максимума излучения заданной решётки;

д) используя выражение для нормированной характеристики направленности, рассчитать и построить в полярных и декартовых координатах диаграммы направленности (ДН) заданной решётки;

в) с помощью построенных диаграмм определить:

– направление главного максимума излучения;

– направление вторичного главного максимума, если он присутствует в излучении решётки;

– направления и соответствующие им порядки вторичных максимумов излучения;

– ширину главного лепестка ДН по уровню половинной мощности;

– значения относительных уровней боковых лепестков (УБЛ).

Задача № 3

Многовитковая рамочная антенна выполнена в виде катушки, намотанной на ферритовый сердечник цилиндрической формы. Катушка содержит N витков круглой формы, намотанных n слоями проводом, радиус поперечного сечения которого r . Считая, что заданная антенна работает в режиме приёма на частоте f , необходимо:

- а) рассчитать действующую длину антенны;
- б) определить максимальную ЭДС, наводимую в антенне, при условии, что амплитуда колебаний напряжённости электрического поля радиоволны в точке приёма равна E_m ;
- в) на заданной частоте рассчитать сопротивление излучения и полное внутреннее сопротивление антенны;
- г) определить, во сколько раз необходимо увеличить средний диаметр колец обмотки для того, чтобы действующая длина антенны не изменилась, если из неё удалить ферритовый сердечник.

Задача № 4

Зеркальная антенна состоит из зеркала, имеющего форму параболоида вращения, и облучателя заданного вида, расположенного в фокусе зеркала. Антенна предназначена для работы на длине волны λ и имеет диаграмму направленности с шириной по уровню половинной мощности $\Delta\theta_{0,5}^E = 2^\circ$ в плоскости вектора \vec{E} для вариантов с чётными номерами и $\Delta\theta_{0,5}^H = 2^\circ$ в плоскости вектора \vec{H} – для вариантов с нечётными номерами. Ослабление поля на краях зеркала равно A . Необходимо:

- а) определить параметры зеркала: угол апертуры φ_0 ; радиус апертуры R_0 ; фокусное расстояние зеркала f ;
- б) рассчитать и построить профиль параболы;
- в) рассчитать и построить диаграмму направленности антенны для вариантов с чётными номерами в плоскости вектора \vec{E} , для вариантов с нечётными номерами – в плоскости вектора \vec{H} ;
- г) вычислить значения коэффициента направленного действия (КНД) антенны в направлении главного максимума излучения, её эффективной площади и коэффициента использования зеркала; коэффициента полезного действия (КПД) и коэффициента усиления антенны;
- д) определить максимально допустимое смещение фазового центра облучателя отно-

сительно фокуса в направлении, перпендикулярном оси параболоида.

Задача № 5

Фидерный тракт РЛС состоит из линии передачи в виде прямоугольного волновода с воздушным заполнением и идеально гладкими стенками и антенного переключателя. Размеры поперечного сечения волновода ($a \times b$). В состав антенного переключателя входят два одинаковых волноводно-щелевых моста, ферритовый фазовращатель и фазосдвигающие секции. Все эти элементы состоят из отрезков волноводов, аналогичных волноводам линии передачи. Материал, из которого изготовлены стенки волноводов, определяется номером варианта.

Необходимо:

а) считая, что отрезки волноводов в волноводно-щелевых мостах в составе антенного переключателя имеют общую узкую стенку, определить рабочий диапазон частот и рабочую частоту фидерного тракта;

б) определить продольные размеры окон связи в волноводно-щелевых мостах, входящих в состав антенного переключателя;

в) определить потери в тракте на рабочей частоте, считая, что его длина 10 м, а потери в антенном переключателе составляют 10 %.

Задача № 6

Четырехплечий циркулятор на основе эффекта Фарадея имеет заданное значение коэффициента стоячей волны (КСВ) во всех плечах, ослабление в направлении передачи $A_{пр}$ и развязку $A_{обр}$. Необходимо:

а) составить матрицу рассеяния устройства;

б) определить величину тепловых потерь в циркуляторе;

в) считая, что действующее значение комплексной амплитуды нормированной волны на входе циркулятора равна \dot{U}_+ , а остальные плечи нагружены на согласованные нагрузки, определить мощности на выходах устройства.

Выбор варианта заданий осуществляется по двум последним цифрам шифра зачетной книжки в соответствии с рекомендациями, изложенными в учебно-методическом пособии:

Антенны и устройства СВЧ. Учебно-методическое пособие с контрольными заданиями для студентов высших учебных заведений по специальности 25.05.03 «Техническая эксплуатация транспортного радиооборудования» заочной формы обучения / Н.Ф. Юшкевич, Е. В. Волхонская; БГАРФ ФГБОУ ВО "КГТУ". – Калининград: Изд-во БГАРФ, 2021. – 87 с.

3.2. Типовые задания на контрольную работу №2

Задача № 1

В соответствии с заданными исходными данными для отражательного клистрона определить следующее:

1. Оптимальную величину напряжения на отражателе $U_{отр}$, соответствующего максимуму колебательной мощности в зоне с номером n .
2. Максимальный электронный КПД η_{max} для заданной зоны генерации n .
3. Угол пролета электронов в высокочастотном зазоре Θ_1 .
4. Угол пролета центра сгустка от второй сетки к отражателю Θ_2 и обратно.
5. Диапазон электронной перестройки $\Delta f_{эл}$ в заданной зоне.
6. Крутизну электронной настройки S_f в заданной зоне.

Задача № 2

На основании заданных 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.
3. Электронный КПД η_e . Укажите, какие существуют способы его повышения.

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 τ .

При заданных или полученных при решении остальных параметрах:

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. Определить среднюю скорость электронов $v_{e,ср}$;

4. Рассчитать электронный КПД η_e при $B = B_{кр}$.

Выбор варианта заданий осуществляется по двум последним цифрам шифра зачетной книжки в соответствии с рекомендациями, изложенными в учебно-методическом пособии:

Электронные приборы СВЧ. Методические указания с контрольными заданиями для студентов по специальности 25.05.03 «Техническая эксплуатация транспортного радиооборудования» заочной формы обучения / Н.Ф. Юшкевич; БГАРФ ФГБОУ ВО "КГТУ". – Калининград: Изд-во БГАРФ, 2019. – 27 с.

Оценивается наличие решения, правильность выполнения расчетов, качество оформления (логичность и последовательность изложения решения, наличие пояснений к выполняемым математическим действиям, правильность выполнения электрических схем, наглядность приведенных графических результатов расчетов).

Шкала оценивания результатов выполнения контрольной работы основана на двухбалльной системе.

Оценка «**зачтено**» выставляется в случае, если все задачи решены верно и в полном объеме, при незначительных отступлениях от правил оформления результатов выполнения контрольной работы.

Оценка «**незачтено**» выставляется в случае, если часть задач решена неверно, при значительных отступлениях от правил оформления результатов выполнения контрольной работы.

3.3 Типовые задания на курсовую работу/проект

Данный вид контроля по дисциплине не предусмотрен учебным планом.

3.4. Типовые задания на расчетно-графическую работу

1. Рупорная Е-секториальная антенна

На основании исходных данных в виде рабочего диапазона частот, требуемой ширины диаграммы направленности (ДН) в Е плоскости, формы амплитудного распределения поля по раскрытию и длины рупорной антенн произвести расчет и анализ перечисленных ниже конструктивных параметров и характеристик излучения Е-секториальной рупорной антенны. Анализ заключается в трактовке полученных результатов, формулировании основных закономерностей и сравнении параметров расчётного и оптимального рупора.

Придерживаться следующего порядка расчета:

1. Выбрать волновод стандартного поперечного сечения для заданного диапазона волн, применяемый в горловине рупора.
2. Рассчитать размеры раскрыва $a_p \times b_p$ на центральной частоте рабочего диапазона частот Е-секториальной рупорной антенны.
3. Рассчитать и построить нормированные амплитудные характеристики направленности Е-секториальной рупорной антенны в главных плоскостях в предположении синфазности поля в раскрыве при заданной форме амплитудного распределения поля в раскрыве.
4. Рассчитать коэффициент направленного действия (КНД) и коэффициент использования поверхности (КИП) Е-секториальной рупорной антенны в направлении максимального излучения на центральной частоте рабочего диапазона частот в предположении синфазности поля в раскрыве при заданной форме амплитудного распределения поля.
5. Провести анализ характера фазовой ошибки в Е-секториальной рупорной антенне.
6. Исследовать влияние фазовых ошибок на форму диаграммы направленности и КНД Е-секториальной рупорной антенны.
7. Рассчитать коэффициент использования поверхности Е-секториальной рупорной антенны.
8. Рассчитать длину, величину максимальной фазовой ошибки, КНД в направлении максимального излучения и КИП оптимальной Е-секториальной рупорной антенны.
9. Выполнить эскиз антенны.

2. Рупорная Н-секториальная антенна

На основании исходных данных в виде рабочего диапазона частот, требуемой ширины диаграммы направленности (ДН) в Н плоскости, формы амплитудного распределения поля по раскрыву и длины рупорной антенн произвести расчет и анализ перечисленных ниже конструктивных параметров и характеристик излучения Н-секториальной рупорной антенны. Анализ заключается в трактовке полученных результатов, формулировании основных закономерностей и сравнении параметров расчётного и оптимального рупора.

1. Выбрать волновод стандартного поперечного сечения для заданного диапазона волн, применяемый в горловине рупора.
2. Рассчитать размеры раскрыва $a_p \times b_p$ на центральной частоте рабочего диапазона частот Н-секториальной рупорной антенны.
3. Рассчитать и построить нормированные амплитудные характеристики направленности Н-секториальной рупорной антенны в главных плоскостях в предположении синфазности поля в раскрыве при заданной форме амплитудного распределения поля в раскрыве.

4. Рассчитать КНД и КИП Н-секториальной рупорной антенны в направлении максимального излучения на центральной частоте рабочего диапазона частот в предположении синфазности поля в раскрыве при заданной форме амплитудного распределения поля в раскрыве.
5. Провести анализ характера фазовой ошибки в Н-секториальной рупорной антенне.
6. Исследовать влияние фазовых ошибок на форму диаграммы направленности и КНД Н-секториальной рупорной антенны.
7. Рассчитать коэффициент использования поверхности Н-секториальной рупорной антенны.
8. Рассчитать длину, величину максимальной фазовой ошибки, КНД в направлении максимального излучения и КИП оптимальной Н-секториальной рупорной антенны.
9. Выполнить эскиз антенны.

3. Рупорная пирамидальная антенна

На основании исходных данных в виде рабочего диапазона частот, требуемой ширины диаграммы направленности (ДН) в Е и Н плоскостях, формы амплитудного распределения поля по раскрыву и длины рупорной антенн произвести расчет и анализ перечисленных ниже конструктивных параметров и характеристик излучения пирамидальной рупорной антенны. Анализ заключается в трактовке полученных результатов, формулировании основных закономерностей и сравнении параметров расчётного и оптимального рупора.

1. Рассчитать размеры раскрыва $a_p \times b_p$ на центральной частоте рабочего диапазона частот пирамидальной рупорной антенны.
2. Рассчитать и построить нормированные амплитудные характеристики направленности пирамидальной рупорной антенны в главных плоскостях в предположении синфазности поля в раскрыве при заданной форме амплитудного распределения поля в раскрыве.
3. Рассчитать КНД и КИП пирамидальной рупорной антенны в направлении максимального излучения на центральной частоте рабочего диапазона частот в предположении синфазности поля в раскрыве при заданной форме амплитудного распределения поля в раскрыве.
4. Провести анализ характера фазовой ошибки в пирамидальной рупорной антенне.
5. Исследовать влияние фазовых ошибок на форму диаграммы направленности и КНД пирамидальной рупорной антенны.
6. Рассчитать коэффициент использования поверхности пирамидальной рупорной антенны.

7. Рассчитать длину, величину максимальной фазовой ошибки, КНД в направлении максимального излучения и КИП оптимальной пирамидальной рупорной антенны.

8. Выполнить эскиз антенны.

4. Цилиндрическая спиральная антенна

На основании исходных данных в виде рабочего диапазона частот, требуемой ширины диаграммы направленности (ДН) по половинной мощности и мощности излучения рассчитать основные конструктивные параметры и характеристики цилиндрической спиральной антенны (ЦСА), работающей в режиме осевого излучения. Придерживаться следующего порядка расчета:

1. Определить длину одного витка ℓ .
2. Задать угол намотки спирали α в градусах.
3. Рассчитать шаг намотки s и радиус витка спирали a .
4. Задать требуемую ширину диаграммы направленности (не уже 40°).
5. Определить требуемое число витков N .
6. Проверить угол раствора главного лепестка по половинной мощности на крайних длинах волн рабочего диапазона частот.
7. Рассчитать значение коэффициента укорочения волны ξ на крайних и средней длинах волн рабочего диапазона.
8. Рассчитать и построить диаграммы направленности ЦСА в двух главных плоскостях в полярной системе координат на крайних и средней длинах волн рабочего диапазона.
9. Определить направления нулевого излучения θ_{0n} по построенным диаграммам направленности.
10. Оценить относительный уровень боковых лепестков по построенным диаграммам направленности.
11. Рассчитать КНД на крайних и средней волнах рабочего диапазона.
12. Рассчитать входное сопротивление антенны $Z_{\text{вх}}$.
13. Рассчитать коэффициент эллиптичности поляризационного эллипса для двух-трех значений угла θ .
14. Определить диаметр экрана.
15. Выполнить эскиз антенны.

5. Проволочная Г-образная несимметричная антенна

На основании заданных геометрических размеров, типа проводника и типа вертикального снижения, а также мощности передатчика произвести расчет конструктивных параметров и ха-

рактических характеристик излучения проволочной Г-образной несимметричной антенны. Расчет параметров производится на фиксированных частотах, предназначенных для радиослужбы на подвижных объектах (410, 425, 454, 468, 480, 500, 512 кГц). Волновое сопротивление питающего фидера 50 Ом.

Придерживаться следующего порядка расчета:

1. Рассчитать статическую емкость антенны по методу Хоу и волновое сопротивление антенны.
2. Рассчитать эквивалентную длину для Г-образной антенны.
3. Рассчитать собственную длину волны антенны.
4. Рассчитать действующую длину антенны.
5. Рассчитать сопротивление излучения.
6. Рассчитать сопротивление потерь.
7. Рассчитать коэффициент полезного действия антенны.
8. Рассчитать активную и реактивную составляющие входного сопротивления антенны и элементы настройки антенны. Произвести пересчет входного сопротивления антенны через фидер к входу передатчика.
9. Рассчитать характеристики направленности антенны в вертикальной и горизонтальной плоскостях. Построить диаграммы направленности антенны в обеих плоскостях.
10. Рассчитать распределения тока и напряжения вдоль антенны.
11. Выполнить эскиз антенны.

6. Проволочная Т-образная несимметричная антенна

На основании заданных геометрических размеров, типа проводника и типа вертикального снижения, а также мощности передатчика произвести расчет конструктивных параметров и характеристик излучения проволочной Т-образной несимметричной антенны. Расчет параметров производится на фиксированных частотах, предназначенных для радиослужбы на подвижных объектах (410, 425, 454, 468, 480, 500, 512 кГц). Волновое сопротивление питающего фидера 50 Ом.

Придерживаться следующего порядка расчета:

1. Рассчитать статическую емкость антенны по методу Хоу и волновое сопротивление антенны.
2. Рассчитать эквивалентную длину для Т-образной антенны.
3. Рассчитать собственную длину волны антенны.
4. Рассчитать действующую длину антенны.
5. Рассчитать сопротивление излучения.

6. Рассчитать сопротивление потерь.
7. Рассчитать коэффициент полезного действия антенны.
8. Рассчитать активную и реактивную составляющие входного сопротивления антенны и элементы настройки антенны. Произвести пересчёт входного сопротивления антенны через фидер к входу передатчика.
9. Рассчитать характеристики направленности антенны в вертикальной и горизонтальной плоскостях. Построить диаграммы направленности антенны в обеих плоскостях.
10. Рассчитать распределения тока и напряжения вдоль антенны.
11. Выполнить эскиз антенны.

7. Проволочная наклонная цилиндрическая антенна

На основании заданных геометрических размеров, типа проводника и типа вертикального снижения, а также мощности передатчика произвести расчет конструктивных параметров и характеристик излучения проволочной цилиндрической антенны наклонённой под углом 45^0 к поверхности земли. Расчет параметров производится на фиксированных частотах, предназначенных для радиослужбы на подвижных объектах (410, 425, 454, 468, 480, 500, 512 кГц). Волновое сопротивление питающего фидера 50 Ом.

Придерживаться следующего порядка расчета:

1. Произвести замену наклонной цилиндрической антенны на эквивалентную Г-образную антенну.
2. Рассчитать статическую емкость антенны по методу Хоу и волновое сопротивление антенны.
3. Рассчитать эквивалентную длину для Г-образной антенны.
4. Рассчитать собственную длину волны антенны.
5. Рассчитать действующую длину антенны.
6. Рассчитать сопротивление излучения.
7. Рассчитать сопротивление потерь.
8. Рассчитать коэффициент полезного действия антенны.
9. Рассчитать активную и реактивную составляющие входного сопротивления антенны и элементы настройки антенны. Произвести пересчёт входного сопротивления антенны через фидер к входу передатчика.
10. Рассчитать характеристики направленности антенны в вертикальной и горизонтальной плоскостях и построить диаграммы направленности.
11. Рассчитать распределения тока и напряжения вдоль антенны.
12. Выполнить эскиз антенны.

8. Четвертьволновая штыревая антенна

На основании исходных данных в виде рабочего диапазона частот, радиуса проводника, мощности излучения и волнового сопротивления фидера произвести расчет конструктивных параметров и характеристик излучения проволочной четвертьволновой штыревой несимметричной антенны.

Придерживаться следующего порядка расчета:

1. Рассчитать геометрическую длину четвертьволновой штыревой антенны.
2. Рассчитать статическую емкость антенны по методу Хоу и волновое сопротивление антенны.
3. Рассчитать собственную длину волны антенны.
4. Рассчитать действующую длину антенны.
5. Рассчитать сопротивление излучения.
6. Рассчитать сопротивление потерь.
7. Рассчитать коэффициент полезного действия антенны.
8. Рассчитать активную и реактивную составляющие входного сопротивления антенны и элементы настройки антенны. Произвести пересчет входного сопротивления антенны через фидер к входу передатчика.
9. Рассчитать характеристики направленности антенны в вертикальной и горизонтальной плоскостях. Построить диаграммы направленности антенны в обеих плоскостях.
10. Рассчитать распределения тока и напряжения вдоль антенны.
11. Выполнить эскиз антенны.

9. Логопериодическая вибраторная антенна

На основании исходных данных в виде рабочего диапазона частот, типа поляризации, требуемого коэффициента стоячей волны (КСВ) в фидере и волнового сопротивления фидера произвести расчет основных параметров логопериодической вибраторной антенны (ЛВПА), которая может быть использована в качестве измерительной антенны уровня радиопомех совместно со стандартным оборудованием.

Придерживаться следующего порядка расчета:

1. Рассчитать геометрическую длину самого длинного и короткого элементов антенны.
2. Рассчитать коэффициент перекрытия рабочего диапазона, период структуры, угол раскрытия структуры, междурядный коэффициент, оптимальный междурядный коэффициент.
3. Оценить ширину активной области, ширину структуры, протяженность (длину) и число элементов в составе ЛВПА.

4. Рассчитать расстояние между соседними элементами ЛВПА.
5. Определить геометрические поперечные размеры фидерной линии.
6. Рассчитать амплитуды и начальные фазы клеммных токов элементов логопериодической вибраторной антенны:
 - 6.1. Оценить ширину активной области при перестройке рабочей частоты логопериодической вибраторной антенны.
7. Рассчитать нормированные диаграммы направленности на резонансных частотах элементов ЛПА. Оценить ширину ДН, относительный уровень боковых лепестков.
8. Рассчитать зависимости КНД от рабочей частоты.
9. Выполнить эскиз антенны.

10. Волноводно-щелевая антенна

На основании исходных данных в виде требуемой ширины диаграммы направленности (ДН) по половинной мощности, среднего значения рабочей частоты, относительной ширины рабочего диапазона частот, излучаемой в импульсе мощности направления главного излучения и требуемого максимального относительного уровня боковых лепестков (УБЛ) произвести расчет конструктивных параметров и характеристик излучения многощелевой антенной решетки, полагая, что щелевые излучатели располагаются на широкой стенке прямоугольного волновода, в котором распространяется волна основного типа H_{10} .

Придерживаться следующего порядка расчета:

Анализируя исходные данные, определить тип применяемых щелей и тип амплитудного распределения по раскрытию антенны, обеспечивающий заданный уровень боковых лепестков (УБЛ). В дальнейшем расчёт многощелевой антенны производится по одной из двух методик приведённых ниже:

С равномерным распределением амплитуд:

1. Исходя из ширины главного лепестка ДН, определить длину антенны.
2. Рассчитать расстояние между отдельными щелями антенны.
3. Определить число излучающих элементов
4. Рассчитать уточнённое значение ширины главного лепестка ДН для антенны с рассчитанными параметрами, при необходимости скорректировать число элементов в антенной решётке.
 5. Рассчитать ненормированную проводимость и сопротивление излучения, приведённые к пучности напряжения в щели.
 6. Определить напряжение пучности в щели.
 7. Определить критическую напряженность поля в щели.
 8. Рассчитать ширину щели и её резонансную длину.

9. Рассчитать проводимость (сопротивление) каждой щели для резонансной и нерезонансной антенн.
10. Определить положение щелей на стенках волновода.
11. Рассчитать входную проводимость (сопротивление) резонансной антенны.
12. Определить коэффициент отражения.
13. Рассчитать КНД, КПД и коэффициент усиления (КУ) антенны.
14. Рассчитать диаграмму направленности в двух взаимно перпендикулярных плоскостях на средней частоте и на краях диапазона.
15. Выполнить эскиз антенны.

С неравномерным распределением амплитуд:

1. Выбрать волновод стандартного поперечного сечения для заданного диапазона волн.
2. Рассчитать расстояние между отдельными щелями антенны.
3. Определить число излучающих элементов и длину антенны.
4. Определить коэффициент сжатия.
5. Рассчитать уточнённое значение ширины главного лепестка ДН для антенны с рассчитанными параметрами, при необходимости скорректировать число элементов в антенной решётке.
6. Определить амплитуды возбуждения щелей для рассчитываемой антенны.
7. Рассчитать ширину щели и её резонансную длину.
8. Рассчитать проводимость (сопротивление) каждой щели для резонансной и нерезонансной антенн.
9. Определить положение щелей на стенках волновода.
10. Рассчитать коэффициент использования, зависящий от распределения тока.
11. Рассчитать КНД, КПД и коэффициент усиления (КУ) антенны.
12. Рассчитать диаграмму направленности в двух взаимно перпендикулярных плоскостях на средней частоте и на краях диапазона.
13. Выполнить эскиз антенны.

Шкала оценивания результатов выполнения расчетно-графической работы основана на четырехбалльной системе.

Оценка «**отлично**» за этап выполнения РГР выставляется в случае отсутствия ошибок в решении задания, при незначительных отступлениях от правил оформления результатов выполнения РГР.

Оценка «**хорошо**» за этап выполнения РГР выставляется в случае наличия нескольких

ошибок в решении задания при условии, что они не являются определяющими, при частичном отсутствии пояснений по ходу выполнения задания, при наличии небольших нарушений правил оформления результатов выполнения РГР.

Оценка **«удовлетворительно»** за этап выполнения РГР выставляется в случае наличия многочисленных ошибок в решении задания при условии, что они не являются определяющими, при отсутствии пояснений по ходу выполнения задания, при грубом нарушении правил оформления результатов выполнения РГР.

Оценке **«неудовлетворительно»** соответствует отсутствие положительного результата выполнения задания на РГР: результаты не представлены или представленное решение неверное.

4 СВЕДЕНИЯ О ФОНДЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ И ЕГО СОГЛАСОВАНИИ

Фонд оценочных средств для аттестации по дисциплине «*Антенны и устройства сверхвысоких частот*» представляет собой компонент основной профессиональной образовательной программы специалитета по направлению подготовки 25.05.05 – Техническая эксплуатация транспортного радиооборудования (специализации программы: «Техническая эксплуатация и ремонт радиооборудования промышленного флота», «Информационно-телекоммуникационные системы на транспорте и их информационная защита»).

Преподаватели-разработчики – Е.В. Волхонская, доцент, доктор технических наук;
Е.В. Коротей

Фонд оценочных средств рассмотрен и одобрен заведующим кафедрой судовых радиотехнических систем

Заведующий кафедрой  _____ Е.В. Волхонская

Фонд оценочных средств рассмотрен и одобрен методической комиссией Морского института (протокол № 13 от 21.08.2024 г).

Председатель методической комиссии  _____ И.В. Васькина