

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра конструирования и технологии радиоэлектронных средств

“УТВЕРЖДАЮ”
ДЕКАН РЭФ
д.т.н. Хрусталеv В. А.
“ ____ ” _____ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Радиофизика

Образовательная программа: 11.03.03 Конструирование и технология электронных средств,
профиль: Проектирование и технология радиоэлектронных средств

Курс: 2, семестр : 4

Факультет радиотехники и электроники,

		Семестр
№	Вид деятельности	4
1	Всего зачетных единиц (кредитов)	4
2	Всего часов	144
3	Всего занятий в контактной форме, час.	81
4	Лекции, час.	36
5	Практические занятия, час.	18
6	Лабораторные занятия, час.	18
7	из них в активной и интерактивной форме, час.	18
8	Аттестация, час.	2
9	Консультации, час.	7
10	Самостоятельная работа, час.	63
11	Виды самостоятельной работы (курсовой проект, курсовая работа, РГЗ, подготовка к контрольной работе)	РГЗ контр.
12	Вид аттестации	Э

Рабочая программа составлена на основании федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению (специальности): 11.03.03 Конструирование и технология электронных средств

ФГОС введен в действие приказом №1333 от 12.11.2015 г. , дата утверждения: 30.11.2015 г.

Место дисциплины в структуре учебного плана: Блок 1, вариативная

Рабочая программа разработана на основе компетентностной модели выпускника по направлению (специальности): 11.03.03 Конструирование и технология электронных средств

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

КТРС, протокол заседания кафедры №5 от 20.06.2017

Утверждена на совете факультета радиотехники и электроники, протокол № 6 от 21.06.2017

Программу разработал:

доцент, к.т.н. Лайко К. А.

Заведующий кафедрой:

доцент, к.т.н. Синельников А. В.

Ответственный за образовательную программу:

декан Хрусталеv В. А.

1. Внешние требования

Таблица 1.1

Компетенция ФГОС: ОПК.1 способность представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики; в части следующих результатов обучения:	
32. знать основные типы электродинамических систем, способы описания электродинамических систем и основные методы расчета их параметров	
33. знать структуру электромагнитного поля в основных типах электродинамических систем	
Компетенция ФГОС: ОПК.2 способность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат; в части следующих результатов обучения:	
у2. уметь строить математические модели и рассчитывать параметры электромагнитных процессов	
Компетенция ФГОС: ПК.6 готовность выполнять расчет и проектирование деталей, узлов и модулей электронных средств, в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования; в части следующих результатов обучения:	
31. знать теоретические основы и физические принципы построения радиоэлектронных средств и систем	

2. Требования НГТУ к результатам освоения дисциплины

Таблица 2.1

Результаты изучения дисциплины по уровням освоения (иметь представление, знать, уметь, владеть)	Формы организации занятий
Радиофизика	
ОПК.1.32 знать основные типы электродинамических систем, способы описания электродинамических систем и основные методы расчета их параметров	
1. об основных типах электродинамических систем	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
2. Способы описания ЭД систем	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
3. Исходные соотношения для расчета ЭД систем	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
4. Основные методы расчета параметров ЭД систем	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
ОПК.1.33 знать структуру электромагнитного поля в основных типах электродинамических систем	
5. о характере электромагнитных процессов в изотропных и анизотропных средах	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
6. о структуре электромагнитного поля в основных типах ЭД систем	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
7. Изображать структуру электромагнитных полей и токов в регулярных направляющих и колебательных системах	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
ОПК.2.у2 уметь строить математические модели и рассчитывать параметры электромагнитных процессов	
8. о математических моделях ЭД систем	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
9. о методах расчета параметров ЭД систем	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа

10. Строить математические модели электромагнитных процессов в кусочно - однородных средах	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
11. Рассчитывать параметры основных типов ЭД систем	Лекции; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
ПК.6.31 знать теоретические основы и физические принципы построения радиоэлектронных средств и систем	
12. Модели, физические представления электромагнитных процессов в радиоэлектронных средствах и системах связи	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы

3. Содержание и структура учебной дисциплины

Таблица 3.1

Темы лекций	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения
Семестр: 4			
Дидактическая единица: Электромагнитное поле;			
1. Введение. Предмет, цель и содержание курса. Роль дисциплины в развитии направлений радиотехники и в подготовке современного радиоинженера. Перечень дисциплин, усвоение которых необходимо для изучения курса: линейная алгебра, векторный анализ, дифференциальные уравнения, электростатика и магнитостатика, оптика	0	2	1, 2, 3
3. Скалярные и векторные источники векторного поля. Циркуляция, поток, ротор, дивергенция. Интегральные теоремы.	0	2	2, 3, 4
Дидактическая единица: Уравнения Максвелла;			
5. Волновая функция. Плоская и сферическая электромагнитные (ЭМ) волны. Параметры и структура ЭС- волн. Вектор Умова - Пойнтинга.	0	2	4, 9
6. Дискретное и интегральное представления Фурье. Уравнения Максвелла для комплексных амплитуд переменных поля в вакууме. Однородные уравнения Гельмгольца. Комплексная волновая функция. Теорема о комплексной мощности.	0	2	2, 4, 8
7. Система уравнений Максвелла для ЭМ - поля в среде. Материальные уравнения. Классификация сред. Линейные и нелинейные, стационарные и нестационарные, однородные и неоднородные, дисперсные и недисперсные, изотропные и анизотропные среды.	0	4	3, 7, 8
Дидактическая единица: Монохроматические поля;			
9. Неоднородные уравнения Гельмгольца. Волны в однородной среде с потерями. Поляризация ЭМ - волн. Распространение радиоимпульса. Групповая скорость.	0	2	11, 4, 8, 9
Дидактическая единица: Энергия электромагнитного поля;			

10. Лемма Лоренца. Теорема взаимности. Теорема единственности. Формулы Кирхгофа. Принцип Гюйгенса. Эквивалентные токи.	0	2	10, 8, 9
11. Электродинамические потенциалы. Выражения напряженностей ЭМ - поля через ЭД - потенциалы. Неоднородные волновые уравнения для ЭД - потенциалов. Принцип двойственности.	0	2	2, 4, 8
Дидактическая единица: Плоские, цилиндрические, сферические волны, волны в гиромагнитной среде;			
20. Область пространства существенная для образования луча. Зоны Френеля. Эллипсоид Френеля. Область пространства, существенная для образования отраженного луча. Задачи дифракции. Задача огибания радиоволнами сферической поверхности Земли. Области освещенности, полутени, тени. Интерференционные формулы. Формула Введенского. Учет сферичности Земли. Распространение радиоволн над плоской однородной и неоднородной Землей. Задачи рассеивания волн неровной поверхностью Земли. Рефракция ЭМ - волн. Приближение геометрической оптики. Виды тропосферной рефракции. Тропосферное рассеивание.	0	2	5, 6, 7
21. Ионосферное распространение радиоволн. Тензор диэлектрической проницаемости ионосферы. Обыкновенная и необыкновенная волны. Эффект Фарадея. Квазипродольное и квазипоперечное распространение. Рефракция радиоволн в ионосфере. Вертикальное ионосферное зондирование.	0	2	5, 6, 7
Дидактическая единица: Граница раздела сред;			
16. Кусочно - однородные среды. Граничные условия. Волновые явления на плоской границе раздела двух сред. Законы Снеллиуса. Формулы Френеля.	0	2	10, 11, 7
17. Поверхностные эффекты: согласование сред, условия полного отражения, угол Брюстера, поверхностная волна, граничные условия Леонтовича.	0	2	10, 12, 5, 6, 7
Дидактическая единица: Излучение и дифракция;			
12. Задачи излучения ЭМ - волн в однородное безграничное пространство. Внутренняя и внешняя задачи электродинамики. Запаздывающие потенциалы.	0	2	1, 12, 2, 3
14. Поля и параметры элементарных излучателей: диполь Герца, виток с током, элемент Гюйгенса, турникетная антенна.	0	2	12, 5, 6, 7, 8
15. Принцип взаимности и приемные антенны. Эффективная излучающая поверхность антенны.	0	2	10, 6, 7
Дидактическая единица: Волноводы, резонаторы, линии передачи, поверхностные волны и замедляющие структуры.			
18. Взаимодействие ЭМ - волны с проводником. Потери энергии поверхностный ток, сопротивление проводника. Волноводный эффект.	0	2	10, 11, 9

19. Направляющие системы. Задачи Дирихле и Неймана. Структура полей в регулярной направляющей системе. Волны в прямоугольном и круглом волноводах, в диэлектрическом стержне, в полосковых линиях. Возбуждение направляющих систем. Затухание волн в металлических волноводах. Резонаторы. Структура полей, добротность, возбуждение резонаторов. Открытые волноводы и резонаторы.	0	2	2, 3, 5, 6, 7
--	---	---	---------------

Таблица 3.2

Темы лабораторных работ	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения	Учебная деятельность
Семестр: 4				
Дидактическая единица: Излучение и дифракция;				
1. Измерительная линия	0	4	12, 2, 8, 9	Устанавливает связь параметров нагрузки с параметрами волны
8. Исследование элементарных излучателей	0	4	12, 2, 8, 9	Излучающая система как четырехполюсник. Параметры излучающей системы: входной импеданс, характеристики направленности, поляризация, интенсивность излучения. Поля и параметры элементарных излучателей: диполь Герца, виток с током, элемент Гюйгенса, турникетная антенна.
Дидактическая единица: Волноводы, резонаторы, линии передачи, поверхностные волны и замедляющие структуры.				
6. Исследование СВЧ объемных резонаторов	0	4	11, 12, 6, 7, 8	Резонаторы. Структура полей, добротность, возбуждение резонаторов. Открытые волноводы и резонаторы.
7. Исследование неоднородностей в трактах СВЧ.	0	6	11, 12, 4, 6	Исследовать структуру электромагнитного поля в основных типах ЭД систем. Освоить методы расчета трактов СВЧ с неоднородностями.

Таблица 3.3

Темы практических занятий	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения	Учебная деятельность
Семестр: 4				
Дидактическая единица: Электромагнитное поле;				

1. Элементы векторного анализа	4	4	1, 2, 3	усваивает способы перевода символической записи операторов в расчетные формулы. Изучает скалярные и векторные величины. Вещественные и комплексные вектора. Операции сложения и умножения векторов. Векторные и скалярные поля. Производные по направлению. Градиент. Скалярные и векторные источники векторного поля. Циркуляция, поток, ротор, дивергенция. Интегральные теоремы.
Дидактическая единица: Уравнения Максвелла;				
2. Энергетические и кинематические параметры ЭМ - волны	2	2	2, 3, 8	устанавливает связь между параметрами однородной плоской волны с ЭМ - параметрами однородной изотропной среды
Дидактическая единица: Энергия электромагнитного поля;				
3. Структура поля и параметры элементарного излучателя	2	2	12, 6, 7	Устанавливает связь между параметрами сферической волны и параметрами элементарного излучателя
Дидактическая единица: Плоские, цилиндрические, сферические волны, волны в гиromaгнитной среде;				
7. Зоны Френеля, формула Введенского	2	2	8, 9	Область пространства существенная для образования луча. Зоны Френеля. Эллипсоид Френеля. Область пространства, существенная для образования отраженного луча. Задачи дифракции. Задача огибания радиоволнами сферической поверхности Земли. Интерференционные формулы. Формула Введенского. Учет сферичности Земли. Распространение радиоволн над плоской однородной и неоднородной Землей

8. Ионосферные волны	2	2	1, 10, 2	определяет параметры ЭМ - волны в анизотропной среде. Ионосферное распространение радиоволн. Тензор диэлектрической проницаемости ионосферы. Квазипродольное и квазипоперечное распространение. Рефракция радиоволн в ионосфере. Вертикальное ионосферное зондирование.
Дидактическая единица: Волноводы, резонаторы, линии передачи, поверхностные волны и замедляющие структуры.				
5. Структура полей и параметры волновода	2	2	12, 6, 7	устанавливает связь геометрических и ЭД параметров системы с параметрами волноводных волн
6. Структура полей и параметры резонатора	4	4	12, 4, 5, 6, 7	устанавливает связь геометрических и ЭД параметров системы с параметрами колебаний в резонаторе

4. Самостоятельная работа обучающегося

№	Виды самостоятельной работы	Ссылки на результаты обучения	Часы на выполнение	Часы на консультации
Семестр: 4				
1	Контрольные работы	11, 2, 3, 4, 7	10	2
Подготовка и выполнение кр, подробная информация приведена в приложении №3 : Техническая электродинамика : методические указания для 2 курса РЭФ (направление 552500-радиотехника) / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: В. Ф. Постников, В. Ф. Ким]. - Новосибирск, 2000. - 31 с. : ил. Техническая электродинамика : программа, методические указания и задания для контрольных работ по дисциплине "Техническая электродинамика" для студентов, обучающихся по направлению 551100 "Проектирование и технология электронных средств" / Новосиб. гос. техн. ун-т; [сост.: К. А. Лайко]. - Новосибирск, 2004. - 41 с.. - Режим доступа: http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2004/2712.rar Степанов М. А. Радиофизика [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / М. А. Степанов ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2015]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000215354 . - Загл. с экрана.				
2	РГЗ	11, 3, 4, 7	20	3
Подготовка и выполнение РГЗ, подробная информация приведена в приложении №4 : Техническая электродинамика : программа, методические указания и задания для контрольных работ по дисциплине "Техническая электродинамика" для студентов, обучающихся по направлению 551100 "Проектирование и технология электронных средств" / Новосиб. гос. техн. ун-т; [сост.: К. А. Лайко]. - Новосибирск, 2004. - 41 с.. - Режим доступа: http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2004/2712.rar Техническая электродинамика : методические указания для 2 курса РЭФ (направление 552500-радиотехника) / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: В. Ф. Постников, В. Ф. Ким]. - Новосибирск, 2000. - 31 с. : ил. Степанов М. А. Радиофизика [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / М. А. Степанов ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2015]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000215354 . - Загл. с экрана.				
3	Подготовка к занятиям	1, 10, 11, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	20	0

подготовка к лекциям, практикам, лаб раб, подробная информация приведена в приложениях №2 №3 : Радиофизика : методические указания к практическим занятиям по дисциплине "Радиофизика" для всех форм обучения второго курса РЭФ / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: М. А. Степанов, А. В. Никулин]. - Новосибирск, 2015. - 34, [1] с. : табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000219767 Техническая электродинамика : программа, методические указания и задания для контрольных работ по дисциплине "Техническая электродинамика" для студентов, обучающихся по направлению 551100 "Проектирование и технология электронных средств" / Новосиб. гос. техн. ун-т; [сост.: К. А. Лайко]. - Новосибирск, 2004. - 41 с.. - Режим доступа: <http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2004/2712.rar> Техническая электродинамика : методические указания для 2 курса РЭФ (направление 552500-радиотехника) / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: В. Ф. Постников, В. Ф. Ким]. - Новосибирск, 2000. - 31 с. : ил. Степанов М. А. Радиофизика [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / М. А. Степанов ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2015]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000215354. - Загл. с экрана. Электродинамика и распространение радиоволн : методические указания к лабораторным работам по дисциплине "Электродинамика и распространение радиоволн" для всех форм обучения 3 курса факультета "Радиотехника и электроника" / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: А. П. Горбачев, М. А. Степанов]. - Новосибирск, 2010. - 39, [2] с. : ил.. - Режим доступа: <http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2010/3823.pdf>

4	Подготовка к аттестации	1, 10, 11, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	13	2
---	-------------------------	-----------------------------------	----	---

Подготовка к итоговой аттестации, подробная информация приведена в приложении №2 : Радиофизика : методические указания к практическим занятиям по дисциплине "Радиофизика" для всех форм обучения второго курса РЭФ / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: М. А. Степанов, А. В. Никулин]. - Новосибирск, 2015. - 34, [1] с. : табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000219767 Техническая электродинамика : методические указания для 2 курса РЭФ (направление 552500-радиотехника) / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: В. Ф. Постников, В. Ф. Ким]. - Новосибирск, 2000. - 31 с. : ил. Техническая электродинамика : программа, методические указания и задания для контрольных работ по дисциплине "Техническая электродинамика" для студентов, обучающихся по направлению 551100 "Проектирование и технология электронных средств" / Новосиб. гос. техн. ун-т; [сост.: К. А. Лайко]. - Новосибирск, 2004. - 41 с.. - Режим доступа: <http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2004/2712.rar> Степанов М. А. Радиофизика [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / М. А. Степанов ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2015]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000215354. - Загл. с экрана.

5. Технология обучения

Для организации и контроля самостоятельной работы обучающихся, а также проведения консультаций применяются информационно-коммуникационные технологии (табл. 5.1).

Таблица 5.1

Деятельность	Информационно-коммуникационные технологии
Информирование	Портал НГТУ; Среда электронного обучения НГТУ
Размещение учебных материалов	Портал НГТУ; Среда электронного обучения НГТУ; ЭБС

6. Правила аттестации обучающихся по учебной дисциплине

Для аттестации обучающихся по дисциплине используется балльно-рейтинговая система (БРС), позволяющая выставять оценки по традиционной шкале и 15-уровневой ECTS. Краткая информация о БРС приведена в табл. 6.1.

Таблица 6.1

Оцениваемые виды деятельности обучающихся	Мин. балл	Максимальный балл
Семестр: 4		
<i>Лекция:</i>	5	10
Контролирующие материалы (список вопросов) приводятся в "Степанов М. А. Радиофизика [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / М. А. Степанов ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2015]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vts000215354 . - Загл. с экрана."		
<i>Лабораторная:</i>	5	10
Контролирующие материалы (список вопросов) приводятся в "Электродинамика и распространение радиоволн : методические указания к лабораторным работам по дисциплине "Электродинамика и распространение радиоволн" для всех форм обучения 3 курса факультета "Радиотехника и электроника" / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: А. П. Горбачев, М. А. Степанов]. - Новосибирск, 2010. - 39, [2] с. : ил. - Режим доступа: http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2010/3823.pdf "		
<i>Практические занятия:</i>	10	15
Контролирующие материалы (список вопросов) приводятся в "Радиофизика : методические указания к практическим занятиям по дисциплине "Радиофизика" для всех форм обучения второго курса РЭФ / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: М. А. Степанов, А. В. Никулин]. - Новосибирск, 2015. - 34, [1] с. : табл. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vts000219767 "		
<i>Контрольные работы:</i>	5	10
<i>РГЗ:</i>	10	15
<i>Экзамен:</i>	15	40
Контролирующие материалы - список вопросов		

В таблице 6.2 представлено соответствие форм контроля заявляемым требованиям к результатам освоения дисциплины.

Таблица 6.2

Коды компетенций ФГОС	Результаты обучения	Формы контроля		
		Контр. раб.	Защита РГЗ	Экзамен
ОПК.1	з2. знать основные типы электродинамических систем, способы описания электродинамических систем и основные методы расчета их параметров	+		+
	з3. знать структуру электромагнитного поля в основных типах электродинамических систем		+	+
ОПК.2	у2. уметь строить математические модели и рассчитывать параметры электромагнитных процессов	+	+	+
ПК.6	з1. знать теоретические основы и физические принципы построения радиоэлектронных средств и систем			+

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в приложении № 1 к рабочей программе.

7. Литература

Основная литература

- Петров Б. М. Электродинамика и распространение радиоволн : учебник для вузов по направлению "Радиотехника" и специальностям "Радиотехника", "Радиофизика и электроника", "Бытовая радиоэлектронная аппаратура" / Б. М. Петров. - М., 2007. - 558 с. : ил.
- Никольский В. В. Электродинамика и распространение радиоволн : [учебное пособие для радиотехнических специальностей вузов] / В. В. Никольский, Т. И. Никольская. - М., 2011. - 542 с. : ил., табл.
- Баскаков А. И. Локационные методы исследования объектов и сред : учебник : [для вузов по специальности 210301 "Радиофизика"] / А. И. Баскаков, Т. С. Жутяева, Ю. И. Лукашенко ; под ред. А. И. Баскакова. - М., 2011. - 380, [1] с. : ил., табл.

4. Горбачев А. П. Электромагнитные волны в прямоугольных и круглых волноводах : учебное пособие / А. П. Горбачев, Ю. О. Филимонова ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2012. - 210, [1] с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000171184
5. Степанов М. А. Радиофизика [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / М. А. Степанов ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2015]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000215354. - Загл. с экрана.
6. Пейсахович Ю. Г. Классическая электродинамика : [учебное пособие] / Ю. Г. Пейсахович. - Новосибирск, 2013. - 635, [1] с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000181704
7. Григорьев А. Д. Электродинамика и микроволновая техника : [учебник для вузов по специальности "Электронные приборы и устройства" направления подготовки "Электроника и микроэлектроника"] / А. Д. Григорьев. - СПб. [и др.], 2007. - 703 с. : ил.

Дополнительная литература

1. Баскаков С. И. Основы электродинамики : учебное пособие для радиотехнических специальностей вузов / С. И. Баскаков. - М., 1973. - 248 с.
2. Андрусевич Л. К. Антенны и распространение радиоволн : [учебник для вузов] / Л. К. Андрусевич, А. А. Ищук, К. А. Лайко ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2006. - 393, [2] с. : ил.. - Режим доступа: http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/tutorials/2006/2006_andrusevich.pdf
3. Красюк Н. П. Электродинамика и распространение радиоволн : учебное пособие для радиотехнических специальностей вузов / Н. П. Красюк, Н. Д. Дымович. - М., 1974. - 536 с. : черт.
4. Техническая электродинамика : методические указания для 2 курса РЭФ (направление 552500-радиотехника) / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: В. Ф. Постников, В. Ф. Ким]. - Новосибирск, 2000. - 31 с. : ил.
5. Морозов А. В. Электродинамика и распространение радиоволн : [учебник для высших военных учебных заведений по специальностям направления "Радиотехника"] / А. В. Морозов, А. Н. Нырцов, Н. П. Шмаков. - М., 2007. - 408 с. : ил.
6. Фальковский О. И. Техническая электродинамика : Учебник для вузов связи / О. И. Фальковский. - М., 1978. - 430 с. : ил.
7. Антенно-фидерные устройства и распространение радиоволн : [учебник для вузов по специальности 2011 (Радиовещание, радиосвязь, телевидение)] / Г. А. Ерохин [и др.] ; под ред. Г. А. Ерохина. - М., 2007. - 491 с. : ил.. - На тит. л. и обл. авт.: О. В. Чернов. - В вып. дан. : О. В. Чернышев.
8. Потемкин В. В. Радиофизика : учебное пособие для вузов / В. В. Потемкин. - М., 1988. - 259, [2] с.
9. Григорьев А. Д. Электродинамика и техника СВЧ : учебник для вузов по спец. "Электрон. приборы и устройства" / А. Д. Григорьев. - М., 1990. - 334, [1] с. : ил.
10. Гинзбург Э. И. Радиофизика. Ч. 1 : сборник задач [для 2 курса РЭФ (направление 552500 - радиотехника)] / Э. И. Гинзбург, Ф. О. Волков ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2000. - 60 с. : ил.
11. Алмазов-Долженко К. И. Техническая электродинамика и устройства СВЧ : учебное пособие для вузов по специальности 200800 "Проектирование и технология радиоэлектронных средств" направления подготовки дипломированных специалистов 654300 "Проектирование и технология электронных средств" / К. И. Алмазов-Долженко, А. И. Королёв ; Моск. гос. ин-т радиотехники, электроники и автоматики (Технический университет). - М., 2006. - 262 с., [4] л. ил. : ил.
12. Зоммерфельд А. Электродинамика : Пер. с нем.. - М., 1958. - 501 с. : ил
13. Специальный физический практикум. Т.1 : [учебное пособие для университетов] / сост. под ред. Г. В. Спивака. - М., 1960. - 600, [1] с. : ил.

Интернет-ресурсы

1. ЭБС НГТУ : <http://elibrary.nstu.ru/>
2. ЭБС «Издательство Лань» : <https://e.lanbook.com/>
3. ЭБС IPRbooks : <http://www.iprbookshop.ru/>
4. ЭБС "Znaniium.com" : <http://znaniium.com/>
5. :

8. Методическое и программное обеспечение

8.1 Методическое обеспечение

1. Техническая электродинамика : программа, методические указания и задания для контрольных работ по дисциплине "Техническая электродинамика" для студентов, обучающихся по направлению 551100 "Проектирование и технология электронных средств" / Новосиб. гос. техн. ун-т; [сост.: К. А. Лайко]. - Новосибирск, 2004. - 41 с. - Режим доступа: <http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2004/2712.rar>
2. Радиофизика : методические указания к практическим занятиям по дисциплине "Радиофизика" для всех форм обучения второго курса РЭФ / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: М. А. Степанов, А. В. Никулин]. - Новосибирск, 2015. - 34, [1] с. : табл. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000219767
3. Электродинамика и распространение радиоволн : методические указания к лабораторным работам по дисциплине "Электродинамика и распространение радиоволн" для всех форм обучения 3 курса факультета "Радиотехника и электроника" / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: А. П. Горбачев, М. А. Степанов]. - Новосибирск, 2010. - 39, [2] с. : ил. - Режим доступа: <http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2010/3823.pdf>

8.2 Специализированное программное обеспечение

- 1 Microsoft Windows
- 2 Microsoft Office

9. Материально-техническое обеспечение

Презентационное оборудование

№	Наименование	Назначение
1	Презентационное оборудование (мультимедиа-проектор, экран, компьютер для управления)	Применяется для демонстрации текстовых и графических фото и видеоматериалов во время лекций, практических занятий

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра конструирования и технологии радиоэлектронных средств

“УТВЕРЖДАЮ”
ДЕКАН РЭФ
д.т.н., профессор В.А. Хрусталеv
“ ____ ” _____ г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Радиофизика

Образовательная программа: 11.03.03 Конструирование и технология электронных средств,
профиль: Проектирование и технология радиоэлектронных средств

1. Обобщенная структура фонда оценочных средств учебной дисциплины

Обобщенная структура фонда оценочных средств по дисциплине Радиофизика приведена в Таблице.

Таблица

Формируемые компетенции	Показатели сформированности компетенций (знания, умения, навыки)	Темы	Этапы оценки компетенций	
			Мероприятия текущего контроля (курсовой проект, РГЗ(Р) и др.)	Промежуточная аттестация (экзамен, зачет)
ОПК.1 способность представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики	з2. знать основные типы электродинамических систем, способы описания электродинамических систем и основные методы расчета их параметров	Уравнения Максвелла для комплексных амплитуд переменных поля в вакууме. Однородные уравнения Гельмгольца. Комплексная волновая функция. Теорема о комплексной мощности. Задачи излучения ЭМ - волн в однородное безграничное пространство. Внутренняя и внешняя задачи электродинамики. Запаздывающие потенциалы. Измерительная линия. Направляющие системы. Задачи Дирихле и Неймана. Структура полей в регулярной направляющей системе. Волны в прямоугольном и круглом волноводах, в диэлектрическом стержне, в полосковых линиях. Возбуждение направляющих систем. Затухание волн в металлических волноводах. Резонаторы. Структура полей, добротность, возбуждение резонаторов. Открытые волноводы и резонаторы. Неоднородные уравнения Гельмгольца. Волны в однородной среде с потерями. Поляризация ЭМ - волн. Распространение радиоимпульса. Групповая скорость. Система уравнений Максвелла для ЭМ - поля в среде. Материальные уравнения. Классификация сред. Линейные и нелинейные, стационарные и нестационарные, однородные и неоднородные, дисперсные и недисперсные, изотропные и анизотропные среды. Скалярные и векторные источники векторного поля. Циркуляция, поток, ротор, дивергенция. Интегральные теоремы. Электродинамические потенциалы. Выражения напряженностей ЭМ - поля	РГЗ, решение задач на практических занятиях, контрольная работа	Экзамен, вопросы 1-50

		через ЭД - потенциалы. Неоднородные волновые уравнения для ЭД - потенциалов. Принцип двойственности. Элементы векторного анализа Энергетические и кинематические параметры ЭМ - волны		
ОПК.1	з3. знать структуру электромагнитного поля в основных типах электродинамических систем	Ионосферное распространение радиоволн. Тензор диэлектрической проницаемости ионосферы. Обыкновенная и необыкновенная волны. Эффект Фарадея. Квазипродольное и квазипоперечное распространение. Рефракция радиоволн в ионосфере. Вертикальное ионосферное зондирование. Исследование СВЧ объемных резонаторов Кусочно - однородные среды. Граничные условия. Волновые явления на плоской границе раздела двух сред. Законы Снеллиуса. Формулы Френеля. Направляющие системы. Задачи Дирихле и Неймана. Структура полей в регулярной направляющей системе. Волны в прямоугольном и круглом волноводах, в диэлектрическом стержне, в полосковых линиях. Возбуждение направляющих систем. Затухание волн в металлических волноводах. Резонаторы. Структура полей, добротность, возбуждение резонаторов. Открытые волноводы и резонаторы. Область пространства существенная для образования луча. Зоны Френеля. Эллипсоид Френеля. Область пространства, существенная для образования отраженного луча. Задачи дифракции. Задача огибания радиоволнами сферической поверхности Земли. Области освещенности, полутени, тени. Интерференционные формулы. Формула Введенского. Учет сферичности Земли. Распространение радиоволн над плоской однородной и неоднородной Землей. Задачи рассеивания волн неровной поверхностью Земли. Рефракция ЭМ - волн. Приближение геометрической оптики. Виды тропосферной рефракции. Тропосферное	РГЗ, решение задач на практических занятиях, контрольная работа	Экзамен, вопросы 1-50

		рассеивание. Поверхностные эффекты: согласование сред, условия полного отражения, угол Брюстера, поверхностная волна, граничные условия Леонтовича. Поля и параметры элементарных излучателей: диполь Герца, виток с током, элемент Гюйгенса, турникетная антенна. Структура полей и параметры волновода Структура полей и параметры резонатора Структура поля и параметры элементарного излучателя		
ОПК.2 способность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат	у2. уметь строить математические модели и рассчитывать параметры электромагнитных процессов	Взаимодействие ЭМ - волны с проводником. Потери энергии поверхностный ток, сопротивление проводника. Волноводный эффект. Волновая функция. Плоская и сферическая электромагнитные (ЭМ) волны. Параметры и структура ЭС- волн. Вектор Умова - Пойнтинга. Зоны Френеля, формула Введенского Измерительная линия Исследование неоднородностей в трактах СВЧ. Исследование СВЧ объемных резонаторов Исследование элементарных излучателей Кусочно - однородные среды. Граничные условия. Волновые явления на плоской границе раздела двух сред. Законы Снеллиуса. Формулы Френеля. Лемма Лоренца. Теорема взаимности. Теорема единственности. Формулы Кирхгофа. Принцип Гюйгенса. Эквивалентные токи. Неоднородные уравнения Гельмгольца. Волны в однородной среде с потерями. Поляризация ЭМ - волн. Распространение радиоимпульса. Групповая скорость. Поверхностные эффекты: согласование сред, условия полного отражения, угол Брюстера, поверхностная волна, граничные условия Леонтовича. Поля и параметры элементарных излучателей: диполь Герца, виток с током, элемент Гюйгенса, турникетная антенна. Принцип взаимности и приемные антенны. Эффективная излучающая поверхность антенны. Система уравнений Максвелла для ЭМ - поля в среде. Материальные уравнения.	РГЗ, решение задач на практических занятиях, контрольная работа	Экзамен, вопросы 1-50

		Классификация сред. Линейные и нелинейные, стационарные и нестационарные, однородные и неоднородные, дисперсные и недисперсные, изотропные и анизотропные среды.		
ПК.6/ПК готовность выполнять расчет и проектирование деталей, узлов и модулей электронных средств, в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования	з1. знать теоретические основы и физические принципы построения радиоэлектронных средств и систем	Задачи излучения ЭМ - волн в однородное безграничное пространство. Внутренняя и внешняя задачи электродинамики. Запаздывающие потенциалы. Исследование неоднородностей в трактах СВЧ. Исследование элементарных излучателей Структура полей и параметры волновода Структура полей и параметры резонатора	РГЗ, решение задач на практических занятиях, контрольная работа	Экзамен, вопросы 1- 50

2. Методика оценки этапов формирования компетенций в рамках дисциплины.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в 4 семестре - в форме экзамена, который направлен на оценку сформированности компетенций ОПК.1, ОПК.2, ПК.6/ПК.

Экзамен проводится в устной форме, по билетам.

Кроме того, сформированность компетенций проверяется при проведении мероприятий текущего контроля, указанных в таблице раздела 1.

В 4 семестре обязательным этапом текущей аттестации являются расчетно-графическое задание (РГЗ), контрольная работа. Требования к выполнению РГЗ, контрольной работы, состав и правила оценки сформулированы в паспорте РГЗ, контрольной работы.

Общие правила выставления оценки по дисциплине определяются балльно-рейтинговой системой, приведенной в рабочей программе учебной дисциплины.

На основании приведенных далее критериев можно сделать общий вывод о сформированности компетенций ОПК.1, ОПК.2, ПК.6/ПК за которые отвечает дисциплина, на разных уровнях.

Общая характеристика уровней освоения компетенций.

Ниже порогового. Уровень выполнения работ не отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, пробелы могут носить существенный характер, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы не достаточно, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнены или выполнены с существенными ошибками.

Пороговый. Уровень выполнения работ отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые виды заданий выполнены с ошибками.

Базовый. Уровень выполнения работ отвечает всем основным требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения

учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки.

Продвинутый. Уровень выполнения работ отвечает всем требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному.

Паспорт экзамена

по дисциплине «Радиофизика», 4 семестр

1. Методика оценки

Экзамен проводится в устной форме, по билетам. Билет формируется по следующему правилу: первый вопрос выбирается из диапазона вопросов 1-24, второй вопрос из диапазона вопросов 25-50 (список вопросов приведен ниже). Так же билет содержит одну задачу. В ходе экзамена преподаватель вправе задавать студенту дополнительные вопросы из общего перечня (п. 4).

Форма экзаменационного билета

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Факультет РЭФ

Билет № _____

к экзамену по дисциплине «Радиофизика»

1. Уравнение Максвелла в дифференциальной форме
2. Линии передачи с волнами Т Е М. Полосковые линии передачи.
3. Задача: Дано: $E = 15z_0 \frac{B}{m}$ $\vec{P} = 30\vec{x}_0 + 45\vec{y}_0 \frac{Bm}{m^2}$. Найти: H .

Утверждаю: зав. кафедрой _____ должность, ФИО
(подпись)

(дата)

2. Критерии оценки

- Ответ на экзаменационный билет считается **неудовлетворительным**, если студент при ответе на вопросы не дает определений основных понятий, не способен показать причинно-следственные связи явлений, при решении задачи допускает принципиальные ошибки, оценка составляет **0-9 баллов**.
- Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **пороговом** уровне, если студент при ответе на вопросы дает определение основных понятий, может показать причинно-следственные связи явлений, при решении задачи допускает не принципиальные ошибки, например, вычислительные, оценка составляет **10-19 баллов**.
- Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **базовом** уровне, если студент при ответе на вопросы формулирует основные понятия, законы, дает характеристику

процессов, явлений, проводит анализ причин, условий, может представить качественные характеристики процессов, не допускает ошибок при решении задачи, оценка составляет **20-29 баллов**.

- Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **продвинутом** уровне, если студент при ответе на вопросы проводит сравнительный анализ подходов, проводит комплексный анализ, выявляет проблемы, предлагает механизмы решения, способен представить количественные характеристики определенных процессов, приводит конкретные примеры из практики, не допускает ошибок и способен обосновать выбор метода решения задачи, оценка составляет **30-40 баллов**.

3. Шкала оценки

Экзамен считается сданным, если сумма баллов по всем заданиям билета оставляет не менее **15 баллов** (из **40** возможных).

В общей оценке по дисциплине экзаменационные баллы учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

4. Вопросы к экзамену по дисциплине «Радиофизика»

1. Исходные понятия в теории электромагнетизма. Исторический экскурс.
2. Падение плоской электромагнитной волны на диэлектрическое полупространство под произвольным углом.
3. Заряды, токи и векторные характеристики электромагнитного поля.
4. Падение плоской электромагнитной волны с параллельной поляризацией на диэлектрическое полупространство под произвольным углом.
5. Уравнение Максвелла в дифференциальной форме.
6. Падение плоской электромагнитной волны с перпендикулярной поляризацией на диэлектрическое полупространство под произвольным углом.
7. Уравнения Максвелла в интегральной форме.
8. Угол Брюстера. Полное внутреннее отражение.
9. Полный ток и магнитное поле.
10. Приближенные граничные условия Леонтовича.
11. Закон сохранения заряда.
12. Направляемые электромагнитные волны. Падение плоской электромагнитной волны на идеально проводящую плоскость (параллельная и перпендикулярная поляризация).
13. Обобщённый закон электромагнитной индукции.
14. Классификация направляемых волн. Фазовая скорость.
15. Расхождения (дивергенция) электрической и магнитной индукции.
16. Типы волн в волноводах. Критическая длина волны в двухплоскостном волноводе.
17. Свойства материальных сред. Материальные уравнения. Поляризация и намагничивание, электропроводность.
18. Связь между продольными и поперечными составляющими поля направляемых волн.
19. Проводники и диэлектрики в электродинамике.

20. Прямоугольный металлический волновод. Волны Е-типа.
21. Типы сред в электродинамике.
22. Прямоугольный металлический волновод. Волны Н-типа.
23. Поля на границах раздела сред. Граничные условия для векторов электрического поля.
24. Критическая длина волны прямоугольного волновода.
25. Поля на границах раздела сред. Граничные условия для векторов магнитного поля.
26. Характеристическое сопротивление волновода.
27. Энергетические характеристики и баланс энергии поля.
28. Мощность в прямоугольном волноводе для волны Н₁₀-типа.
29. Стационарное поле, электростатика и магнитостатика.
30. Круглый металлический волновод.
31. Основы теории гармонических во времени процессов. Уравнения электродинамики в комплексной форме. Комплексная диэлектрическая проницаемость.
32. Линии передачи с волнами Т Е М. Коаксиальная линия.
33. Теорема Пойтинга.
34. Линии передачи с волнами Т Е М. Полосковые линии передачи.
35. Плоские электромагнитные волны.
36. Групповая скорость волн линий передач.
37. Сферические, цилиндрические волны.
38. Замедляющие структуры.
39. Однородная плоская электромагнитная волна с линейной поляризацией.
40. Колебательные системы СВЧ. Объёмные резонаторы.
41. Фазовая скорость и постоянная затухания плоских волн.
42. Решения неоднородных уравнений Максвелла. Электрический векторный потенциал.
43. Плоские электромагнитные волны в хорошо проводящих средах.
44. Решения неоднородного уравнения Гельмгольца.
45. Плоские электромагнитные волны с вращающейся поляризацией.
46. Элементарный электрический вибратор.
47. Нормальное падение электромагнитной волны на идеально проводящую плоскость.
48. Ближняя и дальняя зоны элементарного электрического излучателя. Мощность и сопротивление излучения.
49. Нормальное падение плоской электромагнитной волны на диэлектрическое полупространство.
50. Явления дифракции. Дифракция Фраунгофера и Френеля на отверстиях.

Паспорт контрольной работы

по дисциплине «Радиофизика», 4 семестр

1. Методика оценки

Контрольная работа проводится по темам: операции с векторами и полями, законы и явления электромагнетизма, уравнение электродинамики для гармонических полей, плоские однородные волны, включает 3 задачи. Выполняется письменно.

2. Критерии оценки

Каждое задание контрольной работы оценивается в соответствии с приведенными ниже критериями.

Контрольная работа считается **невыполненной**, если студент не решил ни одной задачи правильно, допускает принципиальные ошибки. Оценка составляет **0-2** балла.

Работа выполнена на **пороговом** уровне, если студент справляется с 30 % данной работы, т.е. одна задача решена правильно. Оценка составляет **2-5** балла.

Работа выполнена на **базовом** уровне, если студент решил правильно две задачи, допускает незначительные вычислительные неточности. Оценка составляет **6-8** баллов.

Работа считается выполненной на **продвинутом** уровне, если студент справился со всеми предложенными заданиями. Оценка составляет **9-10** баллов.

3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине баллы за контрольную работу учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

4. Пример варианта контрольной работы

Вариант 7

1. Найти в сферических координатах $\text{grad}\varphi$ и $\nabla^2\varphi$ для $\varphi = \frac{r \exp(-jkr)}{\cos(\theta)^2}$

2. Дано: $\vec{E} = 10\vec{y}_0 \frac{B}{m}$; $\vec{H} = 5\vec{x}_0 + 20\vec{z}_0 \frac{Bm}{m^2}$. Найти: $\vec{H}$.

3. В материальной среде: $\epsilon = 5$, $\sigma = 7 \frac{Cm}{m}$ создано поле $E = 20 \frac{B}{m}$; $f = 10 \text{ МГц}$. Определить амплитудное значение и фазовый угол вектора плотности полного тока $J = J_{np} + j \cdot J_{cm}$.

Паспорт расчетно-графического задания

по дисциплине «Радиофизика», 4 семестр

1. Методика оценки

В рамках расчетно-графического задания по дисциплине студенты должны провести расчет электромагнитного поля для случая нормального падения плоской волны на диэлектрическое полупространство в соответствии с исходными данными.

При выполнении расчетно-графического задания студенты должны провести расчет амплитуды напряженности электрического поля в обеих областях, представить графически картину напряженности электромагнитного поля, найти точки пространства, в которых линейный вибратор обладает максимальным током

Обязательные структурные части РГЗ.

- Титульный лист;
- Содержание;
- Анализ технического задания;
- Расчет электромагнитного поля в первой области пространства;
- Расчет коэффициентов Френеля;
- Расчет электромагнитного поля во второй области пространства;
- Графическая иллюстрация полей в первой и второй области;
- Выводы
- Список литературы;
- Приложения.

Оцениваемые позиции:

- Оформление РГЗ;
- Анализ каждой структурной части задания;
- Правильность решения задания;
- Оформление результатов решения.
- Выводы по заданию.

2. Критерии оценки

- Работа считается **не выполненной**, если выполнены не все части РГЗ, оценка составляет 0-2 баллов.
- Работа считается выполненной **на пороговом** уровне, если к ее выполнению есть существенные замечания, оценка составляет 2-5 баллов.
- Работа считается выполненной **на базовом** уровне, если к оцениваемым позициям имеется несколько незначительных замечаний, оценка составляет 6-12 баллов
- Работа считается выполненной **на продвинутом** уровне, если все оцениваемые позиции выполнены без замечаний, правильно или к одной из оцениваемых позиций имеется незначительное замечание, оценка составляет 13-15 баллов.

3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине баллы за РГЗ учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

4. Примерный перечень тем РГЗ

Приведен один из вариантов типового задания на РГЗ.

Провести расчет электромагнитного поля для случая нормального падения плоской волны на диэлектрическое полупространство.

1. Для случая нормального падения плоской ЭМВ провести расчет E_{Σ} в обеих областях.
2. Построить график амплитуд $E_{\Sigma}(z)$
3. Рассчитать коэффициент Френеля.
4. Найти точку пространства в 1 области, ближайшую к границе, помещенный в которую электрический линейный вибратор обладал бы максимальным током.

Вариант №1

Исходные данные:

1. Вакуум $\sigma_1 = 0$, $\varepsilon_1 = \mu_1 = 1$
2. Диэлектрик с потерями $\varepsilon_2 = 6$, $\mu_2 = 1$, $\operatorname{tg} \Delta_2 = 0.03$.
3. Амплитуда волны $E_{II} = 1 \text{ В/м}$
4. Частота $f = 300 \text{ МГц}$