



Министерство образования и науки Украины
Севастопольский национальный технический университет
Кафедра радиотехники и телекоммуникаций

**ЗАДАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ
РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКИХ ЗАДАНИЙ**
по дисциплине
**«ЭЛЕКТРОДИНАМИКА И РАСПРОСТРАНЕНИЕ
РАДИОВОЛН»**

Методические рекомендации
для студентов дневной формы обучения
направления 0509 — Радиотехника

Севастополь
2009

УДК 621.317.34:621.372

Задания к выполнению расчетно-графических заданий по дисциплине **«Электродинамика и распространение радиоволн»**: методические рекомендации для студентов дневной формы обучения направления 0509 — Радиотехника / СевНТУ, сост. **Саламатин В.В., Афонин И.Л.** — Севастополь: изд-во СевНТУ, 2009. — 12 с.

Целью методических рекомендаций является оказание помощи студентам в изучении базовой радиотехнической дисциплины «Электродинамика и распространение радиоволн» и в выполнении расчетно-графических заданий, предусмотренных учебным планом направления 0509 — Радиотехника.

Методические рекомендации рассмотрены и утверждены на заседании кафедры радиотехники и телекоммуникаций факультета радиоэлектроники СевНТУ, протокол № 7 от «09» **апреля 2009** года.

Допущены учебно-методическим центром СевНТУ в качестве учебно-методического пособия.

Рецензент:

Савочкин А.А., канд. техн. наук, доцент кафедры радиотехники и телекоммуникаций.

Ответственный за выпуск:

Гимпилевич Ю.Б., доктор техн. наук, проф., зав. кафедрой радиотехники и телекоммуникаций.

СОДЕРЖАНИЕ

	стр
Введение	4
1. Контрольная работа 1	5
1.1. Контрольные вопросы	5
1.2. Задача 1.1	5
1.3. Задача 1.2	5
1.4. Задача 1.3	6
1.5. Задача 1.4	6
1.6. Задача 1.5	6
2. Контрольная работа 2	7
2.1. Задача 2.1	7
2.2. Задача 2.2	7
2.3. Задача 2.3	7
2.4. Задача 2.4	8
2.5. Задача 2.5	8
2.6. Задача 2.6	8
3. Контрольная работа 3	9
3.1. Задача 3.1	9
3.2. Задача 3.2	9
3.3. Задача 3.3	9
3.4. Задача 3.4	10
3.5. Задача 3.5	10
3.6. Задача 3.6	10
Библиографический список	12
Основная литература	12
Дополнительная литература	12

ВВЕДЕНИЕ

Учебным планом по дисциплине «Электродинамика и распространение радиоволн» предусмотрено выполнение трёх расчетно-графических заданий — два по электродинамике (6 семестр) и одно по распространению радиоволн (7 семестр).

Номер варианта должен совпадать с последней цифрой номера зачётной книжки студента.

Типичные ошибки, допускаемые студентами, при выполнении расчетно-графических заданий:

- использование различных систем единиц;
- использование относительной диэлектрической и магнитной проницаемостей вместо их абсолютных значений;
- неверное обозначение размерностей вычисляемых величин (напряжённостей электрического и магнитного полей, индукции электрического и магнитного полей и т.д.);
- ошибки в преобразованиях при переходе от векторной формы записи выражений к скалярной форме записи;
- арифметические ошибки при расчетах.

Расчетно-графические задания выполняются в обычных ученических тетрадях в рукописном виде или на листах А4 (210×297 мм) с использованием персонального компьютера (ПК). Они должны быть аккуратно оформлены, либо разборчиво написаны. Все страницы нумеруются, включая титульный лист.

Номер варианта определяется последней цифрой зачетной книжки.

На обложке тетради, либо титульном листе указывается фамилия, имя и отчество, группа, шифр (номер зачетной книжки), дисциплина, номер расчетно-графического задания, домашний адрес студента.

Рисунки, графики, выполнение которых требуется в задании, должны быть сделаны аккуратно. Графики строятся на миллиметровой бумаге с указанием размерностей по осям или выполняются с использованием прикладных программ на ПК.

Расчётные формулы должны приводиться в тексте работы в общем виде с объяснением всех буквенных значений.

Расчёты необходимо выполнить до трёх значащих цифр.

В конце работы указывается список использованной литературы. При этом перечень ссылок должен быть составлен в соответствии с государственным стандартом ДСТУ ГОСТ 7.1.2006, введенного с 1 июля 2007 года.

Каждое расчетно-графическое задание должно быть подписано автором.

1. РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ 1

1.1. Контрольные вопросы

1.1.1. Запишите дифференциальные уравнения Максвелла для комплексных амплитуд в прямоугольной системе координат.

1.1.2. В чем заключается обобщение Максвеллом законов Ампера, Фарадея и Гаусса?

1.1.3. Сформулируйте физический смысл каждого уравнения.

1.2. Задача 1.1

Плоская линейно-поляризованная волна падает на границу раздела двух сред. Угол падения равен 45° . Относительные диэлектрические и магнитные проницаемости и удельные проводимости первой и второй сред, соответственно, равны: $\epsilon_1, \epsilon_2, \mu_1=\mu_2=1, \sigma_1=\sigma_2=0$. Вектор напряженности магнитного поля H_1 падающей волны параллелен граничной плоскости. Определить величину и направление вектора напряженности электрического поля E_2 прошедшей волны, если величина напряженности электрического поля E_1 падающей волны известна. Исходные данные приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 — Исходные данные к задаче 1.1

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
ϵ_1	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5
ϵ_2	81	70	60	50	40	30	20	15	10	1,0
E_1 , В/м	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5

1.3. Задача 1.2

Вывести формулу и рассчитать емкость цилиндрического конденсатора. Радиус внутреннего цилиндра — a ; радиус внешнего цилиндра — b ; относительная диэлектрическая проницаемость — ϵ ; длина конденсатора — l ; потенциал внешнего проводника равен нулю, внутреннего — φ_0 . Исходные данные приведены в таблице 1.2.

Таблица 1.2 — Исходные данные к задаче 1.2

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
ϵ	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10
a , мм	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9
b , мм	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11
l , мм	50	45	40	35	39	30	35	40	45	50
φ_0 , В	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10

1.4. Задача 1.3

Найти полную величину энергии электростатического поля заряженного диэлектрического шара, находящегося в свободном пространстве. Относительная диэлектрическая проницаемость шара — ε ; радиус — R ; величина заряда — Q . Исходные данные приведены в таблице 1.3.

Таблица 1.3 — Исходные данные к задаче 1.3

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
ε	81	50	30	10	9	8	7	6	5	4
R , м	100	50	30	10	9	8	7	6	5	4
Q , Кл	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

1.5. Задача 1.4

Определить мощность электромагнитной энергии, падающую на планету. Мощность $P_{\text{ЗВ}}$, излучаемая Звездой, равна $4 \cdot 10^{26}$ Вт; расстояние от Звезды до планеты — $r_{\text{П}}$; радиус планеты — $R_{\text{П}}$. Влиянием других звезд при решении задачи пренебречь. Исходные данные приведены в таблице 1.4.

Таблица 1.4 — Исходные данные к задаче 1.4

№	1	2	3	4	5
$r_{\text{П}}$, м	$1,5 \times 10^{11}$	$0,5 \times 10^{11}$	$1,0 \times 10^{11}$	$2,5 \times 10^{11}$	$8,0 \times 10^{11}$
$R_{\text{П}}$, м	$6,4 \times 10^6$	$2,0 \times 10^6$	$6,0 \times 10^6$	$4,0 \times 10^6$	10^8

Продолжение таблицы 1.4.

№	6	7	8	9	0
$r_{\text{П}}$, м	16×10^{11}	4×10^{11}	25×10^{11}	35×10^{11}	$6,0 \times 10^{12}$
$R_{\text{П}}$, м	$6,0 \times 10^7$	$4,0 \times 10^6$	$3,0 \times 10^7$	$2,0 \times 10^7$	$5,0 \times 10^6$

1.6. Задача 1.5

Определить во сколько раз уменьшится амплитуда волны на расстоянии 1 метр при распространении в среде с параметрами: ε , $\mu=1$, σ на частоте 500 кГц и 10 МГц. Исходные данные приведены в таблице 1.5.

Таблица 1.5 — Исходные данные к задаче 1.5

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
ε	81	50	30	10	9	8	7	6	5	4
σ , См/м	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

2. РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ 2

2.1. Задача 2.1

Определить комплексные коэффициенты отражения и преломления при наклонном падении нормально поляризованной волны на границу раздела двух сред с электромагнитными параметрами: $\epsilon_1, \epsilon_2, \mu_1=\mu_2=1, \sigma_1=\sigma_2=0$. Угол падения $\theta=45^\circ$. Найти углы полного прохождения (угол Брюстера) и полного отражения (критический угол). Исходные данные приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 — Исходные данные к задаче 2.1

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
ϵ_1	1,5	2,5	3,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5
ϵ_2	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5

2.2. Задача 2.2

Определить коэффициент затухания и фазовую постоянную в проводнике, глубину проникновения электромагнитного поля, длину волны и волновое сопротивление проводящей среды. Исходные данные приведены в таблице 2.2.

Таблица 2.2 — Исходные данные к задаче 2.2

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$f, \text{ ГГц}$	0,1	0,5	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	8,0	10
$\sigma \times 10^7, \text{ См/м}$	5,0	5,1	5,2	5,3	5,8	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
μ	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	20	30	40	50	60

2.3. Задача 2.3

Плоская электромагнитная волна с круговой поляризацией падает из вакуума на поверхность среды, относительная диэлектрическая проницаемость которой равна ϵ . Определить углы падения, при которых:

- поляризация отраженной волны остается круговой;
- осуществляется преобразование круговой поляризации в линейную поляризацию.

Определить соотношение осей эллипса поляризации для угла падения равного 45° . Исходные данные приведены в таблице 2.3.

Таблица 2.3 — Исходные данные к задаче 2.3

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
ϵ	1,5	2,5	3,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5

2.4. Задача 2.4

Прямоугольный волновод с воздушным заполнением имеет поперечное сечение $a \times b$. Определить все типы волн, которые могут распространяться в волноводе на частоте, равной $4f_{\text{кр}}$. Для основного типа волны H_{10} и волны с наиболее высокими значениями индексов m и n найти критические длины волн, длины волн в волноводе, фазовые и групповые скорости. Исходные данные приведены в таблице 2.4.

Таблица 2.4 — Исходные данные к задаче 2.4

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
a , мм	90	72	48	40	35	28	23	17	12	7,2
b , мм	45	34	24	20	15	14	10	8	6	3,4

2.5. Задача 2.5

Радиус волновода круглого сечения равен a . Определить диапазон частот одноволнового режима работы волновода с воздушным заполнением. Исходные данные приведены в таблице 2.5.

Таблица 2.5 — Исходные данные к задаче 2.5

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
a , мм	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100

2.6. Задача 2.6

Напишите выражения для составляющих напряженностей поля в прямоугольном резонаторе при типе колебаний H_{101} . Определите первые три собственные частоты прямоугольного резонатора, размеры которого равны: a , b , l . Исходные данные приведены в таблице 2.6.

Таблица 2.6 — Исходные данные к задаче 2.6

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
a , мм	90	72	48	40	35	28	23	17	12	7,2
b , мм	45	34	24	20	15	14	10	8	6	3,4
l , мм	90	72	48	40	35	28	23	17	12	7,2

3. РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ 3

3.1. Задача 3.1

Найти расстояние между передатчиком и приемником, при котором потери мощности не должны превышать A дБ. Исходные данные: потери A , длина волны λ , коэффициенты направленного действия передающей КНД₁ и приемной КНД₂ антенн приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 — Исходные данные к задаче 3.1

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
A , дБ	30	35	40	40	45	50	30	35	40	45
λ , мм	45	34	24	20	30	40	50	30	60	90
КНД ₁	100	150	200	240	280	320	360	400	450	300
КНД ₂	50	50	60	65	80	50	60	60	50	30

3.2. Задача 3.2

Рассчитать расстояние между передающей и приемной антеннами, при котором напряженность электрического поля E_m в месте приема равна 20 мВ/м. Мощность на выходе передающей антенны — P , а ее коэффициент направленного действия — КНД. Высоты подъема антенн над землей: передающей — h_1 , приемной — h_2 ; частота — f . Исходные данные приведены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 — Исходные данные к задаче 3.2

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
P , кВт	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10
КНД	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11
h_1 , м	50	45	40	35	39	30	35	40	45	50
h_2 , м	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9
f , ГГц	0,1	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,2	0,3	0,15	0,3

3.3. Задача 3.3

Электромагнитная волна распространяется над морской поверхностью. Рассчитать и построить график зависимости напряженности электрического поля излучателя $E=E(r)$ в пределах от $r=90$ км до $r=140$ км, если антенна передатчика излучает мощность P , ее коэффициент направленного действия — КНД, длина волны — λ . Исходные данные приведены в таблице 3.3.

Таблица 3.3 — Исходные данные к задаче 3.3

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$P, \text{ Вт}$	180	170	160	160	170	180	190	200	210	220
КНД	1,5	2,5	3,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5
$\lambda, \text{ м}$	150	160	170	180	190	200	190	180	170	160

3.4. Задача 3.4

Вычислить радиус кривизны траектории волны ρ , эквивалентный радиус Земли $R_{\text{Э}}$ и расстояние прямой видимости r'_0 с учетом рефракции при заданном изменении показателя преломления с высотой — dn/dh . Исходные данные приведены в таблице 3.4.

Таблица 3.4 — Исходные данные к задаче 3.4

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$\frac{dn}{dh} \times 10^{-5}$	4,0	3,5	3,0	4,0	4,5	4,6	3,7	3,8	3,9	4,0

3.5. Задача 3.5

Вычислить относительную диэлектрическую проницаемость ионизированного газа, частоту Ленгмюра, фазовую и групповую скорости волны в ионосфере, критический угол, критическую частоту, если электронная плотность равна N , а длина волны — λ . Исходные данные приведены в таблице 3.5.

Таблица 3.5 — Исходные данные к задаче 3.5

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$N, \text{ эл/см}^3$	10^4	10^5	10^6	10^6	10^5	10^4	10^4	10^5	10^6	10^5
$\lambda, \text{ м}$	600	400	30	40	450	750	800	350	50	300

3.6. Задача 3.6

Для осуществления связи на расстояниях r от 10^4 км до 10^8 км рассчитать зависимость необходимой мощности $P_1(r)$ бортового передатчика космического корабля, если частота равна f , коэффициенты направленного действия антенн — КНД₁, КНД₂, полоса частот приема $\Delta f=4$ МГц, коэффициент шума приемного устройства $N=3$ дБ, отношение сигнала к шуму $P_c / P_{\text{ш}}=5$ дБ, температура $T=300$ К. Построить график. Исходные данные приведены в таблице 3.6.

Таблица 3.6 — Исходные данные к задаче 3.6

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
f , ГГц	10	9,0	9,8	9,7	10,6	10,5	10,4	10,3	10,2	10,1
КНД ₁	40	50	40	50	80	30	40	40	45	30
КНД ₂	50	50	60	65	80	50	60	60	50	40

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Основная литература

1. Саламатин В.В. Основы электродинамики (традиционной и геометрической): учеб. пособие / В.В. Саламатин, И.Л. Афонин. — Севастополь: изд-во СевНТУ, 2003. — 216 с.
2. Методическое пособие по дисциплине «Электродинамика и распространение радиоволн» для студентов заочной формы обучения направления 0907 — «Радиотехника» / СевНТУ, Сост. Афонин И.Л., Саламатин В.В. — Севастополь: изд-во СевНТУ, 2002. — 45 с.
3. Федоров Н.Н. Основы электродинамики / Н.Н. Федоров. — М.: Высш. шк., 1980. — 399 с.
4. Марков Г.Т. Электродинамика и распространение радиоволн / Г.Т. Марков, Б.М. Петров, Г.П. Грудинская. — М.: Сов. радио, 1979. — 376 с.
5. Никольский В.В. Электродинамика и распространение радиоволн / В.В. Никольский. — М.: Сов. радио, 1976. — 543 с.
6. Долуханов М.П. Распространение радиоволн / М.П. Долуханов. — М.: Связь, 1972. — 336 с.
7. Григорьев А.Д. Электродинамика и техника СВЧ: учебник для вузов по спец. «Электронные приборы и устройства автоматики» / А.Д. Григорьев. — М.: Высш. шк., 1990. — 335 с.
8. Сборник задач по курсу «Электродинамика и распространение радиоволн»: учеб. пособие / С.И. Баскаков [и др.]; Под ред. С.И. Баскакова. — М.: Высш. шк., 1981. — 208 с.
9. Витевский В.Б. Сборник упражнений и задач по электродинамическим дисциплинам / В.Б. Витевский, О.Н. Маслов, Э.А. Павловская. — М.: Радио и связь, 1996. — 197 с.

Дополнительная литература

10. Саламатин В.В. Основы геометрической электродинамики волноводов прямоугольного сечения: учеб. пособие / В.В. Саламатин, И.Л. Афонин, С.Н. Бердышев. — Севастополь: изд-во СевНТУ, 2008. — 220 с.
11. Вольман В.И. Техническая электродинамика / В.И. Вольман, Ю.В. Пименов. — М.: Связь, 1971. — 402 с.
12. Грудинская Г.П. Распространение радиоволн / Г.П. Грудинская. — М.: Высш. шк., 1975. — 280 с.
13. Гольдштейн Л.Д. Электромагнитные поля и волны / Л.Д. Гольдштейн, Н.А. Зернов. — М.: Сов. радио, 1971. — 664 с.
14. Семенов Н.А. Техническая электродинамика / Н.А. Семенов. — М.: Связь, 1973. — 324 с.
15. Векштейн Е.Г. Сборник задач по электродинамике / Е.Г. Векштейн. — М.: Высш. шк., 1966. — 288 с.
16. Двайт Г.Б. Таблицы интегралов и другие математические формулы / Г.Б. Двайт. — М.: Наука, 1986. — 176 с.