

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ

СевНТУ

МЕТОДИЧЕСКОЕ УКАЗАНИЕ

По курсовому проектированию по курсу
"РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ"

Севастополь- 2003

Цель указаний: Оказание помощи студентам в овладении методики проектирования современных радиотехнических систем.

Методические указания разработал: к.т.н., доцент кафедры РТ
Лукьянчук А.Г.

Задачей курсовой работы является углубление знаний студентов о современных радиотехнических комплексах, овладение методикой обоснования и расчета основных характеристик и параметров радиотехнических систем, развитие навыков исследования и системного подхода разработке радиотехнической аппаратуры.

Задание на курсовую работу включает в себя: тему работы, исходные данные для расчета и технические характеристики системы, которые должны быть рассчитаны при проектировании.

Расчетно – пояснительная записка
Объемом до 25-30 страниц формата А4 должна содержать:

1. Титульный лист
2. Содержание
3. Введение (постановку задачи, обзор современного состояния вопроса по разрабатываемому варианту РЛС)
4. Выбор и обоснование структурной схемы РЛС и описание ее работы
5. Расчет технических характеристик РЛС
6. Сводную таблицу заданных и полученных в результате параметров РЛС
7. Выводы по работе
8. Перечень использованной литературы.

Необходимые функциональные схемы, диаграммы напряжений, графики и прочие иллюстрационные материалы выполняются на листах формата А4 и подшиваются к пояснительной записке. Все параметры и коэффициенты, которые в процессе выполнения курсовой работы не рассчитываются, а выбираются, должны иметь краткое техническое обоснование.

Курсовая работа выполняется на основании анализа характеристик современных РЛС и требует привлечения как учебной, так и научно-технической литературы (монографии, журналы “Радиотехника”, “Зарубежная радиоэлектроника” и др.). Ссылки на используемую литературу по тексту пояснительной записки обязательны.

Выбор темы курсовой работы производится по последней цифре зачетной книжки, а выбор варианта исходных данных для расчета – по предпоследней цифре зачетной книжки.

1. МЕТОДИКА РАСЧЕТА ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК РАДИОСИСТЕМЫ

В процессе выполнения курсовой работы целесообразно воспользоваться следующей обобщенной методикой расчета основных технических показателей радиосистемы.

1.1. Определение рабочей длины волны радиотехнической системы

При выборе длины волны, необходимо учитывать следующие факторы. Рабочая длина волны определяет размеры антенной системы РЛС при требуемой ширине диаграммы направленности (ДН) и коэффициент направленного действия (КНД). На более коротких волнах проще реализуется как более высокая точность определения координат, так и разрешающая способность РЛС. Однако при этом возрастает поглощающее и рассеивающее действие гидрометеоров (дождь, снег, облака) и затухание в атмосфере. Укорочение длины волны при неизменных размерах антенны приводит к увеличению дальности обнаружения в следствии увеличения КНД антенны.

При необходимости увеличения дальности практически стремятся выбрать максимально допустимый размер антенны и минимальную длину волны. При этом студент должен учитывать, что геометрические размеры антенн наземных РЛС в азимутальной плоскости не превышает 8 м, для корабельных РЛС-3 м, а для самолетных - менее 1,5 м. Необоснованное увеличение апертуры антенн, при выполнении условий работы недопустимо.

При определении рабочей длины волны и затухания энергии радиоволн в атмосфере, можно воспользоваться методикой /4,6/, однако следует учитывать, что для РЛС применяются только следующие диапазоны длин волн: 10,1 – 10,5 см; 6,4 – 6,8 см; 3,1 – 3,2 см; 1,9 – 2,0 см; 0,82 – 0,86 см; 0,41 – 0,45 см.

1.2. Определение эффективной площади рассеяния объектов

Эффективная площадь рассеяния (ЭПР) объектов характеризует ее отражающие свойства, которые зависят от длины волны РЛС, конфигурации и размеров цели, направления облучения. Точный учет этих факторов возможен только для сосредоточенных целей простой формы (шар, уголко-вый отражатель, полуволновый вибратор). ЭПР сложных объектов, к ним

относится подавляющее большинство реальных целей, определяются экспериментальным путем и описываются статически.

Для сосредоточенных целей (самолет, корабль и т.п.) составлены таблицы средних ЭПР для различных диапазонов волн /2,3,4/.

При определении ЭПР распределенных целей (подстилающая земная или морская поверхность, дождевой фронт, облако пассивных отражателей) необходимо, прежде всего, определить размер элемента поверхностного и объемного разрешения, а затем, используя среднее значение удельной ЭПР данной среды /4,6/ определить результирующую поверхность рассеяния. При определении ЭПР распределенных объектов необходимо выбрать оптимальный вид поляризации излучения.

1.3. Расчет характеристик обзора пространства

В соответствии с заданием вначале должен быть сделан выбор вида обзора пространства, на основании которого последовательно следует определить /1,2,6/: период обзора, угловую скорость вращения антенны, время облучения цели, число накапливаемых импульсов. На этом этапе расчета должны быть окончательно определены: период послышки зондирующих импульсов, ширина диаграммы направленности, КПД, КНД и эффективная площадь антенны.

В случае если темой курсовой работы является создание РЛС поиска и сопровождения целей, то необходимо произвести расчет параметров обзора и для режима поиска, и для режима сопровождения целей /6/.

Следует обратить внимание на то, что число накапливаемых импульсов в пачке не должно быть меньше 10. В противном случае это приводит к ухудшению параметров обнаружения и к необоснованному увеличению мощности передатчика.

1.4. Определение пороговой мощности радиоприемного устройства РЛС

Расчет пороговой мощности приемника производится с учетом заданных вероятностей правильного обнаружения и ложной тревоги. Сначала необходимо определить требуемое отношение сигнал/шум на входе приемника, обеспечивающее заданные вероятности обнаружения сигнала с учетом объема пачки импульсов /1,2,4,6/. После этого производится расчет потерь при обработке сигнала, которые обусловлены потерями в антенне, в высокочастотном тракте, из-за расстройки приемника, не оптимальности согласования спектра сигнала и характеристики фильтра, потерями детектора и видео усилителя. После проведения указанных вычислений с учетом

первых каскадов приемника рассчитывается мощность шумов на входе приемника и его пороговая мощность.

Необходимо учитывать, что если время накопления сигналов превышает период обзора, то при последующей обработке удастся накопить несколько пачек импульсов и пропорционально увеличить отношение сигнал/шум.

1.5. Расчет разрешающей способности РЛС

На этом этапе работы необходимо с учетом вида зондирующего сигнала определить разрешающую способность по дальности, угловому положению и скорости. Если полученное значение превышает заданную реальную разрешающую способность необходимо либо изменить длительность сигнала, либо применить для измерения сложный сигнал (линейно-частотно-модулированный, фазоманипулированный и т.п.) /1,2,3/.

Далее необходимо с учетом специфики разрабатываемой РЛС выбрать схему измерения и вид индикаторного устройства. С учетом этого выбора рассчитать реальную разрешающую способность системы. Наибольшее предпочтение рекомендуется отдавать цифровым методам измерения дальности, скорости и углового положения объектов /1,5,6/.

В случае, если разрешающая способность, полученная в результате расчета, оказывается больше заданной, необходимо применить много шкальный метод измерения с разбивкой на диапазоны. При использовании в качестве индикаторов электронно-лучевых трубок (ЭЛТ) в этом случае можно применить изменение масштаба, раздвижку центра, переход от круговой развертки к секторной или прямоугольной. Разрешающую способность следует рассчитать для всех шкал и масштабов измерения.

1.6. Расчет точности измерения радиотехнической системы

Потенциальная точность измерения координат и параметров движения объектов рассчитывается с учетом отношения сигнал/шум на входе измерительного устройства. Если в процессе расчета не удастся обеспечить заданную точность измерения, а все возможности исчерпаны, допускается при соответствующем обосновании снизить точность измерения.

Реальная точность измерения должна учитывать систематические и случайные ошибки аппаратуры измерения /5,6/, а также ошибки, зависящие от условий распространения радиоволн в реальной атмосфере /2,4,6/.

В случае, если аппаратурные ошибки превосходят заданные, необходимо применять многоканальные методы отсчета с изменением масштаба. Погрешность измерения необходимо рассчитать для аналоговой и цифровой схем, а затем сравнить полученные результаты.

Применять устаревшие виды индикаторов на ЭЛТ с линейной и кольцевой развертками, а также с механическим визиром не следует.

1.7. Расчет энергетических характеристик радиосистемы

Этот расчет является завершающим этапом работы и включает в себя результаты всех выполненных вычислений. Целью его является определения с помощью основных уравнений дальности минимальной импульсной и средней мощности передатчика РЛС, обеспечивающей обнаружение целей на максимальной дальности. Расчет необходимо производить с учетом поглощения радиоволн в реальной атмосфере и осадках с учетом их пространственной неравномерности. Пространственный размер ячейки дождя интенсивностью 4 мм/ч – 100 км; 16 мм/ч – 25 км; 28 мм/ч – 10 км; 80 мм/ч – 3 км.

В результате выполнения расчета должны быть даны рекомендации по снижению мощности передатчика за счет повышения помехоустойчивости, кодирования, выбора вида поляризации излучения и других факторов.

Нами рассмотрена типовая методика проектирования РЛС, однако при выполнении большинства заданий возможны отклонения от нее. Например, в некоторых вариантах задана длина волны, и ее обоснование не требуется; расчет разрешающей способности по скорости не задан и другие. Однако при проектировании студент должен остановиться на этих вопросах, и сделать заключение, о целесообразности изменения рабочей длины волны или способе измерения и разрешения объектов по скорости.

2 ТЕМАТИКА ЗАДАНИЙ НА КУРСОВУЮ РАБОТУ

Выбор темы курсовой работы производится по последней цифре зачетной книжки, а выбор варианта исходных данных для расчета по последней цифре зачетной книжки.

2.1. Тема №1 – Аэродромная РЛС управления воздушным движением

Исходные данные: Наземная РЛС кругового обзора должна обеспечивать обнаружение самолета с σ_d на дальности $D_{\max}$ с вероятностями правильного обнаружения $P_{\text{по}}$ и вероятностью ложной тревоги $P_{\text{лт}}$, а также измерение координат воздушных целей с разрешением по дальности δ_D и по угловым координатам $\delta_{\text{АЗ}}$. РЛС должна работать в условиях дождя интенсивностью I и обеспечивать цифровое измерение координат при скорости полета самолета $V_{\text{ц}}$ и высоте h . Максимальная погрешность измерения

дальности не должна превышать ΔD . Цифровые значения параметров приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1

№ вар.	$D_{\max}$ км	$\sigma_{\text{ц}}$ м^2	$P_{\text{по}}$	$P_{\text{лт}}$	δ_D м	$\delta_{\text{аз}}$ град	I мм/ч	$V_{\text{ц}}$ м/с	ΔD м	$h_{\text{ц}}$ км
1	300	25	0,92	10^{-3}	220	1,5	16	70	200	9
2	450	40	0,90	10^{-4}	400	1,1	28	110	250	12
3	350	38	0,93	10^{-3}	300	1,3	16	80	180	13
4	460	28	0,96	10^{-4}	280	1,8	16	120	100	10
5	380	30	0,94	10^{-4}	280	1,6	14	60	140	8
6	500	24	0,93	10^{-3}	350	1,6	28	140	220	14
7	400	36	0,95	10^{-4}	300	1,4	28	90	160	8
8	650	22	0,93	10^{-2}	320	1,8	16	120	260	15
9	420	24	0,96	10^{-4}	260	1,6	28	100	180	9
10	600	26	0,93	10^{-2}	350	2,0	16	200	250	14

Разработать структурную схему наземной РЛС. Обосновать и выбрать рабочую длину волны, вид и параметры зондирующего сигнала. Рассчитать период, длительность, скважность импульсов, период и скорость обзора пространства, время облучения и количество накапливаемых импульсов; эффективную площадь, КПД, КНД, ширину ДН и размеры антенны по азимуту и углу места; размеры элемента разрешения и ЭПР полосы осадков, пороговую мощность приемника РЛС с учетом потерь при обработке; вид и рабочие характеристики индикатора; случайные и систематические погрешности измерения дальности и угловых координат положения объектов при аналоговом и цифровом измерении, минимальную импульсную и среднюю мощность передатчика. Предложить меры отражений от осадков и пассивной помехи.

2.2. Т е м а №2 – Корабельная аварийно-спасательная РЛС обнаружения малоразмерных надводных объектов

И с х о д н ы е д а н н ы е: РЛС должна обеспечивать измерение дальности в диапазоне $D_1 \div D_2$ и азимута в объекта в диапазоне $\Phi_{\text{аз}}$. Вероятность обнаружения шлюпки с ЭПР- $\sigma_{\text{ц}}$ на максимальной дальности должна обеспечиваться не менее $P_{\text{по}}$ при вероятности ложной тревоги $P_{\text{лт}}$. Разрешающая способность по дальности не более δD , а по азимуту $\delta_{\text{аз}}$. РЛС должна обеспечивать нормальную работу при высоте морского волнения $h_{\text{в}}$. Период накопления сигнала $T_{\text{н}}$. Цифровые значения параметров приведены в таблице 2.2.

Таблица 2.2

№ вар.	D ₁ км	D ₂ м	Φ _{аз} град	σ _ц м ²	P _{по}	P _{лт}	δ _D м	δ _{аз} град	T _н с	h _A м	h _B м
1	30	300	120	9	0,93	10 ⁻²	400	1,8	10	18	1,2
2	15	200	360	7	0,96	10 ⁻⁴	270	1,2	8	10	1,8
3	20	170	180	6	0,94	10 ⁻³	300	2,0	9	14	3,0
4	12	150	360	2	0,92	10 ⁻⁴	190	1,1	12	11	2,0
5	10	90	120	3	0,95	10 ⁻²	170	1,6	20	7	1,6
6	24	140	180	8	0,93	10 ⁻⁴	220	1,7	16	20	2,2
7	8	80	360	1,5	0,96	10 ⁻³	150	1,4	7	6	0,7
8	18	180	120	6	0,98	10 ⁻⁴	260	1,6	8	10	3,0
9	10	120	180	2	0,97	10 ⁻²	160	1,2	14	8	1,4
10	16	100	360	3	0,93	10 ⁻⁴	240	1,5	18	12	2,2

Разработать структурную схему корабельной РЛС. Обосновать и выбрать рабочую длину волны, метод измерения дальности и угловых координат положения объектов. Рассчитать период, длительность и форму зондирующих сигналов; параметры обзора, период и скорость обзора пространства, время облучения цели, число накапливаемых сигналов, эффективную площадь, КНД, КПД, ширину ДН и вид поляризации антенны, пороговая мощность на входе приемника с учетом выбора ее схемы, вида обработки и фильтрации сигнала, коэффициента различимости, потерь при обработке и индикации; вид и параметры индикатора, размеры элемента разрешения и ЭПР подстилающей поверхности при заданной высоте морского волнения, мощность передатчика; случайные систематические и результирующие погрешности измерения дальности и азимута при аналоговом и цифровом измерении координат. Предложить методы снижения мощности передатчика и подавление мешающих отражений от подстилающей поверхности.

2.3 Т е м а №3 – Самолетная РЛС обзора земной поверхности

И с х о д н ы е д а н н ы е: РЛС для навигации и картографирования должна обеспечивать обнаружение наземных объектов, имеющих ЭПР- σ_ц , на дальности D_{max} с вероятностью ложной тревоги P_{лт} , разрешающей способностью по азимуту δ_{аз} и разрешающей способностью по дальности δ_D . Высота полета самолета – h_C . Интенсивность осадков I .РЛС может использовать, как вдоль фюзеляжные антенны (ФА), так и антенны кругового обзора (КО), и должна обеспечивать запоминание полученной информации с целью последующей обработки. Период накопления сигнала T_н . Цифровые значения параметров приведены в таблице 2.3.

Таблица 2.3

№ вар.	$\sigma_{\text{ц}}$ м ²	D_{max} м	$P_{\text{по}}$	$P_{\text{лт}}$	$\delta_{\text{аз}}$ град	δ_D м	$h_{\text{с}}$ км	I км/ ч	Вид поверх.	$T_{\text{н}}$ с	Тип РЛС
1	350	120	0,92	10^{-2}	0,3	200	10	4	лес	10	ФА
2	100	85	0,91	10^{-4}	1,8	150	7	16	пустыня	6	КО
3	200	100	0,88	10^{-3}	0,2	180	12	4	поле	12	ФА
4	90	60	0,93	10^{-2}	2,2	100	8	26	село	7	КО
5	240	90	0,89	10^{-4}	0,4	180	10	4	город	11	ФА
6	140	50	0,92	10^{-3}	2,0	120	6	16	лес	4	КО
7	320	80	0,87	10^{-2}	0,3	200	8	28	село	13	ФА
8	130	65	0,94	10^{-4}	0,4	150	7	16	пустыня	8	КО
9	160	70	0,90	10^{-2}	0,2	140	9	28	поле	9	ФА
10	100	95	0,95	10^{-3}	1,8	190	12	16	лес	10	КО

Составить структурную схему самолетной РЛС. Обосновать и выбрать рабочую длину волны, вид и параметры зондирующего сигнала, вид обзора пространства. Рассчитать период, длительность и скважность зондирующего сигнала, период и скорость обзора, размеры зоны обзора, время облучения и число накапливаемых импульсов, отраженных от сосредоточенной цели; эффективную площадь, КНД, КПД, ширину ДН антенны в азимутальной и угломестной плоскости, размеры элемента разрешения и ЭПР подстилающей поверхности и осадков; пороговую мощность на входе приемника с учетом схемы обработки и фильтрации, вид и параметры индикатора; случайные систематические и результирующие погрешности при аналоговом измерении координат, минимальную импульсную и среднюю мощность передатчика. Предложите методы уменьшения мощности передатчика и подавления отражений от подстилающей поверхности и осадков.

2.3. Т е м а №4 – Наземная двух координатная РЛС обнаружения и измерения координат воздушных целей

И с х о д н ы е д а н н ы е: РЛС должна обеспечивать обнаружение воздушных целей с вероятностью правильного обнаружения не менее $P_{\text{по}}$ и вероятностью ложной тревоги $P_{\text{лт}}$. Дальность обнаружения при отсутствии помех D_1 , при наличии пассивной помехе D_2 . Высота полета цели $h_{\text{ц}}$, при ЭПР- $\sigma_{\text{ц}}$. Зона обнаружения по азимуту 360° , а по углу места $\Phi_{\text{ум}}$. период накопления сигналов – $T_{\text{н}}$, реальная разрешающая способность по дальности – δ_D , по азимуту – $\delta_{\text{аз}}$. Цифровые значения параметров приведены в таблице 2.4.

Таблица 2.4

№ вар.	$P_{\text{по}}$	$P_{\text{лт}}$	D_{max} Км	D_{max} км	$h_{\text{Ц}}$ км	$\sigma_{\text{Ц}}$ м ²	$\Phi_{\text{ум}}$ град	$T_{\text{н}}$ с	$\delta_{\text{Д}}$ м	$\delta_{\text{Аз}}$ град
1	0,92	10^{-4}	320	100	15	40	16	20	300	1,0
2	0,97	10^{-3}	250	70	9	19	30	22	400	2,0
3	0,93	10^{-5}	380	140	17	36	12	30	650	1,2
4	0,99	10^{-4}	300	120	13	27	30	10	560	1,9
5	0,94	10^{-3}	400	230	18	50	8	20	600	1,4
6	0,97	10^{-2}	360	170	14	28	10	12	400	1,1
7	0,95	10^{-4}	240	90	10	22	20	30	460	1,6
8	0,98	10^{-4}	290	140	8	40	15	25	280	1,3
9	0,96	10^{-3}	270	110	12	18	23	20	380	1,8
10	0,99	10^{-2}	230	60	7	33	20	18	310	1,5

Разработать структурную схему наземной РЛС. Обосновать и выбрать метод измерения дальности и углового положения объектов, рабочую длину волны, вид и параметры зондирующего сигнала. Рассчитать период, длительность и скважность зондирующего сигнала, период и скорость обзора пространства, время облучения цели и число накапливаемых сигналов, эффективную площадь, КНД, КПД, ширину ДН антенны в азимуте и углу места; пороговую мощность на входе приемника с учетом выбора схемы обработки сигнала и фильтрации, коэффициента различимости, потерь при обработке и фильтрации, вид и параметры индикаторного устройства; размеры элемента разрешения и ЭПР пассивной помехи состоящей из полуволновых вибраторов, случайные, систематические и результирующие погрешности измерения координат целей при аналоговом и цифровом измерении координат, минимальную импульсную и среднюю мощность передатчика, обеспечивающую обнаружение цели. Предложить меры подавления пассивной помехи и построить зависимость ЭПР помехи в зависимости от концентрации количества вибраторов в воздухе.

2.4. Т е м а №5 – Самолетный доплеровский измеритель путевой скорости и угла сноса (ДИСС)

И с х о д н ы е д а н н ы е: Система имеющая n лучей должна обеспечивать измерение скорости полета самолета в диапазоне $V_{\text{max}} \div V_{\text{min}}$ с максимальной погрешностью ΔV при высоте полета самолета $h_{\text{с}}$. Рабочая длина волны системы - λ . Диапазон измеряемых углов сноса α_{max} при максимальной погрешности измерения угла $\Delta\alpha$. Период накопления сигналов – 5 с. Вероятность правильного обнаружения сигнала 0,99, при вероятности ложной тревоги $P_{\text{лт}}$. Дальность и угловые координаты в ДИСС не измеряются. Цифровые значения параметров приведены в таблице 2.5.

Разработать структурную схему РЛС измерения скорости и сноса самолета. Обосновать вид и параметры антенного устройства, вид и форму зондирующего сигнала. Рассчитать эффективную площадь, КНД, КПД, и ширину ДН антенны, пороговую мощность на входе приемника с учетом выбора первых его каскадов, вида обработки и фильтрации сигналов, потерь при обработке, фильтрации и индикации. Размеры элемента разрешения и ЭПР подстилающей поверхности и осадков; минимальную мощность радиопередающего устройства, обеспечивающую обнаружение и измерение параметров сигнала; случайные, систематические и результирующие погрешности измерения угла сноса и путевой скорости при цифровом и аналоговом методах измерения и разрешающую способность системы по скорости. Предложить методы снижения мощности передатчика.

Таблица 2.5

№ вар.	$V_{\max}$ м/с	$V_{\min}$ м/с	ΔV м/с	h_C км	λ см	$\alpha_{\max}$ град	$\Delta\alpha$ град	N	Вид подсти- лающей по- верхности	$P_{\text{лт}}$
1	600	120	40	22	3.2	30	0.6	2	лес	10^{-3}
2	430	60	20	16	1.2	36	0.4	4	море	10^{-3}
3	520	100	32	18	3.2	40	0.3	3	пустыня	10^{-3}
4	400	80	18	10	0,8	50	0.6	4	сельск.мест.	10^{-3}
5	560	140	36	17	3.2	25	0.5	2	море	10^{-3}
6	320	70	14	8	0,8	56	0.4	1	пустыня	10^{-3}
7	510	140	30	16	3.2	30	0.3	4	сельск.мест.	10^{-3}
8	380	100	20	12	3.2	60	0.5	2	море	10^{-3}
9	470	120	26	13	3.2	25	0.6	4	лес	10^{-3}
10	300	60	10	8	0,8	70	0.3	1	пустыня	10^{-3}

2.5. Т е м а №6 – Корабельная навигационная РЛС кругового обзора

И с х о д н ы е д а н н ы е: РЛС должна обеспечивать обнаружение целей с ЭПР- σ_c на максимальной дальности $D_{\max}$ с вероятностью ложной тревоги $P_{\text{лт}}$ и вероятностью правильного обнаружения $P_{\text{по}}$. Разрешающая способность системы по дальности δ_D , а по азимуту δ_{A_3} . Должны быть обеспечены: индикация цепей на индикаторе кругового обзора в условиях осадков интенсивностью I и тумана видимостью 30 м, цифровое измерение координат, вычисление скорости и направление движение объектов. Результирующая погрешность измерения координат не должна превышать ΔD по дальности и $\Delta\alpha_{A_3}$ по азимуту. Высота установки антенны – h_A . Период на-

копления сигналов T_H . Цифровые значения параметров приведены в таблице 2.6.

Таблица 2.6

№ вар.	$D_{\max}$ км	σ_{Π} м ²	$P_{\text{по}}$	$P_{\text{лт}}$	δ_D м	$\delta_{\text{аз}}$ град	I мм/ч	ΔD м	$\Delta \alpha_{\text{Аз}}$ град	h_A м	T_H с
1	120	400	0,92	10^{-3}	700	2,0	4	500	2,0	25	20
2	40	120	0,95	10^{-4}	200	1,8	16	180	1,8	10	18
3	100	500	0,90	10^{-2}	600	2,1	4	400	1,8	30	40
4	35	85	0,94	10^{-3}	160	1,6	28	160	1,5	15	17
5	80	200	0,91	10^{-2}	200	1,9	4	180	1,7	30	15
6	30	90	0,96	10^{-4}	170	1,8	28	150	1,4	10	10
7	60	100	0,93	10^{-3}	300	1,8	16	250	1,6	25	15
8	25	70	0,95	10^{-4}	120	1,7	28	100	1,4	7	6
9	50	300	0,94	10^{-3}	220	2,0	16	200	1,6	15	25
10	20	40	0,96	10^{-5}	180	1,5	28	150	1,3	9	12

Разработать структурную схему корабельной РЛС. Обосновать и выбрать рабочую длину волны, метод измерения координат объектов, вид зондирующего сигнала. Рассчитать период, длительность и форму зондирующих сигналов; период и скорость обзора пространства, время облучения сигналов, эффективную площадь, КНД, КПД, ширину ДН антенны и вид поляризации сигнала, пороговую мощность на входе приёмника с учётом выбора его схемы, вида обработки и фильтрации сигнала, коэффициент различимости, потерь при обработке и индикации вид и характеристики индикаторного устройства, размеры элемента разрешения и ЭПР подстилающей морской поверхности при волнении порядка 3 баллов, минимальную мощность передатчик; случайные, систематические и результирующие погрешности измерения координат при аналоговом и цифровом съеме. Разработать меры улучшения сигнала от цели на фоне отражений от морской поверхности.

2.7. Т е м а №7 – Трех координатная наземная РЛС обнаружения и сопровождения воздушных объектов

И с х о д н ы е д а н н ы е: РЛС должна обеспечивать поиск целей в секторе $\Phi_{\text{аз}}$, $\Phi_{\text{ум}}$, обнаружение и автоматическое сопровождение цели по всем координатам. Обнаружение целей с ЭПР σ_{Π} на максимальной дальности $D_{\text{макс}}$ должно обеспечивать с вероятностью ложной тревоги $P_{\text{лт}}$ и вероятностью правильного обнаружения $P_{\text{по}}$. Реальная разрешающая способность по дальности - δ_D , по углу места $\delta_{\text{ум}}$, по азимуту $\delta_{\text{аз}}$. Интенсивность осадков –

I. Максимальная скорость полета цели $V_{\max}$. В РЛС должна быть разработана система автоматического сопровождения по угловым координатам с конечным сканированием (КС) или моноимпульсная (МИ). Цифровые значения параметров приведены в таблице 2.7.

Таблица 2.7

№ вар.	ВИД АСН	$\Phi_{\text{аз}}$ град	$\Phi_{\text{ум}}$ град	$V_{\max}$	$\sigma_{\text{ц}}$ м^2	D_2 м	$P_{\text{по}}$	$P_{\text{лт}}$	δ_D м	$\delta_{\text{аз}}$ град	$\delta_{\text{ум}}$ м	I мм\ч
1	МИ	120	20	400	19	80	0,98	10^{-2}	100	2,5	1,6	4
2	КС	60	50	320	20	50	0,96	10^{-3}	90	2,3	1,4	28
3	МИ	70	40	500	26	120	0,97	10^{-4}	110	2,0	1,8	16
4	КС	40	20	380	30	150	0,95	10^{-3}	300	2,4	1,2	4
5	МИ	40	60	600	22	70	0,96	10^{-2}	80	1,8	1,4	28
6	КС	70	40	400	17	30	0,98	10^{-4}	70	2,6	1,8	16
7	МИ	90	50	350	20	90	0,95	10^{-3}	120	2,8	1,2	4
8	КС	120	30	500	28	50	0,96	10^{-2}	90	2,5	1,4	28
9	МИ	160	20	450	25	70	0,98	10^{-4}	140	2,0	1,2	16
10	КС	60	50	600	18	60	0,95	10^{-3}	70	2,6	1,6	28

Разработать структурную схему наземной РЛС. Обосновать и выбрать метод измерения дальности и угловых координат, рабочую длину волны, вид и параметры зондирующего сигнала. Рассчитать период длительности и скважность зондирующего сигнала; период и скорость обзора пространства при поиске и сопровождении цели, время облучения и число накапливаемых импульсов; эффективную площадь, КНД, КПД, ширину ДН, и размеры антенны по азимуту и углу места; пороговую мощность на входе приемника с учетом схемы обработки сигнала и фильтрации, коэффициента различимости, потерь при обработке и индикации; вид, параметры индикатора поиска и индикатора сопровождения; размеры элементов разрешения и ЭПР гидрометеоров, случайные, систематические и результирующие погрешности измерения координат целей при аналоговом и цифровом определении координат, и минимальную импульсную и среднюю мощность передатчика РЛС. Применить методы подавления отражений от осадков и улучшения условий обнаружения цели в дождях.

2.8. Тема №8 – Самолетный радиовысотомер

И с х о д н ы е д а н н ы е: Радиовысотомер должен обеспечивать измерение высоты полета самолета в диапазоне высот h_1 – h_2 при скорости полета до $V_{\max}$ в условиях тумана видимостью 30 м и дождя интенсивностью I . Период накопления сигнала T_n . Вероятность не обнаружения сигнала должна быть менее – $P_{\text{нц}}$, при вероятности ложной тревоги $P_{\text{лт}}$. Максималь-

ная погрешность измерения высоты - Δh . Цифровые значения параметров приведены в таблице 2.8

Таблице 2.8

№ вар.	h_1 км	h_2 м	$V_{\max}$ км/с	I мм/ч	T_H	$P_{\text{по}}$	$P_{\text{лг}}$	Δh м	Вид поверхности
1	0,8	1	0,2	4	1,0	10^{-5}	10^{-3}	2	море
2	20	180	0,6	16	4,0	10^{-4}	10^{-4}	100	лес
3	1,2	4	0,1	80	0,6	10^{-6}	10^{-5}	5	сельс. местн.
4	12	90	0,3	28	3,0	10^{-5}	10^{-6}	80	пустыня
5	1,5	2	0,3	4	0,3	10^{-4}	10^{-5}	8	лес
6	18	200	0,5	28	2,0	10^{-6}	10^{-3}	60	море
7	1,0	3	0,2	80	0,7	10^{-5}	10^{-3}	3	индуст. район
8	14	140	0,4	16	3,5	10^{-4}	10^{-5}	40	сельс. местн.
9	1,6	5	0,1	80	0,4	10^{-6}	10^{-4}	6	море
10	16	130	0,8	28	4,5	10^{-5}	10^{-2}	70	пустыня

Разработать структурную схему самолетного радиовысотомера. Обосновать и выбрать рабочую длину волны, длительность и форму зондирующего сигнала (непрерывный или импульсный). Рассчитать параметры обзора, время облучения цели; эффективную площадь, КНД, КПД, ширину ДН антенны; пороговую мощность на входе приемника с учетом выбора первых его каскадов, вида обработки и фильтрации сигнала, коэффициента различимости, потерь при обработке, фильтрации, детектировании и индикации; размеры элемента разрешения и ЭПР подстилающей поверхности и осадков; отношение сигнал – помеха на входе и выходе высотомера; мощность передатчика; случайные, систематические и результирующие погрешности измерения высоты при аналоговом и цифровом ее измерении. Разработать и сравнить аналоговую и цифровую схему измерения. Рассчитать потенциальную и реальную разрешающую способность РЛС. Предложить методы снижения мощности передатчика. Построить спектр и форму сигнала на входе и выходе приемника радиовысотомера, а также искажения формы и спектра сигнала за счет движения самолета относительно подстилающей поверхности с учетом ее структуры. Определить каким образом эти искажения влияют на характеристики обнаружения сигнала и точность измерения его параметров.

2.9. Т е м а №9 – Самолетная РЛС обеспечения безопасности полетов

И с х о д н ы е д а н н ы е: Самолетная РЛС повышения безопасности полетов должна обеспечивать обнаружение грозового фронта на дальности $D_{\max}$ и самолетов с ЭПР- $\sigma_{\text{ц}}$ с вероятностями правильного обнаружения $P_{\text{по}}$ и ложной тревоги $P_{\text{лт}}$. Реальная разрешающая способность по скорости δ_v , по дальности δ_D , а по угловым координатам $\delta_{\text{аз}}$, $\delta_{\text{ум}}$, в зоне обзора $\Phi_{\text{аз}}$ и $\Phi_{\text{ум}}$. Для исключения столкновения станция должна обеспечивать выдачу команд "Опасность - горы", "Опасность – гроза", "Опасность – самолет" на основании анализа характеристик принимаемого сигнала. Работа должна обеспечиваться в условиях дождя интенсивностью – I . Период накопления сигнала – T_n . Цифровые значения параметров приведены в таблице 2.9.

Таблица 2.9

№ вар.	$D_{\max}$ км	$P_{\text{по}}$	$P_{\text{лт}}$	$\sigma_{\text{ц}}$ м^2	$\delta_{\text{аз}}$ град	$\delta_{\text{ум}}$ град	T_n с	I мм/ч	$\Phi_{\text{аз}}$ град	$\Phi_{\text{ум}}$ град	δ_y м/с	δ_D м
1	500	0,95	10^{-2}	40	3,0	3,0	10	4	30	30	150	400
2	300	0,92	10^{-3}	45	1,8	1,8	9	16	45	25	70	320
3	420	0,94	10^{-2}	28	2,5	2,5	18	4	40	40	30	380
4	250	0,91	10^{-3}	30	1,5	1,5	10	28	60	25	80	290
5	450	0,93	10^{-2}	40	2,0	2,0	15	4	50	30	120	320
6	600	0,97	10^{-3}	50	3,5	3,5	12	28	40	30	200	500
7	400	0,92	10^{-2}	35	2,1	2,1	8	4	60	30	100	460
8	650	0,95	10^{-3}	55	3,0	3,0	15	16	30	20	240	600
9	380	0,91	10^{-2}	20	1,9	1,9	6	4	50	25	220	380
10	450	0,96	10^{-3}	60	2,5	2,5	15	16	45	30	100	400

Разработать структурную схему самолетной РЛС. Обосновать и выбрать методы измерения дальности и угловых координат цели, рабочую длину волны, вид и параметры зондирующего сигнала, вид обзора пространства. Рассчитать период, длительность и скважность зондирующих импульсов; период и скорость обзора по азимуту и углу места, время облучения и число накапливаемых импульсов от сосредоточенной цели; эффективную площадь, КНД, КПД, ширину ДН и размеры элемента разрешения и ЭПР грозового фронта; пороговую мощность на входе приемника с учетом схемы обработки сигнала и фильтрации, коэффициента различимости, потерь при обработке и индикации; вид и параметры индикатора обнаружения; случайные, систематические и результирующие погрешности измерения координат; минимальную импульсную и среднюю мощность передатчика РЛС. Предложить методы подавления отражений от осадков при обнаружении самолетов и уменьшения мощности передатчика.

2.10. Т е м а №0 – Корабельная РЛС обнаружения и сопровождения воздушных целей

И с х о д н ы е д а н н ы е: РЛС должна обеспечивать поиск и обнаружения целей в секторе $\Phi_{\text{аз}}$ и автоматическое сопровождение целей по дальности и азимуту. Обнаружение целей с ЭПР- $\sigma_{\text{ц}}$ на максимальной дальности D_{max} должно обеспечивать с вероятностью ложной тревоги $P_{\text{лт}}$ и вероятностью правильного обнаружения $P_{\text{по}}$ в условиях осадков с интенсивностью I . Реальная разрешающая способность по дальности δ_D по азимуту $\delta_{\text{аз}}$. Максимальная скорость полета цели $V_{\text{ц}}$. В РЛС должна быть система автоматического сопровождения по дальности и азимуту с погрешностями σ_D и $\sigma_{\text{аз}}$. Цифровые значения параметров приведены в таблице 2.10.

Таблица 2.10

№ вар.	D_{max} км	$\Phi_{\text{аз}}$ град	$\sigma_{\text{ц}}$ м^2	$P_{\text{по}}$	$P_{\text{лт}}$	δ_D м	$\delta_{\text{аз}}$ град	$V_{\text{ц}}$ м/с	I мм/ч	δ_D м	$\delta_{\text{аз}}$ град
1	100	100	30	0,92	10^{-3}	300	2,0	600	4	250	1,8
2	36	160	18	0,98	10^{-4}	190	2,2	300	16	200	2,0
3	80	90	25	0,93	10^{-5}	240	2,3	500	4	190	2,0
4	32	70	17	0,99	10^{-3}	170	1,7	350	16	150	1,8
5	60	50	15	0,94	10^{-4}	220	1,9	400	23	200	1,9
6	30	85	20	0,97	10^{-5}	200	2,0	320	16	180	2,0
7	50	120	22	0,95	10^{-3}	200	1,7	450	28	170	1,6
8	25	70	16	0,98	10^{-4}	150	2,3	300	16	130	2,0
9	45	90	17	0,94	10^{-5}	260	1,6	500	16	250	1,5
10	25	60	10	0,99	10^{-3}	140	1,9	290	28	140	1,5

Разработать структурную схему самолетной РЛС. Обосновать и выбрать методы измерения дальности и угловых координат, рабочую длину волны, вид и параметры зондирующего сигнала. Рассчитать период, длительность и скважность зондирующих импульсов; период и скорость обзора пространства при поиске и сопровождении цели, время облучения и число накапливаемых импульсов; эффективную площадь, КНД, КПД, ширину ДН и размеры антенны по азимуту и углу места; пороговую мощность на входе приемника с учетом схемы обработки сигнала и фильтрации, коэффициента различимости, потерь при обработке и индикации; вид и параметры индикаторов поиска и сопровождении; случайные, систематические и результирующие погрешности измерения координат при аналоговом и цифровом измерении, импульсную и среднюю мощность передатчика РЛС. Оценить поглощения и отражения от гидрометеоров и предложить методы подавления отражений от осадков и морской поверхности.

Л и т е р а т у р а

1. Радиотехнические системы /Под ред. А.И.Дымовой. – М. : Советское радио, 1975. – 440 с.
2. В.А.Чердынцев. Радиотехнические системы. – Минск: Высшая школа, 1988. – 368 с.
3. Финкельштейн М.И. Основы радиолокации. – М. : Советское радио, 1980. – 496 с.
4. Справочник по радио локации /под ред. М.Сколника, Т.1-4. – М. : Советское радио, 1976. – 456 с.
5. Лезин Ю.С. Введение в теорию и технику радиотехнических систем. – М. :Радио и связь, 1986. – 280 с.
6. Васин В.В., Степанов Б.М. Справочник – задачник по радиолокации. – М. : Советское радио, 1977. – 320 с.
7. Ширман Я.Д., Манжос В.Н. Теория и техника обработки радиолокационной информации на фоне помех. – М. : Радио и связь, 1981. – 416 с.
8. Гришин Ю.П. и др. Микропроцессоры в радиотехнических системах. – М. : Радио и связь, 1982. – 280 с.
9. Жерлаков А.В. и др. Радиолокационные системы предупреждения столкновения судов. – Л. : Судостроение, 1984. – 200 с.