



РОСМОРРЕЧФЛОТ

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ
ПРЕДПРИЯТИЕ «РОСМОРПОРТ»**

П Р И К А З

04 октября 2021 г.

Москва

№ 392

**Об утверждении стандарта организации
«Методика расчета дальности действия береговой радиолокационной
станции СУДС в диапазоне СВЧ» СтО 14649425-0007-2021**

В целях установления единых требований к объектам обеспечения безопасности мореплавания, закрепленных за ФГУП «Росморпорт» на праве хозяйственного ведения, п р и к а з ы в а ю:

1. Утвердить прилагаемый стандарт организации «Методика расчета дальности действия береговой радиолокационной станции СУДС в диапазоне СВЧ» СтО 14649425-0007-2021 (далее – Стандарт).
2. Главному редактору Редакции интернет-сайта А.А. Арефьеву разместить Стандарт на сайте ФГУП «Росморпорт» в установленном порядке.
3. Контроль за исполнением настоящего приказа возложить на заместителя Генерального директора по безопасности мореплавания К.А. Гаюда.

Генеральный директор

А.А. Смирнов

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное агентство морского и речного транспорта

**Федеральное государственное
унитарное предприятие «Росморпорт»
(ФГУП «Росморпорт»)**

Стандарт организации

**«МЕТОДИКА
РАСЧЕТА ДАЛЬНОСТИ ДЕЙСТВИЯ
БЕРЕГОВОЙ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ СТАНЦИИ СУДС
В ДИАПАЗОНЕ СВЧ»**

СТО 14649425-0007-2021

Сведения о стандарте

РАЗРАБОТАН:	Испытательным центром "Омега"- филиал ФГУП «Ордена Трудового Красного Знамени Российский научно-исследовательский институт радио имени М.И. Кривошеева», ФГУП «Росморпорт»
ВНЕСЕН:	Отделом эксплуатации Управления систем обеспечения безопасности мореплавания и транспортной безопасности ФГУП «Росморпорт» Начальник отдела Н.Н. Смирнов
УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ	Приказом ФГУП «Росморпорт» от «04» октября 2021г. №392

**Москва
2021**

Предисловие

Настоящий стандарт организации разработан в соответствии с положениями ГОСТ Р 1.4-2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты организаций», предназначен для осуществления уставной деятельности ФГУП «Росморпорт» и использования всеми подразделениями предприятия в части касающейся.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Область применения.....	4
2. Нормативные ссылки	4
3. Термины и определения	4
4. МЕТОДИКА РАСЧЕТА.....	6
4.1. Определение дальности действия РЛС, ограниченной энергетическим потенциалом	6
4.2. Определение дальности действия РЛС, ограниченной радиогоризонтом	11
4.3. Определение общей дальности действия РЛС	12
5. ПРИЛОЖЕНИЕ.....	13
6. БИБЛИОГРАФИЯ.....	19

1. Область применения

Настоящий стандарт предназначен для предварительной оценки дальности обнаружения судов береговой радиолокационной станцией СУДС.

Настоящий стандарт предназначен для использования, предприятиями/организациями, в ведении которых находятся СУДС, проектными организациями, аккредитованными Испытательными лабораториями (центрами) и организациями, уполномоченными для освидетельствования СУДС.

Настоящий стандарт устанавливает общие правила выполнения расчетов дальности обнаружения судов береговой радиолокационной станцией СУДС.

2. Нормативные ссылки: нет

3. Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями:

Под дальностью обнаружения судна (дальность действия РЛС) понимается максимальное расстояние до цели, на котором она обнаруживается с заданными показателями качества – условными вероятностями правильного обнаружения D и ложной тревоги F .

Список принятых сокращений

ИМО	Международная морская организация
МАМС	Международная ассоциация маячной службы
МСЭ	Международный союз электросвязи
РЛС	Радиолокационная станция
СВЧ	Сверхвысокие частоты (радиоволны с частотой от 3ГГц до 30ГГц, длина волны от 1см до 10см)
СУДС	Система управления движением судов
ЭПР	Эффективная поверхность рассеяния

4. МЕТОДИКА РАСЧЕТА

4.1. Определение дальности действия РЛС, ограниченной энергетическим потенциалом

Исходными данными для расчета являются:

а) Технические характеристики РЛС:

- мощность излучения $P_{и}$, Вт;
- частота излучения $f_{и}$, ГГц;
- коэффициент усиления антенны G_{max} , раз, включая КПД приемопередающего тракта;
- энергия излученного импульса $\mathcal{E}_{и}$ (Дж), определяемая, как $\mathcal{E}_{и} = P_{и} \cdot \tau_{и} = P_{и}$, где $P_{и}$ и $\tau_{и}$ – мощность и длительность импульса;
- пороговая (минимально необходимая) энергия на входе $\mathcal{E}_{пор}$ (Дж);
- абсолютная температура приемника РЛС T_0 (К);
- полоса пропускания приемного тракта РЛС B (Гц);
- коэффициент шума радиолокационного приемника F_n (раз);
- минимально необходимое отношение сигнал/шум S/N ;
- чувствительность приемника РЛС $P_{пр.min}$, (Вт);
- поляризация излучения;
- ширина диаграммы направленности в азимутальной плоскости ϕ (град);
- ширина диаграммы направленности в угломестной плоскости θ (град);
- коэффициент полезного действия волноводного тракта η ;

б) Высота установки антенны РЛС (м);

с) Интенсивностью осадков R (мм/ч);

д) Эффективная поверхность рассеяния (ЭПР) судна (кв.м.).

4.1.1. Определение дальности действия РЛС в свободном пространстве

Рассчитать дальность действия РЛС r_{0_max} в свободном пространстве в соответствии с формулами (1-3), в зависимости от того, какие технические характеристики РЛС известны:

$$r_{0_max} = \sqrt[4]{\frac{\mathcal{E}_u \cdot G_{max}^2 \cdot \sigma_u \cdot \lambda^2}{\mathcal{E}_{пор} \cdot (4\pi)^3}}, \quad (1)$$

где \mathcal{E}_u – энергия излученного импульса, определяемая, как $\mathcal{E}_u = P_u \cdot \tau_u$;

P_u и τ_u – мощность и длительность импульса;

$\mathcal{E}_{пор}$ – пороговая (минимально необходимая) энергия на входе, которая требуется для обнаружения цели с заданными показателями D и F ($\mathcal{E}_{пор}$ определяется чувствительностью приемника РЛС с учетом используемого алгоритма обработки);

G_{max} – коэффициент усиления антенны, включая КПД приемно-передающего тракта;

σ_u – эффективная поверхность рассеяния (ЭПР) цели (судна);

λ – длина волны электромагнитного излучения.

Так как длительность импульса определяет расстояние мертвой зоны БРЛС и разрешающую способность по дальности, то энергию излученного импульса в основном повышают за счет увеличения мощности. Увеличение длительности импульса иногда используют для обнаружения в дальней зоне при неизменной мощности излучения, но за счет уменьшения разрешающей способности по дальности.

Переход от энергетических параметров импульса к параметру отношения сигнал/шум:

$$r_{0_max} = \sqrt[4]{\frac{P_u \cdot G_{max}^2 \cdot \sigma_u \cdot \lambda^2}{k \cdot T_o \cdot B \cdot F_n \cdot (S/N) \cdot (4\pi)^3}}, \quad (2)$$

где k – постоянная Больцмана;

T_o – абсолютная температура приемника радара;

B – полоса пропускания приемного тракта радара;

F_n – коэффициент шума радиолокационного приемника;

S/N – минимально необходимое для обнаружения отношение сигнал/шум.

Минимально необходимое отношение сигнал/шум S/N обычно заменяют параметром чувствительности приемного тракта РЛС и выражают через чувствительность $P_{пр,мин}$. В этом случае максимальная дальность определяется выражением

$$r_{0_max} = \sqrt[4]{\frac{P_u \cdot G_{max}^2 \cdot \sigma_u \cdot \lambda^2}{P_{пр,мин} \cdot (4\pi)^3}} = \sqrt[4]{C \cdot \sigma_u}, \quad (3)$$

где $P_{пр,мин}$ - чувствительность приемника РЛС.

При отсутствии данных об коэффициенте усиления антенны G_{max} , произвести оценочный расчет данного значения по данным о ширине диаграммы направленности по уровню половинной мощности [3, Прил.2]:

$$G_{max} = \frac{36400}{\varphi \cdot \theta} \cdot \exp\left(\frac{\varphi^2}{36400}\right) \cdot \eta \quad (4)$$

где φ – ширина диаграммы направленности в азимутальной плоскости;

θ – ширина диаграммы направленности в угломестной плоскости по уровню половинной мощности, град.

η – КПД приемно-передающего тракта.

4.1.2. Определение дальности действия РЛС в атмосфере без осадков

Максимальная дальность действия РЛС в атмосфере без осадков r_{a_max} (км) определяется формулой:

$$r_{a_max} = r_{0_max} \cdot 10^{-0,05 \cdot \gamma_{RA} \cdot \Delta r} \quad (5)$$

где r_{0_max} (км) – максимальная дальность действия РЛС в свободном пространстве, определенная по формулам (1)-(3);

Δr (км) - участок трассы, на котором происходит затухание;

γ_{RA} (дБ/км) - погонное ослабление из-за атмосферных газов.

Значения погонного затухания за счет атмосферных газов, состоящих из сухого воздуха и водяных паров, что достаточно полно соответствует состоянию атмосферы над морской поверхностью, приведены в [4, Рис.5] и для частот действия БРЛС составляет:

$$\gamma_{RA} = \begin{cases} 0,0075 \text{ дБ/км} & \text{– для частоты } 3,0 \text{ ГГц} \\ 0,015 \text{ дБ/км} & \text{– для частоты } 9,4 \text{ ГГц} \\ 0,1 \text{ дБ/км} & \text{– для частоты } 33,8 \text{ ГГц} \end{cases}$$

С учетом того, что затухание в атмосфере происходит на протяжении всей дальности действия РЛС, участок трассы Δr , на котором происходит затухание, равен максимальной дальности действия РЛС в атмосфере без осадков ($\Delta r = r_{a_max}$), что приводит к рекуррентности уравнения (5). Дальности действия РЛС (м.м.) в атмосфере без осадков, являющиеся решением уравнения (5), приведены в Приложении в таблицах 1 ÷ 3 (для $R = 0$) и на рисунках 1 ÷ 3 (пунктирной линией).

4.1.3. Определение дальности действия РЛС в атмосфере с осадками

Наличие осадков приводит к затуханию энергии радиоволн, что обусловлено поглощением их энергии каплями воды. Дополнительное затухание радиоволн за счет осадков характеризуют коэффициентами затухания γ_{RD} , который учитывают при расчете дальности действия РЛС по формуле:

$$r_{п_max} = r_{a_max} \cdot 10^{-0,05 \cdot \gamma_{RD} \cdot \Delta r} = r_{0_max} \cdot 10^{-0,05 \cdot (\gamma_{RA} + \gamma_{RD}) \cdot \Delta r}, \quad (6)$$

где $r_{п_max}$ (км) - максимальная дальность действия РЛС в атмосфере с учетом осадков;

γ_{RD} (дБ/км) – коэффициент затухания в осадках (дожде);

Соотношение между погонным ослаблением в дожде γ_{RD} (дБ/км) и его интенсивностью R (мм/ч) описывается формулой, приведенным в [2]:

$$\gamma_{RD} = k \cdot R^\alpha \quad (7)$$

Где k и α – коэффициенты, определяемые в соответствии с [2].

Значения погонного затухания в дожде γ_{RD} для различных частот, рассчитанные в соответствии с [2], приведены в таблице 1.

В соответствии с [5, п.2.5.3.1] высокая интенсивность осадков, как правило, очень локализована и связана с интенсивностью осадков соотношением:

$$D = 41,595 - 23,608 \log R \quad (8)$$

Где D (км) – диаметр зоны осадков;

R – интенсивность осадков, мм/ч.

Значения погонного затухания в дожде:

Интенсивность осадков R (мм/ч)	Частота (ГГц)	Погонное затухание в дожде γ_{RD} (дБ/км)	
		Горизонтальная поляризация	Вертикальная поляризация
4	3	0.0014	0.0012
	9,4	0.042	0.036
	33,8	0.917	0.798
10	3	0.0037	0.0031
	9,4	0.139	0.119
	33,8	2.283	1.953
16	3	0.0059	0.0049
	9,4	0.257	0.219
	33,8	3.644	3.091

Т.е. при интенсивностях осадков $R = 4$ мм/ч, 10 мм/ч и 16 мм/ч диаметры зон осадков составляют примерно 27,5 км, 18 км и 13 км соответственно, что, как правило, меньше типичной зоны действия РЛС.

Если интенсивность осадков регламентируется на протяжении всей зоны действия РЛС, то это приводит к рекуррентности уравнения (6). Дальности действия РЛС (м.м.) в атмосфере с учетом осадков на всей дистанции, являющиеся решением уравнения (6) для различных частот, приведены в Приложении в таблицах 1 ÷ 3 (для $R = 4$ мм/ч, 10 мм/ч и 16 мм/ч) и на рисунках 1 ÷ 3 (сплошными линиями).

В случае, если требуются промежуточные расстояния, то использовать линейную интерполяцию между ближайшими наименьшими и наибольшими точками:

$$r_{п_max} = r_{п_less} + \frac{(r_{0_max} - r_{0_less}) \cdot (r_{п_more} - r_{п_less})}{r_{0_more} - r_{0_less}} \quad (9)$$

где:

r_{0_max} – дальность действия БРЛС без учета осадков;

r_{0_less} – ближайшее меньшее табличное расстояние к r_{0_max} ;

r_{0_more} – ближайшее большее табличное расстояние к r_{0_max} ;

$r_{п_max}$ – дальность действия РЛС с учетом осадков;

$r_{п_less}$ – дальность действия РЛС с учетом осадков для дальности r_{0_less} ;

$r_{п_more}$ – дальность действия РЛС с учетом осадков для дальности r_{0_more}

4.2 Ограничение дальности действия БРЛС, ограниченной радиогоризонтом.

Расстояние прямой видимости $r_{пр.вид}$ (М.М) определяется формулой:

$$r_{пр.вид} = 2,22(\sqrt{h_{ант.РЛС}} + \sqrt{h_{ц.ЭГР}}) \quad (10)$$

где $h_{ант.РЛС}$ (М) - высота установки антенны РЛС;

$h_{ц.ЭГР}$ (М) – высота центра ЭГР судна над уровнем моря.

Ориентировочно высота центра ЭГР, типичного для зоны действия СУДС, подлежащего уверенному обнаружению в соответствии с [1 п. 41], определяется в соответствии с [5, Табл. 8]:

Типовые цели, классифицируемые МАМС в зоне действия СУДС:

Характеристика плавсредств	ЭПР		Высота центра ЭПР (ASL)
	S-Band (2÷4 ГГц)	X-Band (8÷12 ГГц)	
Плавсредства без радиолокационного отражателя. Небольшие открытые лодки из стеклопластика, дерева или резины с подвесным мотором и длиной не менее 4 метров. Небольшие скоростные катера, небольшие рыболовные суда и небольшие парусные	<<1 м ²	1 м ²	1 м
Прибрежные рыболовецкие суда, парусные лодки и катера.	<1 м ²	3 м ²	2 м
Помощь в навигации с помощью радиолокационного отражателя.	4 м ²	10 м ²	3 м
Малые металлические суда, рыболовные суда и патрульные суда.	40 м ²	100 м ²	5 м
Малые каботажные суда и большие рыболовные траулеры.	400 м ²	1,000 м ²	8 м
Большие каботажные суда, сухогрузы и грузовые суда.	4,000 м ²	10,000 м ²	12 м
Контейнеровозы и танкеры.	40,000 м ²	100,000 м ²	18 м

4.3 Определение общей дальности действия РЛС

За дальность действия БРЛС принять наименьшее значение из полученных значений в п. 4.1.3 или в п. 4.2.

Приложение
Таблицы и графики дальности действия РЛС
Таблица 1 - Дальность действия РЛС (м.м.) на частоте 3 ГГц

Дальность действия РЛС в свободном пространстве, м.м.	Дальность действия РЛС [м.м] на частоте 3 ГГц в атмосфере и осадках интенсивности R						
	Без осадков R = 0	Горизонтальная поляризация			Вертикальная поляризация		
		R = 4мм	R = 10мм	R = 16мм	R = 4мм	R = 10мм	R = 16мм
1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2	1.99	1.99	1.99	1.99	1.99	1.99	1.99
3	2.99	2.98	2.98	2.97	2.98	2.98	2.98
4	3.97	3.97	3.96	3.95	3.97	3.96	3.96
5	4.96	4.95	4.94	4.93	4.95	4.94	4.93
6	5.94	5.93	5.91	5.90	5.93	5.92	5.90
7	6.92	6.90	6.88	6.86	6.91	6.89	6.87
8	7.89	7.87	7.85	7.82	7.88	7.85	7.83
9	8.87	8.84	8.81	8.77	8.84	8.81	8.79
10	9.83	9.81	9.76	9.72	9.81	9.77	9.74
12	11.76	11.72	11.66	11.59	11.73	11.67	11.62
14	13.68	13.62	13.54	13.45	13.63	13.56	13.49
16	15.58	15.51	15.40	15.29	15.52	15.43	15.34
18	17.47	17.38	17.24	17.11	17.39	17.28	17.17
20	19.35	19.24	19.07	18.91	19.25	19.12	18.98
22	21.22	21.09	20.89	20.69	21.10	20.94	20.78
24	23.07	22.92	22.68	22.45	22.94	22.74	22.55
26	24.92	24.74	24.47	24.20	24.76	24.53	24.31
28	26.75	26.54	26.23	25.93	26.57	26.31	26.06
30	28.57	28.34	27.98	27.64	28.37	28.07	27.79
32	30.38	30.12	29.72	29.34	30.15	29.82	29.50
34	32.18	31.89	31.44	31.01	31.93	31.55	31.20
36	33.97	33.64	33.15	32.68	33.69	33.28	32.88
38	35.75	35.39	34.85	34.32	35.44	34.98	34.55
40	37.52	37.12	36.53	35.96	37.17	36.68	36.20
42	39.28	38.84	38.20	37.57	38.90	38.36	37.84
44	41.03	40.55	39.85	39.18	40.61	40.03	39.46
46	42.76	42.25	41.49	40.76	42.32	41.68	41.07
48	44.49	43.94	43.12	42.34	44.01	43.32	42.67
50	46.21	45.61	44.74	43.90	45.69	44.96	44.26
60	54.66	53.84	52.64	51.51	53.95	52.94	51.99
70	62.88	61.81	60.26	58.80	61.95	60.65	59.42
80	70.89	69.55	67.62	65.82	69.73	68.10	66.58
90	78.70	77.07	74.74	72.58	77.28	75.31	73.49
100	86.31	84.38	81.64	79.10	84.63	82.31	80.17
110	93.74	91.50	88.32	85.40	91.79	89.10	86.63
120	101.00	98.44	94.81	91.50	98.77	95.69	92.89
130	108.10	105.20	101.10	97.40	105.60	102.10	98.96
140	115.10	111.80	107.20	103.10	112.20	108.40	104.90
150	121.80	118.20	113.20	108.70	118.70	114.40	110.60
160	128.50	124.50	119.00	114.10	125.00	120.40	116.20
170	135.00	130.70	124.70	119.30	131.20	126.10	121.60
180	141.40	136.70	130.20	124.50	137.30	131.80	126.90
190	147.70	142.60	135.60	129.50	143.30	137.30	132.00
200	153.80	148.40	140.90	134.30	149.10	142.70	137.10

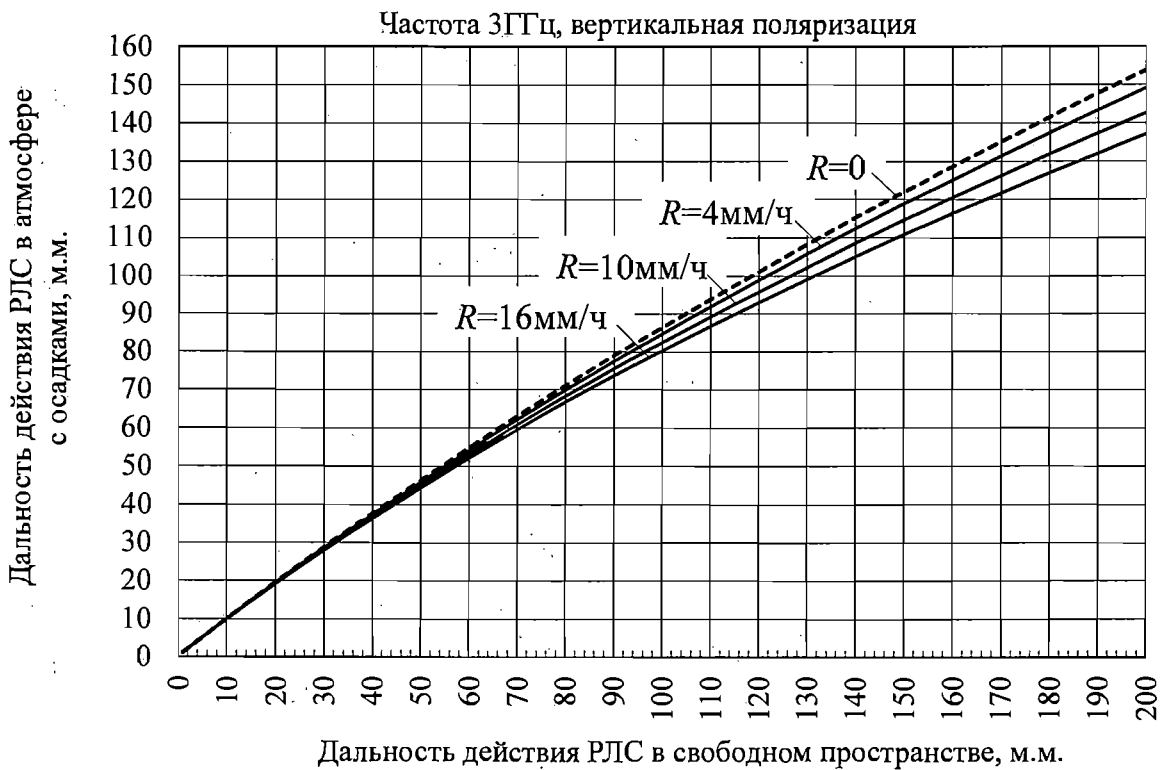
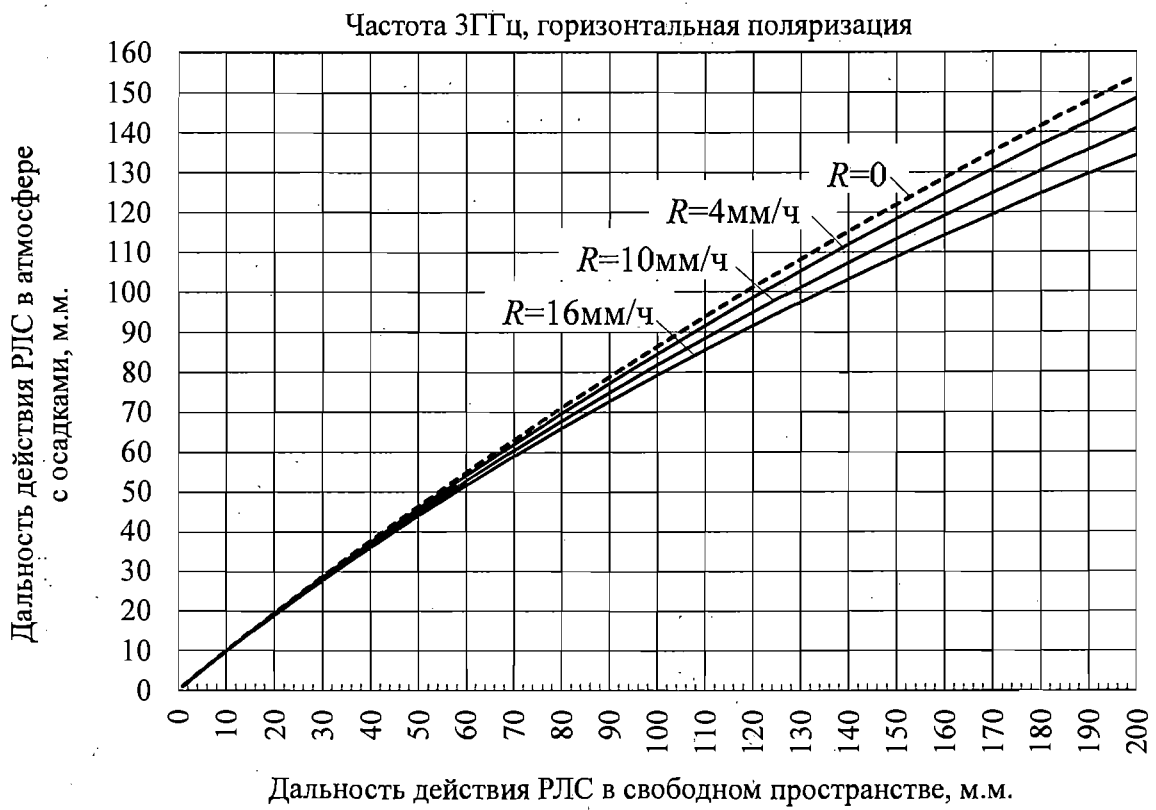


Рисунок 1 - Дальность действия РЛС (м.м.) на частоте 3 ГГц в атмосфере с осадками интенсивности R

Таблица 2 - Дальность действия РЛС (м.м.) на частоте 9,4 ГГц

Дальность действия РЛС в свободном пространстве, м.м.	Дальность действия РЛС (м.м.) на частоте 9,4 ГГц в атмосфере и осадках интенсивности R						
	Без осадков R = 0	Горизонтальная поляризация			Вертикальная поляризация		
		R = 4мм	R = 10мм	R = 16мм	R = 4мм	R = 10мм	R = 16мм
1	1.00	0.99	0.97	0.95	0.99	0.97	0.95
2	1.99	1.95	1.88	1.80	1.96	1.90	1.83
3	2.97	2.90	2.74	2.58	2.91	2.77	2.63
4	3.95	3.82	3.56	3.30	3.84	3.61	3.38
5	4.92	4.72	4.34	3.97	4.75	4.41	4.08
6	5.89	5.60	5.08	4.60	5.64	5.18	4.74
7	6.85	6.47	5.79	5.18	6.52	5.91	5.36
8	7.80	7.32	6.47	5.73	7.38	6.62	5.95
9	8.75	8.15	7.12	6.26	8.22	7.30	6.51
10	9.70	8.96	7.75	6.76	9.06	7.96	7.04
12	11.56	10.55	8.94	7.68	10.68	9.22	8.04
14	13.41	12.08	10.05	8.53	12.24	10.40	8.96
16	15.24	13.56	11.10	9.32	13.76	11.51	9.81
18	17.04	14.99	12.09	10.05	15.23	12.57	10.61
20	18.83	16.38	13.03	10.73	16.66	13.57	11.36
22	20.60	17.72	13.91	11.37	18.05	14.52	12.06
24	22.34	19.03	14.76	11.97	19.40	15.44	12.73
26	24.07	20.30	15.57	12.55	20.72	16.31	13.36
28	25.78	21.53	16.35	13.09	22.00	17.15	13.96
30	27.48	22.74	17.09	13.61	23.25	17.95	14.54
32	29.15	23.91	17.81	14.11	24.47	18.73	15.09
34	30.81	25.05	18.49	14.58	25.66	19.48	15.61
36	32.45	26.17	19.16	15.04	26.83	20.20	16.12
38	34.08	27.26	19.80	15.47	27.97	20.90	16.61
40	35.69	28.32	20.42	15.89	29.08	21.58	17.08
42	37.28	29.36	21.02	16.30	30.17	22.24	17.53
44	38.86	30.38	21.61	16.69	31.24	22.88	17.97
46	40.42	31.38	22.17	17.07	32.29	23.50	18.39
48	41.97	32.35	22.72	17.44	33.32	24.10	18.80
50	43.51	33.31	23.25	17.79	34.30	24.69	19.20
60	50.97	37.83	25.73	19.42	39.09	27.41	21.03
70	58.13	41.96	27.92	20.85	43.47	29.83	22.64
80	64.99	45.78	29.90	22.13	47.52	32.02	24.09
90	71.58	49.32	31.70	23.28	51.30	34.02	25.39
100	77.94	52.63	33.35	24.34	54.83	35.87	26.58
110	84.07	55.74	34.88	25.31	58.16	37.57	27.68
120	89.99	58.68	36.31	26.20	61.30	39.16	28.70
130	95.72	61.45	37.65	27.04	64.27	40.66	29.65
140	101.30	64.08	38.90	27.82	67.10	42.06	30.55
150	106.60	66.59	40.08	28.56	69.80	43.39	31.39
160	111.90	68.99	41.21	29.26	72.38	44.64	32.18
170	117.00	71.28	42.27	29.92	74.85	45.84	32.93
180	121.90	73.48	43.29	30.55	77.22	46.98	33.65
190	126.70	75.59	44.26	31.14	79.50	48.07	34.33
200	131.40	77.62	45.19	31.71	81.70	49.11	34.98

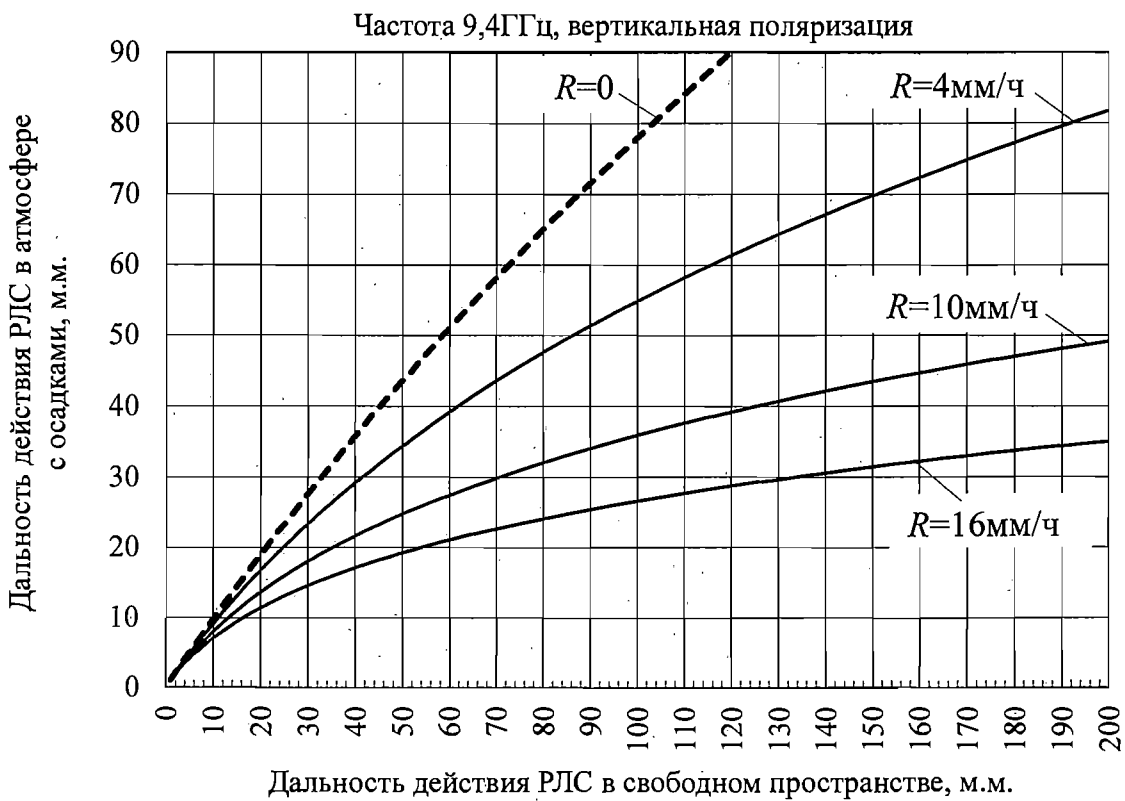
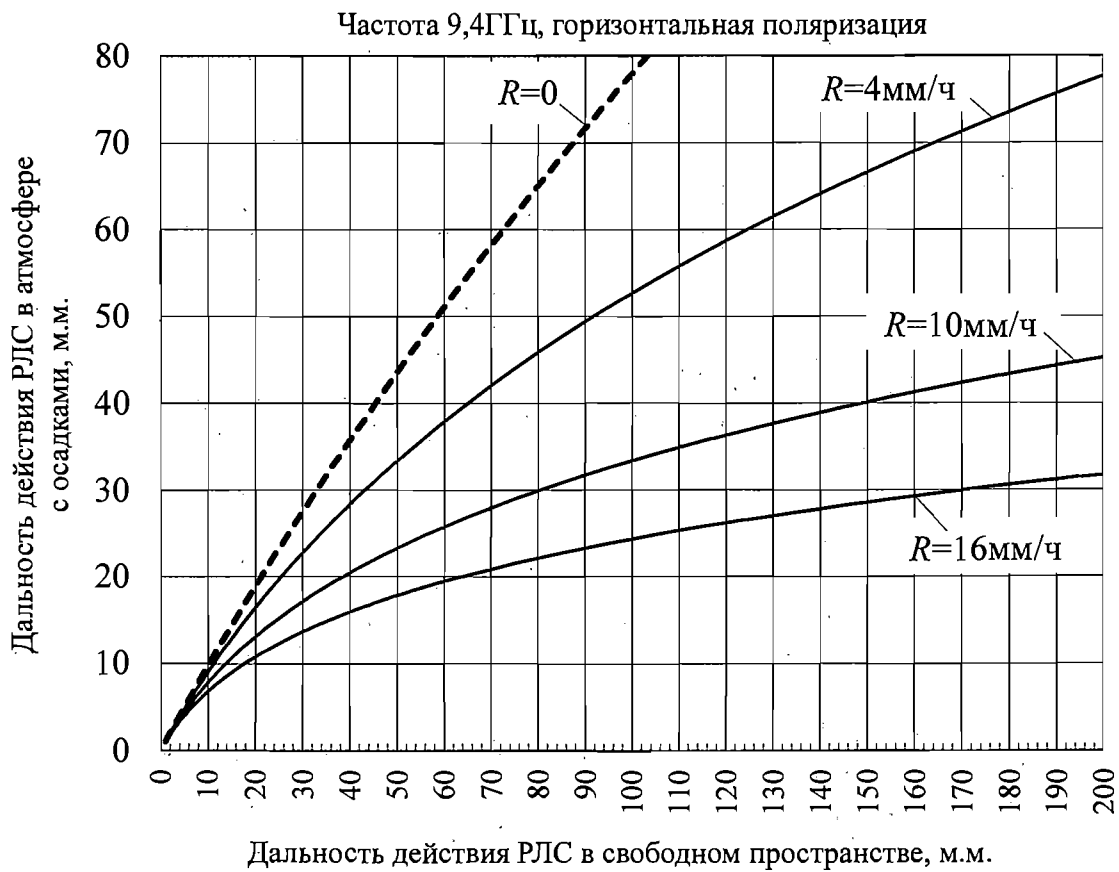


Рисунок 2 - Дальность действия РЛС (м.м.) на частоте 9,4 ГГц в атмосфере с осадками интенсивности R

Таблица 3 - Дальность действия РЛС (м.м.) на частоте 33,8 ГГц

Дальность действия РЛС в свободном пространстве ве, м.м.	Дальность действия РЛС (м.м.) на частоте 33,8ГГц в атмосфере и осадках интенсивности R							
	Без осадков R = 0	Горизонтальная поляризация			Вертикальная поляризация			
		R = 4мм	R = 10мм	R = 16мм	R = 4мм	R = 10мм	R = 16мм	
1	0,98	0,83	0,70	0,61	0,85	0,73	0,64	
2	1,92	1,46	1,13	0,94	1,50	1,19	1,01	
3	2,83	1,96	1,44	1,18	2,03	1,53	1,27	
4	3,70	2,39	1,69	1,36	2,49	1,81	1,47	
5	4,54	2,75	1,90	1,50	2,88	2,04	1,64	
6	5,35	3,08	2,08	1,63	3,23	2,25	1,78	
7	6,14	3,37	2,24	1,74	3,55	2,42	1,91	
8	6,91	3,64	2,38	1,84	3,84	2,58	2,02	
9	7,65	3,88	2,51	1,93	4,10	2,73	2,12	
10	8,37	4,11	2,63	2,01	4,35	2,86	2,22	
12	9,75	4,51	2,84	2,15	4,79	3,10	2,38	
14	11,06	4,87	3,02	2,28	5,19	3,30	2,52	
16	12,31	5,19	3,18	2,38	5,54	3,48	2,65	
18	13,50	5,48	3,33	2,48	5,86	3,65	2,76	
20	14,64	5,75	3,46	2,57	6,16	3,80	2,86	
22	15,73	6,00	3,58	2,65	6,43	3,93	2,95	
24	16,78	6,22	3,69	2,73	6,68	4,06	3,04	
26	17,79	6,44	3,79	2,79	6,92	4,18	3,12	
28	18,77	6,64	3,89	2,86	7,14	4,29	3,19	
30	19,71	6,83	3,98	2,92	7,35	4,39	3,26	
32	20,62	7,01	4,06	2,98	7,55	4,49	3,33	
34	21,50	7,18	4,14	3,03	7,73	4,58	3,39	
36	22,35	7,34	4,22	3,08	7,91	4,67	3,45	
38	23,18	7,49	4,29	3,13	8,08	4,75	3,50	
40	23,99	7,64	4,36	3,17	8,25	4,83	3,56	
42	24,77	7,78	4,43	3,22	8,40	4,91	3,61	
44	25,53	7,91	4,49	3,26	8,55	4,98	3,66	
46	26,27	8,04	4,55	3,30	8,70	5,05	3,70	
48	26,99	8,17	4,61	3,34	8,84	5,11	3,75	
50	27,70	8,29	4,67	3,38	8,97	5,18	3,79	
55	29,39	8,57	4,80	3,46	9,29	5,33	3,89	
60	30,99	8,84	4,92	3,54	9,58	5,47	3,99	
65	32,50	9,08	5,04	3,62	9,85	5,60	4,07	
70	33,94	9,31	5,14	3,69	10,11	5,72	4,15	
75	35,32	9,52	5,24	3,75	10,35	5,83	4,23	
80	36,63	9,72	5,33	3,81	10,57	5,94	4,30	
85	37,89	9,91	5,42	3,87	10,78	6,04	4,36	
90	39,10	10,09	5,50	3,92	10,98	6,13	4,43	
95	40,26	10,26	5,58	3,98	11,18	6,23	4,49	
100	41,38	10,43	5,66	4,02	11,36	6,31	4,54	

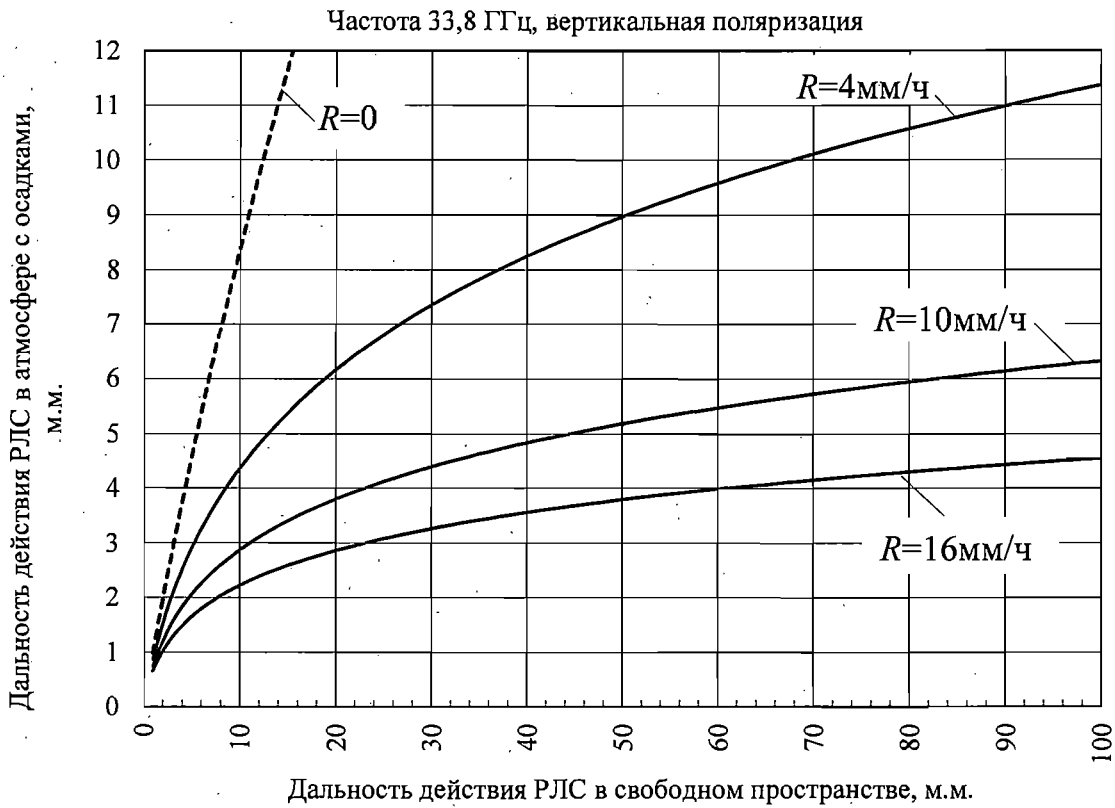
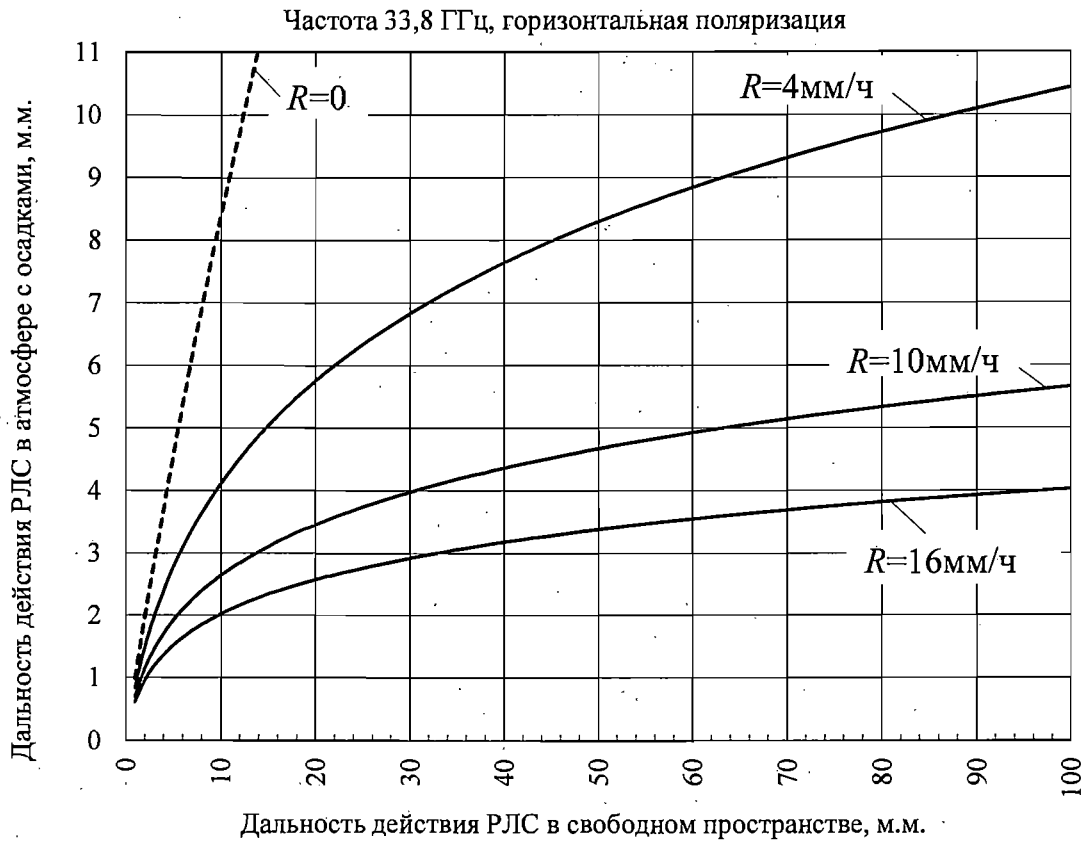


Рисунок 3 - Дальность действия РЛС (м.м.) на частоте 33,8 ГГц в атмосфере с осадками интенсивности R

Библиография

Настоящая методика разработана на основании следующих нормативных документов:

1. Резолюция MSC.192(79). Принятие пересмотренных эксплуатационных требований к радиолокационному оборудованию.

2. Рекомендация МСЭ-R P.838. Модель погонного ослабления в дожде, используемая в методах прогнозирования.

3. Рекомендация МСЭ-R F.1336-4. Эталонные диаграммы направленности всенаправленных, секторных и других антенн для фиксированной и подвижной служб в целях применения в исследованиях совместного использования частот в диапазоне от 400 МГц до приблизительно 70 ГГц.

4. Рекомендация МСЭ-R P.676-11. Затухание в атмосферных газах.

5. IALA GUIDELINE 1111. Preparation of operational and technical performance requirements for VTS systems. Edition 1.0, May 2015.