

Для служебного пользования
(п. 618 Перечня сведений ВС)

Экз. № 1

УТВЕРЖДАЮ
Врио начальника НИИИ (РЭБ)
ВУНЦ ВВС «ВВА»

полковник



П.Ляхов

« 22 » апреля 2025 г.

ПРОТОКОЛ

экспериментальной оценки тактико-технических характеристик
средства радиоэлектронной борьбы «Омут-2Б» (версия 1.0)
(изготовитель – ООО «Скай Буллет», г. Москва)

1 Объект экспериментальной оценки

Объектом экспериментальной оценки (ЭО) является средство радиоэлектронной борьбы «Омут-2Б» (версия 1.0) (далее – Изделие), изготовленное ООО «Скай Буллет» (г. Москва).

В соответствии с паспортом, подписанным Сильниковым А.С. 13.03.2025 (приложение к настоящему протоколу), Изделие предназначено для защиты военной техники от беспилотных летательных аппаратов (БПЛА).

Для ЭО Изделие представлено в составе:

- излучатели – 5 шт.;
- кнопка включения изделия – 1 шт.;
- преобразователь напряжения 12/28 В – 1 шт.;
- комплект проводов для подключения к аккумулятору автомобиля – 1 к-т.

Основные заявленные в соответствии с паспортом тактико-технические характеристики Изделия приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Основные тактико-технические характеристики Изделия

№ п/п	Наименование характеристики	Значение характеристики
1	Диапазоны рабочих частот, МГц	400-1020
2	Радиус подавления, м	50-400
3	Рабочее напряжение, В	12
4	Потребляемая мощность, Вт	530
5	Масса, кг	33
6	Температурный диапазон работы изделия, °С	-25. .+50
7	Габаритные размеры, мм	470x470x1400

Внешний вид Изделия приведен на рисунке 1.



Рисунок 1 – Внешний вид Изделия

2 Цель экспериментальной оценки

Целью ЭО являлась оценка основных технических характеристик и возможностей Изделия по радиоподавлению (РП) каналов управления (КУ) БпЛА.

3 Оцениваемые характеристики

3.1 Диапазон рабочих частот Изделия.

3.2 Виды и параметры помеховых сигналов.

3.3 Ширина диаграммы направленности.

3.4 Величина энергетического потенциала.

3.5 Величина отношения дальности подавления к дальности связи, обеспечиваемая Изделием при РП КУ БпЛА.

4 Материально-техническое обеспечение эксперимента

4.1 БпЛА FPV-типа рассматривались в вариантах оснащения аппаратурой управления и связи:

- TBS CrossFire Tango 2 (FPV-дроны первого типа) (НПУ с выходной мощностью 1 Вт в диапазонах частот 860-886 МГц и 902-928 МГц, аппаратура приема команд управления, устанавливаемая на БпЛА-носителе DJI Mavic 3) – 1 ед. (ВУНЦ ВВС «ВВА»);

- Radiomaster TX12 ELRS (FPV-дроны второго типа) (НПУ с выходной мощностью 1 Вт в диапазонах частот 750-780 МГц, 860-886 МГц, 902-928 МГц и 990-1020 МГц, аппаратура приема команд управления, устанавливаемая на БпЛА-носителе DJI Mavic 3) – 1 ед. (ВУНЦ ВВС «ВВА»);

- «Гермес» (FPV-дроны второго типа) (НПУ с выходной мощностью 1,3 Вт и 500 мВт в диапазонах частот 697-703 МГц и 797-803 МГц соответственно, аппаратура связи, устанавливаемая на БпЛА-носителе DJI Mavic 3) – 1 ед. (ВУНЦ ВВС «ВВА»);

- Radiomaster TX12 ELRS, «Гермес» и ZOV (FPV-дроны третьего типа) (НПУ с выходной мощностью 1 Вт в диапазонах частот 423-438 МГц, 497-503 МГц и 517-522 МГц соответственно, аппаратура приема команд управления и связи, устанавливаемая на БпЛА-носителе DJI Mavic 3) – 1 ед. (ВУНЦ ВВС «ВВА»).

Справочно:

- TBS Cross Fire – для БпЛА FPV-типа, обеспечивающий дальность связи БпЛА с НПУ до 10 км в диапазоне частот 860-930 МГц. Канал управления – ППРЧ, ширина полосы посылки – 460 кГц;

- ELRS – для БпЛА FPV-типа, обеспечивающий дальность связи БпЛА с НПУ до 10 км в диапазонах частот 400-700 МГц, 700-1020 МГц. Канал управления – ППРЧ, ширина полосы посылки – 400 кГц.

4.2 Анализатор спектра Rohde&Schwarz FSW43 (рег. номер ОИФ № 53782-13) (зав. № 101367, свидетельство о поверке № С-АЕМ/23-07-2024/357605175 действительно до 22.07.2025) – 1 к-т. (ВУНЦ ВВС «ВВА»).

4.3 Антенна измерительная VULB9163 (рег. номер ФИФ № 52695-13) (зав. № 01355, свидетельство о поверке № С-Т/14-11-2023/294420097 действительно до 13.11.2025) – 1 к-т. (ВУНЦ ВВС «ВВА»).

4.4 Антенна измерительная П6-23 (рег. номер ФИФ № 70142-18) (зав. № 151121206, свидетельство о поверке № С-ВХН/24-04-2024/334781683 действительно до 23.04.2026) – 1 к-т. (ВУНЦ ВВС «ВВА»).

4.5 Безэховая камера с опорно-поворотным устройством (ОПУ) – 1 ед. (ВУНЦ ВВС «ВВА»).

5 Условия, режимы, порядок, место проведения, виды и этапы эксперимента

Экспериментальная оценка проводилась на базе Научно-исследовательского испытательного института (радиоэлектронной борьбы) Военного учебно-научного центра Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е.Жуковского и Ю.А.Гагарина» (г. Воронеж) в период 26 марта по 4 апреля 2025 года.

5.1 На первом этапе проводилось определение диапазона рабочих частот, величины энергетического потенциала, ширины диаграмм направленности антенн (ДНА) Изделия, видов и параметров формируемых им помех.

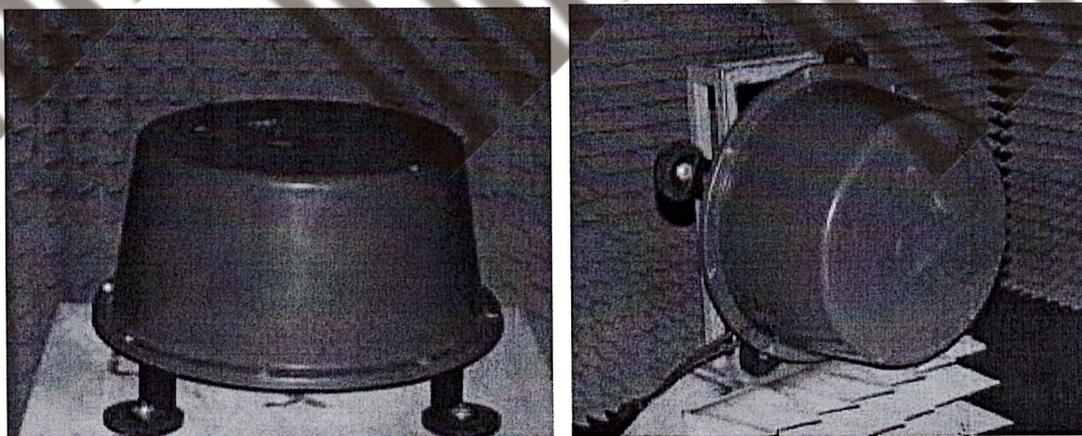
Проверка проводилась методом натурального эксперимента. Возможность функционирования Изделия в проверяемом диапазоне частот устанавливалась по факту обнаружения анализатором спектра помеховых сигналов.

Виды и параметры помеховых сигналов определялись по результатам их регистрации анализатором спектра в режиме «ZERO SPAN».

Ширина диаграммы направленности передающих антенн Изделия определялась по уровню минус 3 дБ относительно максимального уровня (максимума ДНА).

Измерения величины энергетического потенциала проводились в максимуме ДНА при согласованных вертикальных и горизонтальных поляризациях антенн Изделия и измерительной антенны.

Размещение Изделия на ОПУ приведено на рисунке 2.



а)

б)

Рисунок 2 – Размещение Изделия на ОПУ

(а – в азимутальной плоскости; б – в угломестной плоскости)

Величина энергетического потенциала $\mathcal{E}_i^{f_n}$ на частоте излучения f_n вычислялась по формуле:

$$\mathcal{E}_i^{f_n} = \left(\frac{4\pi R}{\lambda} \right)^2 \frac{(P_{изм} K)_i^{f_n}}{G_{f_n, изм}}, \quad (1)$$

где: $P_{изм}$ – мощность сигнала, зарегистрированная измерительным приемником;
 K – потери в измерительном тракте измерительной установки;
 $G_{f_n, изм}$ – коэффициент усиления измерительной антенны на частоте f_n ;
 R – расстояние между Изделием и измерительной антенной;
 λ – длина волны излучения.

5.2 На втором этапе определялась величина отношения дальности подавления к дальности связи, обеспечиваемая Изделием при РП КУ БПЛА.

Оценка эффективности Изделия по РП КУ БПЛА проводилась путем определения отношений дальности подавления к дальности связи (D_n/D_c) для БПЛА различных типов и НПУ, функционирующих в различных режимах (п. 4.1). В ходе экспериментальной оценки определялась точка, в которой наступал эффект РП КУ БПЛА, и определялись расстояния от этой точки до Изделия (дальность РП) и до НПУ (дальность связи).

Оценка возможностей Изделия проводилась на специально оборудованной трассе протяженностью 1000 м (рисунок 3).

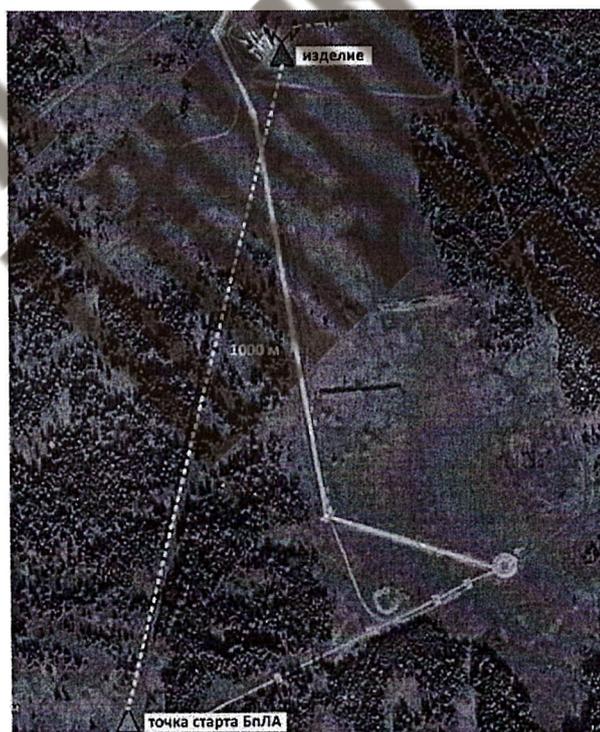


Рисунок 3 – Схема размещения Изделия и средств подыгрыша на местности

Для исключения возможности РП НПУ (линии передачи изображения и телеметрии с БПЛА) оператор БПЛА размещался относительно Изделия за лесом общей протяженностью в 500 м (рисунок 4).

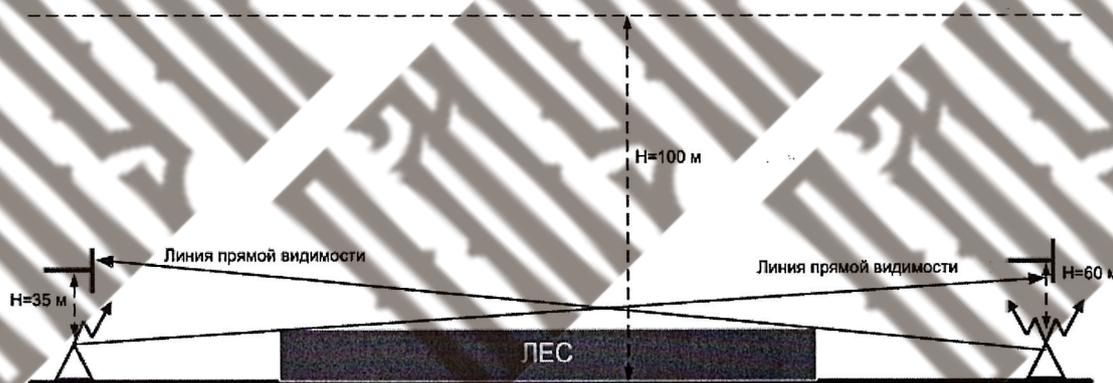


Рисунок 4 – Иллюстрация расположения Изделия относительно БПЛА

Исходя из характеристик трассы (ее общей протяженности, протяженности и высоты лесного массива) и возможного положения БПЛА определены граничные значения отношений дальности подавления к дальности связи. Для используемой трассы значения отношения D_n/D_c могут лежать в диапазоне от 0,05 до 29. В случае, когда $D_n/D_c = 0,05$, БПЛА находится над Изделием на высоте 50 м, принимается решение, что КУ БПЛА не подавлен. В случае, когда $D_n/D_c = 29$, БПЛА находится над оператором на высоте 50 м, и наблюдается эффект его радиоподавления.

Определение отношений дальности подавления к дальности связи проводилось в соответствии со следующей методикой.

По команде руководителя эксперимента БПЛА-носитель последовательно запускался и выполнял налет в направлении на Изделие или отлет от него (рисунок 5).

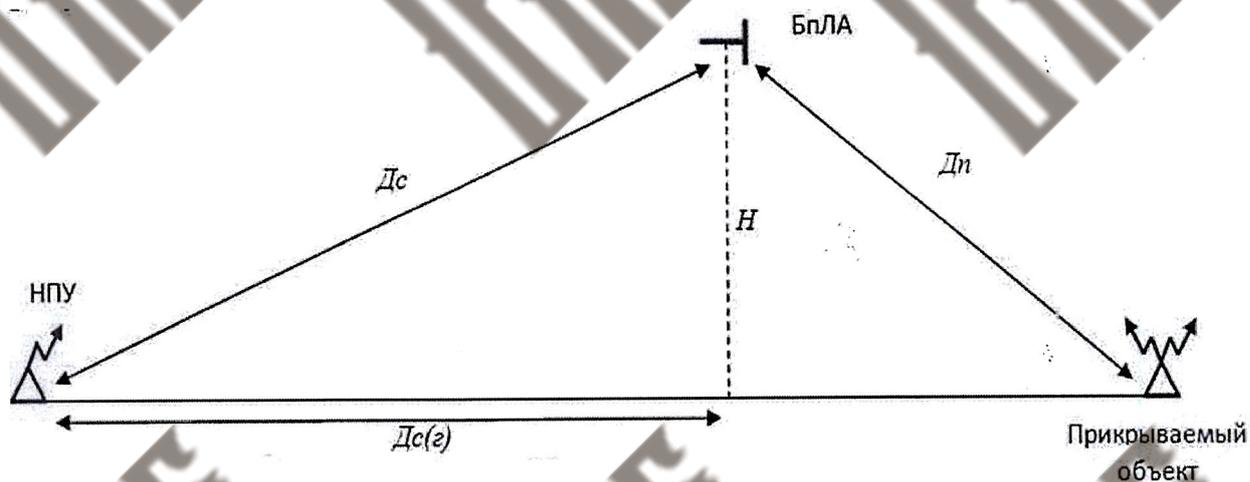


Рисунок 5 – Общая схема эксперимента

При воздействии помех на КУ оператор БПЛА на основании показаний НПУ фиксировал факт помехового воздействия и текущее значение горизонтальной дальности до БПЛА ($D_c(z)$).

Производился расчет отношения дальности подавления «Изделие-БПЛА» к дальности связи «НПУ-БПЛА» по формуле:

$$\frac{Dn}{Dc} = \frac{\sqrt{H^2 + (1000 - D_{c(z)})^2}}{\sqrt{H^2 + D_{c(z)}^2}}, \quad (2)$$

где: H – высота полета БПЛА, м;

D_c – наклонная дальность связи «НПУ-БПЛА», м;

D_n – наклонная дальность радиоподавления «Изделие-БПЛА», м.

6 Результаты экспериментальной оценки

6.1 Спектр помехового сигнала, формируемого Изделием, представлен на рисунках 6-10.

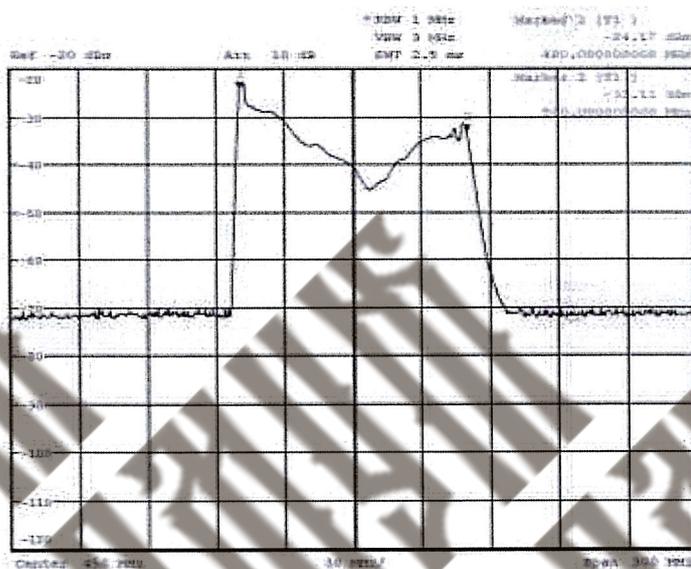


Рисунок 6 – Спектр помехового сигнала в диапазоне частот 400-500 МГц

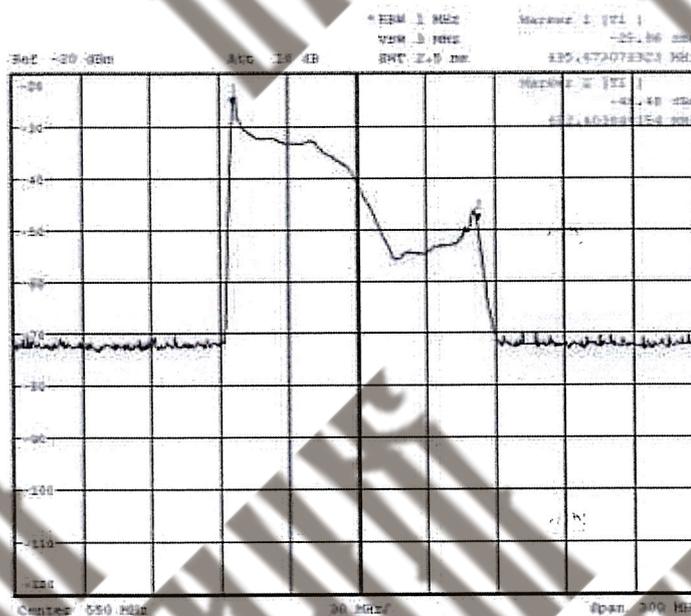


Рисунок 7 – Спектр помехового сигнала в диапазоне частот 495-602 МГц

6.2 Результаты измерения параметров помеховых сигналов, формируемых Изделием, приведены на рисунках 11-15.

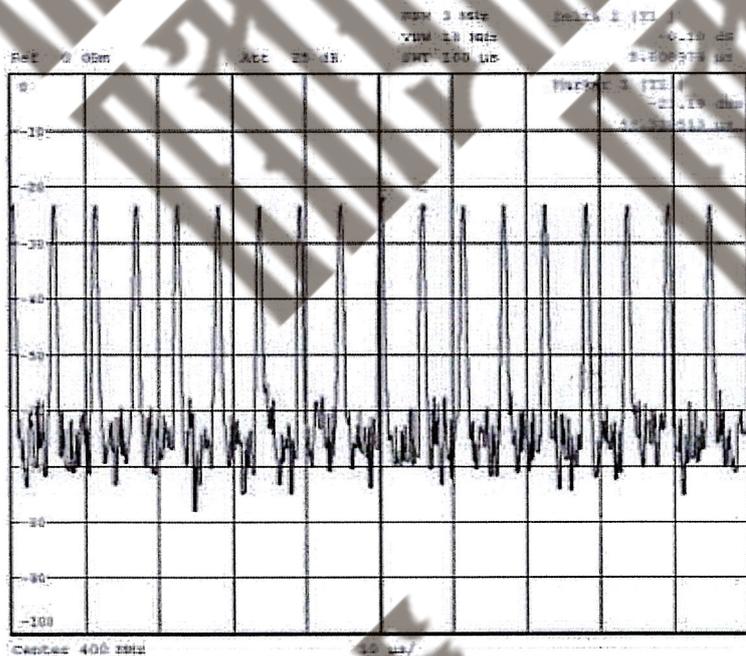


Рисунок 11 – Измеренное значение периода ЛЧМ-помехи на частоте 400 МГц (5,6 мкс)

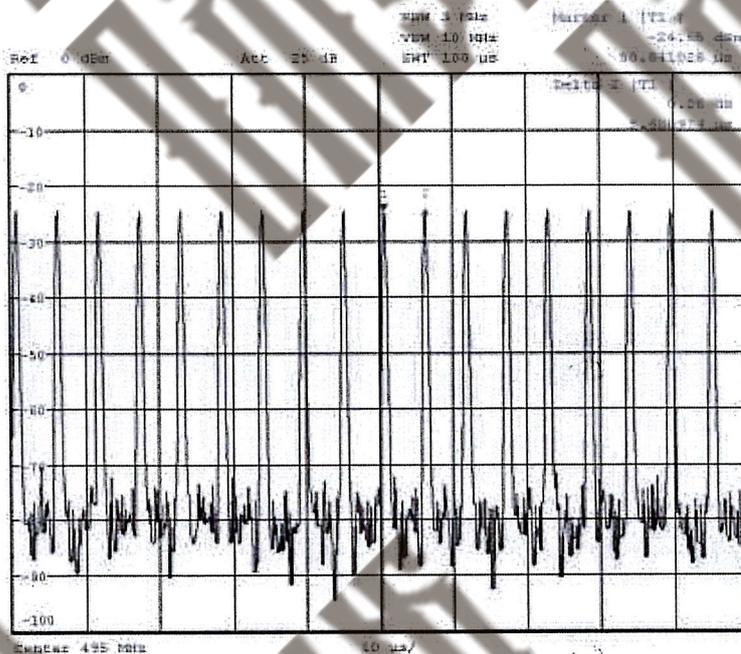


Рисунок 12 – Измеренное значение периода ЛЧМ-помехи на частоте 495 МГц (5,6 мкс)

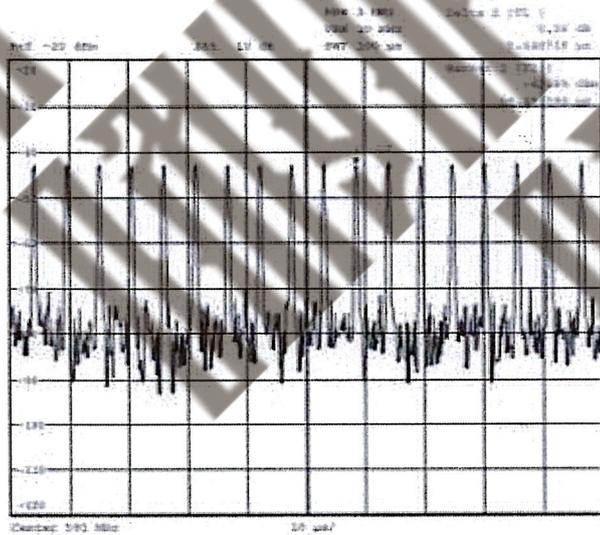


Рисунок 13 – Измеренное значение периода ЛЧМ-помехи на частоте 591 МГц (5,6 мкс)

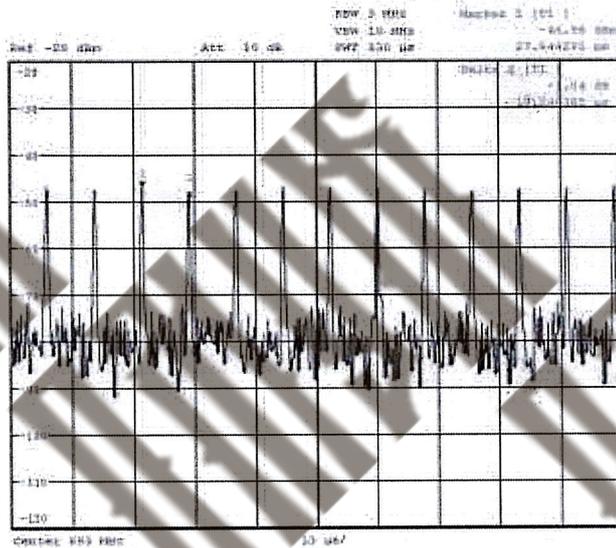


Рисунок 14 – Измеренное значение периода ЛЧМ-помехи на частоте 693 МГц (5,6 мкс)

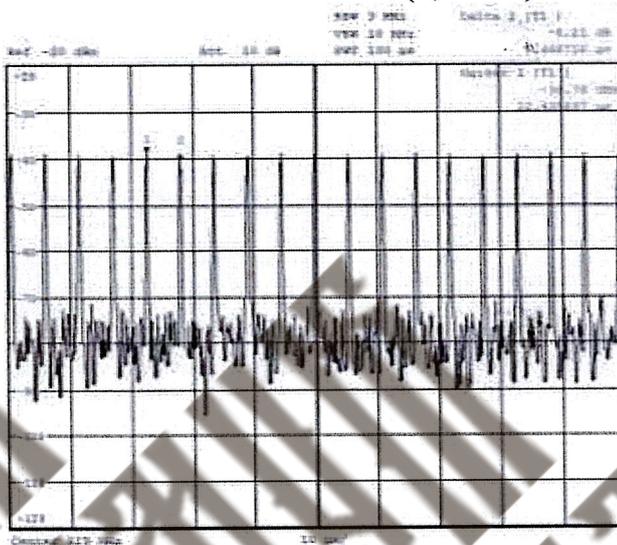


Рисунок 15 – Измеренное значение периода ЛЧМ-помехи на частоте 829 МГц (5,6 мкс)

6.3 На рисунках 16-35 приведены ДНА Изделия в азимутальной и угломестной плоскостях (АзП и УгП).

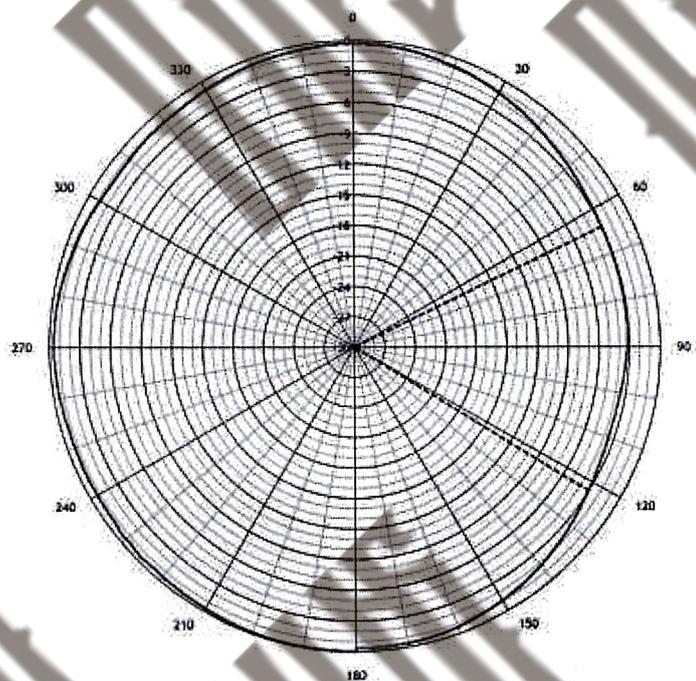


Рисунок 16 – Азимутальная ДНА Изделия при вертикальной поляризации на частоте 450 МГц

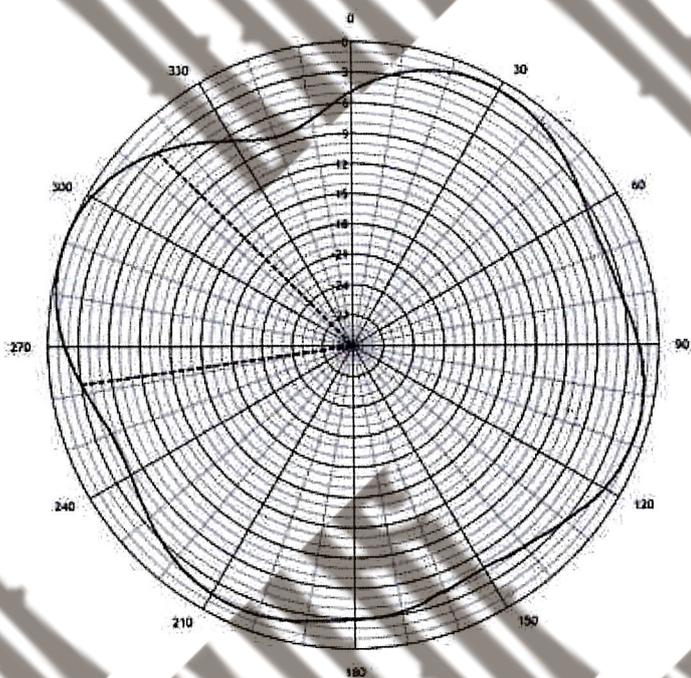


Рисунок 17 – Азимутальная ДНА Изделия при горизонтальной поляризации на частоте 450 МГц

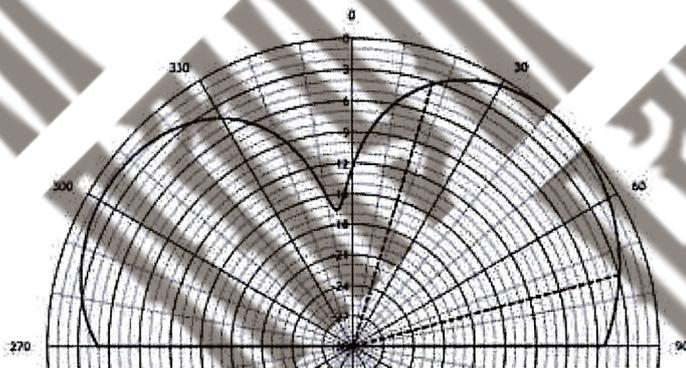


Рисунок 18 – Угломестная ДНА Изделия при вертикальной поляризации на частоте 450 МГц

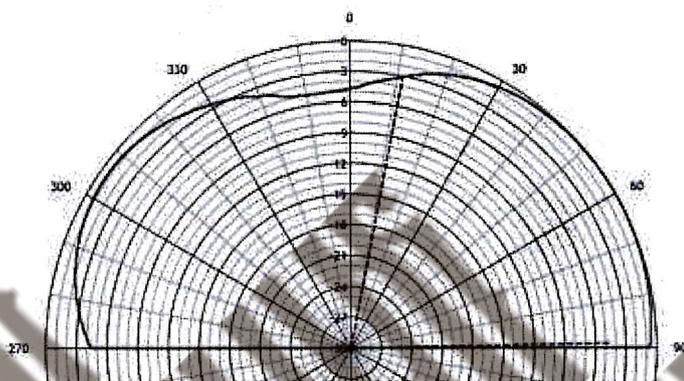


Рисунок 19 – Угломестная ДНА Изделия при горизонтальной поляризации на частоте 450 МГц

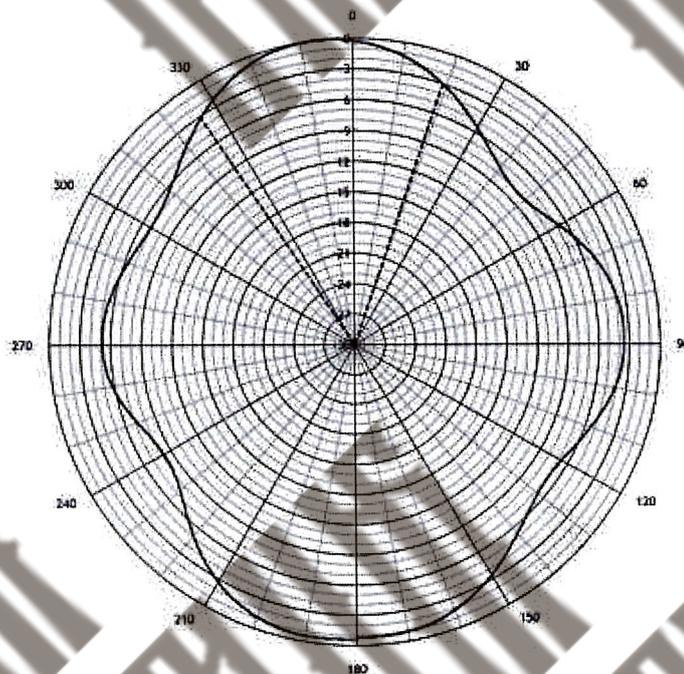


Рисунок 20 – Азимутальная ДНА Изделия при вертикальной поляризации на частоте 550 МГц

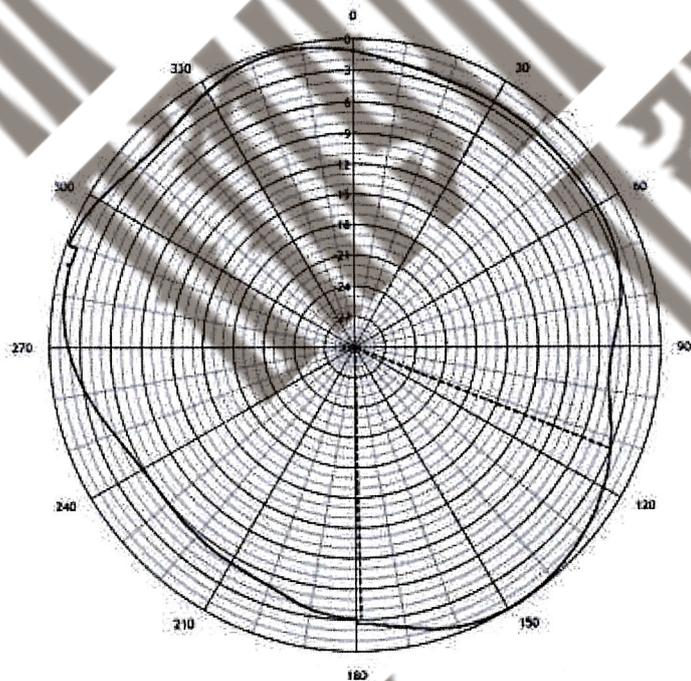


Рисунок 21 – Азимутальная ДНА Изделия при горизонтальной поляризации на частоте 550 МГц

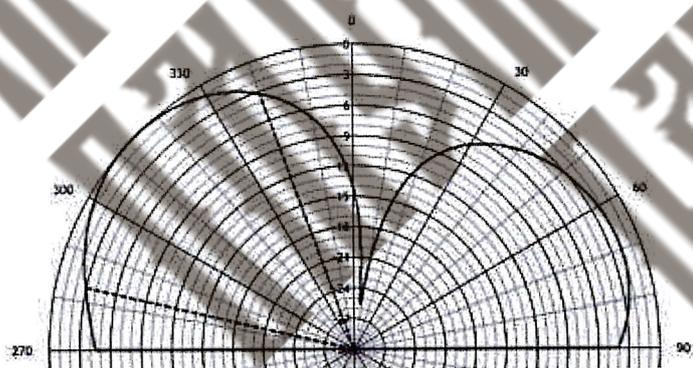


Рисунок 22 – Угломестная ДНА Изделия при вертикальной поляризации на частоте 550 МГц

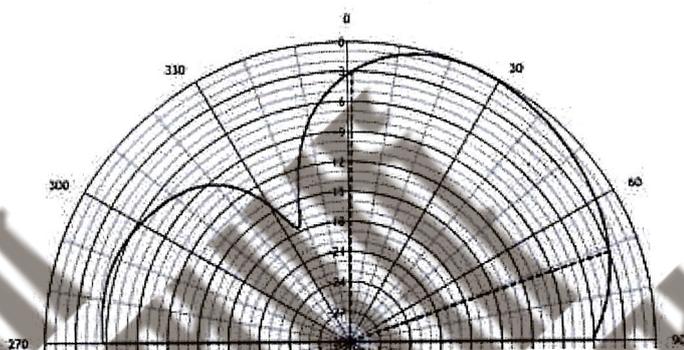


Рисунок 23 – Угломестная ДНА Изделия при горизонтальной поляризации на частоте 550 МГц

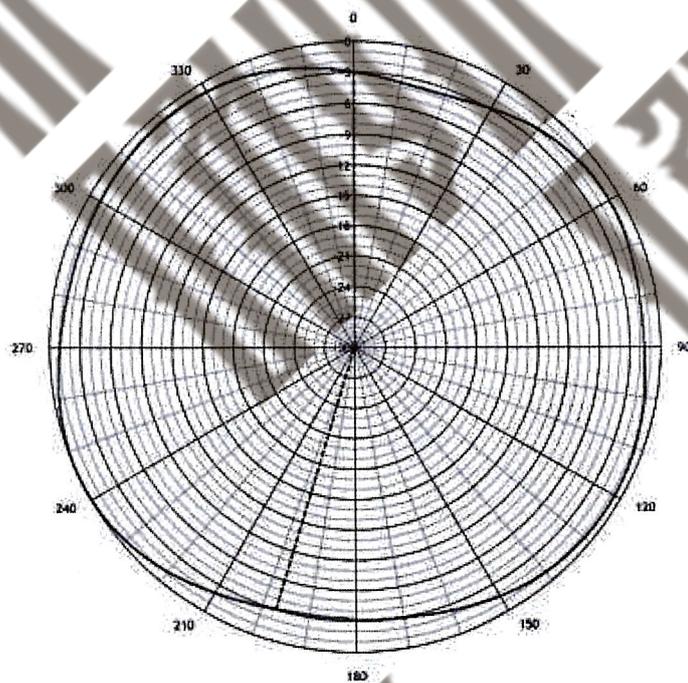


Рисунок 24 – Азимутальная ДНА Изделия при вертикальной поляризации на частоте 650 МГц

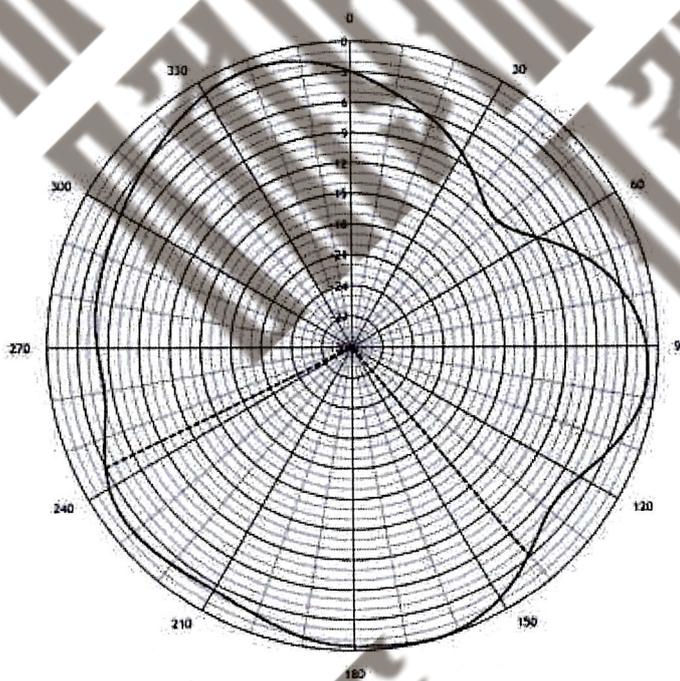


Рисунок 25 – Азимутальная ДНА Изделия при горизонтальной поляризации на частоте 650 МГц

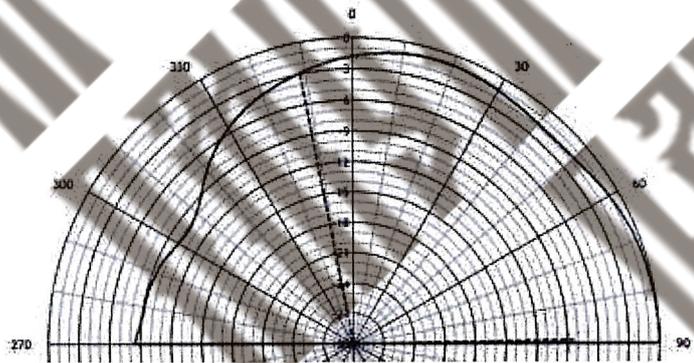


Рисунок 26 – Угломестная ДНА Изделия при вертикальной й поляризации на частоте 650 МГц

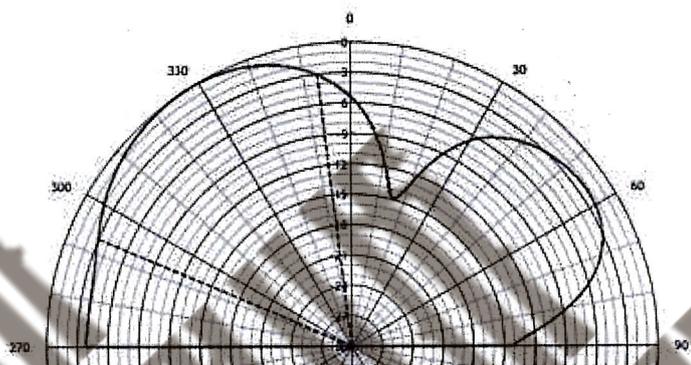


Рисунок 27 – Угломестная ДНА Изделия при горизонтальной поляризации на частоте 650 МГц

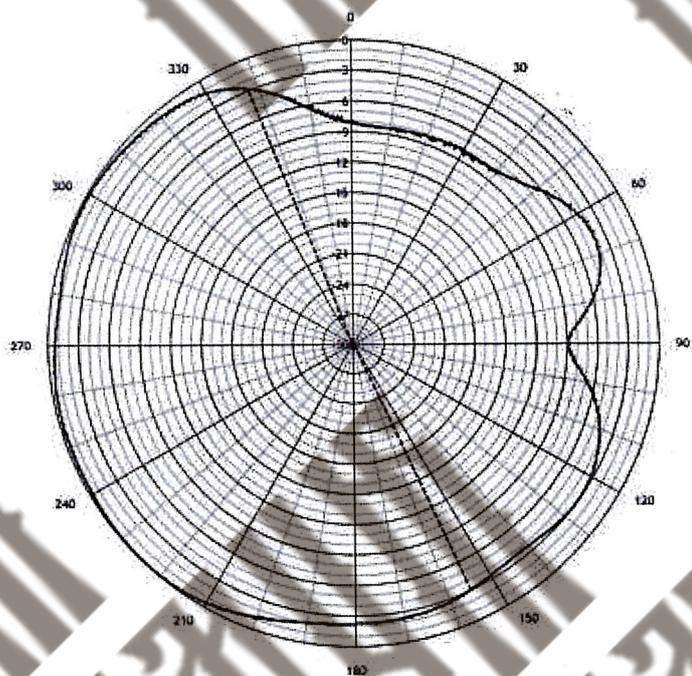


Рисунок 28 – Азимутальная ДНА Изделия при вертикальной поляризации на частоте 770 МГц

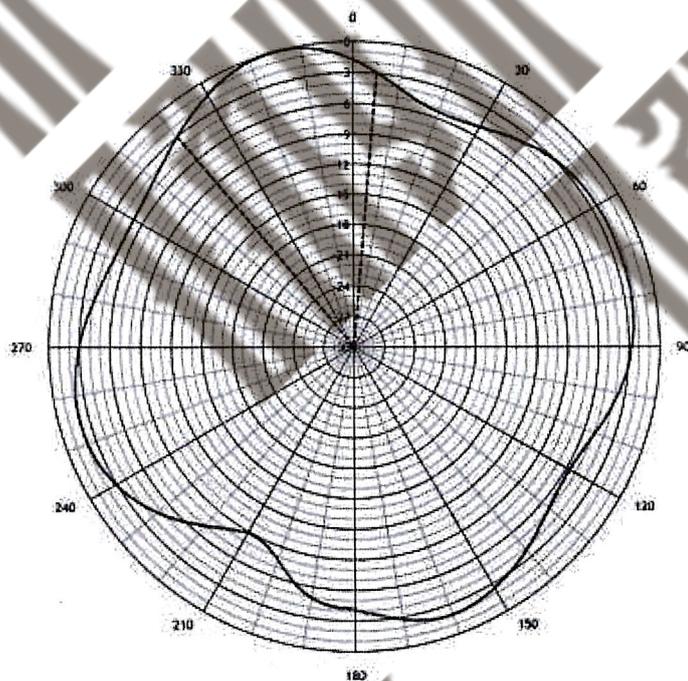


Рисунок 29 – Азимутальная ДНА Изделия при горизонтальной поляризации на частоте 770 МГц

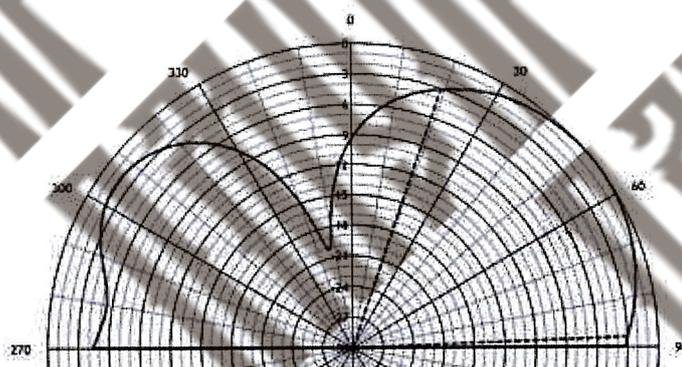


Рисунок 30 – Угломестная ДНА Изделия при вертикальной поляризации на частоте 770 МГц

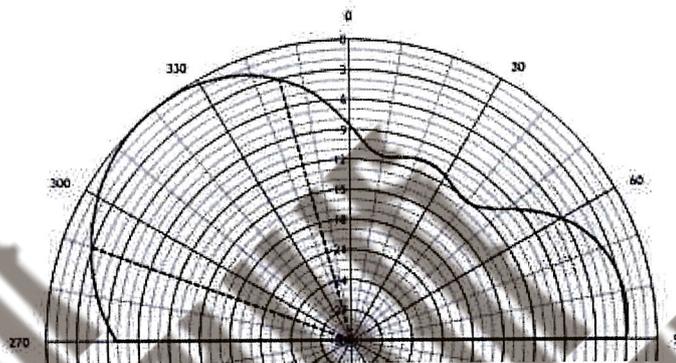


Рисунок 31 – Угломестная ДНА Изделия при горизонтальной поляризации на частоте 770 МГц

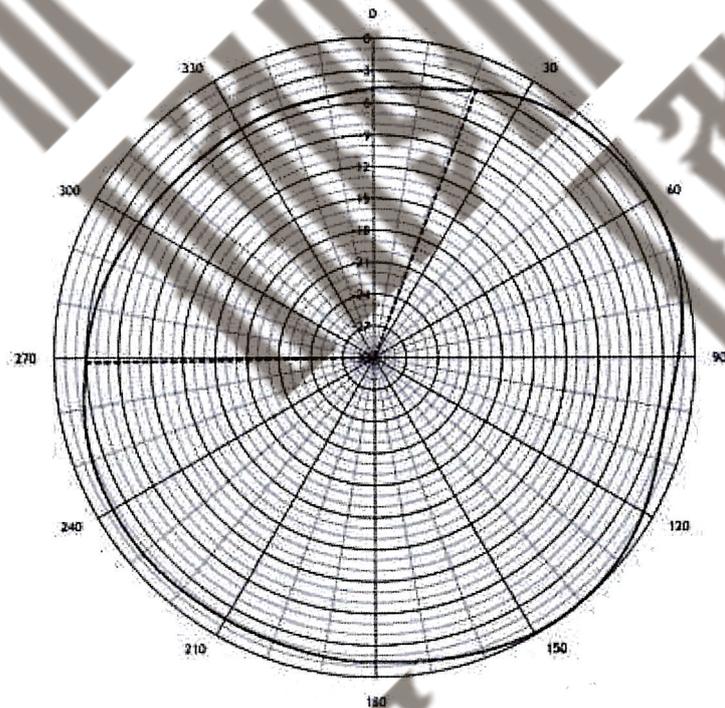


Рисунок 32 – Азимутальная ДНА Изделия при вертикальной поляризации на частоте 925 МГц

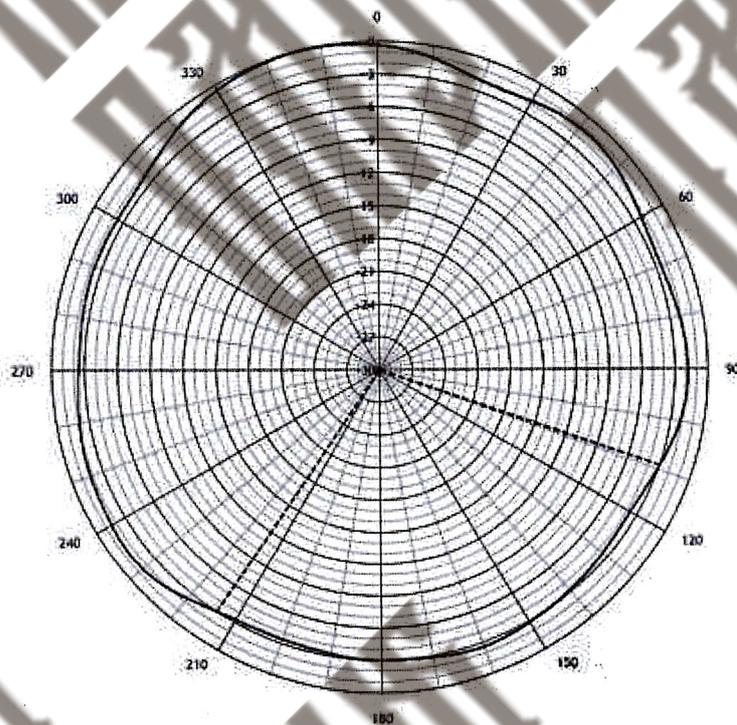


Рисунок 33 – Азимутальная ДНА Изделия при горизонтальной поляризации на частоте 925 МГц

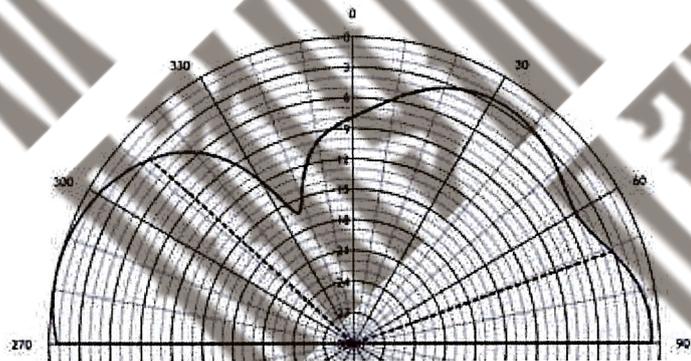


Рисунок 34 – Угломестная ДНА Изделия при вертикальной й поляризации на частоте 925 МГц

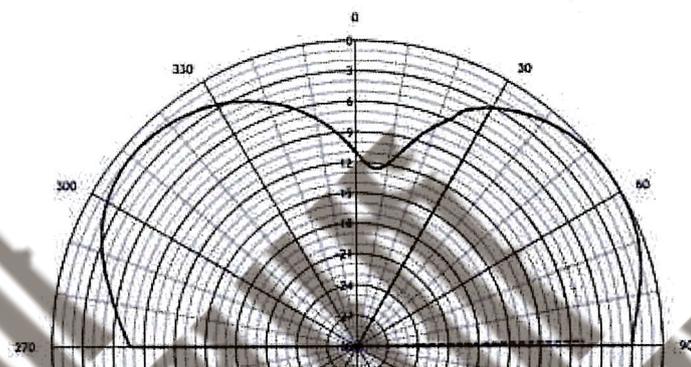


Рисунок 35 – Угломестная ДНА Изделия при горизонтальной поляризации на частоте 925 МГц

6.4 Результаты измерения основных технических характеристик Изделия приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Основные измеренные технические характеристики Изделия

Диапазоны частот, МГц	Ширина спектра, МГц / неравномерность, дБ	Вид и параметры помехового сигнала	При вертикальной поляризации излучения		При горизонтальной поляризации излучения	
			Ширина (вид) ДНА АзП / УгП, градусов	Энергопотенциал, Вт / спектральная плотность, Вт/МГц	Ширина (вид) ДНА АзП / УгП, градусов	Энергопотенциал, Вт / спектральная плотность, Вт/МГц
400-500	100 / 20	ЛЧМ с периодом 5,6 мкс	Круговая (неравномер. 4 дБ) / 58 и 47	132 / 1,3	Круговая (неравномер. 8 дБ) / 79 и 52	22 / 0,22
495-602	107 / 30	ЛЧМ с периодом 5,6 мкс	Круговая (неравномер. 8 дБ) / 57	131 / 1,2	Круговая (неравномер. 6 дБ) / 70	88 / 0,8
591-701	110 / 11	ЛЧМ с периодом	Круговая (неравномер. 4 дБ)	16 / 0,15	Круговая (неравномер.)	8 / 0,08

Диапазоны частот, МГц	Ширина спектра, МГц / неравномерность, дБ	Вид и параметры помехового сигнала	При вертикальной поляризации излучения		При горизонтальной поляризации излучения	
			Ширина (вид) ДНА АзП / УгП, градусов	Энергопотенциал, Вт / спектральная плотность, Вт/МГц	Ширина (вид) ДНА АзП / УгП, градусов	Энергопотенциал, Вт / спектральная плотность, Вт/МГц
		5,6 мкс	/ 101		11 дБ) / 60 и 22	
693-841	148 / 14	ЛЧМ с периодом 5,6 мкс	Круговая (неравномер. 9 дБ) / 69 и 24	100 / 0,7	Круговая (неравномер. 9 дБ) / 55	68 / 0,5
829-1022	193 / 21	ЛЧМ с периодом 5,6 мкс	Круговая (неравномер. 5 дБ) / 67 и 42	109 / 0,6	Круговая (неравномер. 3 дБ) / 39 и 59	34 / 0,2

Анализ результатов, представленных на рисунках 6-35 и в таблице 2, показывает следующее:

- диапазон рабочих частот Изделия – 400-1022 МГц;
- спектр помехового сигнала, формируемого Изделием, имеет неравномерность от 11 дБ до 30 дБ (от 12 раз до 1000 раз) в зависимости от диапазона частот;
- величина энергетического потенциала составляет от 8 Вт до 132 Вт в зависимости от частоты и поляризации излучения;
- в Изделии реализована ЛЧМ-помеха с периодом перестройки 5,6 мкс;
- ДН антенной системы Изделия в азимутальной плоскости – круговая с неравномерностью до 9 дБ (до 8 раз) в зависимости от частоты и поляризации излучения;
- ДН антенной системы Изделия в угломерной плоскости – разнонаправленная с шириной лепестков от 22 до 79 градусов в зависимости от частоты и поляризации излучения.

6.5 Результаты оценки дальности радиоподавления КУ БпЛА Изделием приведены в таблице 3.

Таблица 2 – Результаты радиоподавления КУ БпЛА Изделием

№ п/п	Наименование БпЛА (режим), мощность пульта управления	Диапазон рабочих частот, МГц	Частота передачи пакетов	Дальность связи, м	Дальность РП, м	Отношение дальности РП КУ к дальности связи «НПУ-БпЛА»
1	Radiomaster TX12, ELRS RX, горизонтальная поляризация антенн БпЛА, 1 Вт	423-438	50	965,2	40,3	0,04
		750-780	25	970,1	33,5	0,03
		860-886	25	955,2	49,2	0,05
		902-928	25	955,2	49,2	0,05
		990-1020	25	975,1	29,2	0,03
	Radiomaster TX12, ELRS RX, вертикальная поляризация антенн БпЛА, 1 Вт	423-438	50	970,2	36,1	0,04
		750-780	25	975,1	29,2	0,03
		860-886	25	955,2	49,2	0,05
		902-928	25	975,1	29,2	0,03
		990-1020	25	975,1	29,2	0,03

2	FPV с TBS CrossFire Tango 2, горизонтальная поляризация антенн БпЛА, 1 Вт	860-886	-	950,3	55,9	0,06
		902-928	-	950,5	58,3	0,06
	FPV с TBS CrossFire Tango 2, вертикальная поляризация антенн БпЛА, 1 Вт	860-886	-	940,3	65,0	0,07
		902-928	-	955,2	49,2	0,05
3	ZOV, горизонтальная поляризация антенн БпЛА, 1 Вт	517-522	-	850,5	153,0	0,18
	ZOV, вертикальная поляризация антенн БпЛА, 1 Вт	517-522	-	840,5	162,8	0,19
4	«Гермес», горизонтальная поляризация антенн БпЛА, 0,5 Вт	797-803	-	930,5	76,2	0,06 ^{*)}
	«Гермес», вертикальная поляризация антенн БпЛА, 0,5 Вт	797-803	-	950,2	53,9	0,05 ^{*)}
5	«Гермес», горизонтальная поляризация антенн БпЛА, 1,3 Вт	697-703	-	930,5	76,2	0,09 ^{*)}
	«Гермес», вертикальная поляризация антенн БпЛА, 1,3 Вт	697-703	-	940,5	67,1	0,08 ^{*)}
6	«Гермес», горизонтальная поляризация антенн БпЛА, 1 Вт	497-503	-	900,5	104,4	0,12
	«Гермес», вертикальная поляризация антенн БпЛА, 1 Вт	497-503	-	830,5	172,6	0,21

Примечание: «*» – приведены значения отношения дальности РП КУ к дальности связи, пересчитанные для мощности пульта управления БпЛА 1 Вт.

Анализ результатов, приведенных в таблице 3 показывает, что Изделие обеспечивает радиоподавление каналов управления БпЛА FPV-типа:

- использующих протоколы передачи данных TBS CrossFire (FPV-дроны первого типа), в диапазонах частот 860-886 МГц и 902-928 МГц при отношении дальности радиоподавления к дальности радиосвязи 0,05-0,07;

- использующих протоколы передачи данных ELRS (FPV-дроны второго типа), в диапазонах частот 750-780 МГц, 860-886 МГц, 902-928 МГц и 990-1020 МГц при отношении дальности радиоподавления к дальности радиосвязи 0,03-0,05 (среднее значение – 0,04);

- с аппаратурой связи «Гермес» (FPV-дроны второго типа) в диапазонах частот 697-703 МГц и 797-803 МГц при отношении дальности радиоподавления к дальности радиосвязи 0,05-0,09;

- с аппаратурой связи ZOV (FPV-дроны третьего типа) в диапазоне частот 517-

522 МГц при отношении дальности радиоподавления к дальности радиосвязи 0,18-0,19;

- с аппаратурой связи «Гермес» (FPV-дроны третьего типа) в диапазоне частот 497-503 МГц, при отношении дальности радиоподавления к дальности радиосвязи 0,12-0,21;

- использующих протоколы передачи данных ELRS (FPV-дроны третьего типа), в диапазоне частот 423-438 МГц, при отношении дальности радиоподавления к дальности радиосвязи 0,04.

7 Рекомендации

Доработать Изделие в части устранения неравномерности спектра, формируемого помехового сигнала

8 Выводы

8.1 Изделие соответствует заявленным в паспорте, подписанным Сильниковым А.С. 13.03.2025, техническим характеристикам в части диапазона рабочих частот.

8.2 Изделие обеспечивает радиоподавление каналов управления БПЛА FPV-типа:

- использующих протоколы передачи данных TBS CrossFire (FPV-дроны первого типа), в диапазоне частот 860-928 МГц при отношении дальности радиоподавления к дальности радиосвязи 0,05;

- использующих протоколы передачи данных ELRS и аппаратуру связи «Гермес» (FPV-дроны второго типа), в диапазоне частот 700-1020 МГц при среднем значении отношения дальности радиоподавления к дальности радиосвязи 0,04;

- использующих протоколы передачи данных ELRS и аппаратуру связи ZOV и «Гермес» (FPV-дроны третьего типа), в диапазоне частот 400-700 МГц при отношении дальности радиоподавления к дальности радиосвязи 0,04.

8.3 Изделие соответствует отдельным тактико-техническим требованиям на оснащение комплекса с беспилотным летательным аппаратом средней дальности самолетного типа средствами ретрансляции связи и локальной навигационной системы, к беспилотным летательным аппаратам безаэродромного базирования (в том числе FPV-дронам), а также средствам радиоэлектронной борьбы тактического звена (противодействия БПЛА), утвержденным временно исполняющим обязанности начальника Генерального штаба Вооруженных Сил Российской Федерации генерал-полковником В.Познихиром 27 января 2025 года, в части радиоподавления БПЛА FPV-типа.

полковник

« 22 » апреля 2025 г.

В.Мысив

полковник

« 22 » апреля 2025 г.

О.Кирьянов

полковник

« 22 » апреля 2025 г.

А.Фесун

подполковник

« 22 » апреля 2025 г.

М.Поздняков

старший лейтенант

« 22 » апреля 2025 г.

Н.Голомазов