



**РАЗВИТИЕ ПРОЦЕДУР ОЦЕНКИ СООТВЕТСТВИЯ
БЕЗЭХОВЫХ ЭКРАНИРОВАННЫХ КАМЕР ДЛЯ
ЦЕЛЕЙ ЭМС В РАЗЛИЧНЫХ ОТРАСЛЯХ
ПРИМЕНЕНИЯ**

Смирнов А.П.
Басалаев К.К.
Занин Ю.М.
Колдашов Ф.Г.

Характеристики измерительных площадок ЭМС (эмиссия)

Наименование	Нормируемые характеристики	Значения	Основание	Методы измерений
	Относительный уровень внешних помех	<-6 дБ от норм (рекомендация)	ГОСТ СИСПР 16-1-4	отсутствует
	Относительный уровень внешних помех	<-6 дБ от норм (требование)	RTCA DO 160 (п.21) ГОСТ Р 51318.12-2012 ГОСТ Р 51318.25-2012 MIL STD 461G PB 6601-002 ГОСТ В (ГОСТ 30429-96)	отсутствует
	Эффективность экранирования	40 дБ (10кГц-18 ГГц)	PB 6601-002	ГОСТ 50414 ГОСТ СИСПР 16-1-4
	----- -	-----	-----	-----
	Отклонения нормализованного затухания площадки типа OATS и SAC	≤4 дБ (30 МГц-1 ГГц)	ГОСТ В (ГОСТ 30429-96) ГОСТ Р 51320-99	ГОСТ Р 51320-99
	Отклонения (нормализованного) затухания площадки типа OATS, SAC и FAR	≤4 дБ (30 МГц-1 ГГц)	ГОСТ СИСПР 16-1-4	ГОСТ СИСПР 16-1-4
	КСВН площадки	≤6 дБ (1-18 ГГц)	ГОСТ СИСПР 16-1-4	ГОСТ СИСПР 16-1-4
	Вариации ДНА приемной антенны	0÷-3 дБ (>0.2 ГГц)	MIL STD 461G PB 6601-002	MIL STD 461 PB 6601-002
	Вариации ДНА приемной антенны	0÷-3 дБ (0.03-1 ГГц)	ГОСТ Р 51318.12-2012	ГОСТ IEC 61000-4-3-2016
	Коэффициент отражения РПМ	6 дБ (70-2500 МГц)	ГОСТ Р 51318.25-2012	отсутствует
	Поглощение поглотителя	6 дБ (80-250 МГц) 10 дБ (>250 МГц)	MIL STD 461G, PB 6601-002	отсутствует

БЭК и площадки для тестирования ЭМС (устойчивость к излучаемым помехам)				
Экранировка	Эффективность экранирования		40 дБ (2 МГц-18 ГГц) РВ 6601-001	ГОСТ 50414
	Уровень внешних помех		<-10 дБ от воздействия РВ 6601-001	отсут
Безэховость	Вариации напряженности поля в рабочем объеме	0÷-3 дБ (>0.2 ГГц)	MIL STD 461G РВ 6601-001	ГОСТ IEC 61000-4-3-2016
		0÷-3 дБ (0.1-18 ГГц)	RTCA DO 160 (п.20)	
		0÷+6 дБ (0.08-6 ГГц)	ГОСТ IEC 61000-4-3-2016	
	Поглощение радиоизлучения при норм альном падении	6 дБ (100-250 МГц) 10 дБ (>250 МГц)	RTCA DO 160 (п.20)	



Характеристика	Документ	Требование
Коэффициент экранирования (для SAC, FAR, FSOATS)	ГОСТ Р 50414-92	Обычно не более -80 дБ (10 кГц-40 ГГц)
Отклонение NSA (для OATS, SAC, FAR, FSOATS)	ГОСТ Р 51320-99 CISPR 16-1-4	Модуль отклонения не более 4 дБ (30 МГц- 1 ГГц)
Вариации поля в зоне однородного поля	ГОСТ IEC 61000-4-3-2016 IEC 61000-4-3	Вариации отклонения не более 6 дБ (80 МГц – 6 ГГц)





Экранировка. ГОСТ Р 50414-92

Настоящий стандарт распространяется на экранированные камеры (ЭК) с эффективностью экранирования до 120 дБ в полосе частот 0,01—37 500 МГц, предназначенные для испытания технических средств (ТС) по параметрам электромагнитной совместимости (ЭМС).

Стандарт устанавливает классы, основные параметры, технические требования и методы испытаний ЭК.

Однако. Не вводит никаких требований на минимальные уровни экранировки, а предполагает просто констатацию фактов.

Поэтому.

- Коэффициент экранирования НЕ является характеристикой ИО, влияющего на работоспособность тестируемого устройства.
- Он может быть исключен из перечня характеристик, подлежащих измерению при аттестации.
- Достаточно провести экспериментальные измерения (ГОСТ содержит МИ, МИ аттестована)
- При желании проверки экранирующих свойств должны быть оценены уровни фоновых помех.





Безэховость. ГОСТ Р 51320-99
ГОСТ CISPR 16-1-4-2013

Стандарты определяют требования к площадкам и методы измерений (проверки) площадок.
ГОСТ Р 51320-99. Определяет единственный метод проверки (метод NSA) и требует аттестацию.
ГОСТ CISPR 16-1-4-2013. Определяет ДВА метода проверки (NSA и RSM) и требует валидацию

Оба стандарта определяют качество площадок (для эмиссии) через отклонение NSA.

Однако. Величина NSA НЕ является характеристикой, которая определяет работоспособность или режим функционирования испытуемого устройства.

Поэтому.

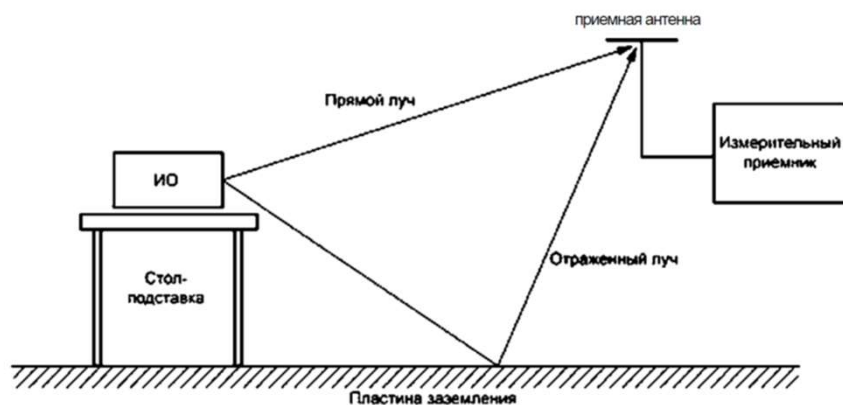
- Отклонение NSA НЕ является характеристикой ИО, влияющего на работоспособность тестируемого устройства.
- Оно может быть исключен из перечня характеристик, подлежащих измерению при аттестации.
- Достаточно провести экспериментальные измерения (ГОСТ содержит МИ, МИ – это оценка S21)
- Есть противоречие между условиями измерений NSA и условиями применения площадки для измерений помех по некоторым стандартам. То есть нужны иные методики проверки.



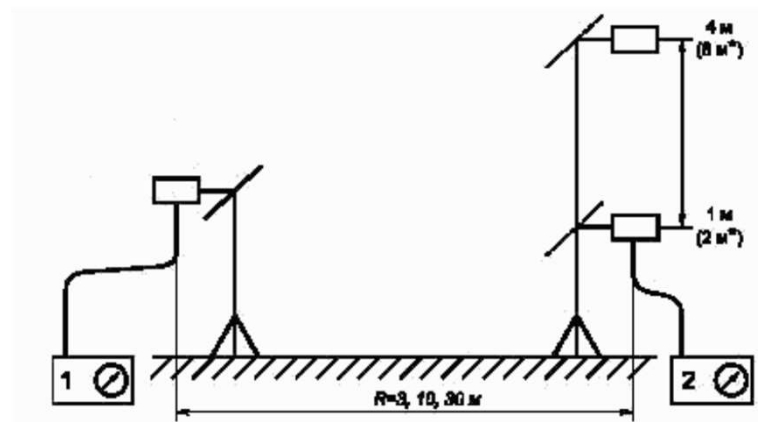
Тип площадки	Поляризация			
	ГП	ВП	ГП	ВП
	Широкополосные антенны		Настраиваемые диполи	
	Диапазон высот передающей антенны 1-4 м (если не указано иное)			
	Высота приемной антенны согласно стандарта, м			
	ГОСТ Р 51320-99 (СИСПР 16-2, 1996) ГОСТ CISPR 16-1-4-2013 (CISPR 2012)			
OATS-3	1	1	2	2.75 (≥1-4 м)
OATS-10	1	1	2	2.75((≥1-4 м)
OATS-30	1	1	Не применяются	
OATS-30	1 (2-6 м)	1 (2-6 м)	2 (2-6 м)	2.75 (≥2-6 м)
SAC-3	1, 2	1, 1.5	Данный тип антенн в методе NSA не используется	
SAC-10	1, 2	1, 1.5		
SAC-30	1, 2	1		
SAC-30	1, 2	1.5 (ГОСТ CISPR 16-1-4-2013)		
	CISPR 16-1-4-2019 (в РФ пока отсутствует)			
SAC-3	1, 2	1, 1.5	Данный тип антенн в методе NSA не используется	
SAC-5	1, 2, 2.5	1, 1.5, 2		
SAC-10	1, 3, 4	1, 1.5, 2.5, 3.5		
SAC-30	1,2	1, 1.5		

Нормы и методы испытаний по
ГОСТ Р 51318.11-99
ГОСТ Р 51318.14.1-99
И т.д.

Методы проверки площадки
ГОСТ Р 51320-99 (только метод NSA –
аттестация!)
ГОСТ CISPR 16-1-4-2013 (NSA и RSM
методы валидации)



Изменение по высоте приемной антенны
1-4 м (2-6 м) для поиска максимума

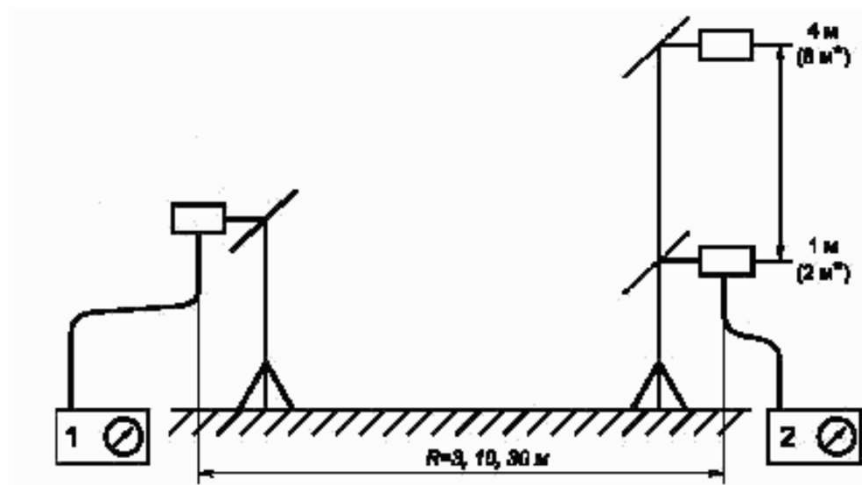
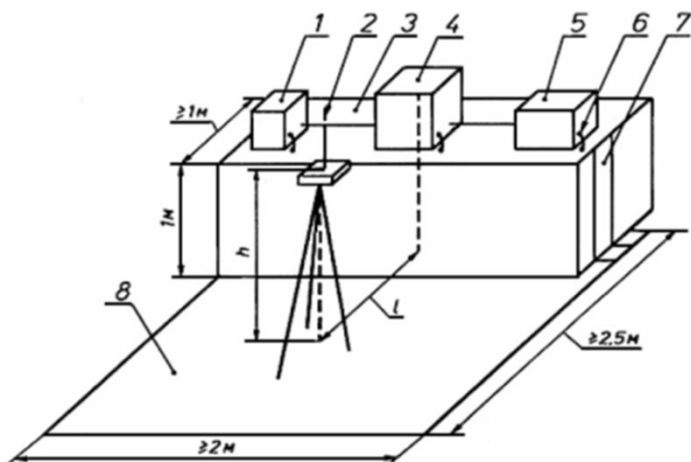


Изменение по высоте приемной антенны
1-4 м (2-6 м) для оценки NSA

Полное соответствие

ГОСТ 30429 (ГОСТ В XXXXX)

Стандарт устанавливает нормы и методы
измерения промышленных радиопомех в
полосе частот от 0,009 до 1000 МГц.



Измерительные расстояния 1, 3, 10 м

Высота антенны 2 м (1 м – для ША или МА)

**Напряженность поля радиопомех измеряют на измерительной площадке или
в безэховой камере, отвечающей требованиям ГОСТ 16842**

- Частотный диапазон – 0.01 -1000 МГц
- Требования к уровню посторонних помех –не более -20 дБ (допускается -10 дБ) от нормы
- Высота установки антенны над землей должна быть:
 - 1 м для диапазона частот от 0,01 до 30 МГц;
 - 3 м (для фиксированной) или от 1 до 4 м (для переменной высоты)- от 30 до 1000 МГц.

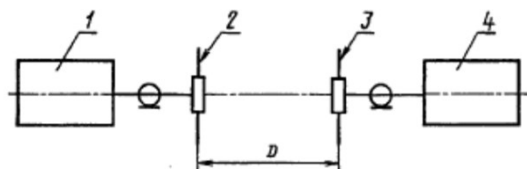
Требования к площадке:

- ☐ Открытая измерительная площадка должна быть свободна от строений и других предметов, которые могут вызвать отражения электромагнитных волн.
- ☐ Посторонние предметы должны быть удалены от границ площадки не менее, чем 3R.
- ☐ Площадка должна иметь размеры не менее 2R на 1.7R.
- ☐ Если эти условия не могут быть выполнены, то площадка должна быть проверена на отсутствие отражений по методу, изложенному в **приложении 4**.





ГОСТ 16842. Радиопомехи промышленные. Методы испытаний источников промышленных радиопомех.



1 — генератор сигналов; 2 — излучающая антенна; 3 — измерительная антенна; 4 — измерительный приемник

При этом $D = 3$ м, если $1 \leq R \leq 3$ м,
 $D = 10$ м, если $3 < R \leq 10$ м,
 $D = 30$ м, если $10 < R \leq 30$ м,
 $D = 100$ м, если $30 < R \leq 100$ м;

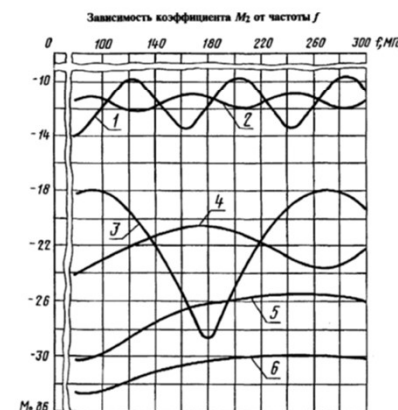
- д) располагают обе антенны горизонтально на высоте $(3,0 \pm 0,01)$ м относительно земли;
- е) при измерениях в полосе частот от 80 до 300 МГц отмечают показания ИПР U_2 , дБ;
- ж) при измерениях в полосе частот от 300 до 1000 МГц плавно уменьшают высоту измерительной антенны до получения максимального показания ИПР U_2 , дБ;
- з) определяют коэффициент M_1 , дБ, по формуле

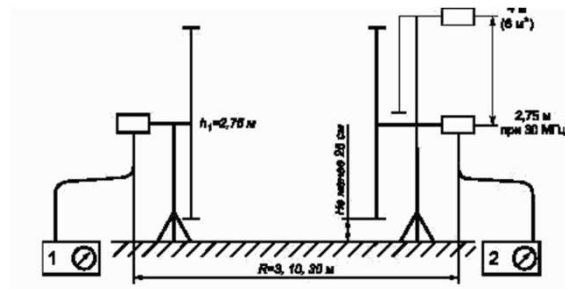
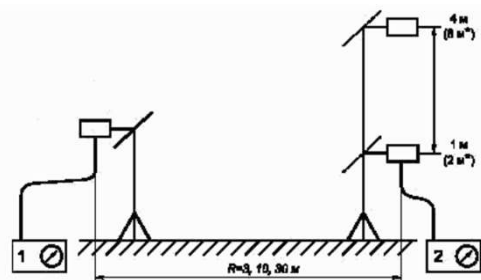
$$M_1 = U_2 - U_1 + K - 18,8 + 10 \lg R_a,$$

где K — коэффициент калибровки измерительной антенны, дБ, указанный в НТД на антенну;
 R_a — номинальное значение сопротивления излучающей антенны, Ом;

**Снижение
от 3 м !!!**

Расстояние D , м	Расположение антенн	M_2 для полосы частот от 80 до 300 МГц	M_2 для полосы частот от 300 до 1000 МГц, дБ
3	Горизонтальное	В соответствии с кривой 1 черт. 2	—9,5
	Вертикальное	В соответствии с кривой 2 черт. 2	—10,5
10	Горизонтальное	В соответствии с кривой 3 черт. 2	—18,5
	Вертикальное	В соответствии с кривой 4 черт. 2	—20,5
30	Горизонтальное	В соответствии с кривой 5 черт. 2	—26,0
	Вертикальное	В соответствии с кривой 6 черт. 2	—29,0





$$A_s = U_{R2} - U_{R1} - K_{изр} - K_{изр} - K_{из}, \quad (Г.1)$$

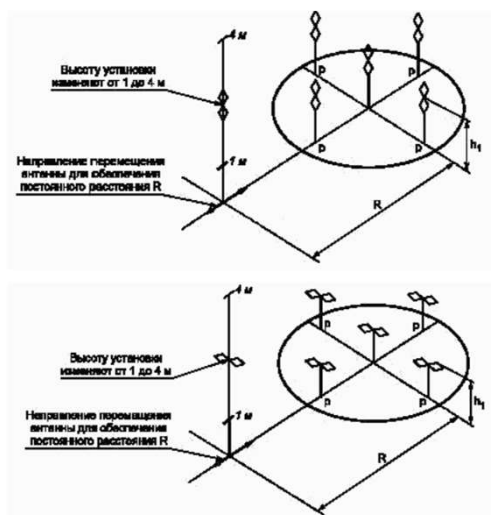


Таблица Д.1 — Затухание площадки A_s при использовании широкополосных антенн

Частота, МГц	Затухание A_s , дБ, при поляризации											
	горизонтальной						вертикальной					
	$R = 3 \text{ м},$ $h_1 = 1 \text{ м},$ $h_2 = 1-4 \text{ м}$	$R = 3 \text{ м},$ $h_1 = 2 \text{ м},$ $h_2 = 1-4 \text{ м}$	$R = 10 \text{ м},$ $h_1 = 1 \text{ м},$ $h_2 = 1-4 \text{ м}$	$R = 10 \text{ м},$ $h_1 = 2 \text{ м},$ $h_2 = 1-4 \text{ м}$	$R = 30 \text{ м},$ $h_1 = 1 \text{ м},$ $h_2 = 1-4 \text{ м}$	$R = 30 \text{ м},$ $h_1 = 2 \text{ м},$ $h_2 = 1-4 \text{ м}$	$R = 3 \text{ м},$ $h_1 = 1 \text{ м},$ $h_2 = 1-4 \text{ м}$	$R = 3 \text{ м},$ $h_1 = 2 \text{ м},$ $h_2 = 1-4 \text{ м}$	$R = 10 \text{ м},$ $h_1 = 1 \text{ м},$ $h_2 = 1-4 \text{ м}$	$R = 10 \text{ м},$ $h_1 = 2 \text{ м},$ $h_2 = 1-4 \text{ м}$	$R = 30 \text{ м},$ $h_1 = 1 \text{ м},$ $h_2 = 1-4 \text{ м}$	$R = 30 \text{ м},$ $h_1 = 2 \text{ м},$ $h_2 = 1-4 \text{ м}$
30	15,8	11,0	29,8	24,1	47,7	41,7	8,2	9,3	16,7	16,9	26,0	24,7
35	13,4	8,8	27,1	21,6	45,0	39,1	6,9	8,0	15,4	15,6	24,7	23,5
40	11,3	7,0	24,9	19,4	42,7	36,8	5,8	7,0	14,2	14,4	23,5	22,5
45	9,4	5,5	22,9	17,5	40,7	34,7	4,9	6,1	13,2	13,4	22,5	21,6
50	7,8	4,2	21,1	15,9	38,8	32,9	4,0	5,4	12,3	12,5	21,6	20,7
60	5,0	2,2	18,0	13,1	35,7	29,8	2,6	4,1	10,7	11,0	20,7	19,8

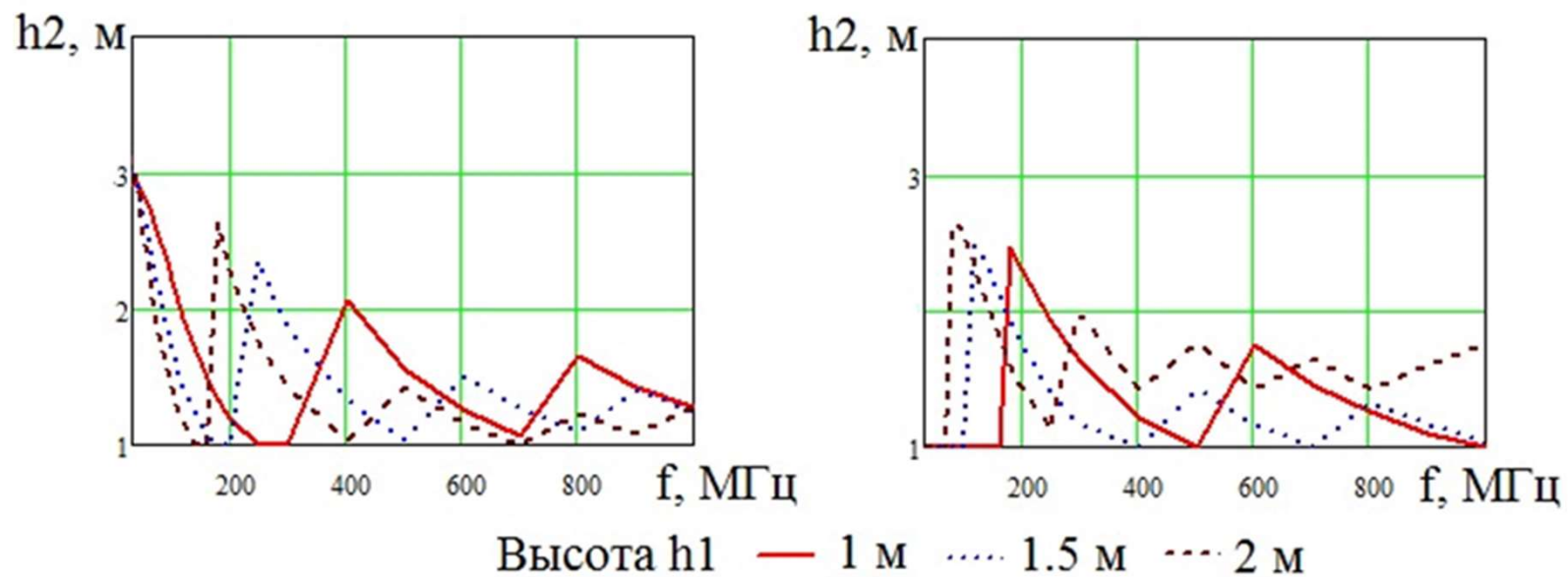
$$SA_{SAC} = AF_1 + AF_2 - 20lg \left(\frac{6}{5} k \left| \alpha_1 \beta_1 \frac{e^{-ikr_1}}{r_1} + \rho \alpha_2 \beta_2 \frac{e^{-ikr_2}}{r_2} \right| \right), \quad (1)$$

где AF_1, AF_2 - коэффициенты калибровки антенн, k - волновое число, $\alpha_1 = \alpha(\vartheta_1)$, $\beta_1 = \beta(\vartheta_1)$ и $\alpha_2 = \alpha(\vartheta_2)$, $\beta_2 = \beta(\vartheta_2)$ - уровни ДНА приемной $\alpha(\vartheta)$ и передающей $\beta(\vartheta)$ антенн (по амплитуде) соответственно для угла прямого сигнала $\vartheta_1 = \arctg \left(\frac{h_1 - h_2}{r_0} \right)$ и для угла отраженного сигнала $\vartheta_2 = \arctg \left(\frac{h_1 + h_2}{r_0} \right)$, $h_{1,2}$ - высоты приемной и передающей антенн, $r_{2,1} = \sqrt{r_0^2 + (h_1 \pm h_2)^2}$, r_0 - измерительное расстояние, ρ - коэффициент отражения (по полю) пластины заземления.

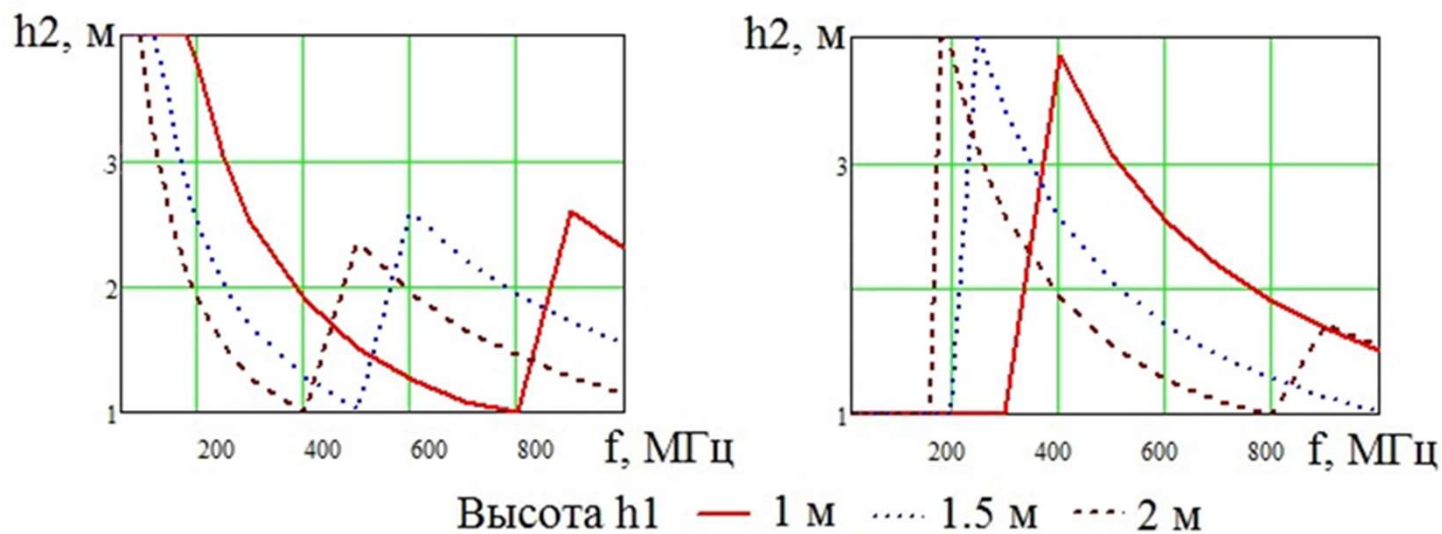
**Стандарты рассматривают в качестве используемых антенн
(передающей и приемной) диполи Герца.**

$$NSA_{SAC}^H = \max_{h_2} \left(20lg \left(\frac{6}{5} k \left| \frac{e^{-ikr_1}}{r_1} - \frac{e^{-ikr_2}}{r_2} \right| \right) \right), \quad (2)$$

$$NSA_{SAC}^V = \max_{h_2} \left(20lg \left(\frac{6}{5} k \left| \cos^2(\vartheta_1) \frac{e^{-ikr_1}}{r_1} + \cos^2(\vartheta_2) \frac{e^{-ikr_2}}{r_2} \right| \right) \right). \quad (3)$$



Максимум NSA достигается на высотах менее 4 м во всем диапазоне частот (ГП слева и ВП справа)



Максимум NSA достигается на высотах менее 4 м не по всему диапазону
(ГП слева и ВП справа)

- ❑ Таким образом показаны предпосылки к изменению процедур оценки качества измерительных площадок для тестирования оборонной и иной продукции.
- ❑ Фактически предложена методика проверки отсутствия мешающих отражений, работоспособная в том числе и для невысоких помещений.
- ❑ такой методики позволит использовать камеры небольших размеров, что особенно актуально для задач испытаний малогабаритных объектов.
- ❑ В общем-то принцип методики остается неизменным, фактически речь идет только о развитии процедур для более широкого диапазона приложения процедур проверки измерительных площадок с пластиной заземления.