

УДК 621.317.2

**Исследование качества работы зеркального коллиматора Ка-диапазона волн
с использованием тестовых антенн**

Э.О. Можаров

*Студент, кафедра «Радиоэлектронные системы и устройства»
МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва, Россия*

*Научный руководитель: Ю.С. Русов, нач. сект. 2.1 НИИ РЭТ, старший преподаватель
кафедры «Радиоэлектронные системы и устройства»
МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва, Россия*

МГТУ им. Н.Э. Баумана
EdikMozharov@rambler.ru

Введение. Измерение электрических параметров антенн можно проводить различными способами [1]. Широко применяется коллиматорный метод для измерения параметров крупноапертурных антенн в компактных экранированных помещениях [2,3]. Выделяют коллиматорные стенды на основе линзовой антенны, одного металлического зеркала, двух зеркальных антенн (при построении по схеме Грегори или Кассегрена). Качество работы коллиматорного стенда зависит от распределения электромагнитного поля в его рабочей зоне. Оценка качества коллиматорного стенда осуществляется экспериментальными измерениями распределения поля в рабочей зоне. Или путем сравнения диаграмм направленности тестовых антенн, измеренных в коллиматоре и в дальней зоне.

Зеркальный коллиматор Ка-диапазона волн. Для исследования антенн Ка-диапазона волн изготовлен зеркальный коллиматор с вынесенным облучателем. Металлическое зеркало коллиматора состоит из 9 сегментов и является квадратной вырезкой из поверхности параболоида вращения (см. рис.1, где λ – длина волны в свободном пространстве). Подробнее конструкция коллиматора рассмотрена в статье [4].

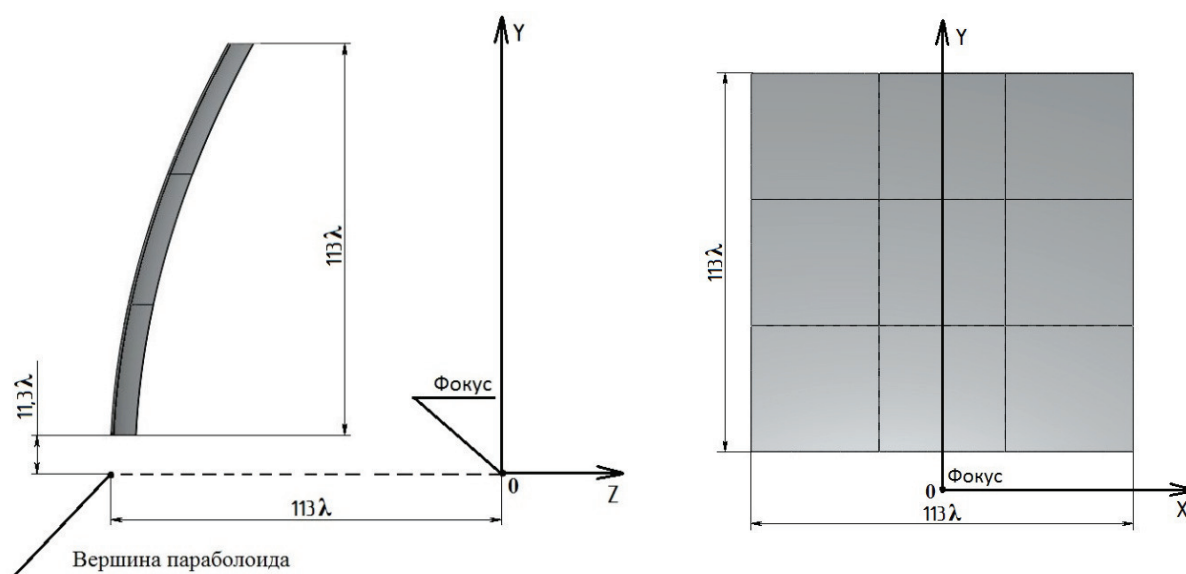


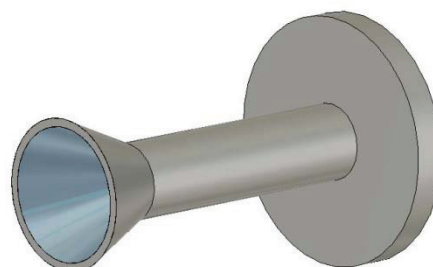
Рис. 1. Геометрия зеркального коллиматора

Исследование профиля зеркала коллиматора показали, что среднеквадратичное отклонение от формы идеального параболоида в результате изготовления составляет $0,085\lambda$.

Рассмотрим коническую рупорную антенну в качестве облучателя коллиматора. Для обеспечения рабочей зоны коллиматорного стенда с малой неравномерностью амплитуды поля необходимо использовать облучатели, которые формируют равномерное распределение токов на зеркале коллиматора и создают спад амплитуды токов на краях коллиматора [5,6]. В качестве облучателя коллиматора используется коническая рупорная антенна (рис.2,а) с осесимметричной диаграммой направленности на круговой поляризации поля (см. рис.3). На рисунке 2,б представлена трехмерная модель конической рупорной антенны, построенная в пакете прикладных программ.



а)



б)

Рис. 2. Облучатель зеркального коллиматора

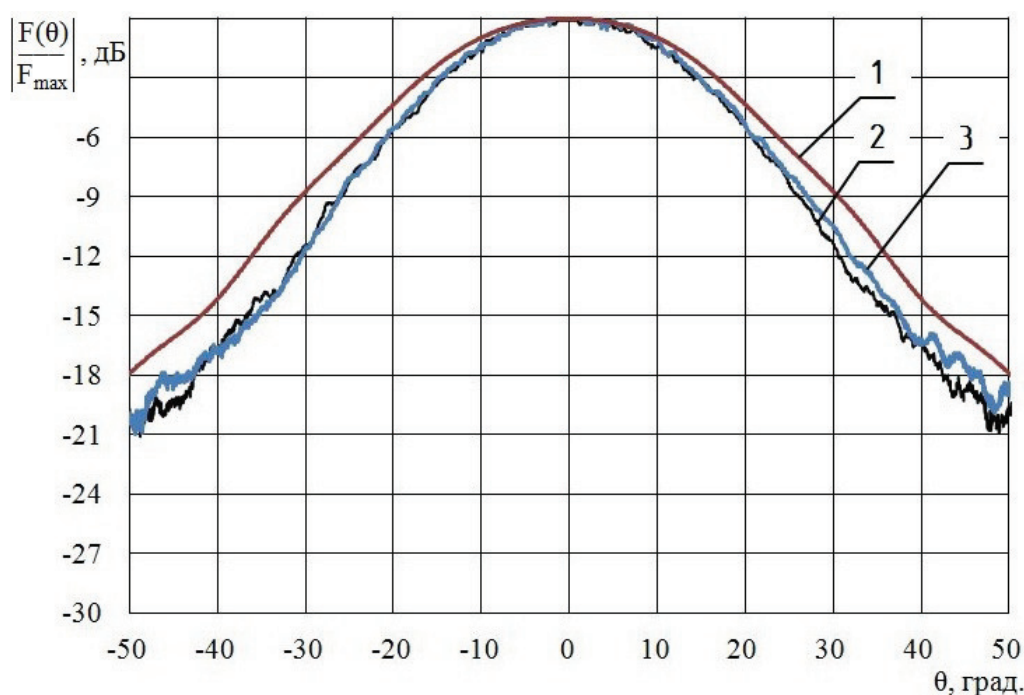


Рис. 3. Нормированные диаграммы направленности конической рупорной антенны:

1 - расчетная диаграмма направленности; 2 - диаграмма направленности в азимутальной плоскости, измеренная в дальней зоне; 3 - диаграмма направленности в угломестной плоскости, измеренная в дальней зоне

В таблице 1 приведены характеристики диаграммы направленности рассматриваемой конической рупорной антенны. Диаметр раскрытия облучателя составляет $1,81\lambda$, длина рупора – $1,13\lambda$, толщина стенок – $0,11\lambda$.

Таблица 1

Характеристики диаграммы направленности конического рупорного облучателя

Диаграмма направленности №	Ширина главного лепестка диаграммы направленности по уровню	
	-3 дБ	-10 дБ
1	33,6°	65,2°
2	29,1°	56,7°
3	29,7°	56,1°

Поскольку рассмотренная антенна имеет диаграмму направленности с такой шириной главного лепестка по уровню -3 дБ, что облучает только центральный сегмент зеркала коллиматора, то это приводит к не эффективному использованию коллиматора. С

целью обеспечения наибольшего поперечного сечения рабочей зоны коллиматорного стенда, произвели конструктивные изменения облучателя. По предварительным численным расчетам, сократив длину конической рупорной антенны на $0,34\lambda$, можно добиться расширения главного лепестка диаграммы направленности до $44,4^\circ$. Диаметр раскрыва облучателя в этом случае составит $1,47\lambda$, длина рупора – $0,79\lambda$. В таблице 2 приведены характеристики диаграммы направленности модифицированного конического рупорного облучателя.

Таблица 2

Характеристики диаграммы направленности модифицированного конического рупорного облучателя

Диаграмма направленности №	Ширина главного лепестка диаграммы направленности по уровню	
	-3 дБ	-10 дБ
1	$44,4^\circ$	77°
2	$40,3^\circ$	70°
3	$40,1^\circ$	$70,9^\circ$

Расчетная и экспериментальная диаграммы направленности модифицированного облучателя представлены на рисунке 4

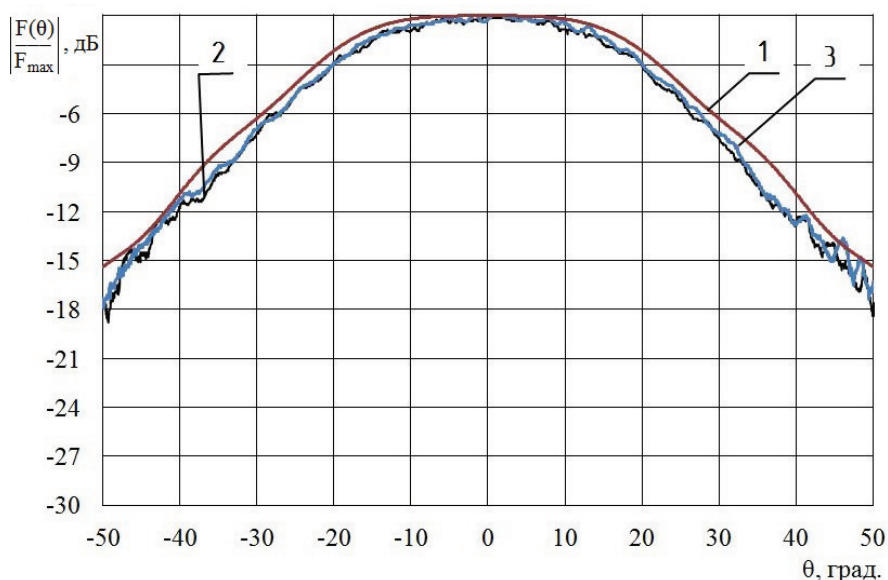


Рис. 4. Нормированные диаграммы направленности модифицированной конической рупорной антенны: 1 - расчетная диаграмма направленности; 2 - диаграмма

направленности в азимутальной плоскости, измерение в дальней зоне; 3 - диаграмма направленности в угломестной плоскости, измерение в дальней зоне.

Распределение электромагнитного поля в рабочей зоне коллиматора в вертикальном сечении вдоль оси ОУ и в горизонтальном сечении вдоль линии, параллельной оси ОХ, представлено на рисунках 5 и 6.

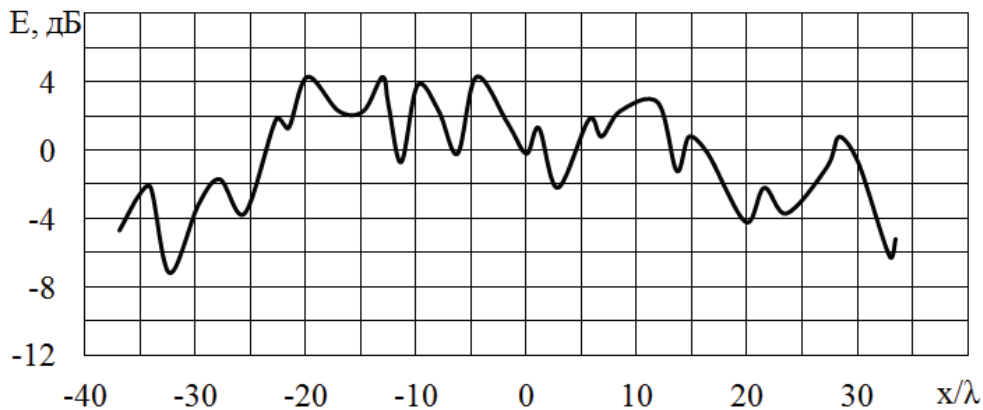


Рис. 5. Распределение напряженности электрического поля в рабочей зоне коллиматора вдоль линии, параллельной оси ОХ

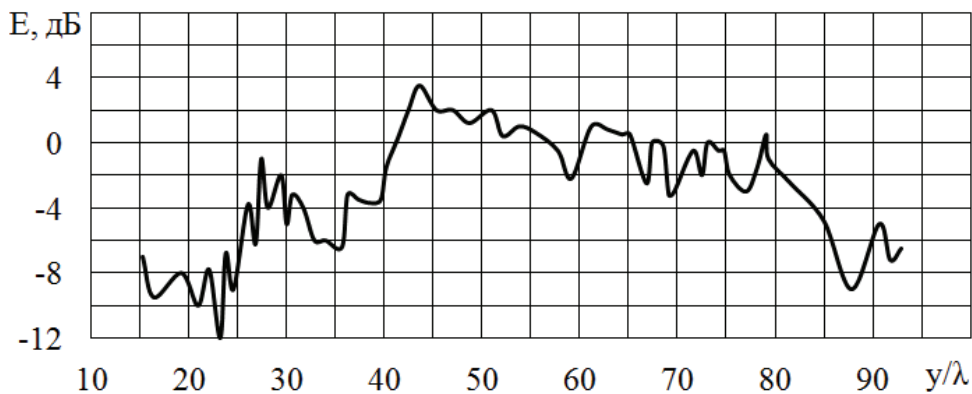


Рис. 6. Распределение напряженности электрического поля в рабочей зоне коллиматора вдоль оси ОУ

Сравнение диаграмм направленности тестовых конических рупорных антенн.

Для оценки качества коллиматорного стенда проведено исследование, позволяющее сравнить диаграммы направленности конических рупорных антенн, полученных различными способами:

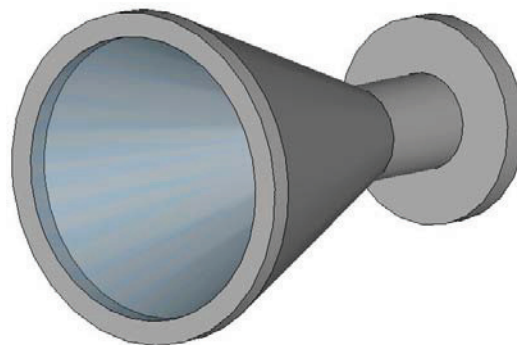
- расчетным способом, с помощью пакета прикладных программ;
- экспериментальным измерением в дальней зоне;

- экспериментальным измерением в рабочей зоне коллиматора.

На рисунке 7,а представлена тестовая коническая рупорная антенна «Рупор №1» с диаметром раскрыва $4,5\lambda$, длина рупора – $7,9\lambda$, толщина стенок – $0,38\lambda$. На рисунке 7,б представлена трехмерная модель рассматриваемой тестовой антенны.



а)



б)

Рис. 7. Тестовая коническая рупорная антенна «Рупор 1»

Диаграммы направленности представлены на рисунке 8. В таблице 3 приведены характеристики соответствующих диаграмм направленности.

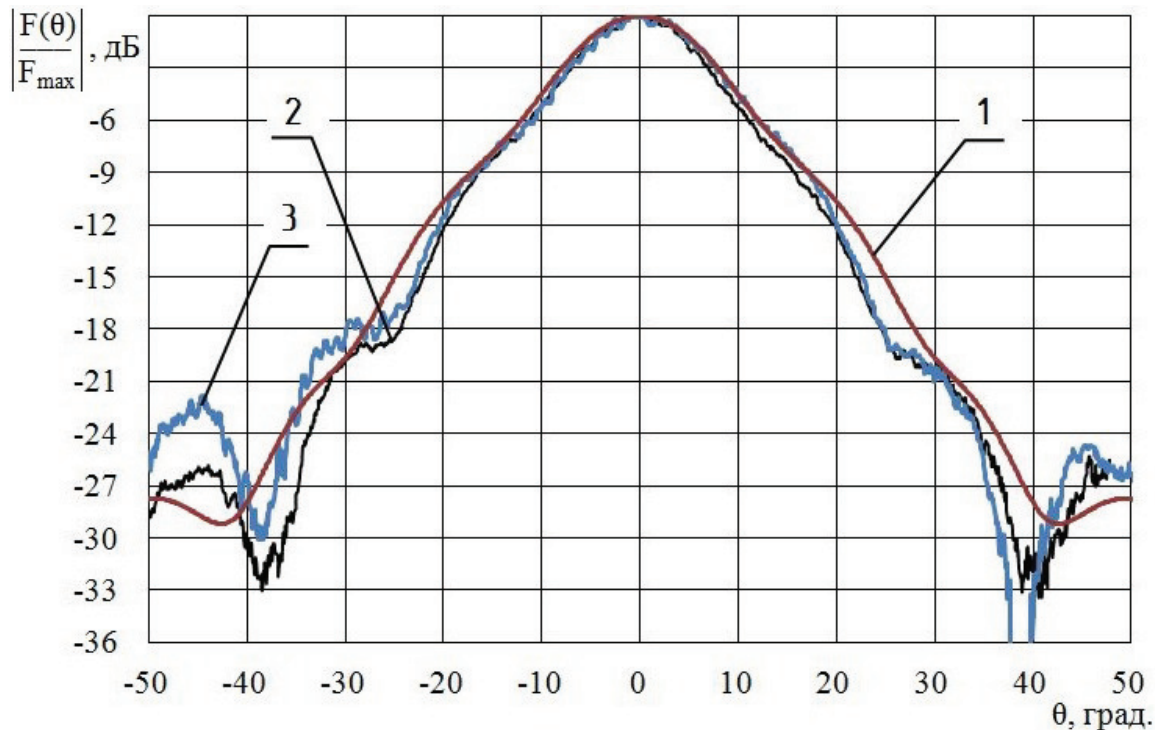


Рис. 8. Нормированные диаграммы направленности в азимутальной плоскости конической рупорной антенны "Рупор №1": 1 - расчетная диаграмма направленности; 2 - диаграмма направленности, измеренная в дальней зоне; 3 -

Характеристики диаграмм направленности «Рупора №1»

Диаграмма направленности №	Ширина главного лепестка диаграммы направленности по уровню		Уровень боковых лепестков, дБ
	-3 дБ	-10 дБ	
1	16°	38°	-27,5
2	14°	34,8°	-26
3	15,1°	36,4°	-22

Тестовая коническая рупорная антенна «Рупор №2» представлена на рисунке 9,а. Диаметр раскрыва равен $7,9\lambda$, длина рупора – $17,6\lambda$, толщина стенок – $0,45\lambda$. На рисунке 9,б представлена трехмерная модель рассматриваемой тестовой антенны. Диаграммы направленности тестовой антенны «Рупор №2» представлены на рисунке 10.



а)



б)

Рис. 9. Тестовая коническая рупорная антенна «Рупор №2»

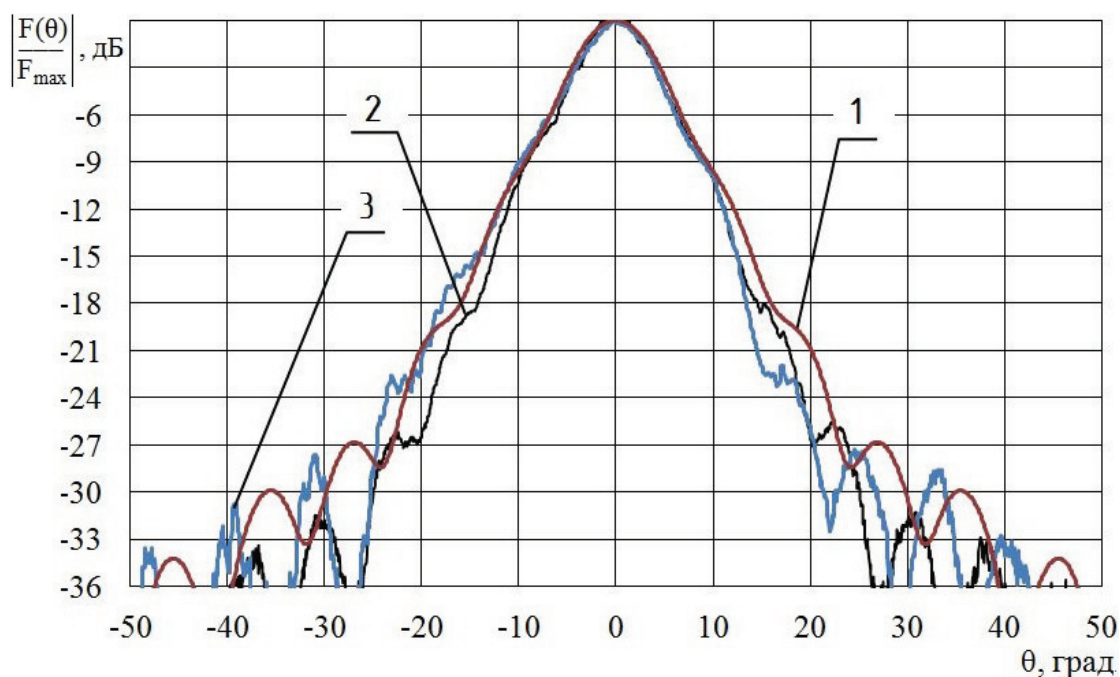


Рис. 10. Нормированные диаграммы направленности конической рупорной антенны

"Рупор №2": 1 - расчетная диаграмма направленности; 2 - диаграмма направленности, измеренная в дальней зоне; 3 - диаграмма направленности, измеренная в коллиматоре

В таблице 4 приведены характеристики соответствующих диаграмм направленности тестовой антенны «Рупор №2».

Таблица 4

Характеристики диаграмм направленности «Рупора №2»

Диаграмма направленности №	Ширина главного лепестка диаграммы направленности по уровню		Уровень боковых лепестков, дБ
	-3 дБ	-10 дБ	
1	8,9°	20,9°	-30
2	7,8°	19,9°	-31
3	8,2	20,8	-27,5

Для оценки качества работы коллиматорного стенда в таблице 5 представлены значения отклонения параметров диаграмм направленности измеренных в дальней зоне и в коллиматоре. За опорные значения взяты результаты, полученные при измерении в дальней зоне тестовых антенн.

Отличия диаграмм направленности измеренных в коллиматоре от измеренных в дальней зоне

Тестовая антенна	Отличие ширины главного лепестка диаграммы направленности по уровню		Отличия в уровне боковых лепестков, дБ
	-3 дБ	-10 дБ	
Рупор №1	7,8%	4,6%	4
Рупор №2	5,1%	4,5%	3

В результате проведенных исследований доработан конический рупорный облучатель зеркального коллиматора. Исследовано распределение амплитуды напряженности электрического поля вдоль двух ортогональных линий, расположенных напротив центра зеркала коллиматора. Экспериментально установлено, что для антенн с размером раскрыва не более $7,9\lambda$, расхождение ширины главного лепестка диаграмм направленности измеренных антенн в коллиматоре и в дальней зоне составляет не более 7,8%. Измеренные значения уровня боковых лепестков расходятся не более чем на 4 дБ.

Список литературы

1. Фрадин А.З., Рыжков Е.В. Измерения параметров антенно-фидерных устройств. Изд. 2-е, доп. М.: Связь, 1972. 352 с.
2. Вечтомов В.А., Голубцов М.Е., Можаров Э.О. Зеркальный коллиматор миллиметрового диапазона волн // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. «Приборостроение», 2012. С. 303-312.
3. Балабуха Н.П., Зубов А.С., Солосин В.С. Компактные полигоны для измерения характеристик рассеивания / под. общ. ред. Н.П. Балабухи // М.: Наука. 2007. 266 с.
4. Можаров Э.О., Парщиков А.А., Голубцов М.Е., Русов Ю.С. Коллиматор для исследования малоапертурных антенн Ка-диапазона // Сборник докладов XVIII международной научно-технической конференции «Радиолокация, навигация, связь». Воронеж, 2012. Т. 1. С. 1113-1118.
5. Балабуха Н.П., Башарин А.А. Исследование электромагнитных полей в рабочей зоне коллиматора МАК-5 // Журнал радиоэлектроники, № 5, 2009. URL. <http://jre.cplire.ru/jre/may09/4/text.html> (дата обращения: 4.10.2012).

6. Методы измерения параметров излучающих систем в ближней зоне /Л.Д. Бахрах [и др.]. Л.: Наука, 1985. 272 с.