

DOI 10.30898/1684-1719.2020.1.6

УДК 621.396.67

СВЕРХДИАПАЗОННАЯ ОБЛУЧАЮЩАЯ АНТЕННАЯ РЕШЕТКА

Г. Г. Грачёв, В. А. Калошин

Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН,
125009, Москва, Моховая, 11-7

Статья поступила в редакцию 30 декабря 2019 г.

Аннотация. Приведены результаты исследования излучения кластеров с различным числом элементов в решетке ТЕМ-рупоров с металлическим заполнением межрупорного пространства. В результате численного эксперимента с использованием метода конечных элементов исследована возможность получения стабильной ширины диаграммы направленности в Е-плоскости в диапазоне частот более 10:1 при возбуждения кластеров с числом элементов, зависящим от поддиапазона частот.

Ключевые слова: сверхширокополосная антенна, сверхдиапазонная антенна, облучающая антенная решетка, кластер.

Abstract. In this paper, using the finite element method, we constructed an electrodynamic model of a flat two-dimensional finite array of TEM horns with metal-filled interstitial space and presented the results of a study of the radiation of array clusters with a different number of elements. The possibility of obtaining a 90-degree radiation pattern width in the E-plane (with a level of -10dB ..- 15dB at the edges) in the frequency range of more than 10: 1 upon excitation of clusters with the number of elements depending on the frequency range is shown. In this case for clusters with uniform excitation of elements, the presence of frequency ranges is shown where the level of the pattern goes beyond the limits of -10dB ..- 15dB. For these ranges, clusters with nonuniform excitation of elements are presented and investigated. The results of the study can be used for applying such arrays as feed systems of hybrid antennas.

Keywords: ultra wide band antenna, over wave range antenna, feed antenna array, cluster.

В работах [1- 5] предложены и исследованы антенные решетки с полосой рабочих частот более 10:1. Такие антенны, перекрывающие по частоте более одного диапазона волн, получили название – сверхдиапазонные антенны. Как показано в этих работах ширина диаграммы направленности сверхдиапазонных антенных решеток в полосе рабочих частот меняется в широких пределах, что не позволяет их использовать в качестве облучающих систем фокусирующих элементов гибридных антенн.

В данной работе путем численного моделирования исследована возможность стабилизации ширины диаграммы направленности в E плоскости при возбуждении отдельных кластеров в решетке ТЕМ-рупоров с металлическим заполнением межрупорного пространства.

Геометрия элемента исследованной решетки показана на рис 1.

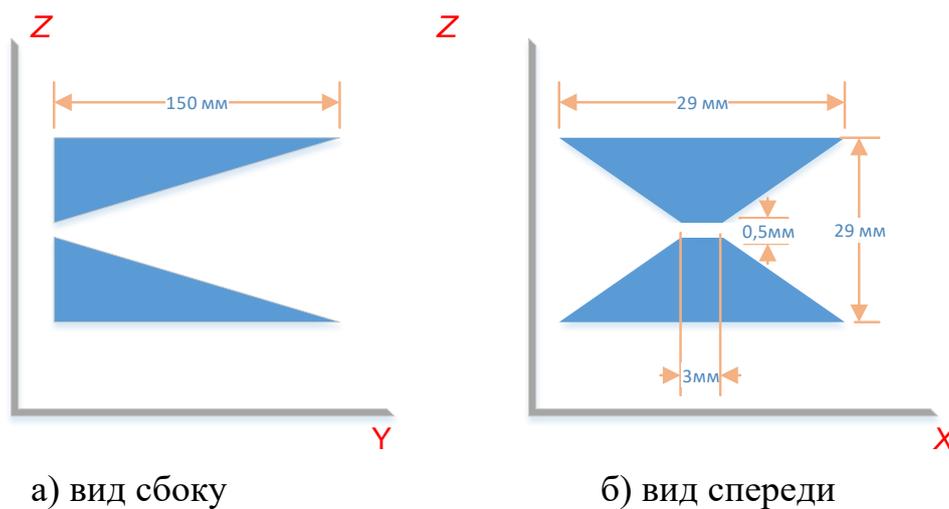


Рис. 1. Элемент антенной решетки.

Общий вид решетки 144 (12x12) ТЕМ-рупоров представлен на рис. 2.

На рис. 3 приведена диаграмма направленности решетки, рассчитанная методом конечных элементов на 7 частотах в полосе 0,5 – 1.1 ГГц при возбуждении всех ее элементов с одинаковой амплитудой. Видно, что уровень диаграммы направленности на краях сектора углов 45 -135 градусов меняется в пределах -10 – -15 дБ, что, в свою очередь, обеспечивает эффективное облучение фокусирующих систем. При увеличении частоты уровень диаграмма

направленности решетки сужается, а ее уровень на краях указанного выше сектора падает. С целью расширения диаграммы направленности и повышению уровня ее спада на краях указанного сектора углов на высоких частотах исследуем излучение решетки с частичным возбуждением ее элементов.

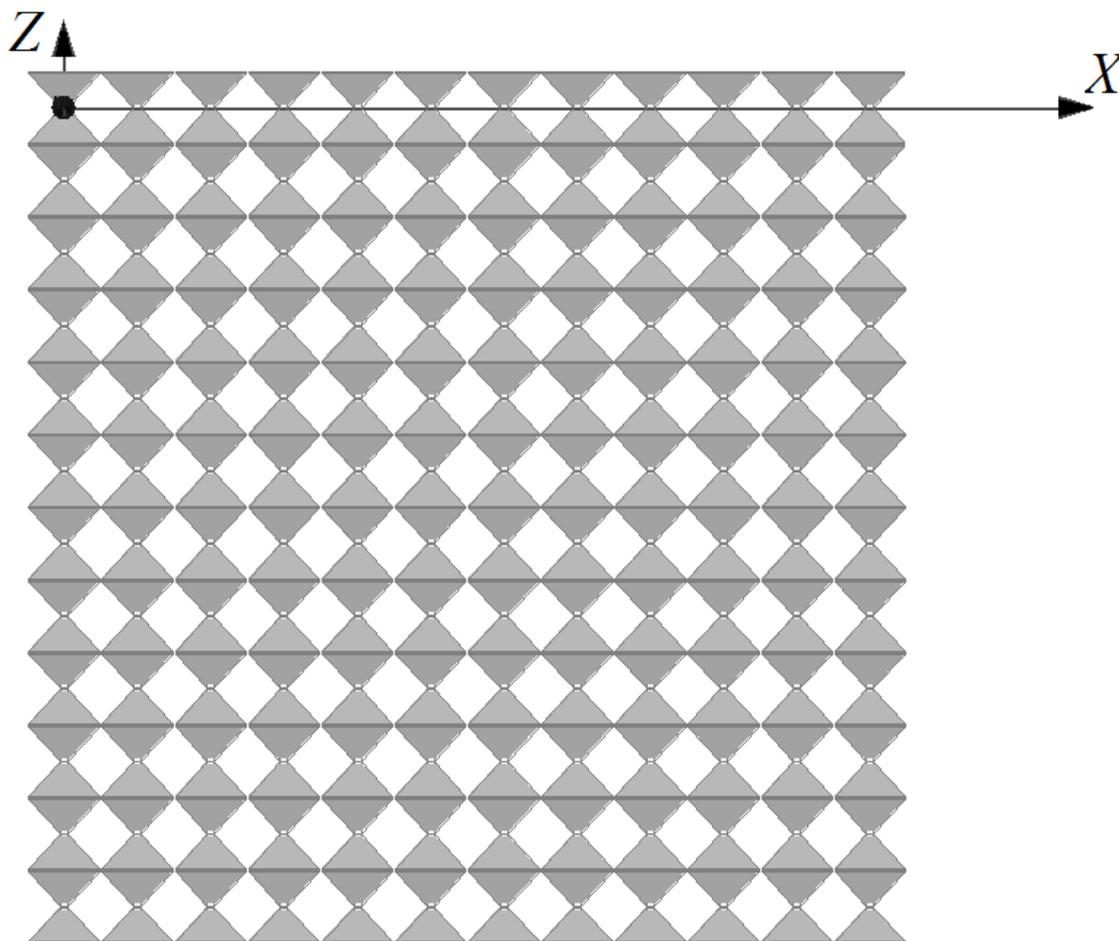


Рис.2. Антенная решетка 12x12 ТЕМ-рупоров.

На рис. 4-8 приведены диаграммы направленности излучающих кластеров квадратного сечения с различным числом элементов в различных поддиапазонах в полосе частот 1,1 – 5,7 ГГц при возбуждении элементов кластера с одинаковой амплитудой.

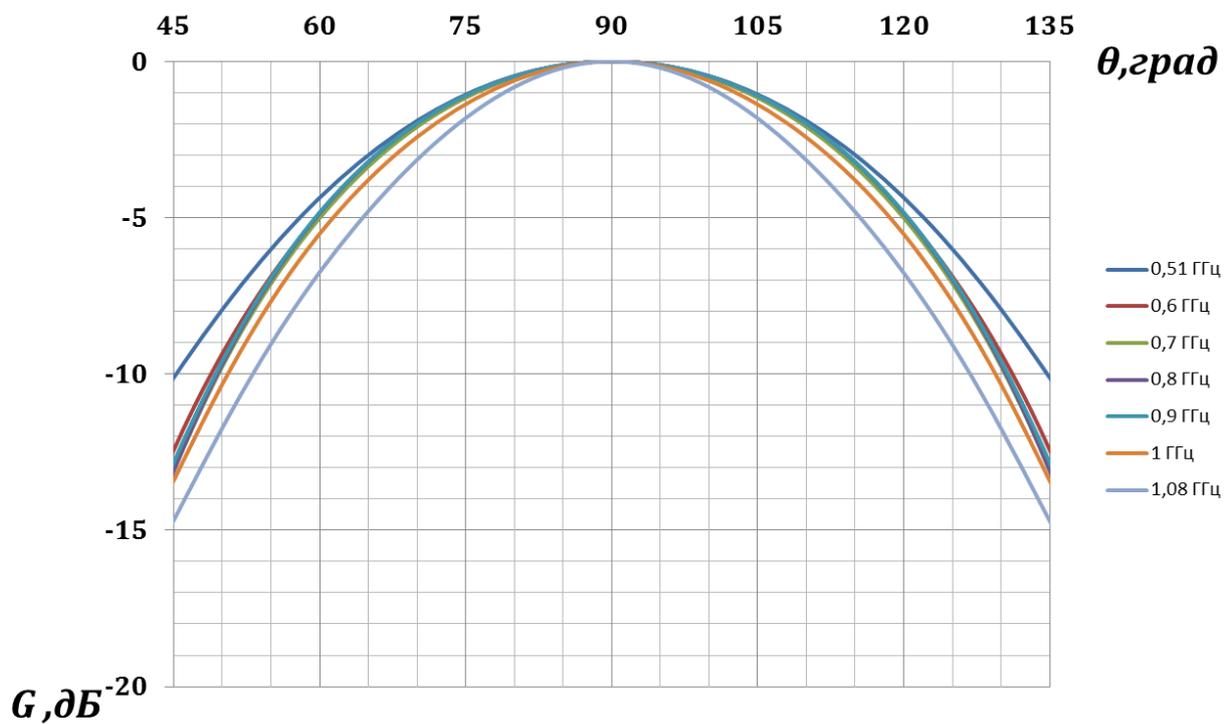


Рис.3. Диаграммы направленности решетки в диапазоне частот 0,51 – 1,08 ГГц.

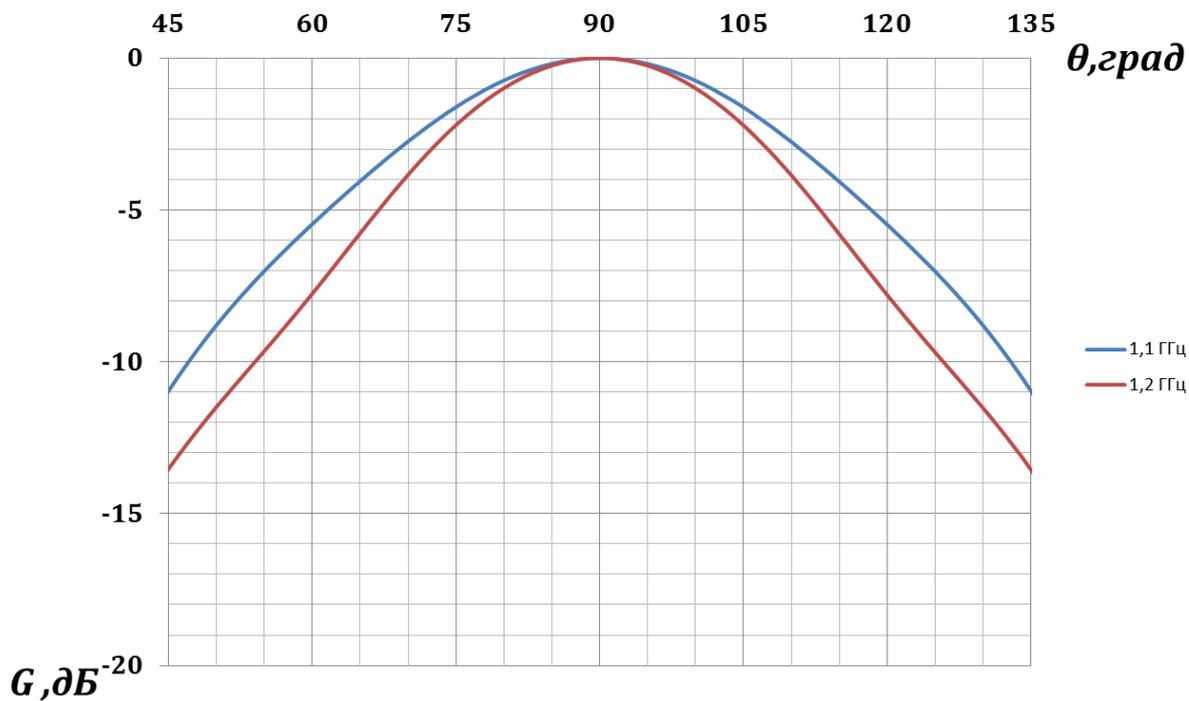


Рис.4. Диаграммы направленности кластера 10x10 элементов в диапазоне 1,1-1,2 ГГц.

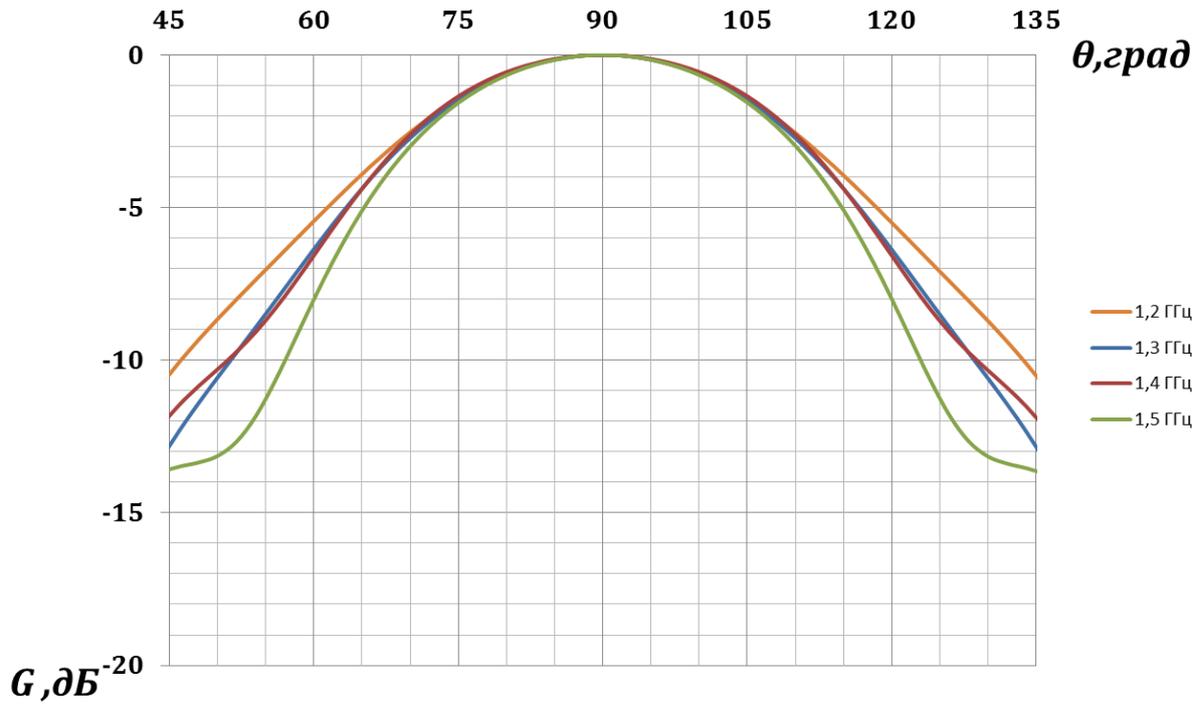


Рис.5. Диаграммы направленности кластера 8x8 элементов в диапазоне 1,2 - 1,5 ГГц.

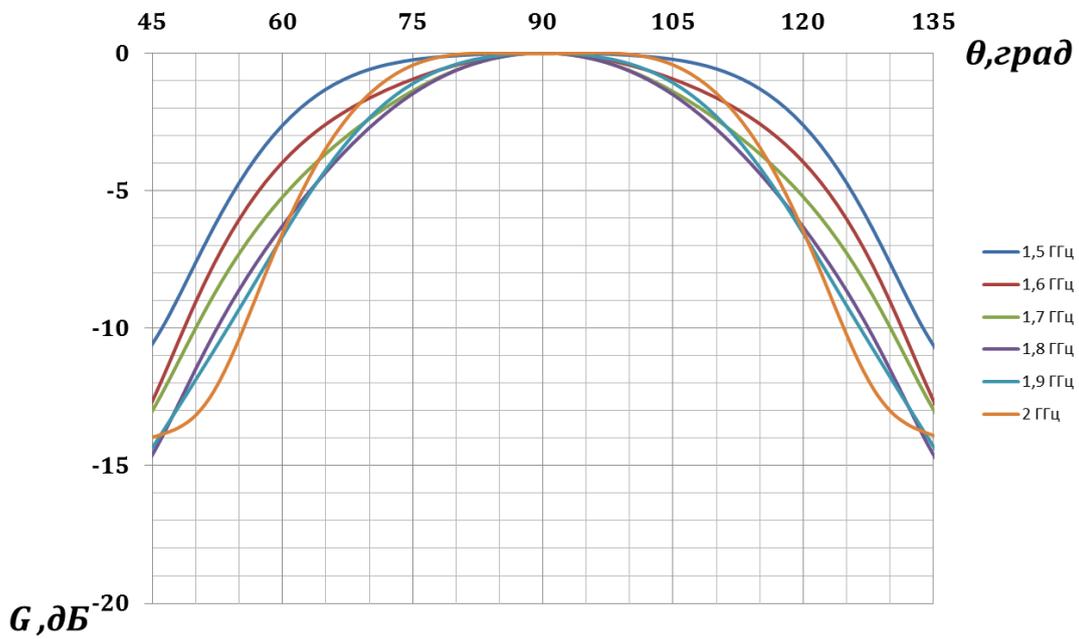


Рис.6. Диаграммы направленности решетки кластера 6x6 элементов в диапазоне 1,5-2 ГГц.

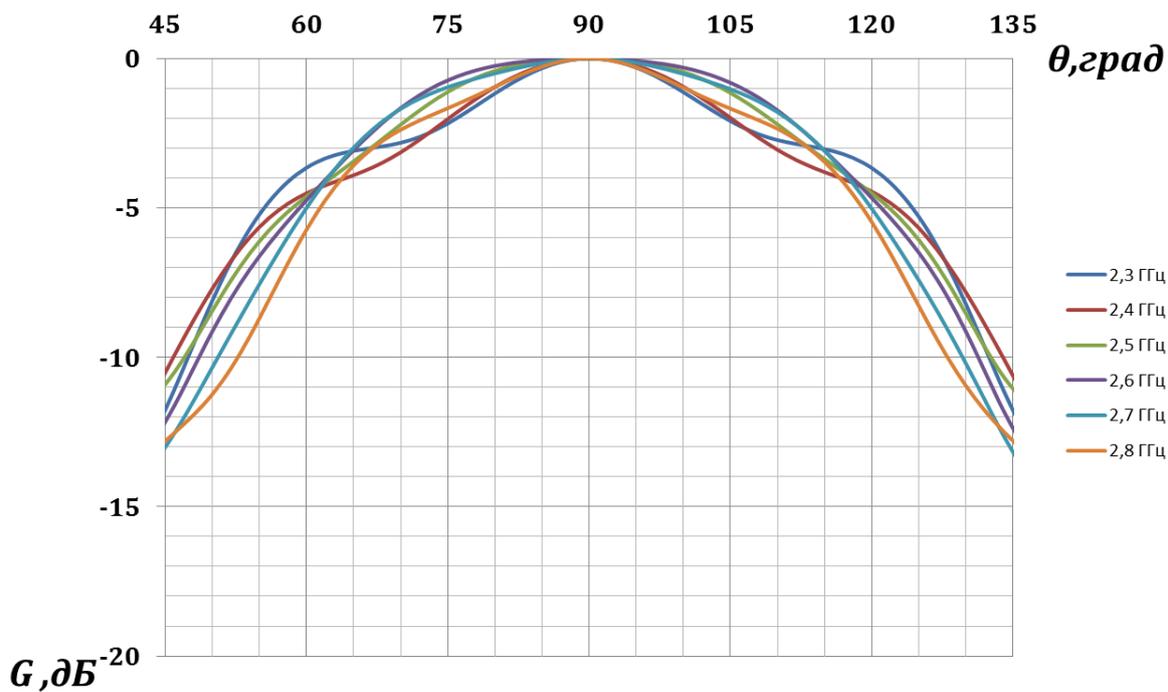


Рис.7. Диаграммы направленности решетки кластера 4x4 элемента в диапазоне 2,3-2,8 ГГц.

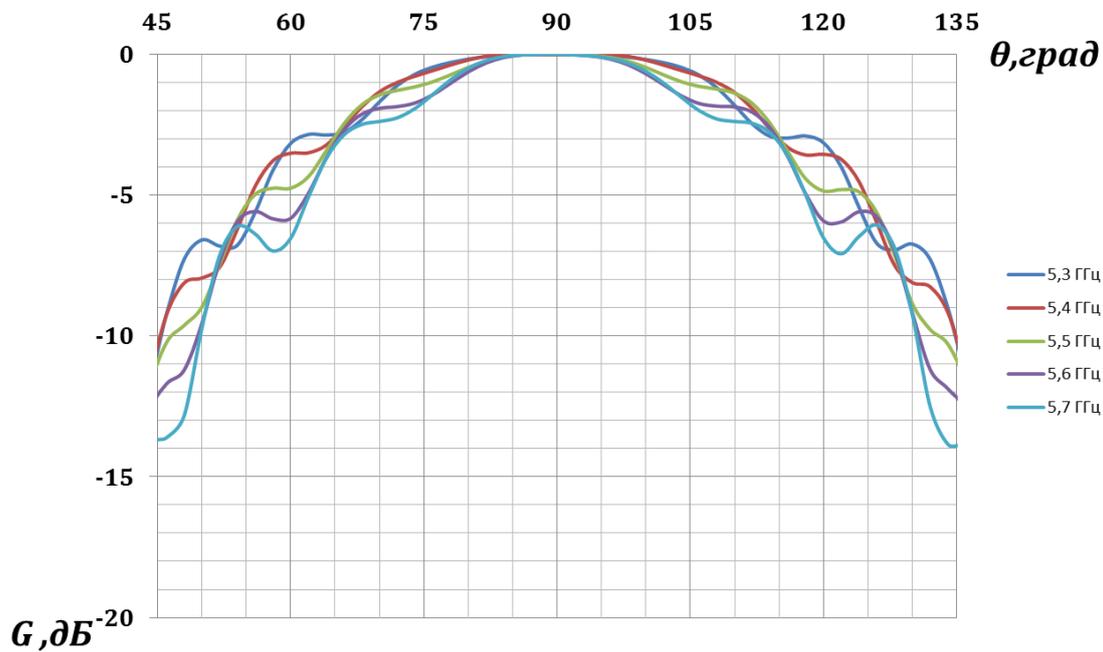


Рис.8. Диаграммы направленности кластера 2x2 элемента в диапазоне 5,3-5,7 ГГц.

Как видно на рисунках, изменение числа элементов излучающего кластера позволяет стабилизировать ширину диаграммы направленности и уровень ее спада в 90-градусном секторе углов в полосе частот 1,2- 5,7 ГГц. Однако при этом имеются поддиапазоны в этой полосе частот, в которых ее уровень спада выходит за рамки $-(10 - 15)$ дБ. Для обеспечения заданного уровня спада диаграммы направленности в этих поддиапазонах частот были исследованы кластеры с неоднородным амплитудным распределением. Соответствующие диаграммы направленности приведены на рисунках 9-14.

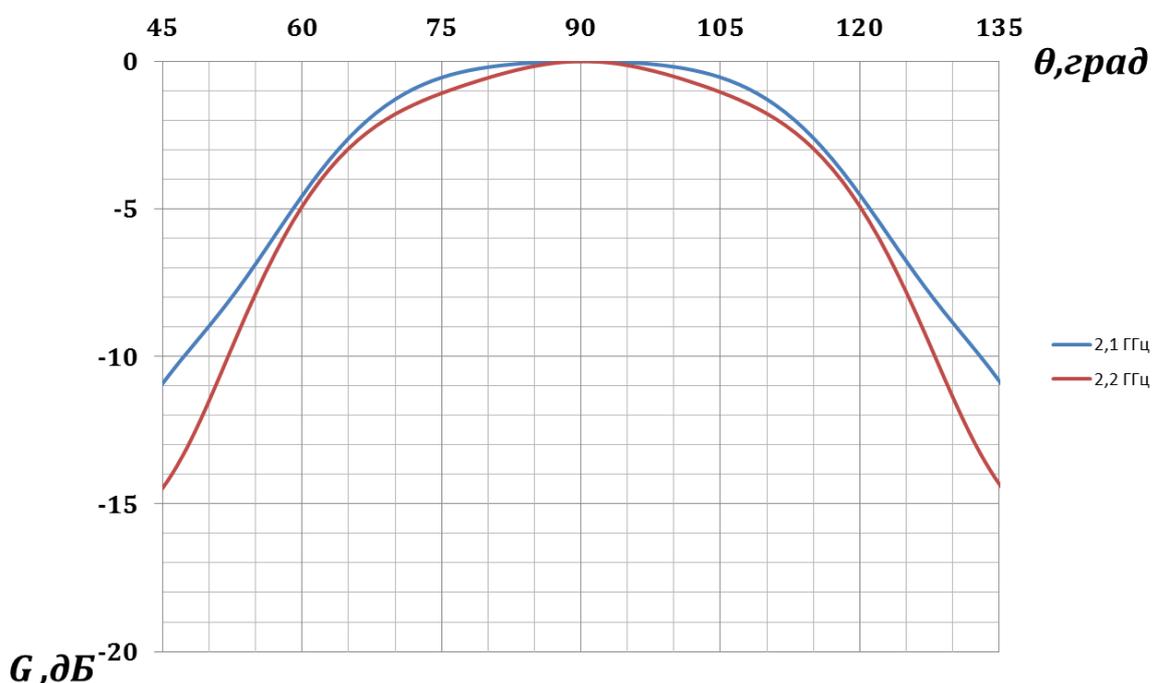


Рис.9. Диаграммы направленности кластера 6x6 элементов (16 центральных элементов возбуждаются с единичной амплитудой, 20 периферийных элементов - с амплитудой 0,1).

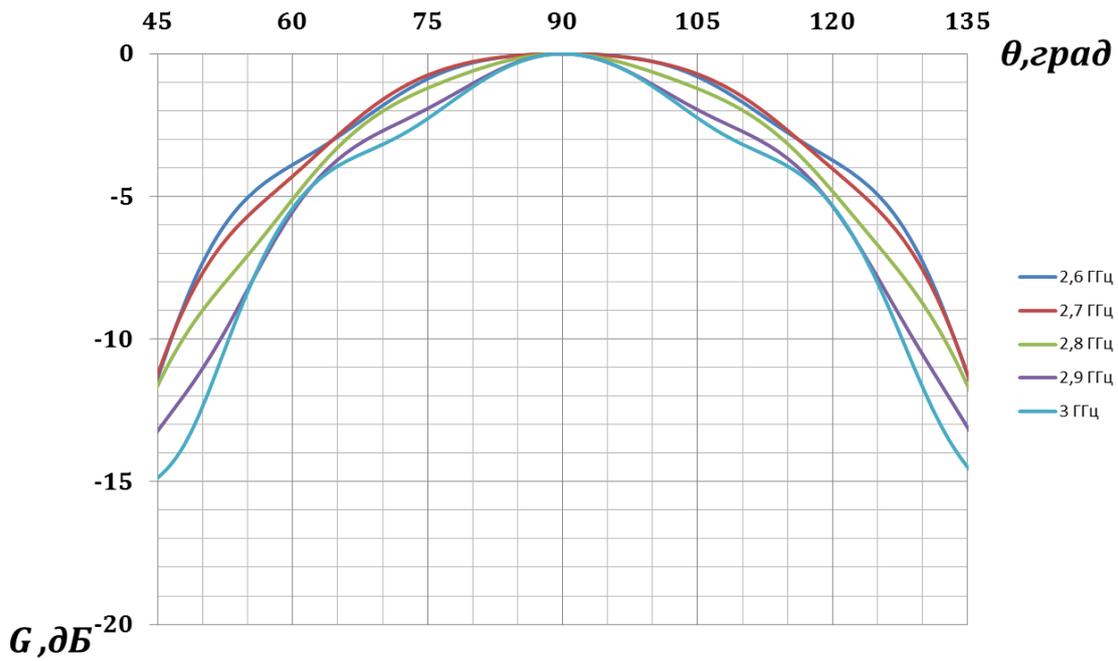


Рис.10. Диаграммы направленности кластера 4x4 элемента (4 центральных элемента возбуждаются с единичной амплитудой, 12 периферийных элементов - с амплитудой 0,4).

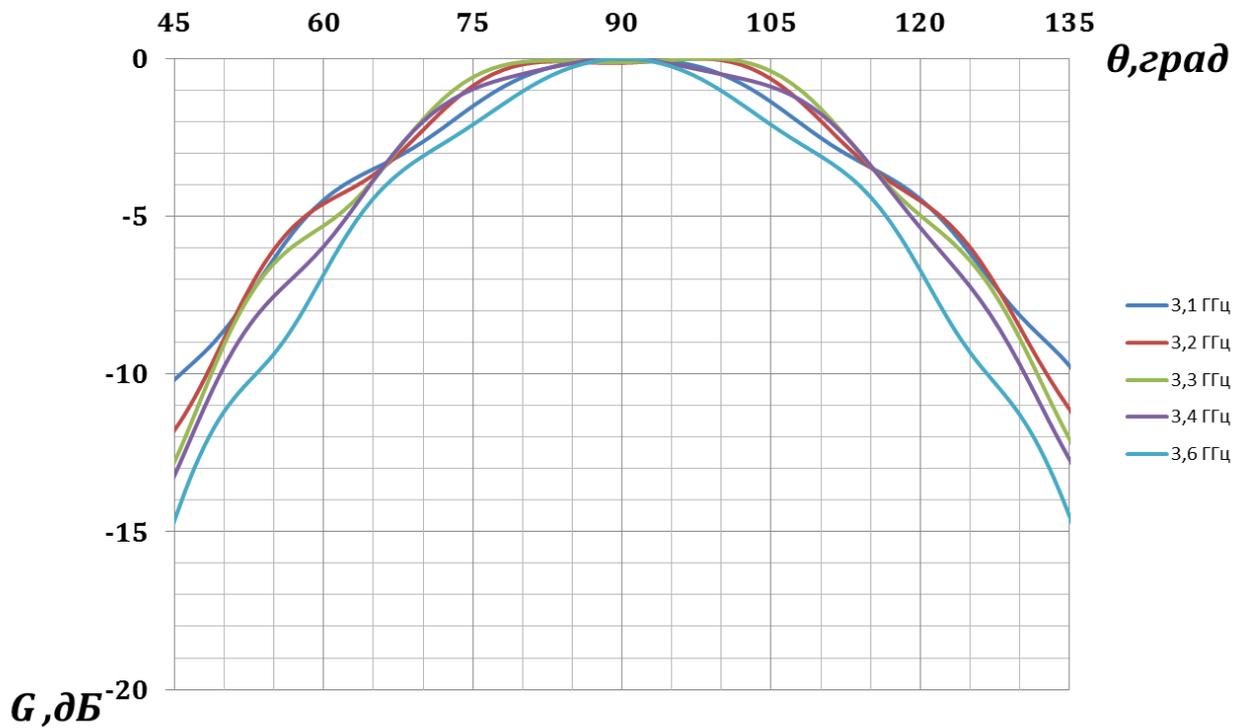


Рис.11. Диаграммы направленности кластера 4x4 элемента (4 центральных элемента возбуждаются с единичной амплитудой, 12 периферийных элементов - с амплитудой 0,11).

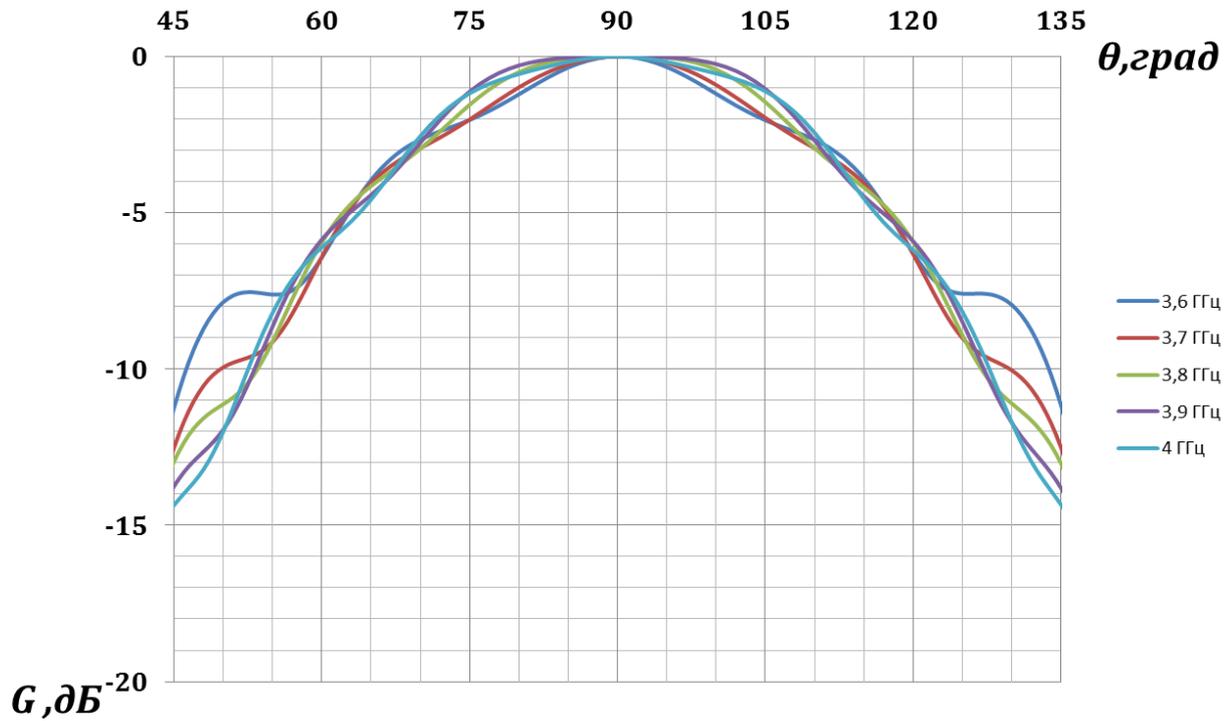


Рис.12. Диаграммы направленности кластера 4x4 элемента (4 центральных элемента возбуждаются с единичной амплитудой, 12 периферийных элементов - с амплитудой 0,05).

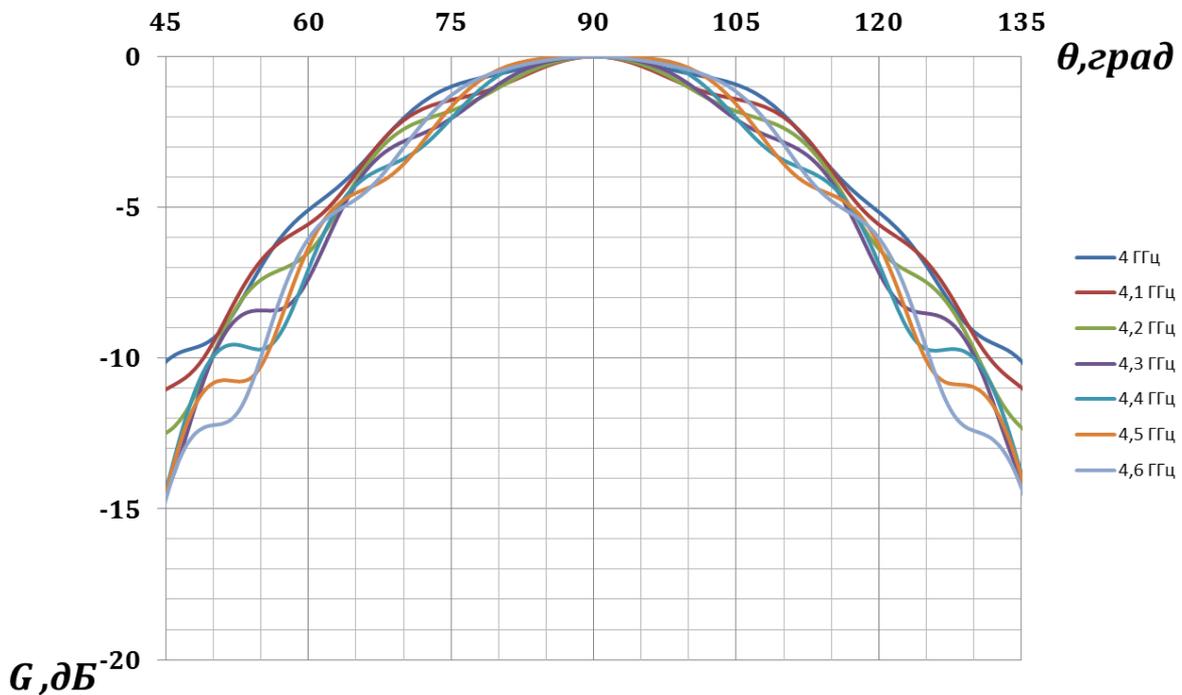


Рис.13. Диаграммы направленности кластера 4x4 элемента (4 центральных элемента возбуждаются с единичной амплитудой, 12 периферийных элементов - с амплитудой 0,02).

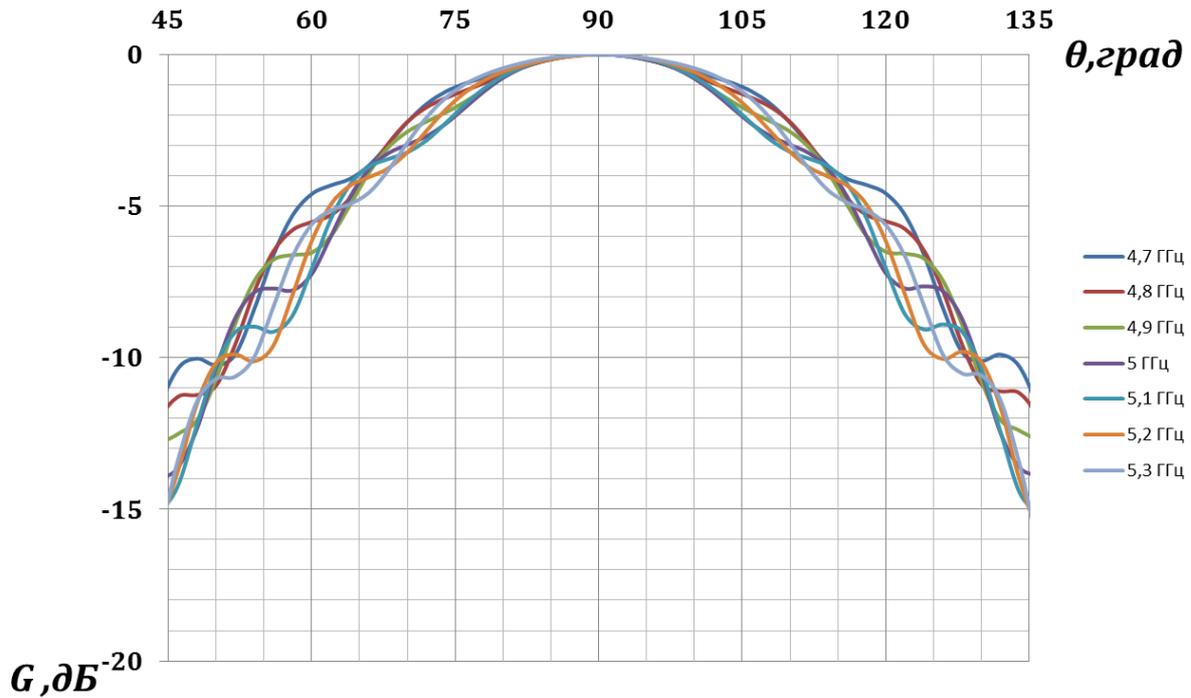


Рис.14. Диаграммы направленности кластера 4x4 элемента (4 центральных элемента возбуждаются с единичной амплитудой, 12 периферийных элементов - с амплитудой 0,005).

Таким образом, 6 вариантов однородного возбуждения (всей решетки и 5 вариантов кластеров) и 6 вариантов неоднородного возбуждения позволяют обеспечить ширину диаграммы направленности 90^0 по уровню – (10-15 дБ) в диапазоне частот более 10:1 (0,51-5,7 ГГц).

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект № 18-07-00655а.

Литература

1. Банков С.Е., Калошин В.А., Нгуен К.З. К теории антенных решеток из ТЕМ рупоров // Труды IV Всероссийской Микроволновой конференции. 2016. М. ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН С. 410-413.
2. Банков С.Е., Калошин В.А., Нгуен К.З. К теории сверхширокополосных антенных решеток из ТЕМ-рупоров // РЭ. 2018. Т.63 №7. С. 702-710.
3. Банков С.Е., Калошин В.А., Ле Н.Т. Исследование характеристик двумерной сканирующей решетки ТЕМ рупоров с металлизацией междупорного пространства // РЭ. 2018. Т.63 №12. С.1263-1276.

4. V.A.Kaloshin, N.T.Le. Over Wave Region Antenna Arrays: Radiation and Scattering Characteristics // Radiation and Scattering of Electromagnetic waves. RSEMW-2019. June 26-30, Divnomorskoe, Russia. Publisher: IEEE. DOI [10.1109/RSEMW.2019.8792733](https://doi.org/10.1109/RSEMW.2019.8792733).
5. Калошин В.А., Ле Н.Т. Двумерно – периодическая двух - поляризационная сверхдиапазонная антенная решетка // РЭ. 2019. Т. 64. №11. С.1126-1137.

Для цитирования:

Грачёв Г.Г., Калошин В.А. Сверхдиапазонная облучающая антенная решетка. Журнал радиоэлектроники [электронный журнал]. 2020. № 1. Режим доступа: <http://jre.cplire.ru/jre/jan20/6/text.pdf>. DOI 10.30898/1684-1719.2020.1.6