**Проектирование несимметричного трехмерного зеркального коллиматора со сглаженными скругленными краями**

***Пропой Максим Игоревич***

*Студент 2 курса магистратуры*

*Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова,*

*физический факультет, Москва, Россия*

*E-mail:* [*mpropoy@gmail.com*](mailto:mpropoy@gmail.com)

Компактный полигон — это сравнительно небольшой измерительный комплекс, предназначенный для решения задач прикладной электродинамики, в частности задач, связанных с радиолокацией [1]. Одним из основных элементов компактного полигона является зеркальный коллиматор, создающий электромагнитное поле, близкое к полю плоской волны в выделенной области пространства, называемой рабочей зоной.

В настоящей работе смоделирован коллиматор для одной из безэховых камер ИТПЭ РАН. Исходя из размеров камеры и расположения центра рабочей зоны, были рассчитаны геометрические параметры коллиматора, расположение его центра в камере, проведена оптимизация сглаженных краев его вертикального и горизонтального сечений в соответствии с процедурой, представленной в работе [2]. Модель коллиматора была построена в соответствии с алгоритмом, представленным в статье [3] с дополнительным улучшением формы углов коллиматора для уменьшения дифракционных эффектов на них. Проектирование коллиматора осуществлялось в среде AutoCAD 2021, т. к. предполагается дальнейшее изготовление зеркала на фрезерном станке.

|  |
| --- |
|  |
| Рис. 1. Трехмерный зеркальный коллиматор, с фокусным расстоянием F = 4.2 м, полуоси эллипсов ahoriz = 0.53 м, bhoriz = 0.48 м, avert = 0.6 м, avert = 0.34 м |

Для рассматриваемой модели ставится краевая задача дифракции электромагнитных волн, поверхность зеркала считается идеально проводящей. Вводится система координат, ось x которой направлена вдоль оси параболоида вращения, вырез которого является основой коллиматора. Обозначим за S — поверхность зеркала, **n** — единичная нормаль к поверхности S, ω — циклическая частота электромагнитной волны, **Ei** и **Es** — комплексные амплитуды падающего и рассеянного поля. Тогда **Ei** и **Es** удовлетворяют системе уравнений Максвелла [4] для идеального проводника. Эта система сводится к уравнению (1) для поверхностной плотности тока **J** на S, решаемая потом численно методом моментов [5]:

|  |  |
| --- | --- |
| , | (1) |
|  | (2) |

В уравнении (2) — поверхностная дивергенция, — диэлектрическая и магнитная проницаемости, — поверхностная плотность индуцированного заряда, — расстояние между точкой наблюдения и точкой на поверхности S.

Задача дифракции электромагнитной волны, излучаемой электрическим диполем из фокуса коллиматора, была решена с помощью программного комплекса Altair FEKO. Моделирование проводилось для разных частот и поляризаций падающей волны. Рабочая зона представляет собой прямоугольный параллелепипед с линейным размером примерно равным апертуре выреза параболоида из-за больших размеров скруглений. Абсцисса центра рабочей зоны равна удвоенному фокусному расстоянию. Распределения фазы поля волны, отраженной от коллиматора на Рис. 1, при разных поляризациях показаны на Рис. 2:

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| Рис. 2 Распределение фазы поля, отраженного от зеркального коллиматора для и горизонтальной (слева) и вертикальной поляризаций (справа) падающей волны с частотой 2,5 ГГц | |

Линейный размер рабочей зоны для созданного коллиматора равен 60 см. Внутри рабочей зоны поле было к плоской волне, характеристики поля не превышают предельно допустимых значений. Для разных поляризаций падающей волны с фиксированной частотой распределения поля в рабочей зоне мало отличаются друг от друга.

### **Литература**

1. Балабуха Н. П., Зубов А. С., Солосин В. С. Компактные полигоны для измерения характеристик рассеяния объектов. – М.: Наука, 2007.
2. Пропой М. И., Хлебников Ф. Б., Коняев Д. А. и др. Оптимизация формы протяженных зеркальных коллиматоров со скругленными краями // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 3. Физ. Астрон.. — 2022., № 6. — С. 26.
3. Problem of electromagnetic wave diffraction on asymmetric three-dimensional mirror collimator with rolled edges / M. I. Propoy, F. B. Khlebnikov, D. A. Konyaev, N. E. Shapkina // 2023 Radiation and Scattering of Electromagnetic Waves (RSEMW). — IEEE: 2023.
4. Свешников А. Г., Могилевский И. Е. Математические задачи теории дифракции. – М.: Физический факультет МГУ, 2012.
5. Rao S., Wilton D., Glisson A. Electromagnetic scattering by surfaces of arbitrary shape //IEEE Transactions on antennas and propagation. – 1982. – Т. 30. – №. 3. – С. 409-418.