

УДК 621.396

А.П. Преображенский

МОДЕЛИРОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК РАССЕЯНИЯ ОБЪЕКТОВ, В СОСТАВ КОТОРЫХ ВХОДЯТ КРОМКИ

Воронежский институт высоких технологий

В статье рассмотрены проблемы рассеяния радиоволн на объектах, в которые входят кромки. Вначале проведен анализ простейшей кромки, которая представляет собой клинообразную структуру, имеющую определенный угол раствора. Для общего случая край такой структуры может иметь усечение. Расчеты характеристик рассеяния проводились на основе метода интегральных уравнений в рамках приближения Кирхгофа. Приведены примеры расчетов характеристик рассеяния кромки и построено радиоизображение. Далее проведено рассмотрение моделей полых структур. Края у этих полых структур могут задаваться различными кромками. Проведение расчетов характеристик рассеяния осуществлялось на основе метода интегральных уравнений. Приведены примеры расчетов характеристик рассеяния полой структуры, и построено радиоизображение кромки, входящей в состав полой структуры.

Ключевые слова: моделирование, связь, дифракция, распространение волн, проектирование, кромка, полая структура.

Особым классом электродинамических задач является изучение рассеяния электромагнитных волн на различных структурах, которые могут входить в состав объектов техники сложной формы как элементы конструкции или в состав антенно-фидерных устройств.

При анализе современных объектов, имеющих сложную форму, мы видим, что необходимо привлекать соответствующие численные методы [1-4]. При осуществлении синтеза различных электродинамических объектов требуется формирование соответствующих моделей, так как если будет грубое описание, связанное с протекающими в них физическими процессами, мы можем столкнуться с тем, что возникнут погрешности. Их не всегда легко контролировать, осуществлять оценки для базовых характеристик, так как они могут быстрым образом изменяться, когда изменяется частота, вид поляризации и углы падения радиоволн [5, 6].

В составе многих объектов мы можем увидеть кромки, клинья и др., причем они могут иметь разную форму. На Рисунке 1 мы привели две модели кромок.

Целью данной работы является построение радиоизображений таких структур.

Проведение расчетов характеристик рассеяния радиоволн, (эффективной площади рассеяния (ЭПР)), осуществлялся на основе метода интегральных уравнений для E-поляризованной радиоволны [7-10]. Расчеты были выполнены для резонансных размеров объекта.

На Рисунке 2 приведены примеры расчетов ЭПР анализируемой кромки для таких размеров: $L_1=5\lambda$, $\varphi=45^\circ$, (кривая 1 – $H=0$, кривая 2 – $H=0.2\lambda$, кривая 3 – $H=0.4\lambda$, кривая 4 – $H=0.6\lambda$, кривая 5 – $H=0.8\lambda$, кривая 6 – $H=1\lambda$).

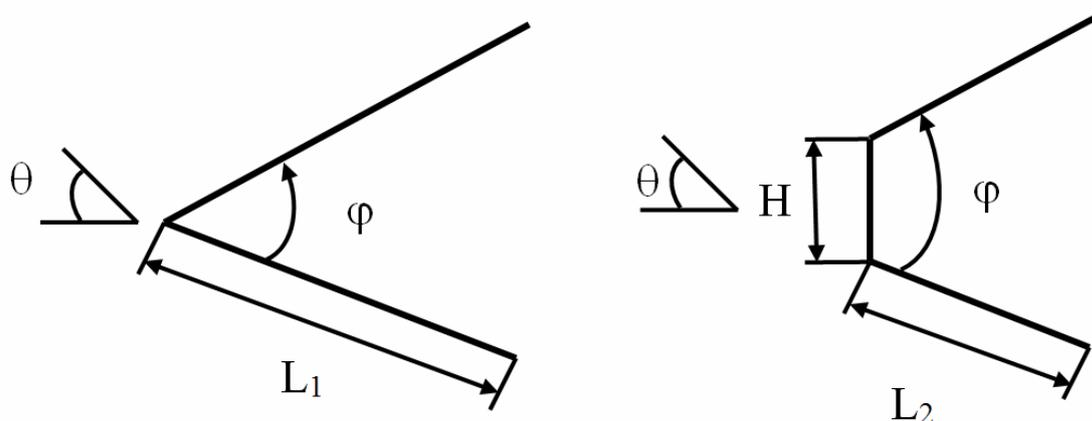


Рисунок 1 – Схема рассеяния электромагнитных волн на кромке

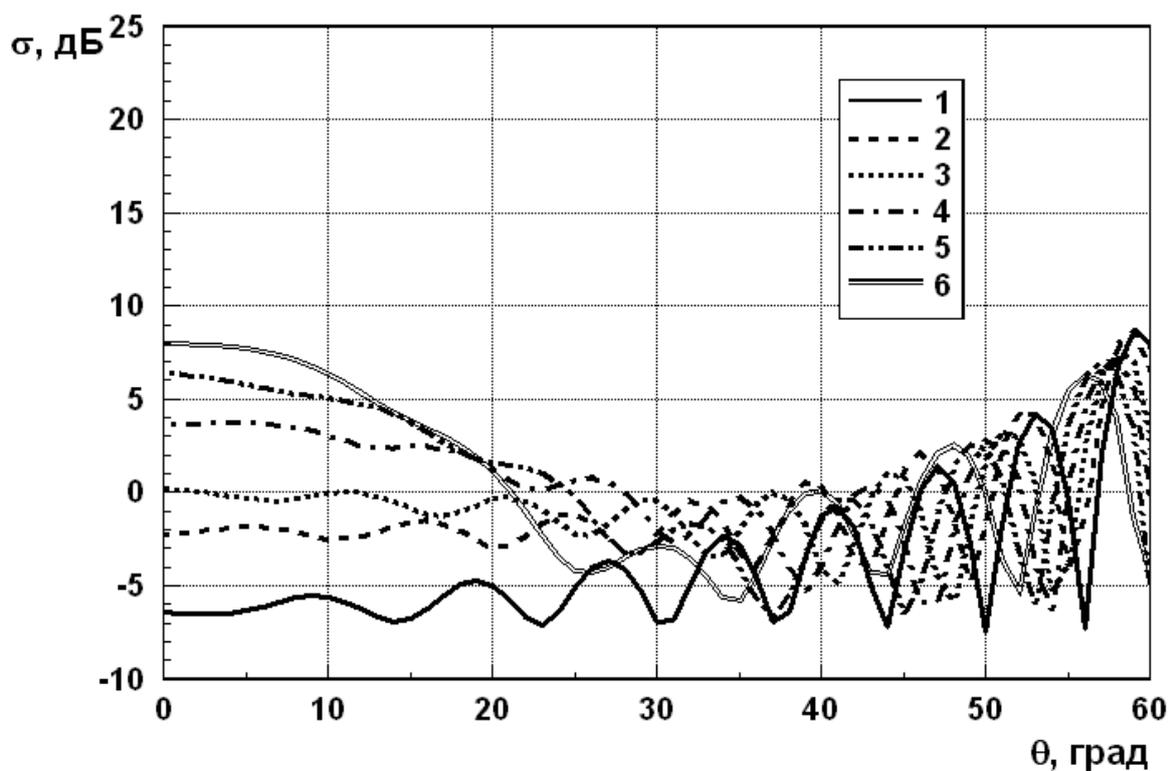


Рисунок 2 – Пример расчета ЭПР для кромки

На Рисунке 3 приведено радиоизображение кромки для угла наблюдения $\theta=0^\circ$. Размеры кромки были следующие: $L_1=5\lambda$, $H=1\lambda$.

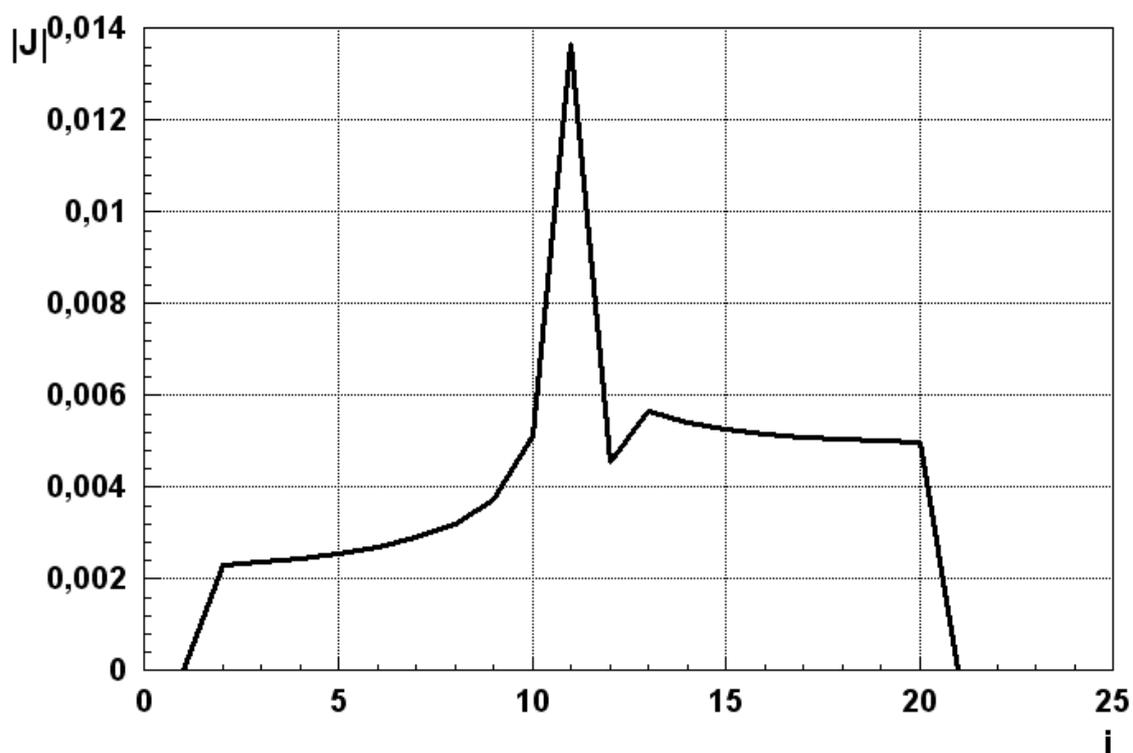
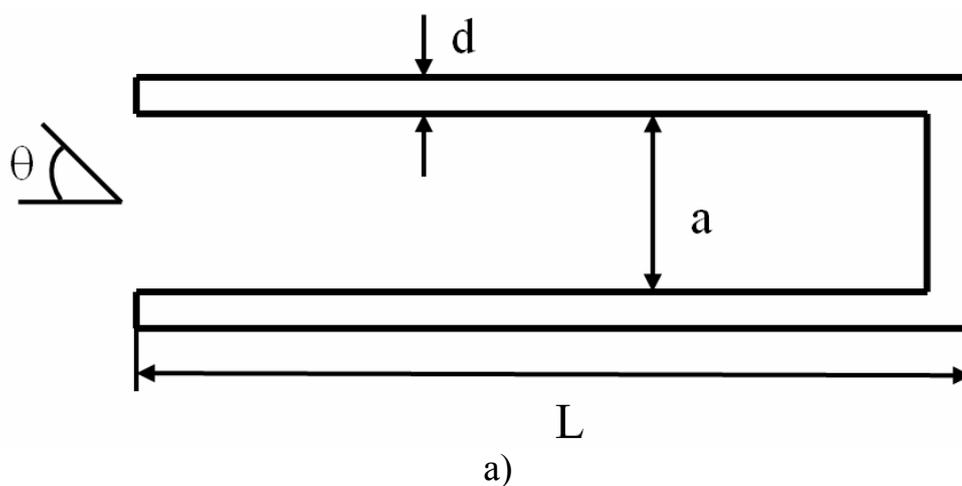
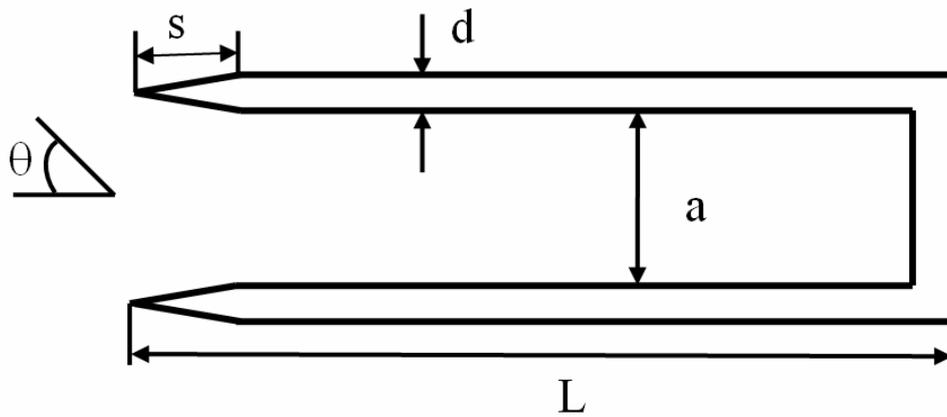


Рисунок 3 – Пример рассчитанного радиоизображения кромки

Далее рассматривалась более сложная структура – полая, для нее модели изображены на Рисунке 4.

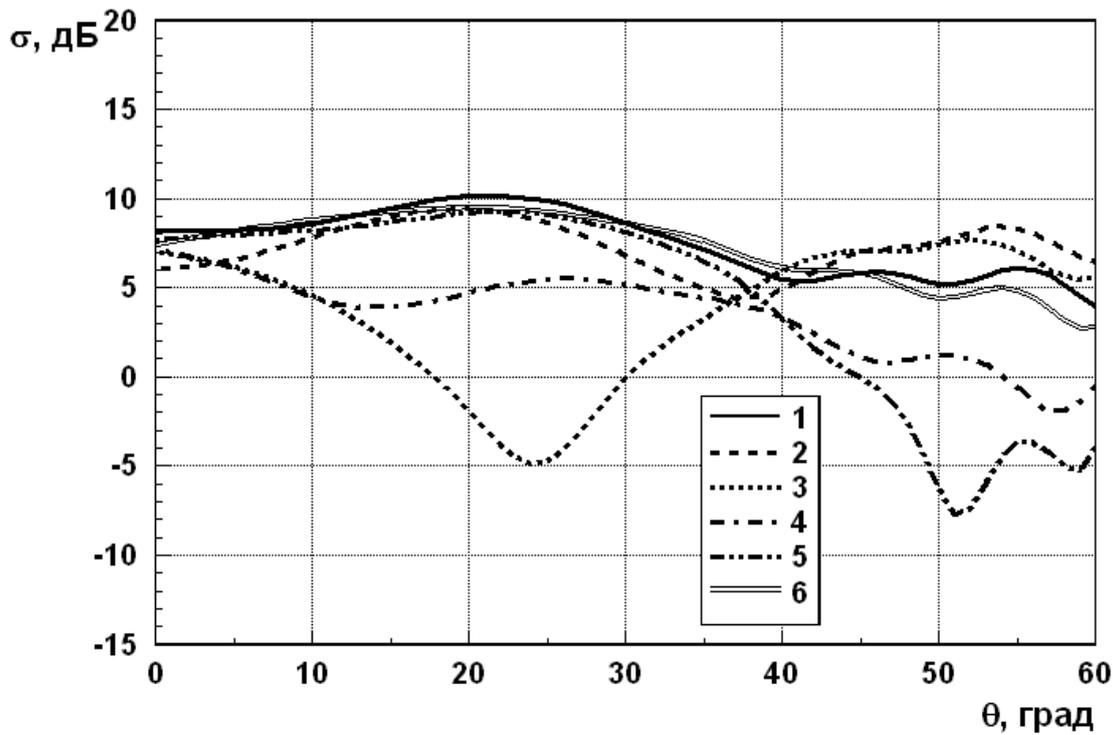




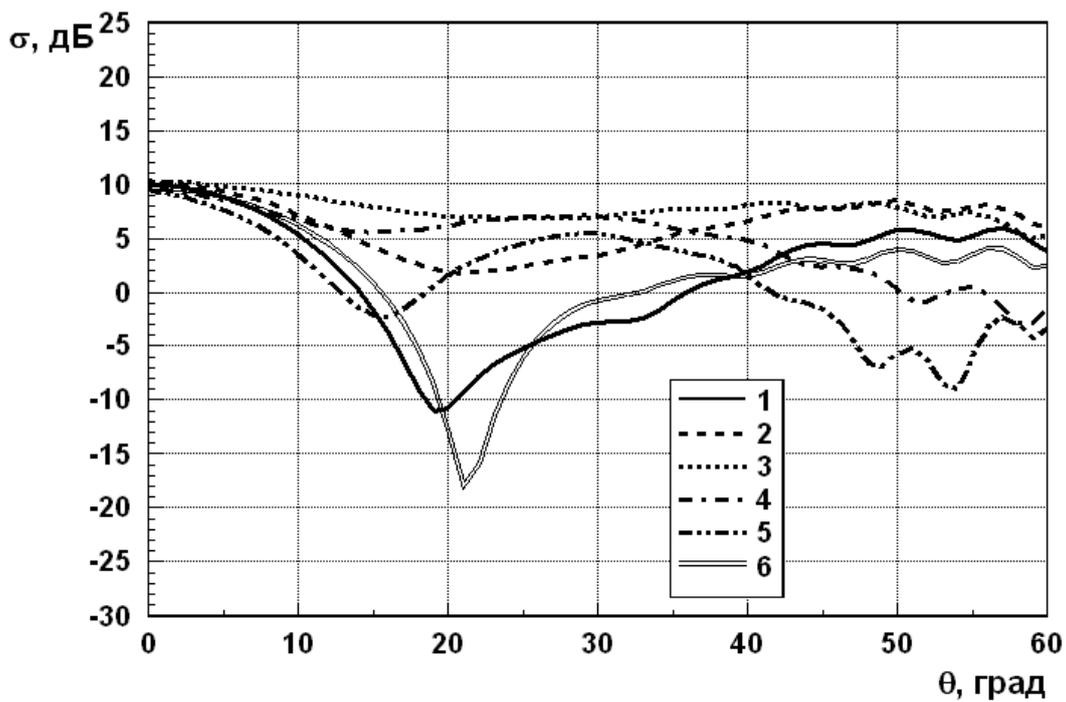
б)

Рисунок 4 – Схема рассеяния электромагнитных волн на поллой структуре

На Рисунке 5 приведены примеры расчетов ЭПР поллой структуры для следующих размеров: $L=3\lambda$ (рис.5 а), $L=5\lambda$ (рис. 5 б), $d=0.2\lambda$, (кривая 1 – $s=0$, кривая 2 – $s=0.2\lambda$, кривая 3 – $s=0.4\lambda$, кривая 4 – $s=0.6\lambda$, кривая 5 – $s=0.8\lambda$, кривая 6 – $s=1\lambda$).



а)



б)

Рисунок 5 – Угловые зависимости ЭПР при рассеянии электромагнитных волн на полый структуре

На Рисунке 6 приведено радиоизображение кромки на полый структуре для угла наблюдения $\theta=0^\circ$. Размеры кромки были следующие: $s=1\lambda$, при $L=5\lambda$, $d=0.2\lambda$, $a=5\lambda$.

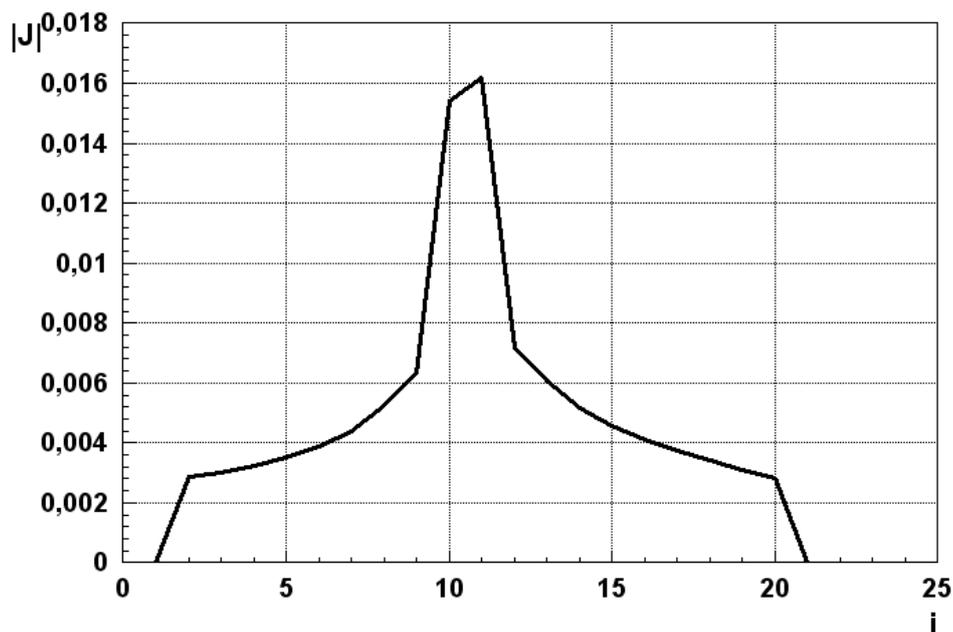


Рисунок 6 – Пример рассчитанного радиоизображения кромки

Вывод. В работе проведен анализ характеристик рассеяния объектов, содержащих кромки. Рассмотрен случай простой кромки и входящей в состав полой структуры. Построены радиоизображения кромок. Повышение эффективности автоматизации проектирования дифракционных структур достигается за счет оптимального сочетания использования численных методов решения интегральных уравнений наряду с разработанными в работе методами и алгоритмами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Милошенко О.В. Методы оценки характеристик распространения радиоволн в системах подвижной радиосвязи / О.В.Милошенко // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2012. № 9. С. 60-62.
2. Мишин Я.А. О системах автоматизированного проектирования в беспроводных сетях / Я.А.Мишин // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2013. № 10. С. 153-156.
3. Казаков Е.Н. Разработка и программная реализации алгоритма оценки уровня сигнала в сети WI-FI / Е.Н.Казаков // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2016. № 1. С. 13.
4. Головинов С.О. Проблемы управления системами мобильной связи / С.О.Головинов, А.А.Хромых // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2012. № 9. С. 13-14.
5. Кульнева Е.Ю. О характеристиках, влияющих на моделирование радиотехнических устройств / Е.Ю.Кульнева, И.А.Гащенко // Современные наукоемкие технологии. 2014. № 5-2. С. 50.
6. Максимова А.А. Характеристики двумерно-периодичных гребенок с диэлектрическим волноводом / А.А.Максимова // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2016. № 1. С. 12.
7. Захаров Е. В. Численные методы решения задач дифракции / Е. В. Захаров, Ю. В. Пименов. - М.: Радио и связь, 1986. - 184 с.
8. Щербатых С.С. Метод интегральных уравнений как основной способ анализа в САПР антенн / С.С.Щербатых // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2016. № 1. С. 10.
9. Болучевская О.А. Свойства методов оценки характеристик рассеяния электромагнитных волн / О.А.Болучевская, О.Н.Горбенко // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2013. № 3. С. 4.
10. Максимова А. А. Методы исследования характеристик рассеяния электромагнитных волн объектами / А. А. Максимова, А. Г. Юрочкин. // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2016. № 16. С. 53-56.

A. P. Preobrazhensky
**THE SIMULATION OF SCATTERING CHARACTERISTICS OF
OBJECTS HAVING EDGES**

Voronezh Institute of High Technologies

In the paper the problems of scattering of radio waves on the objects, which include edge are considered. First, the analysis of the simplest edges, which is a wedge-shaped structure having a certain angle of solution is given. For the general case the edge of such structures may be truncated. The calculations of the scattering parameters was based on the method of integral equations in the framework of the Kirchhoff approximation. The examples of calculations of scattering characteristics are given, and built the radio image. Further the models of hollow structures is considered. The edges of these hollow structures can be defined by different edges. The calculations of the scattering parameters was based on the method of integral equations. The examples of calculations of scattering characteristics of hollow structures, and built the radio image of the edge part of the hollow structure.

Keywords: simulation, communication, diffraction, wave propagation, design, edge, hollow structure.

REFERENCES

1. Miloshenko O.V. Metody otsenki kharakteristik rasprostraneniya radiovoln v sistemakh podvizhnoy radiosvyazi / O.V.Miloshenko // Vestnik Voronezhskogo instituta vysokikh tekhnologiy. 2012. № 9. S. 60-62.
2. Mishin Ya.A. O sistemakh avtomatizirovannogo proektirovaniya v besprovodnykh setyakh / Ya.A.Mishin // Vestnik Voronezhskogo instituta vysokikh tekhnologiy. 2013. № 10. S. 153-156.
3. Kazakov E.N. Razrabotka i programmaya realizatsii algoritma otsenki urovnya signala v seti WI-FI / E.N.Kazakov // Modelirovanie, optimizatsiya i informatsionnye tekhnologii. 2016. № 1. S. 13.
4. Golovinov S.O. Problemy upravleniya sistemami mobil'noy svyazi / S.O.Golovinov, A.A.Khromykh // Vestnik Voronezhskogo instituta vysokikh tekhnologiy. 2012. № 9. S. 13-14.
5. Kul'neva E.Yu. O kharakteristikakh, vliyayushchikh na modelirovanie radiotekhnicheskikh ustroystv / E.Yu.Kul'neva, I.A.Gashchenko // Sovremennye naukoemkie tekhnologii. 2014. № 5-2. S. 50.
6. Maksimova A.A. Kharakteristiki dvumerno-periodichnykh grebenok s dielektricheskim volnovodom / A.A.Maksimova // Modelirovanie, optimizatsiya i informatsionnye tekhnologii. 2016. № 1. S. 12.
7. Zakharov E. V. Chislennyye metody resheniya zadach difraktsii / E. V. Zakharov, Yu. V. Pimenov. - M.: Radio i svyaz', 1986. - 184 s.
8. Shcherbatykh S.S. Metod integral'nykh uravneniy kak osnovnoy sposob analiza v SAPR antenn / S.S.Shcherbatykh // Modelirovanie, optimizatsiya i informatsionnye tekhnologii. 2016. № 1. S. 10.

9. Boluchevskaya O.A. Svoystva metodov otsenki kharakteristik rasseyaniya elektromagnitnykh voln / O.A.Boluchevskaya, O.N.Gorbenko // Modelirovanie, optimizatsiya i informatsionnye tekhnologii. 2013. № 3. S. 4.
10. Maksimova A. A. Metody issledovaniya kharakteristik rasseyaniya elektromagnitnykh voln ob"ektami / A. A. Maksimova, A. G. Yurochkin. // Vestnik Voronezhskogo instituta vysokikh tekhnologiy. 2016. № 16. S. 53-56.