Калиберда Мстислав Евгеньевич
Харьковский национальный университет имени В. Н. Каразина,
факультет радиофизики, биомедицинской электроники и компьютерных систем,
доцент кафедры физики СВЧ

"Сингулярные интегральные уравнения в задачах дифракции электромагнитных волн на плоских рассеивателях"

Решаются двумерные задачи дифракции электромагнитных волн на конечных, бесконечных, полубесконечных периодических решетках и системах экранов, а так же на бесконечных решетках с нарушением периодичности. Рассматриваются как однослойные структуры, так и многослойные, состоящие из бесконечно тонких идеально проводящих и импедансных рассеивателей (графеновые ленты). В основе математической модели лежит совокупность методов, которые приводят к сингулярным интегральным уравнениям. Развиваются экономные методы численного анализа, сходимость которых гарантируется соответствующими теоремами.

Решение задач получено в несколько этапов. В начале решается так называемая ключевая задача – задача дифракции на одиночной неоднородности. В качестве одиночной используются конечная или бесконечная периодическая ленточная решетка, экран со щелью. Для решения применяется метод, развиваемый проф. Ю. В. Ганделем, метод сингулярных интегральных уравнений. Полное электромагнитное поле представляется в виде суммы падающего и рассеянного полей. Оно удовлетворяет уравнению Гельмгольца, граничному условию на рассеивателях, условию непрерывности, условию излучения и условию Майкснера на ребре. В случае выполнения всех перечисленных условий решение задачи – единственное. В задачах дифракции на конечных структурах (непрерывный спектр) рассеянное поле представляется в виде интеграла Фурье, а в случае бесконечных периодических структур (дискретный спектр) – ряда Фурье. Граничная задача для уравнения Гельмгольца сводится к парным интегральным или сумматорным уравнениям, которые, в свою очередь, – к сингулярному интегральному уравнению с дополнительными условиями. Его решение – единственное. При решении задач для систем неоднородностей применяется метод, предложенный академиком Л. Н. Литвиненко, операторный метод. Для многослойных систем ленточных решеток метод приводит к системе интегральных уравнений Фредгольма второго рода.

Рассматриваются задачи рассеяния на многослойных системах бесконечных экранов со щелью. Отличительной особенностью данной группы задач является то, что у ядер уравнений, записанных с использованием операторного метода, возникают особенности – полюса, связанные с возбуждением собственных волн плоского волновода между экранами. Для устранения особенностей путь интегрирования заменяется контуром в комплексной плоскости, проводится процедура регуляризации. В результате записана система интегральных уравнений Фредгольма второго рода. Для полубесконечной системы экранов со щелью записано нелинейное операторное уравнение, которое численно решено методом релаксации.

Рассматриваются задачи дифракции на полубесконечных ленточных решетках. Поля здесь имеют одновременно дискретный и непрерывный спектр. После деформации контура интегрирования в комплексной плоскости и проведения процедуры регуляризации, получено нелинейное сингулярное интегральное уравнение. Предложена схема дискретизации и эффективного численного решения.

Решаются задачи дифракции на бесконечных решетках со сбоем периодичности. Здесь рассмотрены бесконечные периодические ленточные решетки с отсутствующей одной лентой и, в качестве обобщения, бесконечные периодические ленточные решетки с произвольным зазором между двумя соседними лентами. Задачи сводятся к последовательному решению нескольких сингулярных интегральных уравнений со сходными по виду ядрами, но разными правыми частями. Дискретизация проведена методом дискретных особенностей. Приведены соответствующие численные результаты.