

# ОБЗОР МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОЙ ПЛОЩАДИ РАССЕЯНИЯ

Е Куанг Мьят

Институт информационных технологий

Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники

Минск, Республика Беларусь

E-mail: myatnyarna3714@gmail.com

*В докладе рассматриваются современные методы измерения эффективной площади рассеяния (ЭПР) радиолокационных объектов. ЭПР является важным параметром, характеризующим радиолокационную заметность целей и используемым для оценки дальности их обнаружения. Обзор методов включает натурные методы измерения, включающие динамические и статические, а также подходы масштабного физического моделирования. В работе анализируются достоинства и недостатки каждого из методов. Доклад подчеркивает значимость данных подходов для анализа отражательных свойств объектов и их использования в реальных радиолокационных системах.*

## ВВЕДЕНИЕ

Под эффективной площадью рассеяния объекта понимают площадь некоторой фиктивной идеально проводящей, изотропно отражающей поверхности, которая, будучи помещенной в точку нахождения цели перпендикулярно направлению падения зондирующих электромагнитных колебаний, создает в точке расположения радиолокатора ту же плотность потока мощности, что и реальная цель [1]. Измерение ЭПР является сложной задачей, поскольку требует учета множества факторов и использования дорогостоящего оборудования. Вследствие чего на сегодняшний день существует множество методов, позволяющих оценивать ЭПР целей с меньшими затратами и различной степенью точности. Количественные значения ЭПР характеризуют радиолокационную заметность цели и могут быть использованы для расчета потенциальной дальности обнаружения и создания математической модели объекта исследования.

### I. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Целью доклада является проведение обзора методов измерения ЭПР. Существует множество методов исследования отражательных свойств радиолокационных целей. Каждый метод характеризуется своими достоинствами и недостатками, в связи с чем выбор того или иного метода зависит от условий решаемой задачи. Классификация методов измерения ЭПР представлена на рисунке 1 [1].

Все методы можно разделить на две большие группы: натурные и масштабного физического моделирования. Натурные охватывают методы динамических и статических измерений.

### II. НАТУРНЫЕ МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ ЭПР

К натурным методам измерения ЭПР относятся динамические и статические [2]. При использовании динамического метода, измерение ЭПР производится в процессе полета объекта

наблюдения в условиях максимально приближенных к реальным, на основании результатов обработки отраженного сигнала. При статических измерениях объект наблюдения является неподвижным. Главным источником ошибок при этом являются переотражения от опор, на которых установлен объект. Данные ошибки компенсируются, поскольку имеют систематический и детерминированный характер. Статические измерения проводятся на специальных полигонах открытого или закрытого типов [1]. Особенность статических измерений заключается в том, что неподвижный объект облучается радиолокатором с последующим поворотом его в одной или двух плоскостях. Закрытые полигоны обеспечивают высокую точность проводимых измерений, однако испытания крупных объектов требуют дорогостоящего оборудования. В закрытых помещениях стены, пол и потолок должны быть покрыты специальным высококачественным поглощающим материалом, который предотвращает искажение измерений за счет вторичных отражений от поверхностей помещения. Чем ниже рабочая частота радиолокационного сигнала, тем более дорогой поглощающий материал требуется для качественного проведения измерений. Обычно используются материалы с коэффициентом рассеяния, не превышающим 0,50 дБ [2].

Таким образом, натурные методы, хотя и обеспечивают высокую точность результатов, требуют серьезных материальных и технических затрат. Эти методы позволяют моделировать реальные условия эксплуатации, что делает их незаменимыми для окончательной проверки радиолокационных характеристик объекта на этапах разработки и тестирования.

### III. МАСШТАБНОЕ ФИЗИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Теоретический расчет значений ЭПР объекта предполагает решение задачи дифракции. При этом общая постановка дифракционной задачи

заключается в определении комплексных векторов напряженности электрического и магнитного полей, удовлетворяющих системе уравнений Максвелла, граничным условиям на поверхности объекта и условиям излучения на бесконечности. Методы решения дифракционных задач делятся на строгие и приближенные (асимптотические) [1]. Строгие методы решения дифракционных задач сводятся к решениям уравнений Максвелла в дифференциальной или интегральной формах. Для решения в дифференциальной форме применяются метод разделения переменных (МРП) и метод конечных разностей (МКР). При решении дифракционной задачи в интегральной форме чаще всего используется метод моментов (МоМ).

К приближенным относят методы геометрической оптики (ГО) и геометрической теории дифракции (ГТД), а также физической оптики (ФО) и физической теории дифракции (ФТД). В основе каждого приближенного метода лежит физическая гипотеза, которая позволяет либо полностью устранить, либо существенно упростить число математических преобразований и вычислений, которые при строгой постановке задачи необходимо учитывать. В настоящее время существует множество программных продуктов, предназначенных для расчета ЭПР трехмерных моделей объектов исследования (Altair Feko, CST Studio Suite, Ansys HFSS Tutorials и др.). В каждом из них реализованы вышеперечисленные методы или их сочетания.

#### IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Измерение ЭПР натурными методами является сложной задачей, поскольку требуется дорогостоящее оборудование и масштабная модель или же сам объект исследования. Однако полученные натурными методами результаты имеют высокую точность и являются наиболее приближенными к реальным условиям. Развитие математических алгоритмов и вычислительной техники позволило использовать оценки ЭПР, полученные путем масштабного физического моделирования, для проведения исследований на ранних этапах. При этом обеспечивается доступность измерений ЭПР широкой аудитории исследователей и получение предварительных результатов, которые имеют достаточную точность для анализа отражательных свойств объектов. Таким образом, комбинация натуральных измерений и моделирования позволяет достичь оптимального баланса между точностью, затратами и временем проведения экспериментов.

#### V. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Радиолокационные системы: учебное пособие, издание 2-е, под ред. А. И. Николаева. – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2018. – 349 с.
2. Скольник, М. И. Справочник по радиолокации в 2-х книгах: под ред. А. И. Николаева; пер. с англ. / под ред. В. С. Вербы. – Москва: Техносфера, 2014. – Книга 2. – 672 с.

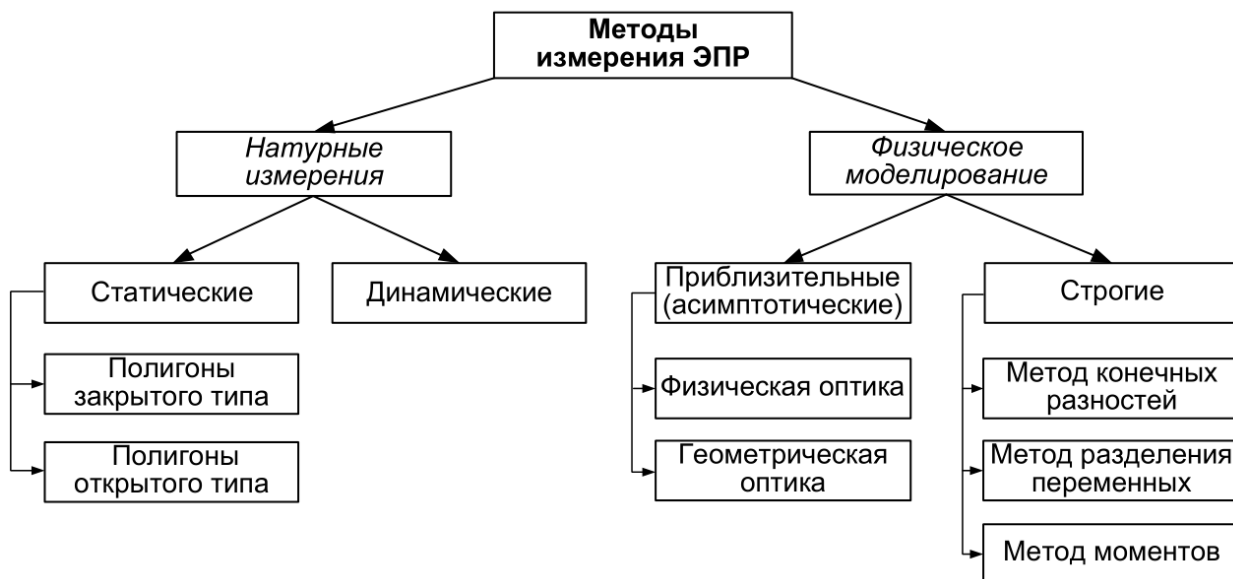


Рис. 1 – Классификация методов измерения ЭПР