

УДК 621.396

А.П. Преображенский

## ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ МОДУЛЯ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПОЛЫХ СТРУКТУР

*Воронежский институт высоких технологий*

*В работе рассматриваются особенности проектирования дифракционных объектов на примере объектов. Указаны основные характеристики, которые являются важными на практике. Приведена структура модуля для проектирования полых структур, описаны входящие в его состав компоненты.*

**Ключевые слова:** САПР, полая структура, характеристика, рассеяние радиоволн.

Проведение анализа тенденций того, каким образом идет развитие современных радиотехнических систем и устройств определяет то, среди многих перспективных в нашей стране и за рубежом областей можно считать формирование высокоэффективных антенно-фидерных и СВЧ комплексов и оборудования, которые активно применяют в различных целях. Для себестоимости антенно-фидерных и СВЧ устройств в используемых радиотехнических системах значения достигают 90 % от общей себестоимости объектов разного назначения [1, 2].

Для современных объектов техники и входящих в их состав антенно-фидерных и СВЧ устройств характерны сложные формы, что определяет дополнительные сложности при их разработке, эффективный анализ их характеристик трудно представить активного использования современных систем автоматизированного проектирования.

Большой вклад в рассеянное поле вносят полые структуры. Оценка характеристик рассеяния таких объектов в общем трехмерном случае является достаточно сложной задачей. В этой связи, целесообразно использовать соответствующие программные средства [3, 4].

Программные средства, позволяющие проводить анализ и проектирование разных дифракционных структур, которые входят в разные объекты техники и антенно-фидерных устройства сейчас активно применяются исследователями. Те специалисты, которые разрабатывают соответствующие электродинамических САПР, имеют весьма высокие заработные платы в ведущих промышленных странах.

Основываясь на вышесказанном, можно сказать, что работы ведущиеся по разработке САПР дифракционных устройств являются одними из перспективных для развития, как систем автоматизированного проектирования, так и дифракционных и антенных устройств.

Среди важных этапов автоматизированного проектирования электродинамических структур и антенно-фидерных устройств является

проведение выбора их базовой схем, типа дифракционных структур, которые определяют особенности рассеяния ими электромагнитных волн.

Для того, чтобы делать оптимальный выбор по виду базовых элементов антенных устройств при анализе характеристик рассеяния исследователями в ряде случаев используется подход, связанный с оценкой максимальных значений коэффициента корреляции для параметров рассматриваемых ключевых элементов и основных характеристик рассеяния электромагнитных волн.

Помимо этого могут анализироваться конструктивные особенности построения устройств, общая стоимость разработки и их связь с характеристиками в техническом задании при автоматизированном проектировании.

За счет того, что используется система по весовым коэффициентам значимости для базовых характеристик, которые задаются пользователями САПР, происходит заметное уменьшение количества возможных проектных вариантов.

Одной из важных проблем, с которыми сталкиваются исследователи в области электромагнитной совместимости, а также при расчетах эффективной площади рассеяния (ЭПР), является предсказание той энергии, которую электромагнитная волна будет переносить через апертуру во внутреннюю область полой структуры и уровни энергии при последующем взаимодействии, которое волна будет иметь с элементами в пределах полой структуры [5]. С этой проблемой проникновения апертуры столкнулись во многих исследованиях взаимодействий мощных микроволновых печей с объектами, а также при проектировании разных технических устройств.

ЭПР является мерой обнаружительной способности объектов со стороны радарных систем. Преднамеренный контроль в форме улучшения формы отражательных характеристик или уменьшение ЭПР объектов имеет не меньше важности, чем развитие функциональных возможностей радаров.

Отдельные элементы объектов могут вносить в отраженное поле вклад, который может доминировать над общим вкладом от всего объекта. Полное понимание электромагнитных особенностей рассеяния объектов особенно уменьшение отраженного электромагнитного поля, необходимо для успешного внедрения любых средств, предназначенных для того, чтобы осуществлять контроль ЭПР, использование высоких технологий с точки зрения применения вычислительной техники и технических средств.

Вопросы рассеяния электромагнитных волн на объектах, имеющих сложную форму, исследовались многочисленными исследователями [6-9].

Областью решения является апертура и внутренняя область полых структур, которая связана с повышенными требованиями к

вычислительным ресурсам, особенно если размеры апертуры велики. Необходимо развивать эффективные подходы для расчета характеристик рассеяния апертур, имеющих произвольную форму.

Неоднородность является характерной особенностью для каждой реальной среды. Эта неоднородность может быть регулярной или случайной. В то время как распространение волны в трубах или волноводах может рассматриваться как пример регулярной неоднородности, случайная неоднородность может включать рассеивание волн. Рассеянные волны связаны с падающей волной и могут привести к тому, что будет изменяться амплитуд и фаза в рассматриваемой области. Полые структуры могут быть рассмотрены в каналах беспроводной связи. В случае беспроводного канала принципы распространения электромагнитной волны через среду могут быть описаны на основе трех механизмов: это отражение, дифракция и рассеивание.

Электромагнитные волны, прибывающие от определенного направления в поверхность с большими размерами по сравнению с длиной волны, частично отражаются этой поверхностью. Интенсивность отраженной волны зависит от частоты радиоволны, типа материала, поляризации волны и угла падения.

Дифракция может быть объяснена как изгиб радиоволн вокруг полых структур. Рассеивание - дисперсия радиоволн, должны быть связаны с объектами, включающими нерегулярные структуры или поверхности [10, 11].

Вследствие таких эффектов электромагнитная волна, которая достигает приемного устройства, может выглядеть весьма искаженной. Можно выделить разные пути, по которым распространяется сигнал. В случае цифровых коммуникаций указанные эффекты могут вызвать ошибки, относительно принятия решений относительно того, является ли сигнал 0 или 1.

Многопутевые возможности распространения сигнала определяют дополнительную степень свободы, для того, чтобы улучшить способности двухсторонних систем связи.

На рис. 1 приведена структура модуля, который предназначен для проектирования полых структур и может быть использован в составе современных электродинамических САПР.

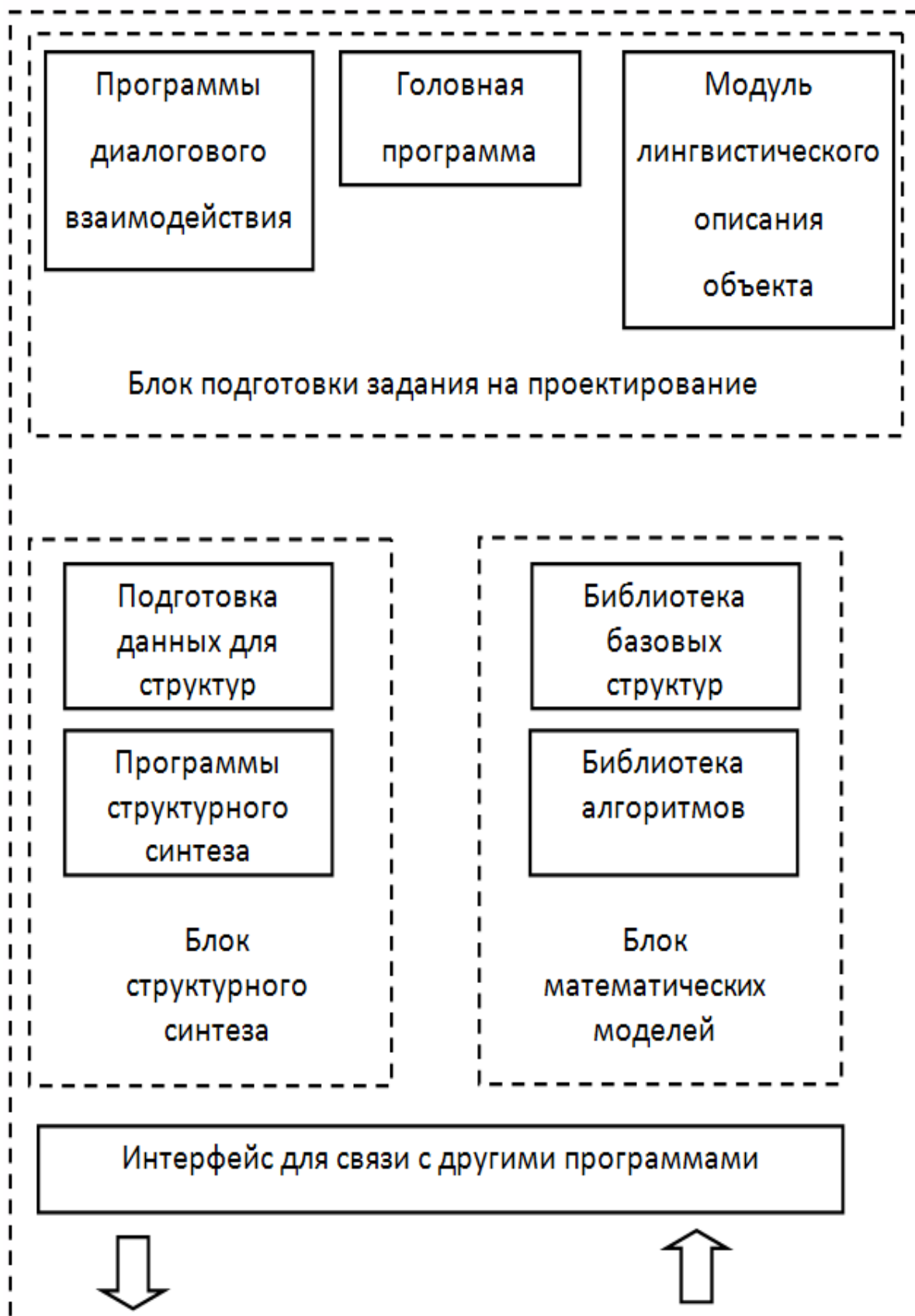


Рис.1 Модуль для проектирования полых структур

Важным этапом в автоматизированном проектировании полых структур можно считать проведение выбора их вида и структуры, которые определяют закономерности рассеяния ими электромагнитных волн.

В блоке подготовки задания на проектирование происходит подготовка команд для построения основных программ САПР.

В основе блока математических моделей дифракционных структур используются аналитические модели и модели, построенные на применении численных методов по основным базовым элементам и универсальным математическим методам, когда решаются задачи, связанные с дифракцией электромагнитных волн на различных элементах, в том числе и резонансных размеров, построенные на основе интегрального уравнения.

В блоке структурного синтеза рассматриваются процедуры, связанные с тем, что идет минимизация (максимизация) целевой функции по ряду дискретных аргументов, когда идут функциональные и топологические ограничения, основанные на подходах, использующих дискретное и динамическое программирование, а также корреляционный анализ.

**Вывод.** Важным направлением в построении современных электродинамических САПР можно отметить расширение круга тех задач, которые решаются с их использованием. Моделирование полых структур, входящих в состав объектов техники, в значительном числе случаев сталкивается с необходимостью применения численных методов, позволяющих осуществлять решение интегральных уравнений. Исходя из общих принципов построения современных САПР дифракционных, антенных и фидерных в работе предложена структура модуля, предназначенного для проектирования полых структур.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Душеина Л. В., Рунов А. В., Монин М. А. Влияние конструкции обобщенной модели силовой установки летательного аппарата на ее эффективную площадь рассеяния / Радиотехника. - 1994. - № 6. - С. 20-26.
2. Ковалев И. С. Прикладная электродинамика / Мн.: Наука и техника, 1978. - 343 с.
3. Преображенский А. П. Моделирование и алгоритмизация анализа дифракционных структур в САПР радиолокационных антенн / Монография. Воронеж: Научная книга, 2007. - 248 с.

4. Львович Я.Е. Многоальтернативная оптимизация: теория и приложения / Воронеж, Издательство "Кварта", 415 с.
5. Справочник по радиолокации. / Под ред. Сколника М. - М.: Сов. радио, 1976. - т.1. - 455 с.
6. Самохин А. Б. Интегральные уравнения электродинамики трехмерных структур и итерационные методы их решения. / Радиотехника и электроника. - 1993. - Т. 38. - № 8. - с. 1345-1369.
7. Никольский В.В. Электродинамика и распространение радиоволн / М.: Наука, 1978. - 543 с.
8. Марков Г. Т. Математические методы прикладной электродинамики / Г. Т. Марков, Е. Н. Васильев - М.: Сов. радио, 1970. - 120 с.
9. Chatterjee A., Jin J.M., Volakis J.L. Edge-based finite elements and vector ABC applied to 3-D scattering. / IEEE Trans. Antennas Propagat., 1993. - vol. AP-41. - no. 2. - Pp. 221-226.
10. Ильинский А. С., Слепян Г. Я. Колебания и волны в электродинамических системах с потерями / М.: МГУ, 1983.
11. Maamria K., Wagatsuma T., Yoneyama T. Leaky NRD guide as a feeder for microwave planar antennas. / IEEE Trans. Antennas and Propag. 1993, V. 41, № 12. - Pp. 1680-1686.

A.P. Preobrazhensky

## THE CHARACTERISTICS OF PROTOCOLS IN MESH-NETS

*Voronezh Institute of High Technologies*

*The paper deals with the design features of the diffraction objects in an example of hollow structures. The main characteristics that are important in practice are shown. The structure of the module for the design of hollow structures is given, its constituent components are described.*

**Keywords:** CAD, hollow structure, characteristic, scattering of radio waves.