

ПРОГРАММА ДЛЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО АНАЛИЗА ДИАГРАММ НАПРАВЛЕННОСТИ ТИПОВЫХ АНТЕНН

В.И. Пермяков, Е. Зима, студенты

Научный руководитель А.А. Иванов, доцент каф. ТУ, к.т.н.

г. Томск, ТУСУР, ПИШ, pvlad7606@gmail.com

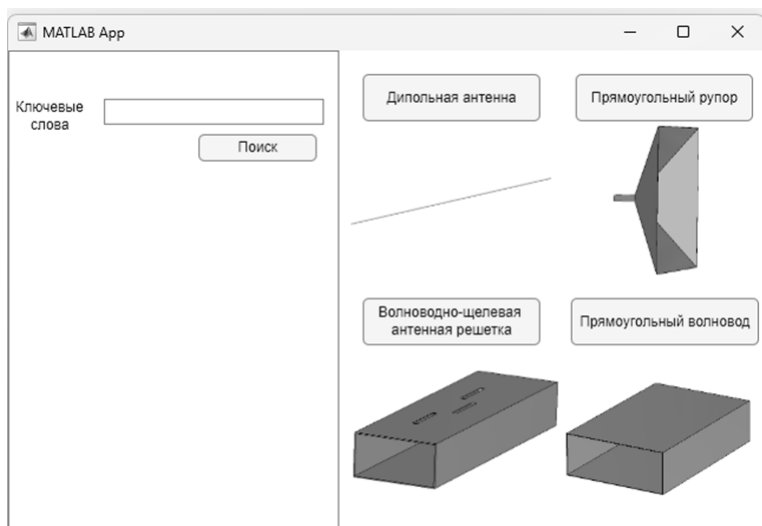
Представлены результаты разработки программы для предварительного анализа диаграмм направленности типовых антенн в среде MATLAB на основе аналитических выражений. Разработан графический интерфейс, обеспечивающий настройку геометрических и физических параметров дипольных, рупорных и волноводных антенн, визуализацию 3D-моделей и построение диаграмм в декартовой и полярной системах координат. Тестирование выполнено путем сравнения с результатами моделирования в CST Studio Suite. Оно подтвердило согласованность данных при варьировании частоты и размеров антенн. Разработанный инструмент даёт достаточную точность для экспресс-анализа при значительном упрощении вычислений.

Ключевые слова: антенны, диаграмма направленности, аналитический расчет, программа, пользовательский интерфейс.

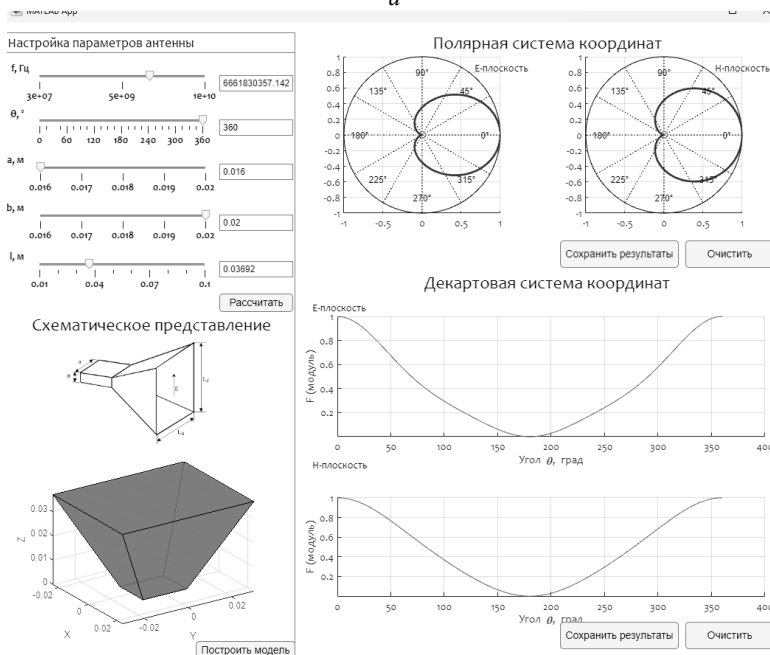
Антенны являются основой большинства современных средств связи, навигации и радиолокации. Зачастую при разработке антенн применяют системы автоматизированного проектирования (САПР), способные выполнять полноволновой численный анализ их ключевых характеристик. Однако на ранних этапах проектирования применение аналитических выражений, основанных на строгих математических моделях, позволяет получать решения в виде замкнутых выражений, что значительно ускоряет расчеты и анализ характеристик типовых антенн.

Одной из ключевых характеристик антенн является диаграмма направленности (ДН), так как современные радиосистемы требуют поддержания стабильных излучающих характеристик в заданных частотных диапазонах. Кроме того, ДН некоторых антенн могут быть получены аналитически, что позволяет ускорить их разработку. Таким образом, цель работы – разработка программы для предварительного анализа ДН типовых антенн на основе аналитических выражений.

Разработка программы выполнена в среде MATLAB. Программа дает расчёт следующих типовых антенн: дипольная, рупорная, волноводная, волноводно-щелевая. На рис. 1 приведен графический интерфейс программы.



a



б

Рис. 1. Графический интерфейс разработанной программы: главное окно (а), окно настройки и результатов (б)

Главное окно содержит перечень доступных для анализа антенн (рис. 1, *а*). Их выбор осуществляется нажатием по кнопке с названием антенны. Также в окне реализован функционал поиска необходимой антенны по ключевым словам. После выбора антенны открывается окно, содержащее блок настроек параметров, ее схематическое изображение и полученные ДН (рис. 1, *б*).

Перечень настраиваемых параметров зависит от типа выбранной антенны. Настройка параметров выполняется с помощью специальных слайдеров, изменяющих значения в полях ввода. После ввода всех параметров доступны построение интерактивной трехмерной модели и расчет ДН антенны в декартовой или полярной системах координат. Результат расчёта может быть сохранен в текстовом формате.

Выполнено тестирование программы за счёт сравнения результатов расчёта в ней и в САПР CST Studio Suite (CST). Для каждой антенны сформированы тестовые выборки конфигураций входных параметров. Это позволило проверить стабильность используемых аналитических выражений и выявить ограничения для каждого типа антенн.

Расчеты для дипольной антенны выполнялись при изменении ее длины l от 0,1 до 0,2 м при частоте $f = 1$ ГГц, а также при изменении частоты f от 1 до 11 ГГц при $l = 0,14$ м.

На рис. 2 представлено сравнение двух ДН из выборки с результатами, полученными в CST. Они близки.

Расчеты для прямоугольной рупорной антенны выполнялись в плоскостях E и H . Выборки формировались за счёт изменения ширины длиной a и широкой b стенок апертуры волноводной части и частоты f .

В первом случае a изменялась от 0,1 до 0,6 м при $f = 1$ ГГц и $b = 0,3$ м, во втором случае использована аналогичная выборка, но с изменением b , а в третьем – при фиксированных размерах апертуры ($a = 0,3$ м, $b = 0,3$ м) и изменении f от 1 до 11 ГГц. На рис. 3 приведено сравнение двух ДН из выборки с результатами, полученными в CST. Они близки.

Таким образом, разработанная программа позволяет сделать быстрый расчет ДН типовых антенн. Показано, что результаты, полученные в программе, согласуются с результатами полноволнового расчёта при различных параметрах антенн с малыми отклонениями. Недостаточная точность аналитического расчёта компенсируется его скоростью и простотой реализации. В дальнейшем планируется усовершенствовать программу, расширив библиотеку доступных для расчета антенн.

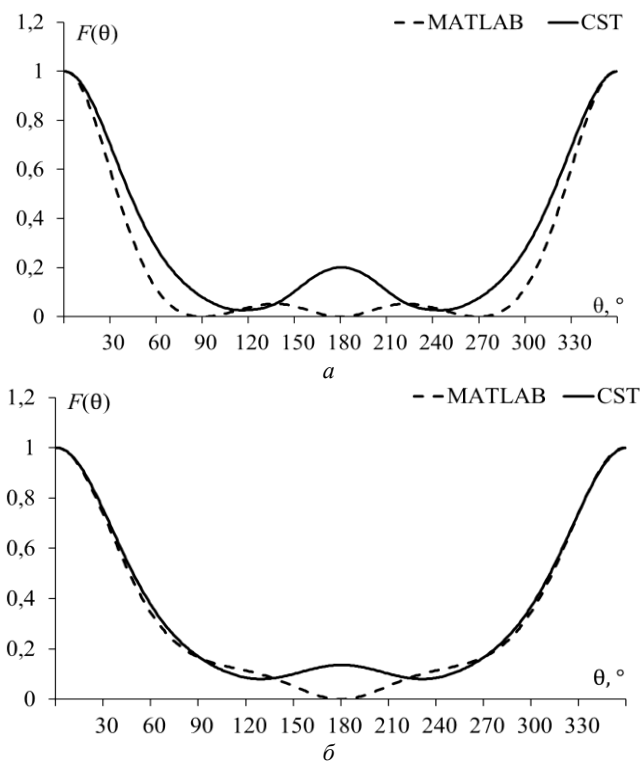


Рис. 2. Нормированное значение ДН дипольной антенны: при $f=1$ ГГц и $l=0,14$ м (а), при $l=0,14$ м и $f=10$ ГГц (б)

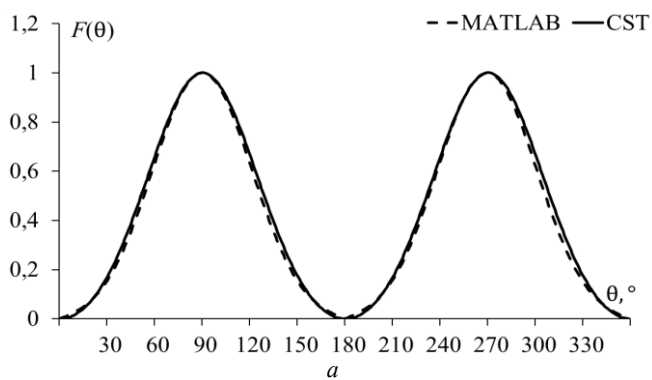


Рис. 3 (начало)

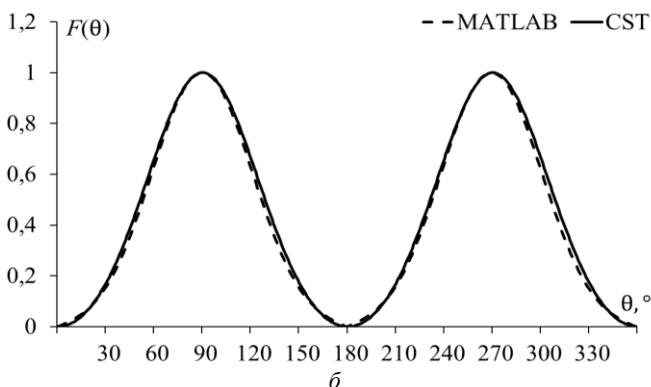


Рис. 3 (окончание). Нормированные значения ДН рупорной антенны:
в плоскости E при $a=0,3$ м, $b=0,3$ м и $f=1$ ГГц (a),
в плоскости H при $a=0,55$ м, $b=0,3$ м и $f=1$ ГГц (b)

ЛИТЕРАТУРА

1. Шостак А.С. Антенные устройства СВЧ-микроволновые антенны и устройства СВЧ / А.С. Шостак, И.И. Горелкин, В.П. Зайцев. – Томск: ТУСУР, 2018. – 119 с.
2. Распространение радиоволн и антенно-фидерные устройства / О.А. Юрцев и др. – М.: БГУИР, 2003. – 164 с.
3. Создание пользовательских интерфейсов с App Designer [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://nweb42.com> (дата обращения: 07.10.2025).