

Численный анализ эффективной площади рассеяния беспилотного летательного аппарата самолетного типа

С. Н. Разиньков¹, email: razinkovsergey@rambler.ru

А. В. Богословский¹, email: bogosandrej@yandex.ru

Д. Н. Борисов², email: borisov@sc.vsu.ru

¹ Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина» (г. Воронеж)

² Воронежский Государственный Университет

Аннотация. *С использованием системы построения 3D-моделей SolidWorks создана объемная цифровая модель и по результатам численного решения краевых задач электродинамики в компьютерной системе Altair FEKO исследована эффективная площадь рассеяния средневысотного беспилотного летательного аппарата «Anka-I». Выявлены закономерности изменения его отражательных свойств в диапазоне частот при различных ракурсах наблюдения.*

Ключевые слова: *беспилотный летательный аппарат, система автоматизированного проектирования, электродинамический анализ, эффективная площадь рассеяния.*

Введение

Современный этап развития технологий вооруженной борьбы [1, 2] характеризуется внедрением разведывательно-ударных комплексов на беспилотных летательных аппаратах (БЛА) самолетного типа [3, 4]. За счет исполнения из композитных материалов [5] комплексы обладают малой фоновой контрастностью [3, 5], затрудняющей их своевременное обнаружение и распознавание средствами дистанционного мониторинга воздушного пространства. Вследствие высокой мобильности носителей самолетного типа, превышающей показатели, характерные для наземной техники и вертолетных авиационных платформ, достигается быстрый перенос усилий по анализу обстановки в заданные районы [2, 3].

Наибольшая результативность выполнения функциональных задач при действиях воздушных группировок в военных конфликтах XXI века продемонстрирована средневысотными БЛА «Anka-I» (Турция) [1, 3, 4]. Успешное применение указанных носителей обусловлено тем, что наряду с высокими маневренными свойствами [4] они характеризуются малыми эффективными площадями рассеяния (ЭПР), не позволяющими

выявлять демаскирующие признаки на дальностях, установленных для захвата на сопровождение и огневого поражения [2].

Таким образом, для повышения надежности контроля воздушного пространства и наращивания ресурса борьбы с воздушным противником особое значение приобретают вопросы оценки фоновой контрастности БЛА.

Рациональные способы определения ЭПР объектов базируются на процедурах электродинамического моделирования. Такой подход имеет существенное преимущество перед натурными испытаниями [6] ввиду более низких материальных и временных затрат, обусловленных отсутствием необходимости изготовления опытных образцов (макетов) изделий. Кроме того, при оценке радиолокационной заметности БЛА иностранного производства путем выполнения серии компьютерных экспериментов с различными наборами электрофизических параметров отражательных поверхностей парируется отсутствие достоверной и полной информации о материалах, используемых при конструировании.

В предлагаемой работе с применением системы построения 3D-моделей SolidWorks и компьютерной программы электродинамического моделирования и численного анализа электромагнитного поля объектов Altair FEKO исследованы моностатические ЭПР БЛА самолетного типа «Anka-I».

Цель работы – анализ отражательных свойств БЛА «Anka-I» в диапазонах частот и секторах углов наблюдения.

1. Компьютерная модель БЛА самолетного типа «Anka-I»

Анализ ЭПР БЛА «Anka-I» проводился для образца серийного производства в виде высокоплана с V-образным хвостовым оперением, выпускаемого аэрокосмической компанией Turkish Aerospace Industries, с 2010 года и обладающего следующими параметрами конструкции [3]:

- длина фюзеляжа – 8,6 м;
- размах крыла – 17,5 м;
- высота (при убирающемся трехколесном шасси) – 3,25 м;
- угол при хвостовом оперении – 100°;
- силовая установка – дизельный двигатель внутреннего сгорания с двойным турбонаддувом TEI-PD170 [3] и трехлопастным толкающим винтом.

Фюзеляж выполнен из радиопрозрачных композитных материалов [2] и содержит электроимпульсную систему антиобледенения и систему управления полетом с двойным резервированием [5].

С использованием системы построения 3D-моделей SolidWorks [6] с активизированными пакетами инструментов для кинематического и структурного анализа и проектирования изделий разработана объемная

полноразмерная цифровая модель БЛА «Anka-I», вид которой приведен на рис. 1. Основу цифровой модели объекта составляет нормальная аэродинамическая нормальная схема воздушного судна самолетного типа при фацетном представлении поверхности корпуса.

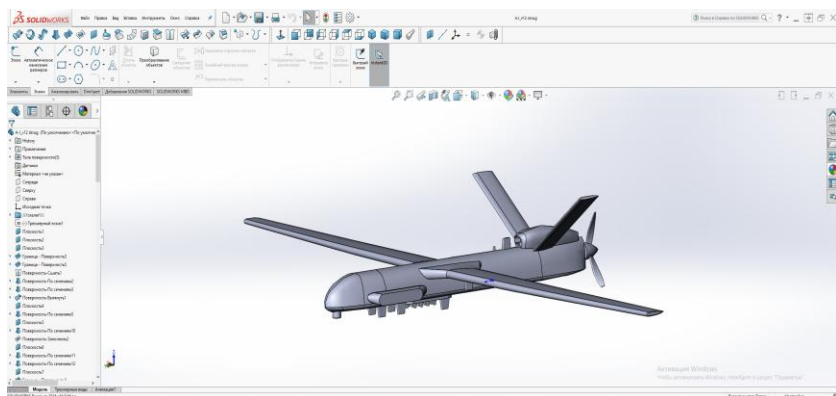


Рис. 1. 3D-модель БЛА «Anka-I» в SolidWorks

Разработка модели БЛА включала последовательные операции по созданию объемных деталей в виде частных трехмерных электронных моделей и их компоновки в единую структуру, согласно установленной проектной схеме.

В соответствии с объектно-ориентированным подходом [7] данные цифрового формата для модельного представления БЛА из SolidWorks транслированы в графическое ядро программы электродинамического моделирования Altair FEKO [7].

В пакете Altair FEKO на основе метода моментов решены краевые задачи возбуждения поверхностных токов фрагментов корпусов и с применением методов геометрической и физической оптики и быстрого мультипольного метода [6, 7] найдены поляризационные компоненты электрического поля в дальней зоне БЛА в виде суперпозиции полей элементарных площадок корпуса. Краевые задачи для поверхностных токов представлены системами интегральных уравнений Фредгольма второго рода в границах расчетных областей с тензорными функциями Грина [7]. При аппроксимации и нахождении весовых коэффициентов распределения токов поверхности БЛА с криволинейными профилями представлялись наборами элементарных площадок треугольной формы. Компоненты поля, рассеиваемого объектом, вычислялись путем

интегрирования произведений распределения поверхностных токов и функций элементарных источников по областям дискретизации.

Расчет ЭПР в диапазоне частот 5,2...5,5 ГГц выполнялся при покрытии корпуса БЛА аппроксимирующей сеткой из 44561 элемента со средней длиной стороны треугольника 0,05 см. Вид сетки представлен на рис. 2.

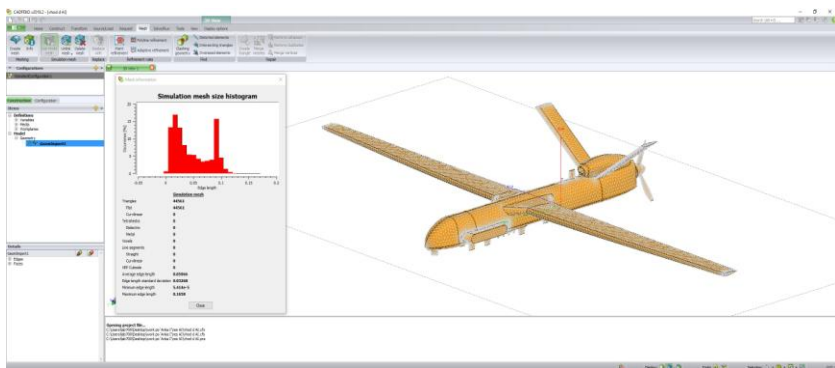


Рис. 2. Сетка разбиения поверхности БЛА «Анка-1» в программе электродинамического моделирования Altair FEKO

2. Анализ отражательных свойств БЛА «Анка-1»

На рис. 3 приведена диаграмма рассеяния БЛА самолетного типа «Анка-1» в полярной системе координат, полученная при облучении с направления 120° плоской электромагнитной волной с линейной поляризацией и частотой $f = 5,2$ ГГц. На рис. 4 представлено трехмерное распределение ЭПР объекта.

Расчеты выполнены на электронно-вычислительном средстве с 8-ядерным процессором Intel Core i7-10700K с частотой 3,8 ГГц и оперативной памятью объемом 32 Гб.

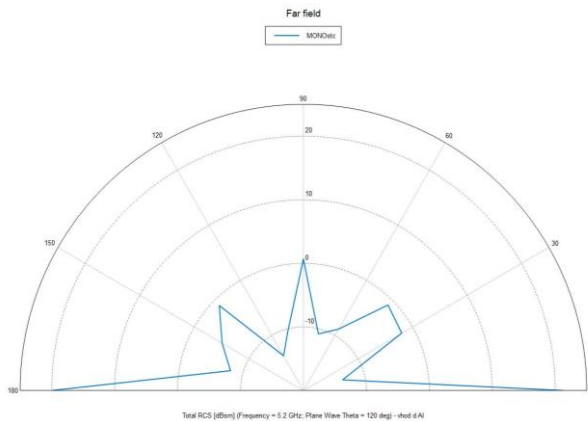


Рис. 3. Диаграмма рассеяния БЛА самолетного типа «Анка-І»

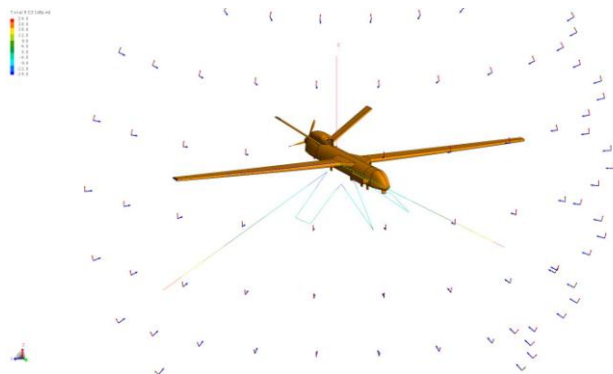


Рис. 4. Трехмерное распределение ЭПР БЛА «Анка-І»

В таблице приведены значения ЭПР исследуемого БЛА при различных углах облучения в диапазоне частот 5,2...5,5 ГГц.

Таблица

Значения ЭПР БЛА самолетного типа «Анка-І»

Частота, ГГц	Величина ЭПР, м ²				
	$\theta = 0^\circ$	$\theta = 45^\circ$	$\theta = 90^\circ$	$\theta = 135^\circ$	$\theta = 180^\circ$
5,2	0,81	0,0515	0,2	0,0025	0,242
5,3	0,58	0,036	0,088	0,0011	0,275
5,4	0,72	0,04	0,085	0,0034	0,224
5,5	0,0011	0,057	0,12	0,0046	0,421

Из представленных результатов следует, что максимальная ЭПР БЛА «Анка-1», равная $0,81 \text{ м}^2$, достигается на частоте $f = 5,2 \text{ ГГц}$ в направлении $\theta = 0^\circ$. При облучении плоскими электромагнитными волнами с частотами $f = 5,2 \text{ ГГц}$, $5,4 \text{ ГГц}$ и $5,5 \text{ ГГц}$ значения ЭПР БЛА не превышают $0,58 \text{ м}^2$, $0,72 \text{ м}^2$ и $0,12 \text{ м}^2$ соответственно. Локальные максимумы зависимостей моностатических ЭПР от угла прихода волны наблюдаются в направлениях ориентации продольной и поперечной аэродинамических балок БЛА. При этом наличие силовой установки со значительными габаритами и хвостового оперения с соединениями в форме угловых отражателей, являющихся доминирующими центрами вторичного электромагнитного излучения, в различных частях корпуса нарушают симметрию распределения ЭПР БЛА по углам облучения в передней и задней полусферах.

Заключение

С использованием программы SolidWorks построена цифровая 3D-модель и по результатам численного решения краевых задач в системе Altair FEKO на электронно-вычислительном средстве с процессором Intel Core i7-10700K исследованы зависимости ЭПР средневысотного БЛА самолетного типа «Анка-1». Выявлены закономерности изменения его отражательных свойств в диапазоне частот при различных ракурсах наблюдения. Показано, что максимальные значения ЭПР объекта в диапазоне частот $5,2 \dots 5,5 \text{ ГГц}$ лежат в пределах $0,12 \dots 0,81 \text{ м}^2$.

Полученные результаты позволяют оценить показатели скрытности применения БЛА и могут использоваться для обоснования направлений совершенствования систем контроля воздушного пространства.

Список литературы

1. Анализ опыта боевого применения групп беспилотных летательных аппаратов для поражения зенитно-ракетных комплексов системы противовоздушной обороны в военных конфликтах в Сирии, Ливии и Нагорном Карабахе / Е. А. Афонин, С. И. Макаренко, С. В. Петров [и др.] // Системы управления, связи и безопасности. – 2020. – № 4. – С. 163-191.
2. Макаренко, С. И. Анализ средств и способов противодействия беспилотным летательным аппаратам. – Ч. 1. Беспилотный летательный аппарат как объект обнаружения и поражения / С. И. Макаренко, А. В. Тимошенко, А. С. Васильченко // Системы управления, связи и безопасности, 2020. – № 1. – С. 109-146.
3. Ростопчин, В. В. Ударные беспилотные летательные аппараты и противовоздушная оборона – проблемы и перспективы

противостояния / В. В. Ростопчин // Беспилотная авиация [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.vpk-news.ru/articles/57318>

4. Турецкая аэрокосмическая промышленность // Anka product page [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.tusas.com>

5. Управление и наведение беспилотных летательных аппаратов на основе современных информационных технологий / Под ред. Н. М. Красильщикова и Г. Г. Себрякова. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2003. – 280 с.

6. Сотников, Н. Н. Основы моделирования в SolidWorks : учебное пособие / Н. Н. Сотников, Д. М. Кобзарь. – Томск : Изд-во Томского государственного политехнического университета, 2013. – 129 с.

7. Банков, С. Е. Электродинамическое моделирование антенных и СВЧ структур с использованием FEKO / С. Е. Банков, А. Н. Грибанов, А. А. Курушин. – М. : One-Book, 2013. – 423 с.