

РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ КОМПОЗИТНОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ АНТЕННЫХ УКРЫТИЙ

А.Д. Иванов, Т.Ю. Ковалева

В работе рассмотрены результаты моделирования композитных материалов, предназначенных для элементов антенных обтекателей и укрытий, обеспечивающих пропускание и поглощение в определенных зонах конструкций антенных укрытий.

Ключевые слова: композитный радиопрозрачный материал, композитный радиопоглощающий материал, защитное покрытие, коэффициент прохождения, коэффициент отражения.

RESULTS OF COMPOSITE SIMULATION FOR ANTENNA SHELTERS

Ivanov A., Kovaleva T.

The paper discusses the results of the modeling of composite materials for the elements of antenna radomes and shelters that provide transmission and absorption structures in certain areas of antenna shelters.

Keywords: composite material radio transparent composite radar absorbing material, protective coating, transmittance, reflectance.

Антенные обтекатели или укрытия (АО, АУ), предназначенные для защиты РЛС от комплекса климатических и поражающих факторов, имеют обычно форму сферы или части сферы. Композитный радиопрозрачный материал (КРМ) АО или укрытия должен обладать свойством радиопрозрачности, обеспечивающим прохождение электромагнитной волны через материал обтекателя без потери электромагнитной энергии.

На дальность действия РЛС оказывают влияние и уровень боковых лепестков диаграммы направленности антенны, которые влияют на форму диаграммы направленности, возникновение ложного обнаружения и, соответственно, на дальность распространения зондирующего сигнала. По уровню боковых лепестков идет обнаружения радиолокационных систем. Снижение уровня боковых лепестков целесообразно осуществлять в комплексе мер защиты, включающих использование фильтров подавления боковых лепестков (ФПБЛ) и использованием поглощающих элементов в конструкциях антенных укрытий [1, 2].

Использование композитного радиопоглощающего материала в АУ или обтекателях вне зоны излучения антенных устройств является эффективным пассивным методом снижения уровня боковых лепестков.

Примерный (схематичный) вариант антенного обтекателя (АО) для базовых станций, представлен на рисунке 1, имеет форму сферы, причем на часть

сферы, вне зоны излучения (1) антенных устройств (3), может быть нанесено защитное покрытие или она может быть выполнена из КРМ (2).

Считается, что уровни ЭМП создаваемые базовыми станциями значительно ниже ПДУ и безопасны для населения. Однако, по мнению ряда ученых, ЭМП базовых станций могут вызвать неблагоприятные последствия для здоровья населения. В связи с вышесказанным, вне зоны излучения целесообразно использовать в конструкциях АО или антенных укрытий защитные радиопоглощающие покрытия или КРПМ, позволяющие снизить уровни электромагнитных полей (за счет боковых лепестков ДН) и, соответственно, снизить уровень воздействия на население.

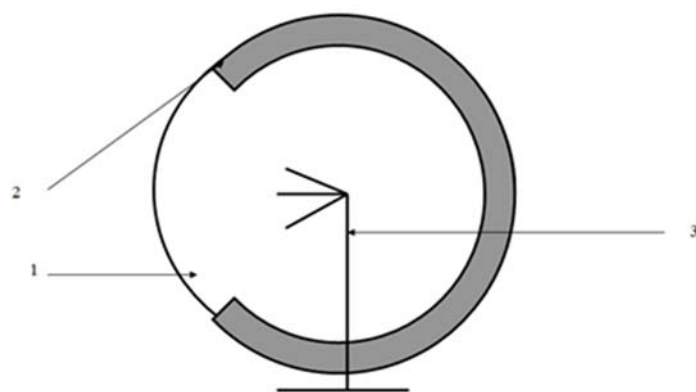


Рис. 1 Обтекатель антенн с защитным покрытием:
1 – стенка антенного обтекателя, 2 – защитное покрытие из КРПМ,
3 – антенное устройство

Радиопрозрачные материалы и изделия из них (РПИ) широко используются в антенных обтекателях самолетов и ракет в условиях аэродинамических и тепловых ударов, дождевой, пылевой, газовой эрозии, ионизирующих излучений, в качестве перегородки-окна в ускорителях и электронных приборах, для обеспечения передачи электромагнитной энергии [2].

Прозрачность этих материалов обеспечивается малыми диэлектрическими потерями в заданном интервале рабочих температур ($\operatorname{tg} \delta \cdot 10^{-2} - 10^{-5}$, $\epsilon \leq 10$) и низким уровнем отражения радиоволн ($|\Gamma| \leq 1\%$). Основу таких материалов составляют органические и неорганические диэлектрики-пластмассы, керамопласты, керамика, плавленый кварц.

Для передающих (приемо-передающих) антенн со слабонаправленной с круговой диаграммой направленности (ДН) в горизонтальной плоскости (рис. 2) целесообразно использовать тип антенного укрытия (АУ) схематично представленный на рисунке 3.

В результате моделирования структур КРМ и КРПМ был произведен расчет элементов антенных укрытий КРМ и КРПМ. Моделирование проводилось по электромагнитным параметрам материалов и по заданным пределам величин коэффициентов прохождения и коэффициентов отражения для рассматриваемых АУ [1, 3].

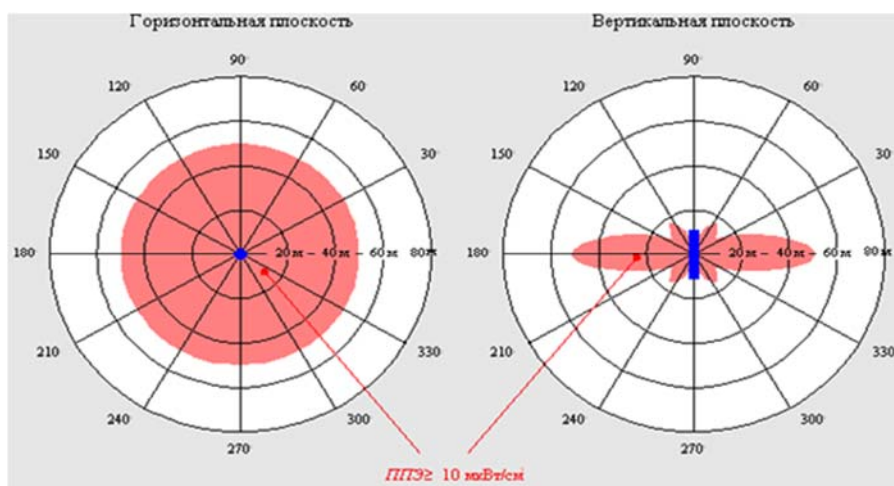


Рис. 2. Диаграмма направленности антенны типа

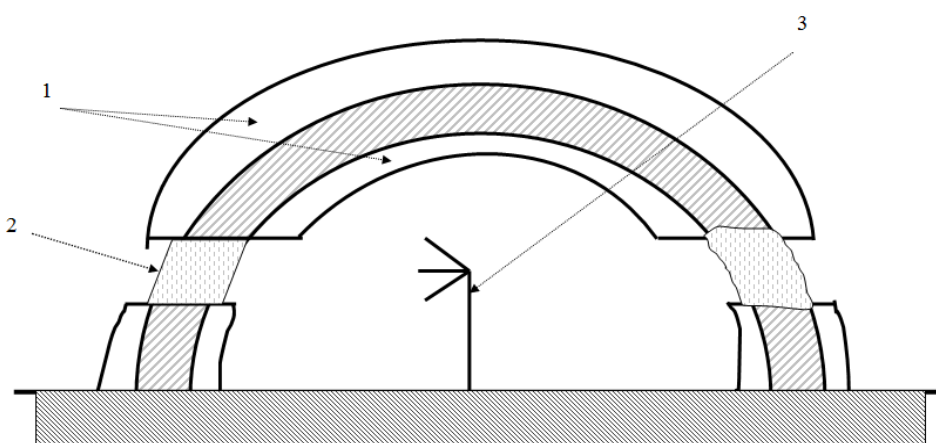


Рис. 3. Антенное укрытие с элементом КРПМ для наземных РЛС:
1 – КРПМ, 2 – окно прозрачности, 3 – антенное устройство

Эти коэффициенты связаны соотношением:

$$|T|^2 + |\Gamma|^2 = 1. \quad (1)$$

Анализ проводится через коэффициент отражения.

В общем случае коэффициент отражения является величиной комплексной и определяется как:

$$\Gamma = |\Gamma| e^{j\psi} = E_{\text{отр.}} / E_{\text{пад.}} = Z_0 - Z_{\text{вх.}} / Z_0 + Z_{\text{вх.}}, \quad (2)$$

где $|\Gamma|$ – модуль коэффициента отражения, ψ – фаза коэффициента отражения, E – амплитуда отраженной ЭМВ, Z_0 – волновое сопротивление (импеданс) свободного пространства, $Z_{\text{вх.}}$ – входной импеданс слоя материала.

Коэффициент прохождения слоя КРМ определяется через коэффициент ослабления:

$$T_1 = F_1(1 - r_1)(1 - r_{12}) (1 + F_1^2 r_{11} r_{12}), \quad (3)$$

где r_1, r_{12} – коэффициенты Френеля.

Результаты расчеты коэффициентов отражения для КРМ и КРПМ представлены в таблицах 1, 2.

ТАБЛИЦА 1. Результаты расчета коэффициента отражения КРМ

№ образца	Коэффициент отражения Г, %			
	Длина волны λ, см			
	0,8	2	3	10
5	1,27	7	1,56	8,4
6	1,56	7	1,56	6,7
7	1,56	9,25	1,56	6,2
8	1,97	6,9	1,97	6,7
9	1,7	6,2	3,1	6,2
10	2,2	6,7	1,7	6,1
11	1,56	10,4	1,56	5,56

ТАБЛИЦА 2. Результаты расчета коэффициента отражения КРПМ

№ Вар.	Толщина РПМ, мм	Коэффициент отражения Г (%) для длин волн λ, см									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1,8	3,4	5,0	2,3	3,5	6,0	5,9	6,5	7,0	8,5	9,8
2	1,9	3,1	5,4	2,5	3,6	5,0	5,8	5,7	6,9	8,3	9,8
3	2,0	3,0	5,0	1,8	3,0	4,9	6	4,9	6,5	8,0	9,2
4	2,1	3,4	5,4	4,0	4,1	4,9	5,9	6,0	6,8	7,9	9,1
5	2,2	3,1	5,3	4,4	4,5	5,1	6,0	6,1	6,7	7,8	8,9

Способность материала поглощать электромагнитное излучение зависит от его состава и структуры и характеризуется лучшей поглощающей способностью при определенных диапазонах частот.

Список используемых источников

1. Ковалева Т.Ю., Ермаков А.В., Ковалева А.Г., Кирик Д.И., Иванов А.В. Селективные радиопоглощающие материалы // Сборник статей XXIV Всероссийской научно-технической конференции школы-семинара РАН. Москва, 2013 г. С. 272–287; С. 403–406.
2. Ковалева Т.Ю., Ермаков А.В., Иванов А.В. Результаты разработки селективных защитных материалов для подвижных объектов военной техники // Актуальные проблемы защиты и безопасности: труды XVI Всероссийская научно-практической конференции. М.: РАН, 2014. Том 3. С. 379–385.

3. Ковалева Т.Ю., Ермаков А.В. Ковалева А.Г. Принципы моделирования и синтеза защитных покрытий промышленных объектов и объектов военной техники // Сборник статей XXII Всероссийской научно-технической конференции школы-семинара РАН. М.: РАН. С. 262–264.

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ЭКРАНИРОВАННОЙ РАМОЧНОЙ АНТЕННЫ ДЛЯ N – КОЛИЧЕСТВА ВИТКОВ

Д.И. Кирик, А.В. Тумашов

Данная статья посвящена антенне, которую можно отнести к классу пеленгаторных антенн. Рамочная антенна является дальнейшим развитием петлевого диполя. Само устройство относится к области антенной радиотехники, которую можно применять в системах радиомониторинга, контроля электромагнитной обстановки в системах связи. Классическая рамочная антенна содержит один виток провода, но иногда используют и многovitковые рамочные антенны, имеющие число витков больше одного. Для того чтобы правильно подобрать входные параметры для данной пеленгаторной антенны не прибегая к созданию физического прототипа, стоит задача построения математической модели, которая свяжет геометрические и электродинамические параметры рамки.

Ключевые слова: рамочная антенна, рамка, четырехполюсник, многополюсник, волновое уравнение, матрицы Z , Y -параметров.

DEVELOPMENT OF A MATHEMATICAL MODEL OF SHIELDED LOOP ANTENNA TO THE N – NUMBER OF TURNS

Kirik D., Tumashov A.

This article focuses on the antenna, which can be classified as DF-antennas. The loop antenna is a further development of the loop dipole. The device itself is to treat the area of radio antenna that can be used in radio monitoring systems, monitoring electromagnetic environment in communication systems. Classical loop antenna includes a coil of wire, but sometimes used and multiturn loop antennas having a number of turns greater than one. In order to correctly pick up the input parameters for a given DF-antenna without having to create a physical prototype, the task of constructing a mathematical model that will connect the geometric and electromagnetic parameters of the frame.

Keywords: loop antenna frame, four-pole, gang-pole functions, the wave equation, the matrix Z , Y -parameters.

В технике и связи по проводам, передатчик и приемник соединены друг с другом парой проводов. Такая пара образует линию связи. Для решения большинства прикладных задач достаточно знать соотношения между напряжениями и токами на внешних зажимах линии и не интересоваться законами распределения напряжений и токов по длине линии, т. е. рассматривать линию как четырехполюсник.