



3. Zabolotnov, Yu. Introduction to Dynamics and Control in Space Tether System. Beijing: Science Press, 2013. 140 p.

4. Liu, H., Song, X., Lin, Q., Chai, H. Deployment dynamics and control of spinning space web// 36th Chinese Control Conference (CCC). Dalian. China. 2017.

А.С. Лаврентьева, В.Р. Фидельман, Ю.Е. Чуманкин

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПРОВИСАНИЯ СЕТКИ РЕФЛЕКТОРА АНТЕННЫ НА ПОГРЕШНОСТЬ ПАССИВНОГО МОНОИМПУЛЬСНОГО ПЕЛЕНГОВАНИЯ

(Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского)

В настоящее время актуальна задача однопозиционного пассивного определения местоположения источника радиоизлучения (ИРИ). Для определения местоположения источника излучения могут применяться пассивные методы [1].

Однопозиционные методы предполагают использование одной многолучевой принимающей антенны с несколькими каналами приема. Каждому каналу приема соответствует один луч диаграммы направленности (ДН) антенны. Электрические оси лучей ориентированы по-разному. Основным этапом решения указанной задачи является определение пеленга на ИРИ. Описание ДН и положения источника излучения ведется в системе координат азимутальный угол φ - угол места θ . ДН дискретизируется на сетке в указанной системе координат. Из определения ДН [2] следует

$$A_i = A_0 d_i(\varphi_0, \theta_0), \quad (1)$$

где A_i – амплитуда излучения, принятого i -ым лучом ДН, A_0 – амплитуда излучения источника, d_i – ДН i -ого луча, (φ_0, θ_0) – направление на источник излучения.

Математически задача однопозиционного пассивного пеленга формулируется как решение системы уравнений относительно неизвестного направления на источник (φ_0, θ_0) [3]. В настоящей работе решение этой системы осуществляется путём минимизации функции ошибки (2) методом симплексной оптимизации. Необходимо отметить, что приём сигналов в реальных условиях всегда сопровождается приёмом шумовой составляющей сигнала. В работе рассматривается аддитивный шум, подчиняющийся распределению Рэлея.

$$E = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \left(\frac{A_i - A_j}{A_i + A_j} - \frac{d_i(\varphi_0, \theta_0) - d_j(\varphi_0, \theta_0)}{d_i(\varphi_0, \theta_0) + d_j(\varphi_0, \theta_0)} \right)^2, \quad (2)$$

где n – это количество лучей антенны.

В работе рассматриваются рефлекторные параболические антенны. В реальных условиях эксплуатации происходят (могут происходить) односторонний солнечный нагрев, температурные перепады, воздействие вибраций и силы



тяжести Земли, вследствие чего возникают отклонения профиля рефлектора от модельной формы. Под действием указанных причин синфазность поля в раскрыве параболической антенны нарушается, что приводит к изменению ДН, отсутствие учёта которого приводит к появлению дополнительной погрешности определения пеленга. Целью настоящей работы является оценка погрешности пеленга, вызванной деформацией рефлектора антенны, при заданной модели и величине деформации.

Широкое распространение получили сетчатые рефлекторы, отражающая поверхность которых формируется из натянутой между опорными штангами проводящей сетки. При нагреве рефлектора антенны происходит тепловое расширение сетки, что вызывает её провисание. Среднеквадратичное отклонение при подобных деформациях составляет ~ 50 мм [4]. При этом точки, расположенные дальше от штанг, смещаются сильнее точек, расположенных ближе к штангам, также точки смещаются тем сильнее, чем дальше они расположены от центра зеркала. Исходя из этого, для проведения численного эксперимента была выбрана следующая модель деформации:

$$x \rightarrow x; \quad y \rightarrow y; \quad z \rightarrow z * (1 - s * def_{\max}), \quad (3)$$

$$s = \frac{\cosh(\zeta) - \cosh(0)}{\cosh(1) - \cosh(0)}, \quad (4)$$

$$\zeta = \frac{\xi}{\xi_{step}} - \left[\frac{\xi}{\xi_{step}} \right], \quad (5)$$

$$\xi = \arctan\left(\frac{\theta}{\varphi}\right), \quad (6)$$

где def_{\max} – максимальное отклонение от идеального параболоида, ξ_{step} – угловое расстояние между опорными штангами. Проведено моделирование деформации рефлектора в соответствии с представленной моделью.

Реализация строгих методов решения задачи рассеяния сопряжена с большими вычислительными затратами, в некоторых случаях целесообразно для анализа полей рассеяния на объектах сложной пространственной конфигурации применять различные упрощения и допущения. Для расчёта диаграммы направленности в настоящей работе использовался метод блестящих точек.

В работе рассмотрен осесимметричный параболический сетчатый рефлектор, с диаметром, равным 10 м, и фокусным расстоянием равным 7 м, количество опорных штанг которого равно шести. Частота настройки антенны выбрана равной 8 ГГц. Для проведения моделирования выбраны две типичные конфигурации излучателей, конфигурации приведены в таблице 1. Частота настройки излучателей $f = 8$ ГГц. Расчёты выполнены для двух деформаций $def_{\max} = 0$ см и $def_{\max} = 5$ см.

Рассчитанные диаграммы направленности для антенн с недеформированным рефлектором приведены на рисунке 2.



Вычислена зависимость средней погрешности пеленга от отношения сигнал / шум (ОСШ) для антенн с недеформированным и деформированным рефлектором. При оценке средней погрешности для каждого из значений ОСШ проведено 1000 измерений. ОСШ изменялось в пределах от 20 до 30 дБ. Результаты моделирования представлены на рисунке 3.

Таблица 1 – Конфигурация излучателей антенн

Шестилучевая конфигурация			Шестнадцатилучевая конфигурация								
№	φ , град.	θ , град.	№	φ , град.	θ , град.	№	φ , град.	θ , град.	№	φ , град.	θ , град.
1	0,00	0,00	1	0,00	0,00	7	3,09	4,25	13	-4,99	-1,62
2	2,85	0,93	2	2,85	0,93	8	5,71	1,85	14	-5,71	1,85
3	1,76	-2,43	3	1,76	-2,43	9	4,99	-1,62	15	-3,09	4,25
4	-1,76	-2,43	4	-1,76	-2,43	10	3,53	-4,85	16	0,00	6,00
5	-2,85	0,93	5	-2,85	0,93	11	0,00	-5,25			
6	0,00	3,00	6	0,00	3,00	12	-3,53	-4,85			

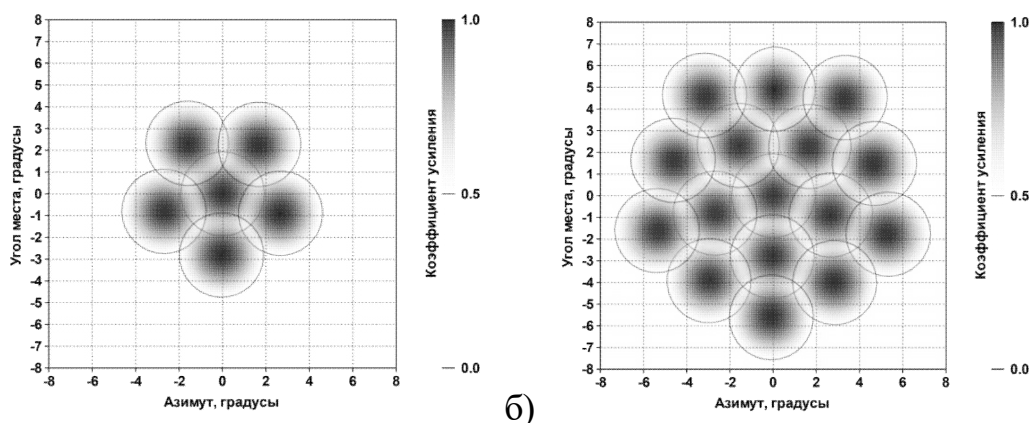


Рисунок 2 – Рассчитанные диаграммы направленности недеформированных антенн а) шестилучевая конфигурация б) шестнадцатилучевая конфигурация

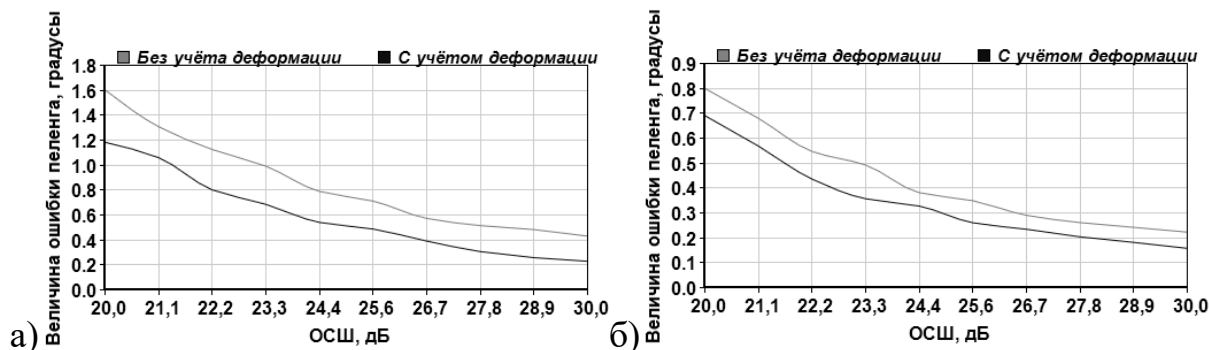


Рисунок 3 – Зависимость оценки погрешности пеленга в зависимости от ОСШ а) для шестилучевой конфигурации б) для шестнадцатилучевой конфигурации



В результате проведения численных экспериментов, получено, что характерные деформации рефлектора антенны приводят к возникновению дополнительного стандартного отклонения, которое оценивается величиной $\sim 0,4$ градуса для шестилучевой конфигурации и $0,1$ градуса для шестнадцатилучевой конфигурации.

Литература

1. Логинов А.А., Морозов О.А., Семенова М.Ю. Алгоритмы повышения точности оценки пеленга в задаче амплитудной моноимпульсной пассивной локации // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского, 2010, №5(2), с. 358-362.
2. Дабкин А.Л., Зузенко В.Л., Кислов А.Г. Антенно-фидерные устройства. Москва: Сов. радио, 1974. – 536 с.
3. Морозов О.А., Фидельман В.Р., Чуманкин Ю.Е. Предварительная селекция сигналов с использованием теоретико-информационного подхода при решении задачи однопозиционной пассивной пеленгации. DSPA 2018. Доклады, Москва, РНТОРЭС имени А.С. Попова. Т.2. 2018, с. 538-543.
4. Калабегшвили Г.И., Бикеев Е.В., Матыленко М.Г. Поиск минимального количества точек отражающей поверхности рефлектора, необходимого для оценки отклонения диаграммы направленности крупногабаритных трансформируемых антенн // Сибирский журнал науки и технологий. Т.2. 2018 №1, с. 66-75.

О.И. Малыхина, А.Г. Филипов

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ИДЕНТИФИКАЦИИ УЗЛОВ НАТУРНОЙ И КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОЙ МОДЕЛЕЙ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА

(Самарский университет)

На этапе экспериментальной отработки космического аппарата (КА) стояла задача получения верифицированной конечно-элементной модели (КЭМ) КА. Для этого, после проведения лабораторных испытаний и расчётов, необходимо было свести данные в одну КЭМ, с последующей корректировкой жесткостных характеристик соединений и элементов расчётной модели.

Для достоверного сравнения, необходимым условием является совпадение координат узлов замеров (лабораторных) объекта испытаний с координатами аналогичных узлов в расчётной КЭМ. В результате того, что замеры проводились бесконтактным методом, то есть с помощью лазерной виброметрии, образовалась погрешность в координатах сопоставляемых узлов (натурных с расчётными). Возникла задача обработки имеющихся данных об узлах натурной модели и узлах конечно-элементной модели КА таким образом, чтобы в результате каждому узлу натурной модели был однозначно сопоставлен один узел КЭМ. Массивы указанных данных представляли собой числовые массивы