

УДК. 621.396.677.859

Є.О. Рябоконт

Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

## СПОСОБИ ВИГОТОВЛЕННЯ НОСОВИХ ДІЕЛЕКТРИЧНИХ ОБТІЧНИКІВ, ЩО МАЮТЬ МАЛІ ПОМИЛКИ ПЕЛЕНГУ ЦІЛІ

Запропоновані способи виготовлення носових діелектричних обтічників із змінною діелектричною проникністю стінки, що мають малі помилки пеленгу цілі. Наведені діелектричні проникності радіопрозорих матеріалів, які можуть бути використані при виготовленні обтічників такого типу. Відмічено можливість корекції зміни діелектричної проникності обтічника внаслідок нерівномірного нагріву при польоті.

**Ключові слова:** носовий діелектричний обтічник, діелектрична проникність.

### Вступ

**Постановка проблеми.** Радіопрозорі обтічники антенних систем (АС) літальних апаратів (ЛА) застосовуються для захисту антенних пристроїв ЛА від негативного впливу навколишнього середовища (вітрових навантажень, гідрометеорів і т.п.) в умовах польоту. Обтічники також повинні задовольняти досить жорстким міцнісним вимогам. Оскільки обтічники АС літальних апаратів одночасно є елементами бортового радіотехнічного обладнання і елементами планера ЛА, їх форма визначається геометричними параметрами антенних пристроїв, місцем розташування останніх і аеродинамічними властивостями ЛА. Внаслідок цих причин носові обтічники ЛА мають велику кривизну поверхні, що, у свою чергу, може приводити до значного спотворення діаграми спрямованості АС. Так, при роботі бортових систем пеленгації, зокрема голівок самонаведення керованих ракет (КР), обтічник, як діелектрична лінза може приводити до відхилення рівносигнального напрямку від очікуваного, і появи значних кутових помилок пеленга, а також до неприпустимих значень їх градієнтів [1]. При цьому помилки будуть тим більше, чим менші електричні розміри (більшу кривизну поверхні) має обтічник. При високоточному наведенні на високошвидкісні і високоманеврені цілі, досягнуті в даний час значення кутових помилок пеленгу та градієнтів кутових помилок системи «антена-обтічник» виявляються неприпустимо великими, що веде до збільшення імовірності прольоту (промаху) ракети [2].

### Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Аналіз методів корекції кутових помилок, що вносяться обтічниками [1, 3 – 5] показує, що найбільш прийнятною для обтічників малих електричних розмірів (наприклад, таких як обтічники зенітний КР або КР класу «повітря-повітря» з самонаведенням) є корекція кутових помилок пеленга, що вносяться обтічником, шляхом зміни діелектричної проникності стінки. Великою перевагою такого методу корекції є те, що він не приводить до зміни товщини стінки і не вимагає розміщення на борту ЛА додаткового устаткування. В останні роки цьому методу компенсації було присвячено низку публіка-

цій, але способи його технічної реалізації запропоновані не були.

**Метою статті** є розробка можливих способів виготовлення носових діелектричних обтічників із змінною діелектричною проникністю стінок.

### Виклад основного матеріалу

Технічно конструкція обтічника із змінною діелектричною проникністю стінки може бути реалізована при виготовленні обтічників з діелектриків (композиційних матеріалів), що мають стільникову структуру (рис. 1).

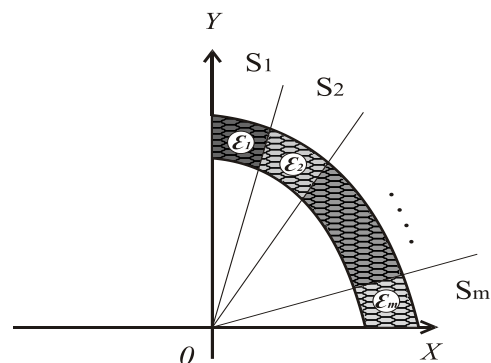


Рис. 1. Структура стінки обтічника із змінною діелектричною проникністю

Технологія виготовлення обтічників такого типу може включати наступні етапи: на формуютьому оснастку намотується склотканина зі з'єднувальним просоченням (в якості з'єднувачів використовуються синтетичні смоли); на шар тканини клеяться стільники (бляшки з діелектрика) з діелектричною проникністю  $\epsilon_1 \dots \epsilon_m$  у сегментах стінки обтічника  $S_1 \dots S_m$  відповідно; зверху намотується другий шар склотканини, після чого зовнішня поверхня обтічника шліфується і покривається захисними складами.

Таким чином, набираючи конструкцію з стільників з різних діелектричних матеріалів, можна виготовити обтічник з необхідною діелектричною проникністю сегментів. Значення діелектричної проникності існуючих радіопрозорих матеріалів, що використовуються для виготовлення обтічників ЛА, змінюються в межах, достатніх для зведення кутових помилок і їх градієнтів до прийнятних значень (табл. 1) [6].

Таблиця 1

Діелектрична проникність деяких керамічних матеріалів, що використовуються для виготовлення обтічників ЛА на частотах 8-10 ГГц

Вид матеріалу	Найменування матеріалу	Діелектрична проникність
Кераміка з нітридів	Нітрид бору BN – горячепресований – ізотропний піролітичний	4,4 3,01
	Нітрид кремнію Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> – що отриманий методом реакційного спікання – горячепресований	5,6 ~9
Кераміка з окислів	Окис алюмінію Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> – високої чистоти (99,5%) – номінальної чистоти	9,6 9,0
	Окис берилію високої чистоти (99,5%)	6,6
	Плавлений двоокис кремнію SiO <sub>2</sub> – Corning Code 7940 – Corning Code 7941 високої чистоти, шлікерне лиття – номінальної чистоти, шлікерне лиття	3,85 3,4 3,3
	Кераміка на основі змішаних окислів – Основна фаза: кордиєрит 2MgO·2Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ·5SiO <sub>2</sub> – склокераміка пірокерам 9606 – шлікерне лиття Rauceram III	5,65 4,8

Носові обтічники з однорідного стільникового матеріалу, що використовуються в КР, бойових літаках, здатні витримувати великі механічні і температурні навантаження під час польоту, отже задовольняють високим міцнісним і температурним вимогам, що пред'являються до таких виробів.

Перспективними матеріалами для виготовлення обтічників також є склопластики. Як відомо,

вихідними матеріалами для виготовлення склопластиків є стеклоармуючі матеріали, такі як склотканини і склоровінги (джгути скловолонна) і з'єднувачі (синтетичні смоли). Як показує аналіз, шляхом вибору армуючих матеріалів і з'єднувачів можна отримувати діелектрики, які будуть мати необхідну відносну діелектричну проникність (табл. 2, 3).

Таблиця 2

Діелектрична проникність деяких стекел

Тип скла	Діелектрична проникність на частоті, Гц			
	10 <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup>	10 <sup>7</sup>	10 <sup>8</sup>
Безлужне	6,5	5,9	6,3	6,2
Високомодульне високоміцне ВМП	5,8	5,6	6,2	5,9
Високомодульне ВМ1	6,2	6,2	6,2	6,2
З низькою діелектричною проникністю типу Д-45	3,6	-	4,0	-
З високою діелектричною проникністю типу Д-9	11,5	-	10,5	-
Кварцеве	3,8	3,8	3,9	3,8

Таблиця 3

Діелектрична проникність деяких з'єднувачів

Тип епоксидних смол	Марки з'єднувачів	Діелектрична проникність на частоті, Гц		
		10 <sup>6</sup>	10 <sup>10</sup>	10 <sup>11</sup>
Епоксидіанові	ЭДТ-10	4,0	3,6	3,0
	СПЭ-14	3,0	2,8	2,6
	СПЭ-17/4	3,3	2,9	2,7
	СПЭ-24	3,8	3,4	2,9
Епокснамінні	СПЭ-16/1	4,0	3,8	3,5
	СПЭ-16/2	3,3	3,0	2,6
	СПЭ-16/3	-	3,1	2,9
	СПЭ-16/4	3,3	3,0	2,8

З табл. 2, 3 можна побачити, що склопластики також придатні для виготовлення обтічників із змінною діелектричною проникністю стінки, але значення діелектричних проникностей склопластиків лежать у більш вузькому діапазоні ніж значення діелектричних проникностей керамічних діелектричних матеріалів.

В процесі польоту ЛА, внаслідок взаємодії з зустрічними потоками повітря, відбувається нерівномірний нагрів планеру, особливо носової частини. Як відомо, зміна температури діелектричного матеріалу приводить до суттєвої зміни його діелектричної проникності [4] (рис. 2).

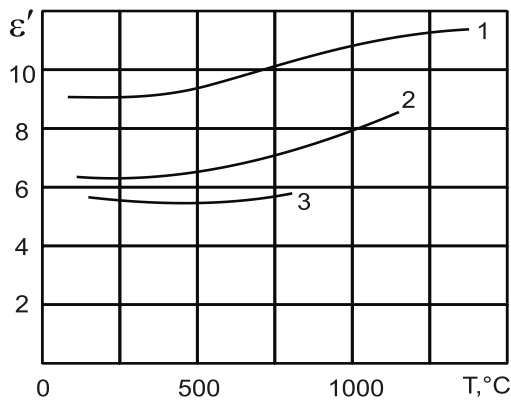


Рис. 2. Вплив температури на електричні характеристики деяких керамічних матеріалів:

1 – пірокерам; 2 – АД – 99; 3 – плавлений кварц

При виготовленні обтічників одним із запропонованих у статті способів можливе усунення похибок, пов'язаних з нерівномірним нагрівом на етапі на етапі конструювання та виготовлення виробу.

### Висновки

Пропонуються два способи виготовлення обтічників із змінною діелектричною проникністю стінки. Перший – шляхом підбору діелектричних харак-

теристик наповнювачів стільникових обтічників, другий – шляхом підбору армуючих матеріалів і з'єднувачів обтічників з склопластику. Слід зазначити, що застосування першого способу дає можливість змінювати діелектричну проникність стінок обтічника в більш широких межах.

При виготовленні обтічників запропонованими у статті способами можлива компенсація зміни діелектричної проникності стінки обтічника що виникає з причини нерівномірного нагріву при польоті. Слід також враховувати неоднакове розширення різних діелектричних матеріалів при нагріві, та вибирати матеріали суміжних сегментів стінки таким чином, щоб запобігти руйнації виробу в процесі польоту.

### Список літератури

1. Каплун В.А. Обтекатели антен СВЧ. – М.: Советское радио, 1950. – 239 с.
2. Abdel Moneum M. A., Shen Z., Volakis J. L., Graham O. Hybrid PO-MoM analysis of large axis-symmetric radomes // IEEE Trans. Antennas Propagat. – 2001. – Vol. 49, №12. – P. 1657-1666.
3. Крылов В.П., Подольхов И.В., Ромашич В.Г., Шадрин А.П. Метод математического профилирования антенных обтекателей // Радиотехника. – 2002. – №11. – С. 20-24.
4. Пригода Б.А., Кокунько В.С. Обтекатели антенн летательных аппаратов. – М.: Машиностроение, 1978. – 120 с.
5. Старков Е.А. Радиопрозрачная стенка обтекателя // Радиотехника. – 2002. – №11. – С. 47-49.
6. Шнейдерман Я.А. Новые радиопрозрачные материалы. (Обзор) // Зарубежная радиоэлектроника. – 1973. – №9. – С. 38-71.

Надійшла до редколегії 24.09.2008

**Рецензент:** д-р техн. наук, ст. наук співробітн. В.В. Бараннік, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

### СПОСОБЫ ИЗГОТОВЛЕНИЯ НОСОВЫХ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ОБТЕКАТЕЛЕЙ, ИМЕЮЩИХ МАЛЫЕ ОШИБКИ ПЕЛЕНГА ЦЕЛИ

Е.А. Рябоконт

Предложены способы изготовления носовых диэлектрических обтекателей с переменной диэлектрической проницаемостью стенки, имеющих малые ошибки пеленга цели. Приведены диэлектрические проницаемости радиопрозрачных материалов, которые могут быть использованы при изготовлении обтекателей такого типа. Отмечена возможность коррекции изменения диэлектрической проницаемости обтекателя вследствие неравномерного нагрева при полете.

**Ключевые слова:** носовой диэлектрический обтекатель, диэлектрическая проницаемость.

### METHODS OF DIELECTRIC NOSE RADOMES MANUFACTURING WITH SMALL BORESIGHT ERRORS

E.O. Riabokon'

Methods of dielectric nose radomes manufacturing with variable wall permittivity which have small target boresight errors are offered. Permittivities of radioparent materials which can be used in manufacturing of this type radomes are given. Possibility of permittivity alteration correction caused by inhomogeneous heating in flight is mentioned.

**Keywords:** nasal dielectric cowling, dielectric permeability.