

## **РОЗРОБКА ПІДХОДІВ ЩОДО ВИКОРИСТАННЯ ПОБІЧНИХ ЕФЕКТІВ, ЯКІ ВИНИКАЮТЬ ВНАСЛІДОК ОПРОМІНЕННЯ РЕЗОНАНСНИМ НВЧ-СИГНАЛОМ ПОКРИТТІВ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ**

*Анотація:* за допомогою запропонованої в статті підходу можуть бути дослідженні перспективні способи отримання інформації про сучасні літальні апарати. Радіолокаційна інформація, яка необхідна для використання у автоматичних системах супроводження літаків, отримується шляхом резонансного збудження покриття фіюзеляжу.

*Ключові слова:* ентальпія, радіопоглинаюче покриття, радіолокаційна інформація, резонанс, сигнал.

### **Вступ**

Сучасна наука і техніка все більше приділяє уваги використанню енергетичних процесів, які викликають створення НВЧ електромагнітних полів, у практиці. Однак, широке застосування радіосигналів супроводжується спостереженням нових явищ та ефектів, природа яких не завжди розкрита. Інколи ці явища вважаються шкідливими і компенсуються відповідними заходами і засобами.

Проблемою є створення умов щодо дистанційної тимчасової зміни провідних властивостей для використання викликаних ефектів у існуючих способах радіолокації. Тенденція розвитку сучасних літальних засобів полягає у використанні неметалічних композитних матеріалів у конструкції планеру. Цей напрямок суттєво знижує можливості існуючих радіолокаційних засобів по виявленню та супроводженню таких літальних апаратів.

Зростання льотно-технічних характеристик сучасних авіаційних засобів вимагає підвищення ефективності радіотехнічних засобів, що удосконалюються або проектується. Тому цілком природним є поглиблення теоретичного та експериментального дослідження процесу опромінення НВЧ-сигналами різної структури і частотного діапазону покриттів аеродинамічних літальних апаратів. Це пов'язано із сучасним перспективним напрямком розвитку авіації – використання різноманітних радіопоглинаючих матеріалів у покритті.

Метою статті є аналіз явищ, що виникають в ході опромінення НВЧ-сигналами радіопоглинаючих матеріалів і розробка підходів щодо їх практичного застосування.

Попередні результати експериментальних досліджень [1] присвячені вивченню явища збудження внутрішньої кристалічної структури радіопоглинаючих матеріалів під час їх опромінення НВЧ-сигналом на

резонансній частоті і відкривають широкий простір для подальшого і більш глибокого вивчення зазначеного явища.

### Основна частина

Донедавна вважалося, що такі явища як збудження радіопоглиначів, пробій ізоляторів, утворення стоячих хвиль в імпедансних покриттях носять супутній шкідливий характер і тому цілеспрямовано не відтворювалися в лабораторних умовах і не досліджувалися з точки зору технічної реалізації.

Низка проведених експериментів та їх метрологічна експертиза фахівцями [1] дає можливість сформулювати гіпотезу, основними положеннями якої є те, що у разі опромінення радіопоглинаючого матеріалу імпульсним НВЧ електромагнітним сигналом з несучою частотою, кратною частоті власних коливань атома кристалічної структури піддослідної речовини, то за умови збігу відповідних коливань фаз власних коливань атому (або базового елемента для молекулярних структур) і початкової фази сигналу опромінення можливо отримати енергетичний відгук, потужність якого в 4-16 разів перевищує потужність, що витрачається для збудження. Дана гіпотеза ґрунтується на теоретичних положеннях Луї Дебройля, теореми Фабрі-Перо і умовах виникнення багатотональних сигналів [2].

Випадкові явища, що супроводжують процес опромінення радіопоглинаючих матеріалів можуть носити цілком керований характер, і головне, мати достатню обґрунтованість для технічної реалізації.

Із основних уявлень сучасної радіофізики відомо, що будь-які матеріали здатні акумулювати НВЧ-енергію – так зване явище ентальпії [2], що супроводжується виділенням теплоти. Ефективна ентальпія різна для кожного матеріалу різна (табл. 1), але супроводжується загальними закономірностями: сублімацією і переходом речовини під час розігріву з твердої фази в газоподібну; оплавленням покриття з подальшим випарюванням рідинної фази; піролізом, що супроводжується термічним розпадом покриття без доступу повітря; хімічною взаємодією продуктів розпаду покриття з компонентами покриття (іонізація прикордонного шару покриття); механічною ерозією, пов'язаною з механічним виходом елементарних частинок з кристалічної структури (віднесення покриття) [3].

В таблиці 1 звертає на себе увагу вміст вуглецю в більшому чи меншому ступені практично у всіх радіопоглиначах та ізоляторах. По-перше, відповідно до закону Бугера-Ламбера, високий коефіцієнт поглинання енергії електромагнітного поля і доволі висока температура плавлення робить цю речовину дуже практичною при синтезі покриттів в технологіях штучного зниження площі віддзеркалення [5]. По-друге, можливо припустити, що відсутність вуглецю в матеріалі останньої позиції табл. 1 пояснюється використанням ситалів у якості радіопрозорих об'єктивів. Тобто, наявність вуглецю у внутрішній структурі речовини

Таблиця 1  
Значення ефективної ентальпії  $H_{ef}$  та температури  $T$ , що її супроводжує, для деяких радіопоглинаючих та ізоляційних матеріалів\*

| №  | Матеріал | Неф, Вт/кг | T, °C | Вміст вуглецю, % | Коефіцієнт розсіювання радіохвиль |
|----|----------|------------|-------|------------------|-----------------------------------|
| 1. | Графіт   | 573,16     | 3447  | 100              | 0,01                              |
| 2. | Силікат  | 181,93     | 3227  | 50               | 0,02                              |
| 3. | Сажа     | 178,71     | 2227  | 33               | 0,031                             |
| 4. | АФ       | 161        | 2127  | 25-27            | 0,06                              |
| 5. | LHX      | 121,3      | 2100  | 18               | 0,1                               |
| 6. | TAS      | 67,4       | 2027  | 15               | 0,1                               |
| 7. | Сітал    | 40,4       | 2000  | 0                | 0,15                              |

\*Таблиця складена за матеріалами [4].

буде екранувати роботу радіолокаційних систем, що прикриваються об'єктами.

Широке використання різних композитних речовин в техніці НВЧ добре себе зарекомендували в ході їх експлуатації, але було помічено, що ресурс їх невеликий, а під час інтенсивного використання в циркуляторах та еквівалентах антен складає десятки годин і менше [6]. В роботах, опублікованих у виданнях МВТУ ім. Баумана, пов'язують це з дією вищезгаданого явища ентальпії. Таким чином, виникає зацікавленість до аналітичних залежностей, якими пов'язується ефективна ентальпія з іншими параметрами і характеристиками:

$$H_{ef} = \frac{(h_1 - h_0) + \Gamma(h_2 + \psi(E))}{1 + \frac{h_3}{E} \cdot \frac{q_1}{q_2}}, \quad (1)$$

де  $h_0$  – початкова ентальпія речовини;

$h_1$  – ентальпія конденсованої фази речовини за умови температурного пошкодження речовини;

$h_2$  – тепловий ефект газифікації компонентів речовини покриття під час НВЧ розігріву;

$\Gamma$  – ступінь газифікації матеріалу покриття;

$h_3$  – тепловий ефект під час хімічного розпаду речовини покриття;

$\psi$  – коефіцієнт розігріву покриття за рахунок опромінення сигналами НВЧ енергії;

$q_1/q_2$  – відношення питомих теплових потоків до опромінення і під час опромінення НВЧ-сигналом.

Якщо зважити на складові аналітичної залежності (1), то можна стверджувати, що розігрів покриття під час ентальпії прямо залежить від щільності потоку енергії електромагнітного НВЧ поля на одиницю маси та площі речовини. Як зазначалося, ентальпія є супутнє шкідливе явище радіопромінення і широко спостерігалось, але не відтворювалося в лабораторних умовах.

Якщо навчитися керувати даним явищем, то виникає обґрунтована можливість використання ентальпії в якості фактору радіолокації.

Така локація буде ефективним при виконання наступних умов:

- створення достатньої потужності на одиницю маси та площі на ім-педансному покритті літального апарату;
- температура, що супроводжує ентальпію покриття повинна перевищувати температуру механічної ерозії фіюзеляжу і несучих поверхонь літального апарату;
- фактори локації повинні бути достатніми для виявлення літального апарату на фоні радіоперешкод.

Попередні розрахунки за допомогою відомих методик радіолокації та електродинаміки [7] (табл. 2) свідчать про те, що наземні радіолокаційні пристрої майже не можуть створити зазначених умов виникнення ентальпії, оскільки обмежені у можливостях елементної бази для створення даних умов на великих дальностях (більше 100 км).

Таблиця 2  
Зведена таблиця результатів моделювання умов виникнення ентальпії радіопоглинаючих покриттів.

| №  | Пристрій    | Потужність, МВт          | Дальність, км | Ентальпія, Вт/кг | Температура, °C |
|----|-------------|--------------------------|---------------|------------------|-----------------|
| 1. | наземна РЛС | 0,94                     | 100           | 17               | 100             |
| 2. | РЛС         | 0,5                      | 0,1           | 53               | 153             |
| 3. | РЛС         | 0,7                      | 0,1           | 98               | 207             |
| 4. | РЛС         | 0,5 (за умови резонансу) | 0,1           | 184              | 850             |

Інші дві умови, що перераховувалися, залежать від властивостей матеріалів, з яких виготовлені сучасні літальні апарати (табл. 3):

Таблиця 3  
Допустимі температури для матеріалів планерів літальних апаратів.

| №  | Матеріал                                | Гранично допустима температура, °C |
|----|---|------------------------------------|
| 1. | Магнієві сплави                         | 200–250                            |
| 2. | Алюмінієво-магнієві сплави, дюралюмін   | 250–300                            |
| 3. | Титанові сплави                         | 400-600                            |
| 4. | Сплави на основі нікелю, боридні сплави | 600–750                            |

\*Таблиця складена на основі даних з [7].

## Висновки

Таким чином, якщо РЛС створить умови ентальпії покриття можливі допустити, що виникне розігрів не тільки покриття, а і елементів

планера. Цей процес буде супроводжуватись сублімацією, хімічним розпадом і віднесенням речовини, що означає виникнення достатньо потужного теплового сигналу інфрачервоного діапазону хвиль.

Враховуючи результати моделювання, можливо припустити: електромагнітна локація може бути достатньо ефективною або за умови великої потужності, що означає принципові зміни конструкції РЛС, або за рахунок реалізації частотно-фазових резонансних методів локації.

### **Література**

1. Солонніков В.Г., Рукосуєв В.В. Узагальнення результатів експериментальних досліджень щодо визначення фазових умов резонансного збудження радіопоглинаючих діелектриків. – К.: Зб. наук. пр. ННДЦ ОТ. – №1(30), 2006 р. – С.130 -136.
2. Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы. – М.: Высшая школа, 1983. – 536с.
3. Ван-Драйст. Проблемы аэродинамического нагрева // Вопросы техники. – 1987. – №5. – С. 23 – 30.
4. Копытов М.И. РЛС. – М.: Машиностроение, 1970. – 366с.
5. Ванечев А.П. Приближенный метод расчета задачи теплопроводности // Труды МАП. – 1987. – №25. – С. 111 – 120.
6. Авдуевский В.С. Основы теплопередачи в авиационной технике. – М.: Госиздат, 1980. – 286с.
7. Болховишинов В.Ф. Конструкция и эффективность летательных аппаратов // Труды ВВИА им. Жуковского. – 1992. – №5.

Отримано 15.05.2012 р.