

## НОВІТНІЙ ПІДХІД ДО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОЇ ТЕЛЕМЕТРІЇ ПІД ЧАС ПРОХОДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ХВИЛЬ ЧЕРЕЗ ПЛАЗМУ

Розроблення підходів побудови завадостійких телекомунікацій є актуальною проблемою, котра пов'язана із утворенням високотемпературної плазмової оболонки навколо КА, під час виведення його на орбіту із гіпершвидкістю [1, 2]. Прийнято вважати, що гіперзвукова швидкість, це швидкість вище 5 М, тобто більше п'яти чисел Маха, тобто це швидкість, що в п'ять разів перевищує швидкість звуку. Оскільки швидкість КА величина змінна, від 5380 км / г до 6120 км / г, в залежності від щільності шарів атмосфери, котра різна на різних висотах польоту.

Фізичні передумови виділення гіперзвукових КА із межею 5 М між надзвуковими і гіперзвуковими КА вибрана не випадково. При досягненні цієї швидкості КА істотно змінюється характер протікання аеродинамічних і газодинамічних процесів поблизу корпусу КА. Шар повітря, що обтікає КА, при швидкості 5 М розігрівається до температури в кілька тисяч градусів, починають розпадатися молекули газів на іони, що входять до складу повітря. Фізико-хімічні властивості такого іонізованого газу суттєво відрізняються від властивостей звичайного повітря, він прагне вступити в хімічні реакції з поверхнею КА, між корпусом та оточуючий потоком виникає інтенсивний конвекційний і радіаційний теплообмін.

Високотемпературне плазмове середовище створює непроникний шар для електромагнітних хвиль, або шар котрий спотворює електромагнітні коливання, особливо на високих частотах, рис.1.

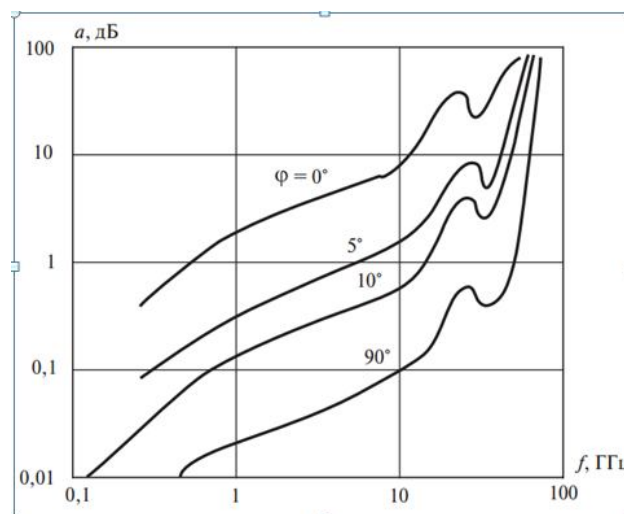


Рис. 1. Сумарне спотворення сигналу в залежності від частоти розповсюдження радіохвиль

Як наслідок, відсутні зворотні дані від КА, спотворення та затримка в часі керуючих команд призводить до погіршення безпеки руху КА.

Під впливом позитивних іонів, котрі бомбардують поверхню КА із великою енергією, та швидких нейтральних атомів, що утворюються в процесі перезаряджання іонів, на поверхні виникає значна вторинна електронна емісія [3]. Ефект розряду плазми характеризується коливальними рухами елементарних частинок, що пронизують плазму.

Зменшення впливу плазми на телеметричний зв'язок із КА, можна досягти кількома методами [2]. Зокрема, антени із тепловим захистом із зниженою чутливістю до взаємодії із плазмою аеродинамічного нагріву. Є метод пов'язаний із використання довгих теплостійких антен, які виносяться за плівку плазмової оболонки.

Запропоновані підходи суттєво погіршують аеродинаміку рухомого об'єкта та є ненадійними. У доступних літературних джерелах [1, 3] не наводяться шляхи направлені на створення завадостійкого середовища без погіршення аеродинаміки.

Утворення надійного каналу зв'язку забезпечується шляхом підсилення сигналу, або узгодженими електромагнітними коливаннями, між плазмовою оболонкою та штучно створеним узгоджувальним шаром та КА. Для ефективної роботи цього підходу товщина узгоджувального шару і плазмової оболонки повинна бути меншою, ніж довжина електромагнітних хвиль, котрі використовуються для комунікації із КА.

Даний метод не коректно працює, якщо частотний діапазон антен буде високим, але саме такий частотний діапазон використовується в даний час, рис.1.

Альтернативний метод, без зазначених недоліків, ґрунтується на утворенні завадостійкого зв'язку шляхом впливу на плазмову оболонку із боку КА. Це можливо при взаємодії елементарних частинок високотемпературної плазми із штучно створеним джерелом низькотемпературної плазми [4].

Пропонується генерувати навколо щільової антени КА низькотемпературну плазму від'ємного випромінювання, котра відштовхує іонізований зовнішній потік плазми, тим самим створюється завадостійкий канал зв'язку. Процес відбувається без втручання у зовнішню конструкцію КА та залежить від геометрії і типу плазмових електродів, тиску та роду газу.

#### *Література*

1. Macheret S., Ionikh Y., Martinelli. and et. al. *External Control of Plasmas for High - Speed Aerodynamics. Paper AIAA 99- 4853. 3rd WIG Workshop. Norfolk. VA. Nov. 1999, P. 16.*
2. *NASA's Guide to Hypersonics [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.grc.nasa.gov/WWW/BGH/>.*
3. *Wolverton M. Piercing the Plasma: Ideas to Beat the Communications Blackout of Reentry. Scientific American. New York: Scientific American. 2009. no. 12. pp. 28–29.*
4. *Райзер Ю. П. Физика газового разряда / Ю. П. Райзер. – Москва :Интеллект, 2009. – 736 с.*
5. *Smirnov Boris M. Theory of Gas Discharge Plasma. Springer Series on Atomic, Optical, and Plasma Physics, Switzerland. – 2015. – P 423.*