

**УДК 621.326**

**Володимир Медвідь, к.т.н., доц.; Андрій Ремез; Микола Пошивак; Петро Микулик**  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

### **АНАЛІЗ СТІЙКОСТІ ТА ТОЧНОСТІ ОФСЕТНИХ АНТЕН В РАДІОКОМУНІКАЦІЯХ**

Анотація. Результатом роботи є дослідження та аналіз оболонки антенної решітки утвореної методом електродугового напилення, та нанесення композиційного матеріалу. Графічно представлена оцінка жорсткістю – міцнісних характеристик антен суцільної та армованої конструкції проведений розрахунок їх напружено - деформованого стану при дії вітрового навантаження та сили земного тяжіння.

Ключові слова: електродугове напилення, армований композиційний матеріал, пуансон, дзеркало, офсетна антена

**Volodymyr Medvid, Ph.D., Assoc. Prof.; Andrii Remez, Mykola Poshyvak, Petro Mykulyk**

### **ANALYSIS OF STABILITY AND ACCURACY OF OFFSET ANTENNAS IN RADIO COMMUNICATIONS**

Abstract. The result of the work is the research and analysis of the shell of the antenna array formed by the method of electric arc spraying, and the application of the composite material. The evaluation of the stiffness and strength characteristics of solid and reinforced antennas is graphically presented, as well as the calculation of their stressed and deformed state under the action of wind load and gravity

Keywords: Electric arc spraying, reinforced composite material, punch, mirror, offset antenna

У роботі розглянуто метод електродугового напилення виробництва антенних систем, та виготовлення відбиваючих поверхонь, що базується на нових технологічних і конструкторських ідеях. Досліджено процес утворення оболонок з сітчастого матеріалу. Складність опису процесу деформування полягає в тому, що сітка веде себе при деформуванні якісно інакше, ніж лист суцільного матеріалу. Це пояснюється її структурою, зокрема, можливістю повороту взаємно перпендикулярних дротинок сітки одна відносно іншої у вузлах. Виготовленням, виробництвом та проектуванням займалися науковці, як України так і закордонні автори, що знайшли відображення у працях [1, 2]. В Україні виробництвом займалися підприємства "Сатурн" і "Промінь". А також відомі закордонні фірми "Siemens", "Andrew".

Представлені дослідження розглядають офсетні антени з метою розкриття їх потенціалу та вдосконалення їхнього застосування у сучасних радіотехнічних системах.

В умовах постійного технологічного розвитку та зростаючої потреби у зв'язку, офсетні антени виходять на передній план як ефективне та інноваційне рішення.

Завдяки інтенсивним дослідженням та розробкам, офсетні антени в останні роки здобули значне визнання у світі радіотехніки. Їхню ефективність та унікальні характеристики ретельно розглянуто та досліджено, що відкриває широкі перспективи в їхньому практичному застосуванні для покращення систем зв'язку та забезпечення стійкості сигналу у різноманітних умовах. Офсетні антени, що виникли як відповідь на вимоги швидкозмінюваних радіокомунікаційних середовищ, відіграють ключову роль у сучасних системах передачі даних. Вони володіють високим рівнем направленості сигналу та забезпечують стабільний зв'язок навіть у складних метеоумовах та електромагнітних перешкодах. Підтверджені результати експериментів та практичного застосування свідчать про високу надійність та стабільність роботи офсетних антен

навіть у критичних умовах, що робить їх перспективними для використання в різноманітних сферах, від телекомунікацій та супутникового зв'язку до військового обладнання та наукових досліджень.



Рис. 1- Офсетна антена

Основні принципи функціонування офсетних антен засновані на техніці фокусування. Сигнал від супутника спрямовується на відбивний елемент, а потім відбивається в напрямку підпірної структури, де розміщується концентратор антени (зазвичай лінза або головка конуса), який збирає сигнал і передає його далі до приймача або конвертера для обробки.

Офсетні антени мають декілька переваг, таких як менша вразливість до втрат сигналу від мікрохвильових перешкод, краща захищеність від погодних умов, а також можливість розташування приймача в центрі антени, що полегшує установку та обслуговування.

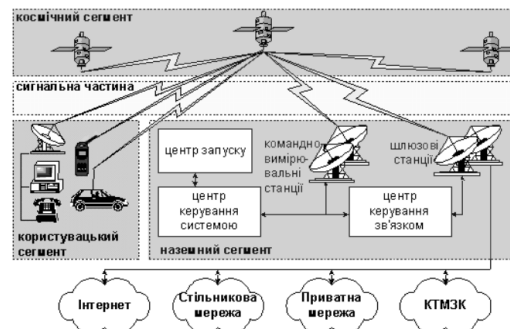


Рис. 2 - Принципи зв'язку та використання антенних систем

Під час дослідження динамічної стійкості дзеркала антени у формі сферичного сегмента, яке скріплене з кільцем, розглядається конструкція з урахуванням різних факторів та параметрів. Для узгодження рішень, розглядають концепцію циліндричної оболонки, яка приєднана до кільця як пружна основа. Це дозволяє врахувати конструктивні особливості, такі як захист від зовнішніх впливів.

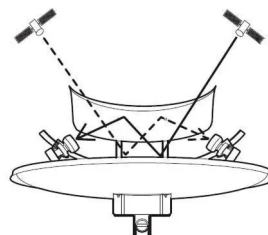


Рис. 3- Тороїдальна супутникова двозеркальна антена

У даному дослідженні ми звертаємо увагу на ефективне використання технології електродугового напилення для створення армованого матеріалу. Цей метод, що дозволяє наносити тонкі шари матеріалу на різноманітні поверхні, має великий потенціал у різних галузях, від промисловості до будівництва та телекомунікацій. Використання електродугового напилення відкриває можливості для поліпшення міцності, захисту від корозії та інших негативних впливів на матеріали, що зазнають високі навантаження, включаючи вітрові. У нашому дослідженні ми досліджуємо конкретний вплив електродугового напилення на армований матеріал в умовах вітрових навантажень та розглядаємо можливості його використання для створення стійких та надійних конструкцій.

Основні етапи виготовлення електродуговим напиленням – це підготовка поверхні, підготовка матеріалу, електрична дуга, напилення, охолодження та закріплення. Поверхня, на яку буде нанесено покриття, повинна бути ретельно підготовлена: очищена від бруду, масла, ржавчини та інших забруднень, може знадобитися шліфування або інші операції для поліпшення адгезії покриття до поверхні. Матеріал, який буде наноситися, зазвичай подається у вигляді дроту або порошку. Він розплавляється в електричній дузі до дуже високої температури. Дуга генерує дуже високу температуру, яка розплавляє матеріал і перетворює його у рідку стружку. Розплавлений матеріал розпилюється на підготовлену поверхню за допомогою струменя газу (зазвичай аргон або повітря). При контакті з поверхнею він швидко застигає і утворює тонке покриття. Після нанесення покриття на поверхні відбувається процес охолодження, під час якого матеріал закріплюється на поверхні. Зазвичай для досягнення максимальної міцності покриття використовуються додаткові процеси, такі як термічна обробка або обробка ультразвуком.

Вітрові навантаження можуть впливати на армований матеріал, отриманий електродуговим напиленням, особливо у випадку конструкцій, які використовуються в умовах відкритого простору, наприклад, на відкритому повітрі або на висоті. Такі конструкції можуть включати в себе мачти, антени, вежі, та інші елементи, які використовуються в телекомунікаційних системах, електропередачі, або в будівництві споруд.

Вітрові навантаження можуть створювати сили, що призводять до деформацій або руйнувань на конструкціях. Армований матеріал, нанесений електродуговим напиленням, може виступати як захисний шар, що допомагає зменшити вплив вітрових навантажень на базовий матеріал конструкції. При розрахунках потрібно враховувати можливі помилки виготовлення та монтажу, такі як неправильне розташування компонентів антени або невідповідність параметрів матеріалів.

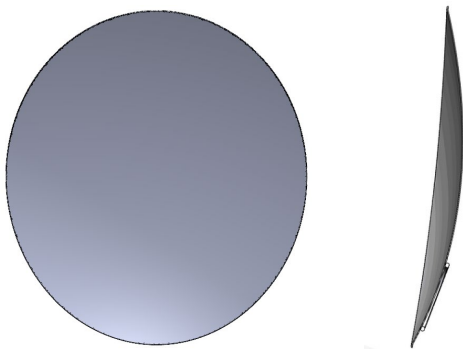


Рис. 4 - Антена офсетна алюмінієва товщиною 2 мм (вигляд спереду та вигляд збоку у розрізі)

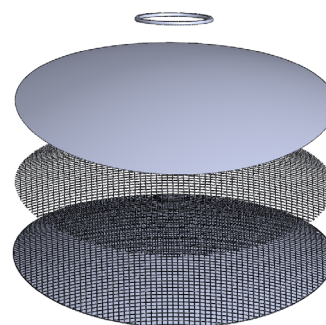


Рис. 5 - Антена офсетна композитна товщиною 2 мм (загальний вигляд конструкції антени)

Офсетна антена може мати відхилення від ідеальної антени через фокусування сигналу на відхідний елемент. Це може потребувати складних обчислень та моделювання для визначення точних характеристик антени.

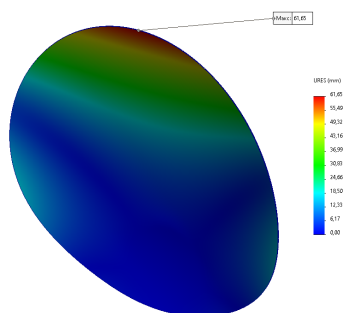


Рис. 6- Епюра переміщень

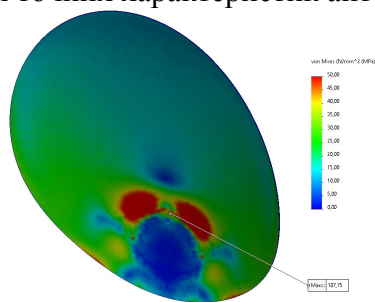


Рис. 7-Епюра напружень

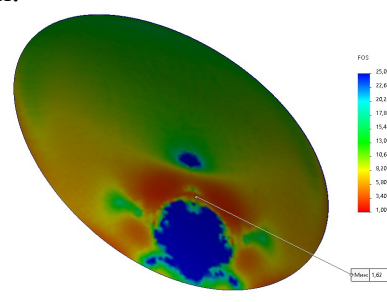


Рис. 8- Епюра коефіцієнту запасу міцності

Під час цього дослідження було доведено, що виготовлення офсетних антен електродуговим напиленням та нанесенням пластику двошаровим методом не поступається за жорсткістю і стійкістю порівняно з іншими методами виробництва. Електродугове напилення дозволяє забезпечити високу якість покриття, яка відповідає вимогам для ефективної роботи антен у різних умовах експлуатації. За результатами аналізу напружено – деформованого стану двох варіантів конструкції офсетної антени встановлено: коефіцієнт запасу міцності для офсетної антени пропонованої конструкції у 5,7 разів менший, ніж у антени базової конструкції, але більший ніж мінімально допустимий коефіцієнт запасу 1,5 для таких конструкцій; нормальні напруження у для офсетної антени пропонованої конструкції у 4,5 рази більші, ніж у антени базової конструкції і становлять  $\approx 108$  МПа; максимальні переміщення верхньої кромки офсетної антени пропонованої конструкції у 20 разів більші, ніж у антени базової конструкції і становлять  $\approx 62$  мм, що повністю унеможливорює нормальну роботу антени за розглядуваних умов (швидкості вітру 20 м/с). Отже, ці результати свідчать про перспективність використання електродугового напилення та нанесення пластику двошаровим методом у виробництві офсетних антен і підтверджують його як ефективний і конкурентоспроможний процес.

### Перелік посилань

1. Николаєнко Б.А., Пелешок С.В. Сучасні супутникові системи зв'язку: навч. посібник. К.: ІСЗЗІ КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. 146 с.
2. Срібна І.М., С.І. Махонін, Власенко Г.М., Кирпач Л.А. Супутникові системи зв'язку і навігації. Навчальний посібник. – К.: ДУТ, 2019. –123 с.
3. М. В. Андреев, О. О. Дробахін, В. І. Магро, В. М. Морозов, Д. Ю. Салтиков АНТЕНИ НВЧ. ПОСІБНИК ДО ВИВЧЕННЯ КУРСУ "АНТЕННО-ФІДЕРНІ ПРИСТРОЇ" 2008.
4. Заїкін І.П., Тоцький О.В. Антени та пристрої НВЧ: Навч. Посібник до курсового проектування. – В 4 ч. – Х.: ХАІ, 1994. – Ч.2.
5. Маркович С.І. Дослідження зв'язку зносостійкості з фізико-механічними властивостями покриттів, нанесених електродуговим напиленням різнорідних дротів // Проблеми тертя та зношування. – Київ, 2007. - №46. С. 16-18.