УДК 621.396.67
Логачова Л.М.[1] , Морщавка С.В.[2], Трухачов А.В.[3]
[1] ст. викл. НУ «Запорізька політехніка»
[2] доц. НУ «Запорізька політехніка»
[3] студ. гр. БК-233 НУ «Запорізька політехніка»

ОСОБЛИВОСТІ ВЕРТОЛІТНИХ АНТЕН БЛИЖНЬОГО ЗВ'ЯЗКУ

Особливості конструкції вертольотів, а також пов’язані з ними умови розміщення вертолітних антен вимагають об’єднати їх в особу групу та розглядати окремо. Вертоліт конструктивно відрізняється від літака чи ракети. Масивна кабіна, низька посадка, гвинти, що обертаються вертикально та горизонтально, шасі що не вбираються, на деяких моделях вертольотів – ці основні конструктивні особливості впливають на конструкцію та параметри антен.

Як приклад, розглянемо можливі місця розташування антен ближнього зв’язку на вертольоті Bell 429 [1].



1 – верхня поверхня; 2 – нижня поверхня; 3 – носовий обтічник; 4 – носова частина; 5 – хвостова балка; 6 – вертикальне оперення; 7 – обтічники (радіо прозорі кожухи).

Рисунок 1 – Зони розміщення антен на вертольоті

Як видно з рис. 1, конструкція даного типу вертольоту дозволяє розмістити антени в семи зонах, позначених на рисунку арабськими цифрами. У зоні 1 – (верхня частина фюзеляжу за кабіною пілотів) місце для навігаційних (GPS/ГЛОНАСС) і супутникових антен зв'язку (SATCOM). Розміщення виступаючих антен не рекомендується через можливе потрапляння уламків льоду в двигун під час польоту в умовах обмерзання. У зоні 2 – (нижня частина фюзеляжу, підкабінний простір) розміщуються УКВ-антени, радіовисотоміри, відповідачі, які потребують зв'язку з наземними службами. У зоні 3 – (носовий обтічник), місце для метеолокаторів та деяких видів антен зв'язку. У зоні 4 – (носова частина фюзеляжу під кабіною пілотів або над нею), місце для антен передачі даних та антен ближньої навігації. У зоні 5 – (хвостова балка (верх/низ)), додаткові антени ближнього зв'язку, розташовані далеко від основних джерел перешкод. У зоні 6 – (на кілі або вертикальному стабілі-

заторі) розташовуються легкі антени ближнього зв'язку та антени резервних каналів. У зоні 7 – (обтічники (радоми), спеціальні радіопрозорі кожухи на корпусі вертольоту) розташовуються вбудовані антени передачі даних та багатодіапазонні антени.

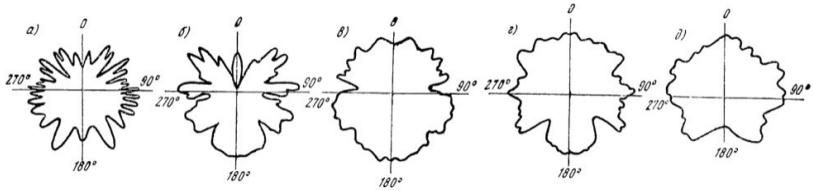
Існують загальні принципи розміщення антен ближнього зв'язку на вертольотах:

-екранування: антени не повинні перекриватися лопатями несівного гвинта та двигунами,

- рознесення частот: антени різних систем (наприклад, навігації та зв'язку) розміщують на безпечній відстані одна від одної, щоб уникнути перешкод,

- вид поляризації: вертикальна/горизонтальна: орієнтація залежить від типу антени.

Розглянемо характерні особливості діаграми спрямованості антен ближнього зв'язку, розташованих у зазначених зонах. Як видно з рис. 2, наявність стойок шасі, крил, лопатей та інших виступаючих елементів конструкції призводить до пелюстковості та сильної порізаності діаграми спрямованості, причому зі збільшенням робочої частоти порізаність діаграми спрямованості буде зростати.



а – верхня поверхня; б – нижня поверхня; в – бокові поверхні;
г – носова частина; д – хвостова балка.

Рисунок 2 – Діаграми спрямованості для однотипних антен, розташованих у зонах 1-5 (див. рис. 1)

На рис. 2,а показано ДС зв'язкової антени, розташованої в першій зоні. На форму ДС антени, розміщеної у верхній частині кільової балки, значно впливає положення лопаті несівного гвинта. Спотворення ДС залежить від висоти розташування лопатей над антеною, їхніх розмірів і кількості, а також частоти обертання гвинта. Це пов'язано з тим, що під час обертання лопатей періодично змінюється відстань між антеною та лопаттю. Отже, з такою ж частотою змінюватиметься їхня взаємна ємність. У результаті періодично змінюється форма ДС та вхідний опір антени. Випромінюваний або прийнятий сигнал стає амплітудно-модульованим. Це явище отримало назву роторної модуляції, третя гармоніка якої близька до 30 Гц. Розташування антени в центрі верхньої частини кільової балки забезпечує нормальну роботу зв'яз-

кових радіостанцій у діапазоні від 60 до 130 МГц. При подальшому збільшенні робочої частоти ДН стає порізаною, з'являються провали в основних напрямках.

На рис. 2,б показано ДС антени, розташованої в нижній частині кільової балки, у п'ятій зоні, в якій ДС найменше порізана. При розміщенні антени ближче до фюзеляжу збільшується порізаність за рахунок екрануючого впливу фюзеляжу, а переміщення антени назад призводить до спотворення ДС за рахунок впливу хвостової п'яти. Зі збільшенням робочої частоти збільшується порізаність ДС і провал у передньому напрямку.

На рис. 2, *в*, *г* та *д* наведено ДС антен, розташованих відповідно в зонах 2, 3, 4 (рис. 1). У даному випадку антени забезпечують нормальну роботу радіостанцій у робочому діапазоні частот від 70 до 400 МГц. Встановлено, що наявність окремих вузьких провалів у ДС не впливає на якість зв'язку. Значне обмеження на розміщення зв'язних антен знизу фюзеляжу пояснюється малою відстанню між корпусом вертольота і землею.

В якості вертолітних антен ближнього зв'язку в діапазоні 100—150 МГц можуть використовуватися літакові антени, наприклад: вібраторні антени (несиметрична чвертьхвильова з заземленою основою та верхнім живленням), Г-подібний вібратор з верхнім живленням. Однак слід враховувати, що електричні характеристики однієї й тієї ж антени, встановленої на літаку та вертольоті, будуть різними, оскільки вони сильно залежать від розмірів, форми та кривизни несівної поверхні.

Завдяки тому, що сучасні вертольоти літають із порівняно невеликими швидкостями, вимоги до аеродинамічного опору та механічної міцності встановлених на них антен можуть бути дещо знижені. Це дозволяє використовувати у якості антен ближнього зв'язку, несиметричні вібратори, що виступають. Однак із збільшенням швидкостей вертольотів виникне необхідність застосування малопомітних зв'язкових антен, що мають низький аеродинамічний опір. Це, звичайно, викличе додаткові труднощі при створенні та розміщенні таких антен. Для вертольотів, у яких відсутній рульовий гвинт, можливим місцем розташування антени ближнього зв'язку може служити нижня частина вертикального хвостового стабілізатора.

З цього короткого огляду можна зробити висновок, що створення вертолітних антен пов'язане з серйозними труднощами.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Bell Flight. Bell 429 Specifications [Електронний ресурс]. URL: https://www.bellflight.com/products/bell-429 (дата звернення: 15.03.2026).

УДК 621.395