

*Д.В. Карлов, доктор технічних наук, СНС
В.М. Плотніков, слухач кафедри 404.
(Харківський Національний університет
Повітряних Сил. Україна)*

Аналіз основних тактично-технічних вимог до радіотехнічної системи ближньої навігації

Розглядаються тактичні характеристики обумовлені тактичними вимогами, що висуваються до розроблювальної апаратури. Тактичні вимоги висуваються на основі сучасних вимог ведення бою авіацією ПС, умов проведення бойових операцій, а також загального стану розвитку техніки й озброєння ПС.

Тактичні характеристики обумовлюються, з одного боку, тактичними вимогами, що висуваються до апаратури, з іншого боку, можливістю технічної реалізації цих вимог. Технічна реалізація апаратури, у свою чергу, залежить від стану теоретичних досліджень, рівня розвитку елементної бази, вартості розробки й виготовлення апаратури. До основних технічних характеристик РСБН належать: потужність випромінювання, діапазон робочих частот, формат сигналів, чутливість приймальних пристроїв, стабільність частоти, споживана потужність. Технічні характеристики розраховуються при проектуванні РСБН таким чином, щоб вони відповідали тактичним вимогам.

Як відомо, дальність дії радіотехнічних систем, працюючих у діапазоні ультракоротких хвиль визначається дальністю прямого бачення, яка в свою чергу залежить від висоти польоту літака.

Авіація ПС України в основному вирішує задачі в тактичний (50-80км) та оперативний (250-300км) глибині. При цьому політ здійснюється на різних висотах. Над своєю територією висота польоту може бути великою. При прольоті переднього краю оборони, політ здійснюється на висотах, найменш небезпечних з точки зору подолання системи ППО. Як показує аналіз до 60% засобів ППО знаходяться в тактичній глибині оборони противника. З урахуванням тактичного радіусу дії літаків та віддалення аеродромів базування авіації від переднього краю оборони дальність дії РСБН повинна бути не менш 300км.

У випадку системи, що проектується, дальність дії визначається зменшенням рівню сигналу з ростом відстані літака від радіомаяку та дальністю прямого бачення.

Зменшення рівня сигналу приводить до зменшення відношення сигнал/завада та, як слід, до зменшення точності вимірювання навігаційного параметру.

Дальність дії, пов'язана зі зменшенням рівню сигналу та ростом відстані визначається виразом:

$$R_{\max} = \frac{\lambda h_1 h_2}{4\pi q} \sqrt{\frac{P_1 G_1 G_2}{K_{\text{ш}} K T_{\Delta} f}}, \quad (1)$$

де: $\lambda=2,6\text{м}$ – середня довжина хвилі роботи радіомаяку; $h_1=h_2=0,7$ – коефіцієнт корисної дії антенно-фідерного тракту (по напрузі) згідно для передавача радіомаяка та приймача літака; $q=3$ – потрібне відношення сигнал/завада по напрузі на виході приймача літака; $P_1=100\text{Вт}$ – середня випромінююча потужність передавача радіомаяку; $G_1=G_2=1$ – коефіцієнт підсилення антен по потужності у напрямку тах діаграми спрямованості згідно для передавача та

приймача літаку; $K_{\text{ш}}=100$ – коефіцієнт шуму; $K=1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{Вт} \cdot \text{с}}{\text{град}}$ – постійна

Больцмана; $T=290^\circ$ – температура навколишнього середовища по шкалі Кельвіна; $\Delta f=30\text{кГц}$ – смуга перепустки бортового приймача.

Підставляючи всі ці значення у формулу 1. ми отримуємо, що дальність дії визначена зменшенням рівню сигналу від росту відстані літака від радіомаяку дорівнює $R_{\max}=517\text{км}$.

Дальність прямого бачення – фактор природний, пов'язаний з квазістатичним характером розповсюдження радіохвиль. Стійкий радіозв'язок в діапазоні УКХ має місто тільки в межах дальності прямого бачення $D_{\text{пб}}(\text{км})$, яка залежить від висоти підйому передавальний ($h_{1,\text{м}}$) та приймальний антен ($h_{2,\text{м}}$) та знаходиться з виразу:

$$D_{\text{пб}} = 4,12(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}). \quad (2)$$

Виходячи з того, що передавальна антена знаходиться на висоті $h_1=8\text{м}$, отримуємо наступні результати, які приведені в табл. 1.

Таблиця 1

Залежність $D_{\text{пб}}$ від висоти польоту

Висота польоту ЛА, м	1000	3000	5000	10000
Дальність дії, км	130,2	225,6	293,1	412,1

Таким чином можна казати, що система, яка проектується, в змозі забезпечувати радіонавігаційною інформацією літаки, діючи у тактичний та ближній глибині, тобто на відстанях понад 300км за переднім краєм оборони.

Зоною дії радіонавігаційних систем називають обмежену область простору в межах якої погрішність визначення навігаційного параметру не перевищує заданого значення з обраною імовірністю. Для різних типів радіонавігаційних систем зони дії мають різні розміри та форму, які визначаються дальністю дії системи, діаграмою спрямованості у вертикальній та горизонтальній площині, а також погрішністю визначення місцезнаходження літака. Для системи, що розробляється, її зона дії має вигляд представлений на рис. 1.

Зона дії РСБН обмежена двома конусними поверхнями з вершинами в

точці розміщення радіомаяка і максимальною дальністю дії у вертикальній і горизонтальній площинах.

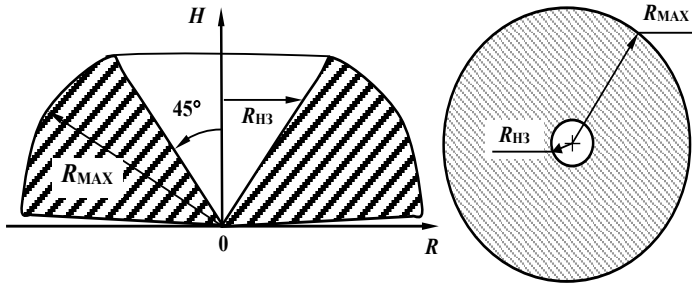


Рисунок 1. Зона дії РСБН у вертикальній і горизонтальній площинах

Причому утворююча внутрішнього конуса, що складає неробочу зону над радіомаяком, розташована під кутом 45° відносно горизонту, а утворююча зовнішнього конуса збігається з лінією прямої видимості ЛА.

Над наземним радіомаяком знаходиться неробоча зона у вигляді перевернутого конусу. Радіус основи конусної поверхні тілесного кута з висотою пов'язаний співвідношенням $R_{НЗ} = H_{ЛА}$, де $R_{НЗ}$ – радіус воронки над радіомаяком; $H_{ЛА}$ – висота польоту ЛА над РСБН. При чому радіус цієї неробочої зони повинен бути згідно вимогам ІКАО, не більш 10,4 км при висоті польоту 6000 м.

Пропускною здатністю радіонавігаційної системи називають її здатність забезпечити радіонавігаційною інформацією одночасно визначену кількість літальних апаратів, маючих відповідне бортове обладнання. Пропускна здатність системи, що проектується, необмежена, що пов'язано з принципом вимірювання азимуту на борту літального апарату, про що буде сказано нижче.

Завадозахищеність РНС характеризує здатність її роботи в умовах дії та організованих завад. Завадозахищеність залежить від завадостійкості та скритності. Під скритністю розуміють здатність системи поваж чувати виявлення її роботи та параметрів її сигналів з боку противника. Скритність визначається інтервалом часу в межах якого випромінюються та розпізнаються противником сигнали РНС та мірами протидії радіорозвідці. Для кількісної оцінки завадостійкості використовують відношення сигнал/завада по потужності або по напрузі при якому погрішність визначення навігаційного параметру не перевищує заданого значення з вимагаємою точністю та імовірністю. Підвищення завадостійкості супроводжується ускладненням схемних рішень, підвищенням енергетичного потенціалу РНС та додатковими витратами часу на вимірювання навігаційного параметру.

Кількісним показником завадозахищеності є імовірність того, що РНС виконує свої задачі в умовах ведення противником електронної протидії.

$$P_{ур} = P_{доз} P_{уропз} (1 - P_{доз}) P_{уроз}, \quad (1.3)$$

де: $P_{уропз}$ – імовірність успішного рішення РНС своїх задач при дії організованих та природних завад; $P_{доз}$ – імовірність дії на РНС організованих завад; $P_{уроз}$ – імовірність рішення РНС своїх задач при дії організованих завад.

Імовірність $P_{доз}$ характеризує скритність роботи РНС та ефективність роботи розвідки противника. Імовірність $P_{уропз}$ та $P_{уроз}$ характеризує завадостійкість РНС. Конкретний захист цих ймовірностей визначається призначенням РНС та складає $0,2 \div 0,5$.

Висновки

РСБН призначена для визначення навігаційних параметрів, які характеризують положення ЛА у полярній системі координат (азимут, дальність) відносно радіонавігаційної точки (радіомаяка РСБН), положення якої на місцевості точно відомо. Таким чином тактичні вимоги висуваються на основі сучасних вимог ведення бою авіацією ПС, умов проведення бойових операцій, а також загального стану розвитку техніки й озброєння ПС.

Список літератури

1. Частотно-фазові модеми / Г.Ф. Витер, Л.Д. Кравченко, М.Н. Маргієв, В.В. Бистрий – К.: Техніка, 1983р. –118 с.
2. Беляєвській А.С., Новиков В.С., Оленюк П.В. Основи радіонавігації: Підручник для вузів цивільної авіації. – М.: Транспорт, 1982р. – 288 с.
3. Трояновский А.Д., Клуга А.М., Цилькер Б.Я. Бортове обладнання Радіосистем ближньої навігації. –М.: Транспорт, 1990р. –140с.
4. Нікітін О.В., Сивашенко С.І., Васишин В.І., Хмуров М.М. Військова техніка радіотехнічного забезпечення авіації Повітряних Сил. Харків: ХУПС, 2011р.