

# Військово-технічні проблеми

УДК 528.8.04

В.В. Бараннік, А.О. Красноручський, А.І. Вареник, А.В. Педько

Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

## ЗАХИСТ БОРТОВОЇ АПАРАТУРИ РСБН-5С ЛІТАКІВ Л-39 ВІД РАДІОЕЛЕКТРОННИХ ЗАСОБІВ ТЕХНОЛОГІЇ CDMA 800 СТАНДАРТУ IS-95 НА ВІЙСЬКОВИХ АЕРОДРОМАХ УКРАЇНИ

Наданий аналіз роботи радіотехнічної системи ближньої навігації і обґрунтовується напрямок захисту бортової апаратури військового літака Л-39 від впливу радіоелектронних засобів технології CDMA 800 стандарту IS-95. Надана інформація щодо можливого ненавмисного завадового впливу сторонніх радіоелектронних засобів для літаків Л-39 в районі аеродромів. Обґрунтовується напрям підвищення безпеки польотів літаків Л-39 з використанням інструментальних систем посадки в районі військових аеродромів в складних метеорологічних умовах.

**Ключові слова:** радіотехнічна система ближньої навігації, технологія CDMA 800 стандарту IS-95, безпека польотів, інструментальні системи посадки.

### Вступ

З кожним роком в Україні спостерігається тенденція до значного збільшення кількості операторів, телекомунікаційних технологій та радіоелектронних засобів (РЕЗ), що надають послуги мобільного зв'язку. В одно час реєструються ненавмисні радіоперешкоди з боку таких радіоелектронних засобів на роботу бортового радіоелектронного обладнання літаків та суттєво впливають на безпеку польотів військової авіації [1 – 3].

Таким чином, метою статті є аналіз радіозавади від радіоелектронних засобів технології CDMA 800 стандарту IS-95, які територіально розташовані в районі військових аеродромів, на роботу бортової апаратури радіотехнічної системи ближньої навігації РСБН-5С військового літака Л-39, та шляхи захисту від впливу радіозавади такого типу на роботу РСБН-5С.

### Дослідження характеристик літакового обладнання РСБН-5С та завадового впливу з боку сторонніх РЕЗ на роботу приймача СПАД-2И

Літакове обладнання РСБН-5С є складовою частиною кутомірно-далекомірної радіотехнічної системи ближньої навігації та посадки і дозволяє разом з наземним обладнанням системи РСБН-4Н визначати в режимі «Навігація» на борту літака його полярні координати та за допомогою наземного обладнання системи інструментальної посадки – посадкової радіомаячної групи ПРМГ-5 в режимі «Посадка» визначати відхилення літака від курсової лінії посадки, відхилення літака від глісади планування та дальність до «точки приземлення», яка є умовною точкою і знаходиться на продовженні поздовж-

ньої осі злітно-посадкової смуги на відстані приблизно 150м від її початку [4].

До складу РСБН-5С входить приймач СПАД-2И, який через антено-фідерну систему АФС-5 приймає сигнали наземних радіомаяків РСБН та радіомаяків посадкової радіомаячної групи (ПРМГ) та в подальшому перетворює їх. Основні технічні дані СПАД-2И:

- діапазон частот азимутального та курсового каналів ..... 905,1...932,4 МГц;
- діапазон частот дальномірного та глісадного каналів ..... 939,6...966,9 МГц;
- частотний інтервал між фіксованими частотними каналами ..... 0,7 МГц;
- кількість частотних каналів ..... 40;
- чутливість приймача по азимутальному тракту, не гірше:

- а) для азимутальних сигналів – мінус 119 дБ/Вт;
- б) для опорних сигналів «35» і «36» мінус 110 дБ/Вт;
- в) для сигналів посадкового курсового маяка мінус 120 дБ/Вт.

Приймач СПАД-2И може працювати у режимах «Навігація» та «Посадка». Приймач побудований за супергетеродинною схемою. Спрощена функціональна приймача зображена на рис. 1.

Конструктивно приймач СПАД-2И не має на своєму вході підсилювача високої частоти (преселектора), тому сигнали від АФС подаються до першого входу змішувача 1, який виконаний на діоді типу 2A012A і призначений для перетворення частоти прийнятого сигналу на проміжну  $f_{пч} = f_c - f_r$ , де  $f_c$  – частота сигналу,  $f_r$  – частота гетеродину. Коефіцієнт шуму змішувача не більше 10 дБ. Навантаження змішувача є розподільчі контури на вході субблоку підсилювача проміжної частоти ППЧ-ДФ (2), на

яких виділяються проміжні частоти азимутального та дальномірних каналів [5, 6]. Номінальні значення проміжних частот:

– дальномірного тракту 64,8 МГц;

– азимутального тракту 30,3 МГц.

Для пояснення завади від радіоелектронного засобу CDMA 800 спрощена структурна схема приймача СПАД-2И зображена на рис. 2.

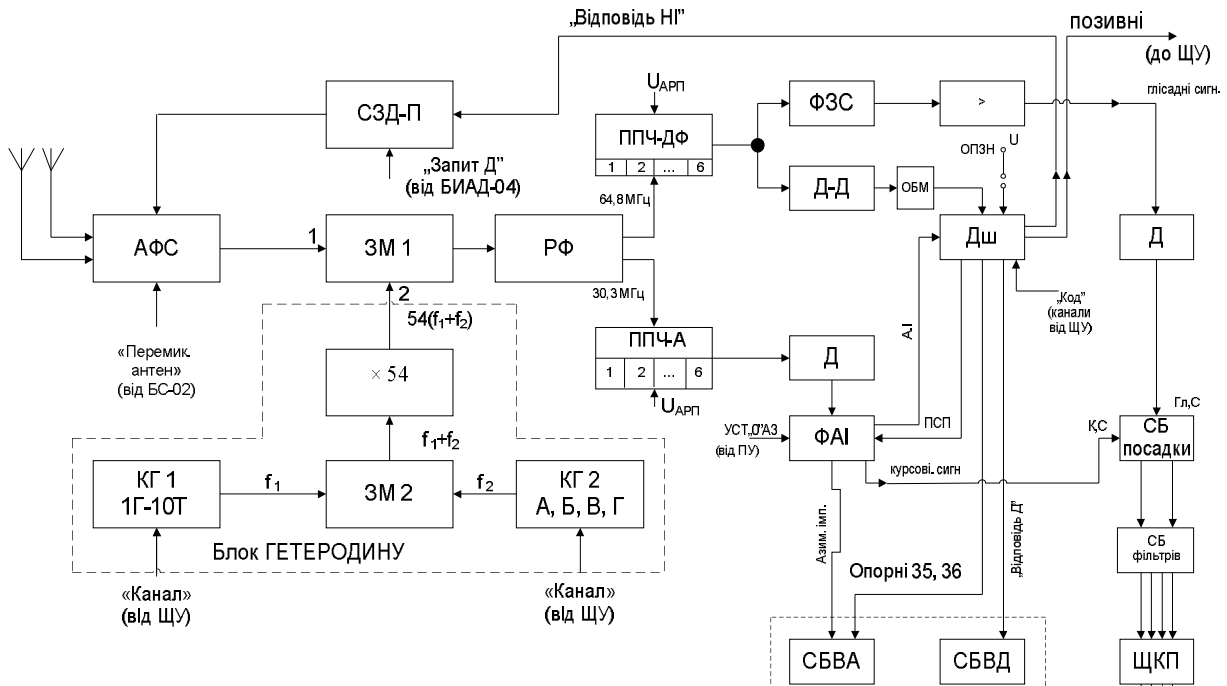


Рис. 1. Функціональна схема приймача СПАД-2И

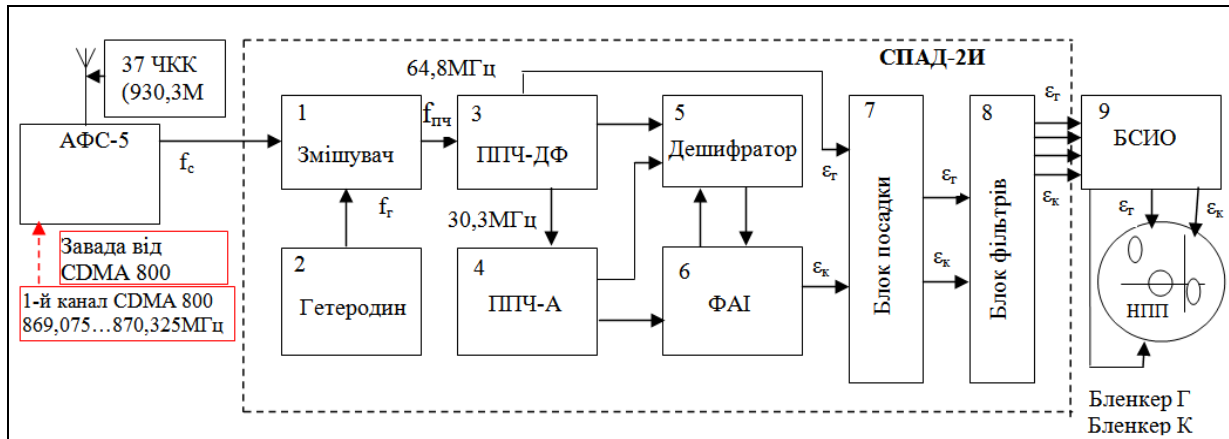


Рис. 2. Структурна схема приймача СПАД-2И

Так радіотехнічна система ближньої навігації аеродрому А працює на таких частотно-кодових каналах (ЧКК): 39 ЧКК в режимі «Навігація», 37 ЧКК в режимі «Посадка».

37 ЧКК має по азимутальному (курсному) каналу робочу частоту 930,3 МГц та по дальномірному (глісадному) каналу робочу частоту 964,8 МГц, в свою чергу 39 ЧКК має по азимутальному (курсному) каналу робочу частоту 931,7 МГц та по дальномірному (глісадному) каналу робочу частоту 966,2 МГц при частотному інтервалі між фіксованими частотами каналами 0,7 МГц (табл. 1).

Також в районі аеродрому спостерігаються сигнали від радіоелектронних засобів CDMA 800 стандарту IS-95 в діапазоні частот:

- 1-й канал 869,075 МГц...870,325 МГц;
- 2-й канал 870,335 МГц...871,585 МГц;
- 3-й канал 871,595 МГц...872,845 МГц;
- 4-й канал 872,825 МГц...874,075 МГц;
- 5-й канал 874,075 МГц...875,375 МГц.

Курсові сигнали ( $f_c$ ) горизонтальної поляризації від наземного курсового радіомаяка КРМ на 37 ЧКК (930,3 МГц) через літакову антенно-фідерну систему АФС-5 надходять на приймальний пристрій СПАД-

2И, де формуються сигнали проміжної частоти ( $f_{пч}$ ). Формування проміжної частоти по каналу курсу виконується наступним чином. Сигнали ( $f_c$ ) надходять на кристалічний змішувач (1) приймача СПАД-2И. Одночасно на змішувач с гетеродина 2 надходить напруга фіксованої частоти ( $f_r=900,0$  МГц) яка відповідає 37 ЧКК. З виходу змішувача сигнали проміжної частоти ( $f_{пч} = 30,3$  МГц) курсового каналу надходять через розподільчі контури підсилювача проміжної частоти ППЧ-ДФ (3) до ППЧ-А (4). Курсові сигнали (типу «меандр» з частотами модуляції 1200 Гц та 2100 Гц, частота комуації – 13 Гц) після підсилення у ППЧ-А детектуються у детекторі Д та подаються до блоку формувача азимутальних імпульсів ФАІ (6), де

в режимі «Посадка» підсилюються. З виходу блоку ФАІ курсові сигнали подаються до блоку посадки (7). В подальшому курсові сигнали (від лівої діаграми спрямованості КРМ та  $U_n$  – від правої діаграми спрямованості КРМ) подаються до блоку фільтрів курсового каналу (8), де розділяються по частоті (2100 Гц та 1300 Гц) та випрямляються. В подальшому від утвореної постійної напруги ( $U_m$ ,  $U_n$ ) утворюється різницевий струм та сумарний, які через щиток контролю посадки (ЩКП) та блок БСИО (9) надходять: а) різницевий струм ( $\epsilon_k$ ) до курсової планки приладу НПП; б) сумарний струм до бленкера К, яких характеризує стійке приймання сигналів КРМ.

Таблиця 1

Робочі частоти приймача СПАД-2И

№	Частота азимутального (курсого) каналу, МГц	Проміжна частота, МГц	Частота дзеркального каналу, МГц	Частота дальномірного (глісадного) каналу, МГц	Проміжна частота, МГц	Частота дзеркального каналу, МГц
1.	905,1	30,3	844,5	939,6	64,8	810,0
2.	905,8	30,3	845,2	940,3	64,8	810,7
3.	906,5	30,3	845,9	941,0	64,8	811,4
4.	907,2	30,3	846,6	941,7	64,8	812,1
5.	907,9	30,3	847,3	942,4	64,8	812,8
6.	908,6	30,3	848,0	943,1	64,8	813,5
7.	909,3	30,3	848,7	943,8	64,8	814,2
8.	910,0	30,3	849,4	944,5	64,8	814,9
9.	910,7	30,3	850,1	945,2	64,8	815,6
10.	911,4	30,3	850,8	945,9	64,8	816,3
11.	912,1	30,3	851,5	946,6	64,8	817,0
12.	912,8	30,3	852,2	947,3	64,8	817,7
13.	913,5	30,3	852,9	948,0	64,8	818,4
14.	914,2	30,3	853,6	948,7	64,8	819,1
15.	914,9	30,3	854,3	949,4	64,8	819,8
16.	915,6	30,3	855,0	950,1	64,8	820,5
17.	916,3	30,3	855,7	950,8	64,8	821,2
18.	917,0	30,3	856,4	951,5	64,8	821,9
19.	917,7	30,3	857,1	952,2	64,8	822,6
20.	918,4	30,3	857,8	952,9	64,8	823,3
21.	919,1	30,3	858,5	953,6	64,8	824,0
22.	919,8	30,3	859,2	954,3	64,8	824,7
23.	920,5	30,3	859,9	955,0	64,8	825,4
24.	921,2	30,3	860,6	955,7	64,8	826,1
25.	921,9	30,3	861,3	956,4	64,8	826,8
26.	922,6	30,3	862,0	957,1	64,8	827,5
27.	923,3	30,3	862,7	957,8	64,8	828,2
28.	924,0	30,3	863,4	958,5	64,8	828,9
29.	924,7	30,3	864,1	959,2	64,8	829,6
30.	925,4	30,3	864,8	959,9	64,8	830,3
31.	926,1	30,3	865,5	960,6	64,8	831,0
32.	926,8	30,3	866,2	961,3	64,8	831,7
33.	927,5	30,3	866,9	962,0	64,8	832,4
34.	928,2	30,3	867,6	962,7	64,8	833,1
35.	928,9	30,3	868,3	963,4	64,8	833,8
36.	929,6	30,3	869,0	964,1	64,8	834,5
37.	930,3	30,3	869,7	964,8	64,8	835,2
38.	931,0	30,3	870,4	965,5	64,8	835,9
39.	931,7	30,3	871,1	966,2	64,8	836,6
40.	932,4	30,3	871,8	966,9	64,8	837,3

В даному випадку проміжна частота, утворюється таким чином:  $f_{пч}=930,3 \text{ МГц} - 900,0 \text{ МГц}$ , тобто  $f_{пч} = 30,3 \text{ МГц}$ .

Одночасно у АФС-5 присутній сигнал завади від РЕЗ CDMA 800  $f_{1К} = 869,7 \text{ МГц}$ , тобто частота 1-го каналу (869,075 МГц...870,325 МГц) CDMA 800. Отримуємо:  $f_{пч} = f_{1К} - f_r$ . Тобто  $f_{пч} = 869,7 \text{ МГц} - 900,0 \text{ МГц}$ . Таким чином з'являється  $f_{пч} = -30,3 \text{ МГц}$ , тобто відображення проміжної частоти.

Оскільки зареєстрований максимальний рівень сигналів РЕЗ технології CDMA 800 стандарту IS-95 має величину мінус 99 дБ/Вт на частоті 869,7 МГц, тому в режимі «Посадка» не працює курсова планка

навігаційно-пілотажного приладу (НПП) в кабіні льотчика.

Таким чином, оскільки приймач апаратури РСБН-5С не має преселектора (підсилювача високої частоти з фільтром) то сигнал завади від РЕЗ CDMA 800 частотою 869,7 МГц – є дзеркальною частотою каналу частоти 930,3 МГц при проміжній частоті курсового каналу 30,3МГц (рис. 3).

Розглянемо ситуацію роботи РСБН-5С в режимі «Навігація» на 39 ЧКК. В даному випадку, при каналу робочої частоти 931,7 МГц частота гетеродину дорівнює 901,4 МГц (проміжна частота 30,3 МГц). Перевіримо дзеркальну частоту 39 ЧКК.

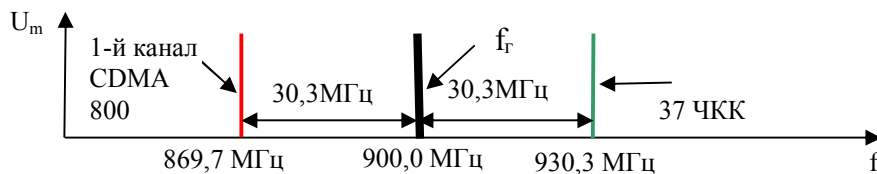


Рис. 3. Спектр розподілу радіочастот відносно частоти гетеродину СПАД-2И на 37 ЧКК

Отримуємо:  $f_{дк} = f_r - f_{пч}$ . Тобто  $f_{дк} = 901,4 \text{ МГц} - 30,3 \text{ МГц}$ . Таким чином з'являється дзеркальна частота каналу частоти 931,7 МГц  $f_{дк} = 871,1 \text{ МГц}$ . Саме цей завадовий сигнал одночасно присутній у

АФС-5, тобто сигнал 2-го каналу CDMA 800 (870,335 МГц...871,585 МГц) разом з сигналом 39 ЧКК від РСБН-4Н (рис. 4).

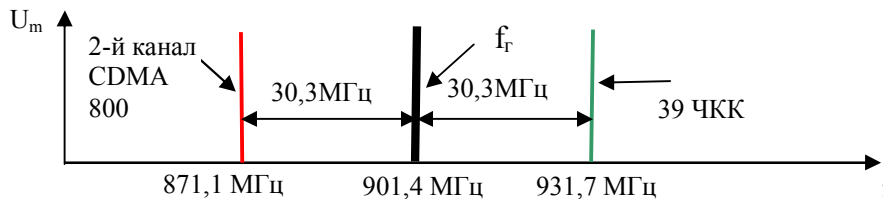


Рис. 4. Спектр розподілу радіочастот відносно частоти гетеродину СПАД-2И на 39 ЧКК

Результатом даного явища є непрацездатність бортової апаратури РСБН-5С в режимі «Навігація» на 39 ЧКК (не працює азимутальна стрілка НПП в кабіні льотчика в режимі «Навігація»).

Аналогічна ситуація спостерігається на аеродромі Б, де радіомаяк РСБН-4Н в режимі «Посадка»

працює на 40 ЧКК.

В табл. 1 та на рис. 5 надана інформація щодо можливого суттєвого завадового впливу РЕЗ CDMA 800 для літаків Л-39 в районі аеродромів де радіотехнічна система ближньої навігації працює в режимі «Навігація» та «Посадка» на 36...40 ЧКК.

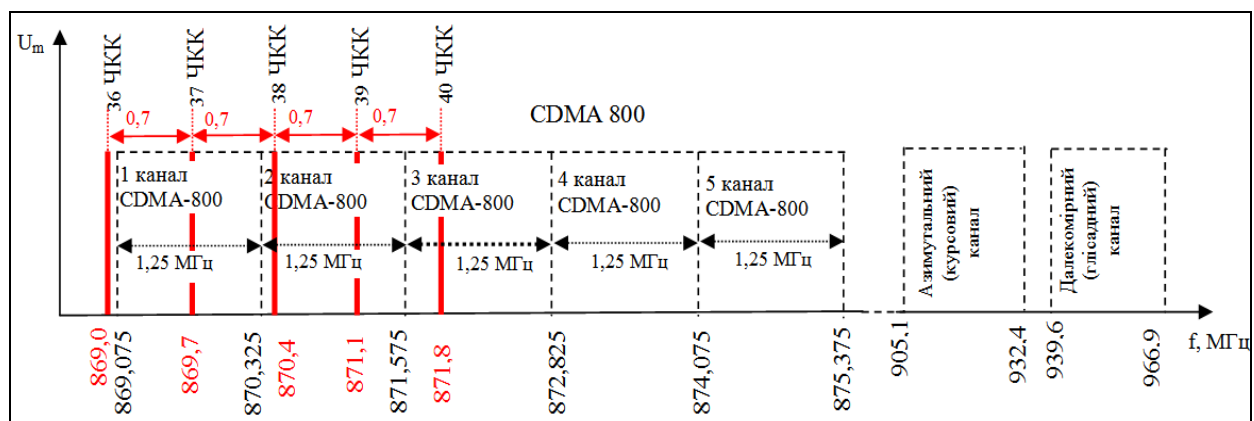


Рис. 5. Вплив частотних каналів CDMA-800 на роботу СПАД-2И, який працює на 36...40 ЧКК

Обґрунтуємо шлях захисту РСБН-5С від частотних завад РЕЗ CDMA-800.

Під час дослідження впливу частотних каналів CDMA-800 на роботу приймача СПАД-2И з'ясувалось, що при підключення фільтра ВТ-012 зі

складу апаратури РСБН-6С кабелем РК-50 до тракту АФС-5 – СПАД-2И (рис. 6) та увімкненні апаратури РСБН-5С режимі роботи «Посадка» на 40 ЧКК завада від сторонніх радіоелектронних засобів не виявлена. Характеристики фільтра ВТ-012 надані на рис. 7.

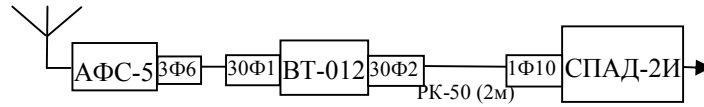


Рис. 6. Схема підключення фільтра ВТ-012 до блоку СПАД-2И

Фільтр ВТ-012 передбачає усунення побічних випромінювань, які поступають до АФС на верхніх та нижніх частотах від частоти 905,1 МГц...966,9 МГц, тобто частот приймача СПАД-2И [7]. На частоті 929,77МГц фільтр ВТ-012 значення коефіцієнту стоячої хвилі по напрузі (КСХН) дорівнює 2,46. Тобто втрати енергії сигналу становлять 18% (1дБ/Вт), що суттєвого впливу на чутливість приймача СПАД-2И не становить.

За допомогою контрольно-перевірочної апаратури ПСО4-315И виконана перевірка бортового обладнання РСБН-5С разом з фільтром ВТ-012 на літаку Л-39. Відхилень від нормальної роботи бортової апаратури РСБН-5С в режимах «Навігація» та «Посадка» на 40 ЧКК не виявлено. Також не вияв-

лено відхилень від нормальної роботи бортової апаратури РСБН-5С в режимах «Навігація» та «Посадка» на 37 ЧКК, що свідчить про відсутність радіозавадового впливу на РСБН-5С від сторонніх радіоелектронних засобів.

На стендовому обладнанні апаратури РСБН-5С здійснений контрольний вимір параметру чутливості приймача СПАД-2И по азимутальному тракту для сигналів посадочного курсового маяка. Чутливість приймача на 40 ЧКК та 37 ЧКК по відношенню до 1Вт дорівнює мінус 122 дБ/Вт. Після підключення фільтра ВТ-012, згідно з рисунком 6, чутливість приймача на 40 ЧКК та 37 ЧКК по відношенню до 1Вт дорівнює мінус 120 дБ/Вт, що відповідає основним технічним даним приймача СПАД-2И.

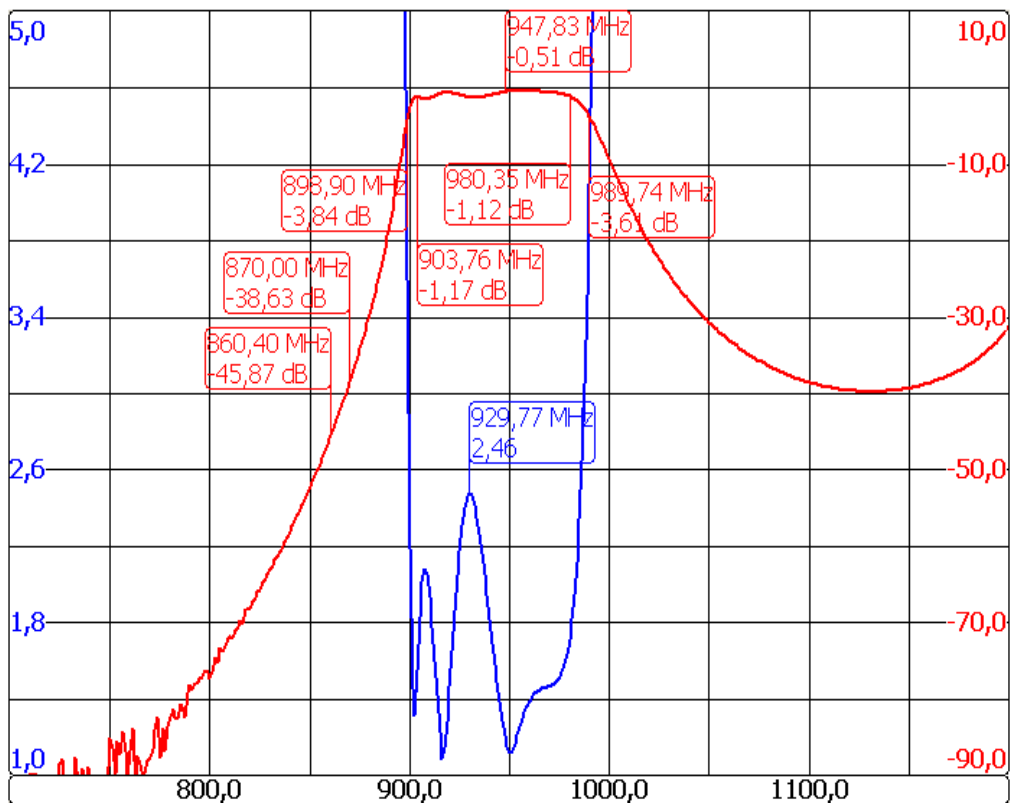


Рис. 7. Характеристики фільтра ВТ-012:  
а – амплітудно-частотна характеристика;  
б – коефіцієнт стоячої хвилі по напрузі

## Висновки

Таким чином, підключення фільтру ВТ-012 до апаратури РСБН-5С літака Л-39 усуває завадовий сигнал від CDMA-800, та дає можливість захисту бортової апаратури радіотехнічної системи ближньої навігації РСБН-5С військового літака Л-39 від базових станцій CDMA-800 стандарту IS-95, які територіально розташовані в районі військових аеродромів.

В свою чергу ВТ-012 суттєво не впливає на зниження чутливості приймача СПАД-2И, а отже негативного впливу з боку фільтру ВТ-012 на працездатність апаратури РСБН-5С не виявлено.

Подальше впровадження на території України телекомунікаційних технологій вимагає проведення більш детальних наукових досліджень їх електромагнітної сумісності з бортовим радіоелектронним обладнанням військових літальних апаратів.

## Список літератури

1. Дослідження впливу сучасних засобів мобільного зв'язку на роботу бортового радіоелектронного обладнання літаків: Звіт про НДР «Вплив РЕО»; № 0101U000642. – Х.: ХУПС, 2008. – 144 с.

2. Національна таблиця розподілу смуг радіочастот України // Постанова Кабінету Міністрів України від 15 грудня 2005 р. № 1208.

3. План використання радіочастотного ресурсу України // Постанова Кабінету Міністрів України від 9 червня 2006 р. № 815.

4. Самолетная аппаратура радиотехнической системы ближней навигации РСБН-5С. Техническое описание. ЕУ1.247.166 ТО.

5. Самолетная аппаратура радиотехнической системы ближней навигации РСБН-5С. Приемник СПАД-2И. Техническое описание. ВШ2.026.019 ТО.

6. Самолетная аппаратура радиотехнической системы ближней навигации РСБН-5С. Антенно-фидерная система АФС Л39. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. ЕУ1.234.187 ТО1.

7. Самолетная аппаратура радиотехнической системы ближней навигации РСБН-6С. Инструкция по эксплуатации. ЕУ1.247.148И. Общие сведения.

Надійшла до редколегії 12.10.2010

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.М. Безрук, Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків.

### ЗАЩИТА БОРТОВОЙ АППАРАТУРЫ РСБН-5С САМОЛЕТОВ Л-39 ОТ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ ТЕХНОЛОГИИ CDMA 800 СТАНДАРТА IS-95 НА ВОЕННЫХ АЭРОДРОМАХ УКРАИНЫ

В.В. Баранник, А.А. Красноручкий, А.И. Вареник, А.В. Педько

Предоставлен анализ работы радиотехнической системы ближней навигации и обосновывается направление защиты бортовой аппаратуры военного самолета Л-39 от влияния радиоэлектронных средств технологии CDMA 800 стандарта IS-95. Предоставлена информация относительно возможного неумышленного радиочастотного влияния посторонних радиоэлектронных средств для самолетов Л-39 в районе аэродромов. Обосновывается направление повышения безопасности полетов самолетов Л-39 с использованием инструментальных систем посадки в районе военных аэродромов в сложных метеорологических условиях.

**Ключевые слова:** радиотехническая система навигации ближнего, технология CDMA 800 стандарта IS-95, безопасность полетов, инструментальные системы посадки.

### PROTECTING OF AIRBORNE EQUIPMENT OF RSBN-5C OF AIRPLANES OF L-39 FROM RADIO ELECTRONIC FACILITIES OF TECHNOLOGY OF CDMA 800 STANDARD OF IS-95 ON THE SOLDIERLY AIR FIELDS OF UKRAINE

V.V. Barannik, A.F. Krasnoruckiy, A.I. Varenik, A.V. Ped'ko

The analysis of work of the radio engineering system of navigation of fellow creature is given and direction of defence of airborne equipment of service airplane of L-39 is grounded from influencing of radio electronic facilities of technology of CDMA 800 standard of IS-95. Information is given on the possible unintentional завадового influencing of extraneous radio electronic facilities for the airplanes of L-39 in the district of the air fields. Direction of increase safety of flights of airplanes of L-39 is grounded with the use of the instrumental systems of landing in the district of the soldiery air fields in difficult meteorological terms.

**Keywords:** radio engineering system of navigation of fellow creature, technology of CDMA 800 standard of IS-95, safety of flights, instrumental systems of landing.