

Козлов Вадим Геннадійович (канд. техн. наук)¹

Зірка Андрій Леонідович (канд. техн. наук)²

¹Національний університет оборони України імені Івана Черняхівського, Київ

²Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України, Київ

ДО ПИТАННЯ ЗАВАДОЗАХИЩЕНОСТІ КАНАЛІВ УПРАВЛІННЯ БЕЗПІЛОТНИХ АВІАЦІЙНИХ КОМПЛЕКСІВ В УМОВАХ ЗАВАДОВОЇ ОБСТАНОВКИ

У статті проведено аналіз технічних характеристик радіоканалів управління та передачі даних безпілотних авіаційних комплексів, які застосовуються підрозділами Збройних Сил України, а також аналіз технічних характеристик сучасних засобів радіоелектронної боротьби передових країн світу.

За результатами роботи сформовані пропозиції щодо основних шляхів підвищення завадозахищеності та зменшення впливу засобів радіоелектронного подавлення на радіоканали зв'язку безпілотних літальних апаратів.

***Ключові слова:** радіоканал управління та передачі даних, завадозахищеність, радіоелектронна боротьба, радіоелектронне подавлення, безпілотний літальний апарат.*

Постановка проблем та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. В ході проведення антитерористичної операції (АТО) та операції об'єднаних сил (ООС) на сході України високу ефективність при виявленні військових угруповань та об'єктів противника продемонстрували безпілотні авіаційні комплекси (БпАК).

Для унеможливлення ведення повітряної розвідки противником активно застосовуються комплекси мір, з метою порушення ефективної роботи радіоканалів управління та передачі даних БпАК, для цього застосовується широкий спектр засобів радіотехнічної розвідки (РТР), а також засобів радіоелектронної боротьби (РЕБ).

Так за досвідом ведення бойових дій констатовано та підтверджено даними аеророзвідки факту застосування противником різноманітних засобів РЕБ та РТР, наприклад: Р-330 Житель; Р-934Б; РБ-636 «Свет-КУ»; «Шиповник Аеро».

Дані засоби здатні порушити ведення повітряної розвідки, як наслідок спостерігається відсутність радіозв'язку в каналах управління та передачі інформації між безпілотним літальним апаратом (БпЛА) та наземним пунктом управління (НПУ), придушення GPS сигналів. Це все призводить до зриву польотного завдання, не своєчасного отримання розвідувальної інформації, або взагалі до втрати БпЛА.

Враховуючи зазначене, з метою запобігання втрат БпЛА, або зменшення негативного впливу на їх роботу засобів РЕБ противника виникає необхідність з впровадження комплексу заходів, як інструментально-технічного, шляхом підвищення завадозахищеності радіоканалів управління та передачі даних, так і організаційно-тактичного характеру при розробці та експлуатації БпАК, що є актуальною проблемою.

Метою статті є формування практичних рекомендацій щодо можливих шляхів підвищення завадозахищеності радіоканалів управління та передачі даних БпАК з метою зменшення впливу засобів радіоелектронного подавлення (РЕП) противника на підставі проведеного аналізу тактико-технічних характеристик (ТТХ) існуючих засобів РЕБ розробки та виробництва Російської федерації (РФ), оскільки саме їх присутність зафіксована в зоні ведення бойових дій на сході України, а також враховуючи достатньо динамічний розвиток засобів РЕБ останнім часом у РФ.

Викладення основного матеріалу дослідження. Насамперед, необхідно проаналізувати ТТХ існуючих каналів управління та передачі даних БпАК, що використовуються у ЗС України.

Більшість БпАК які на теперішній час прийняті на постачання Збройних Сил

України являють собою програмно-апаратні комплекси, автономного дистанційного керування, які призначені для вирішення завдань з аеророзвідки, патрулювання, картографування місцевості із можливістю передачі відеоінформації та отримання точних географічних координат у режимі реального часу.

У комплексах реалізовані концепції автоматизованого керування на протязі усього польотного часу, режими комбінованого керування з частковим втручанням оператора.

Аналіз відкритих вітчизняних і зарубіжних джерел вказує, що в командно-телеметричних радіолініях управління сучасних БпЛА (командно-телеметричних радіолініях і радіолініях передачі даних корисного навантаження) використовуються наступні діапазони радіохвиль:

VHF – діапазон: 112,7 – 117,9 МГц; 118 – 136 МГц;

UHF –діапазон: 225 – 400 МГц; 400 – 470 МГц;

L – діапазон: 1625 – 1850 МГц;

S –діапазон: 2300 – 2500 МГц;

C – діапазон:

нижній під діапазон: 4400 – 4950 МГц;

верхній під діапазон: 5250 – 5850 МГц;

X – діапазон:

нижній під діапазон: 9750 – 9950 МГц;

верхній під діапазон: 10150 – 10425 МГц;

Ku – діапазон:

нижній під діапазон: 14400 – 14830 МГц;

верхній під діапазон: 15150 – 15350 МГц.

У відповідності зі стандартами НАТО STANAG 4660 найбільш перспективними для використання в командно-телеметричних радіолініях управління БпЛА є нижній C-діапазон 4400 – 4950 МГц і UHF - діапазон. Ці діапазони можуть використовуватися як для висхідних так і для низхідних каналів управління. Крім цього, цей діапазон є менш завантаженим по відношенню до часто використовуваних UHF, L і S – діапазонах [1].

Переваги C-діапазону по відношенню до UHF, L і S - діапазонами є можливість використання менш габаритних антен в наземних станціях і бортової апаратури радіоліній передачі даних. По відношенню до використання більш високих частот (X- і Ku - діапазони) в C-діапазоні вплив опадів в тропосфері на загасання радіохвиль менш істотно, також значно менше загасання радіохвиль в спокійній тропосфері.

При використанні X- і Ku - діапазонів стає проблематичним реалізація бортових все направлених антени з високим коефіцієнтом ізотропності.

Відповідно до STANAG 7085 для управління корисним навантаженням БпЛА і для передачі даних корисного навантаження БпЛА на НСУ використовується Ku - діапазон радіохвиль.

В таблиці 1 представлені (у відсотковому співвідношенні) використані діапазони частот радіоліній БпЛА класу: поля бою, тактичних та оперативно-тактичних, які знаходяться на озброєнні в передових країнах світу. Наведені результати в таблиці 1 отримані шляхом їх аналізу [1].

Таблиця 1. – Розподіл використання діапазонів частот (у відсотковому співвідношенні) в каналах зв'язку БпЛА в передових країнах світу

| Uplink лінія «вверх» | | Downlink лінія «вниз» | |
|-------------------------|------|--------------------------|------|
| VHF | 13 % | VHF0 % | |
| UHF | 32 % | UHF | 17 % |
| L-band | 6 % | L-band | 19 % |
| S-band | 11 % | S-band | 13 % |
| C-band | 21 % | C-band | 23 % |

| Uplink лінія «вверх» | Downlink лінія «вниз» |
|-------------------------|--------------------------|
| Ku-band 17 % | Ku-band 28 % |

У таблиці 2 наведені відповідні БпАК та діапазони їх функціонування каналів зв'язку, а також наведено діапазони частот, які плануються використовуватися в майбутньому в каналах зв'язку на відповідних БпАК.

Аналіз таблиці 2 вказує, що найбільш часто в радіолініях сучасних БпЛА використовуються Ku, C, UHF діапазони, а також L і S діапазони радіохвиль.

Таблиця 2. – Діапазони частот застосовні в каналах зв'язку БпАК передових країн світу

| Назва комплексу | Діапазон частот що використовується | Діапазон частот, який буде використовуватися в майбутньому |
|-----------------|-------------------------------------|--|
| HUNTER | C | C/Ku |
| I-GNAT | C | Ku |
| Shadow | UHF/S/C | C/Ku |
| Five Scout | UHF/Ku | Ku |
| USMC | UHF/C | C/Ku |
| Global Hawk | X | Ku |
| Predator | C | Ku |
| Predator B | C | Ku |
| DARPA | UHF | Ku |
| A-160 | UHF/Ku | Ku |

В таблиці 3 приведені частотні діапазони каналів управління та передачі даних деяких БпАК що прийняті на постачання Збройних Сил України [1].

Таблиця 3. – Характеристики каналів управління та передачі даних БпАК, які знаходяться на постачанні в Збройних Силах України

| № | БпАК | Канал управління | Канал передачі даних | Методи підвищення перешкодозахищеності каналу зв'язку. |
|----|--------------|------------------------------|----------------------|--|
| 1. | A1-C "Фурія" | 433 МГц 900 МГц | 1,2 ГГц | ППРЧ (407-470) |
| 2. | Мара-2М | 433 МГц | 2.4 ГГц | ППРЧ |
| 3. | Fly Eye | 4.4 ГГц (двосторонній канал) | | --- |
| 4. | Лелека-100 | 2.4 ГГц 916МГц | 1.2 ГГц | ППРЧ |
| 5. | Spektator M1 | 433 МГц 915 МГц | 915 МГц | - |
| 6. | PD-1 | 310 – 390 МГц | 550 – 600 МГц | |
| 7. | ACS-3 | 915 – 928 МГц | 1,25 ГГц | |

Відповідно до таблиці 3 можливо зробити висновки, що БпЛА які знаходяться на постачанні в Збройних Силах України використовують діапазони частот UHF; L;C–діапазонів.

Також необхідно відмітити, що з метою захисту від впливу активних та пасивних завад в БпАК передових країн світу в каналах зв'язку широко використовуються методи розширення спектру, відповідні методи каналного кодування, використання багатоканальних МІМО-технологій та інше.

З аналізу інформаційних джерел в зоні проведення операцій об'єднаних сил РФ приділяє значну увагу щодо оснащення своїх військ широкою номенклатурою засобів РЕБ [1].

Аналіз заходів щодо створення і постачання систем та комплексів РЕБ свідчать про наступні пріоритетні напрями їх розвитку:

посилення можливостей РЕБ наземного базування для придушення засобів зв'язку, радіолокаційних станцій (РЛС) повітряних цілей (літаки, вертольоти, БпЛА, крилаті ракети) та систем супутникової навігації;

створення багатофункціональних комплексів РЕБ з метою скорочення кількості їх типуажу та розширення номенклатури об'єктів радіоелектронного впливу;

розгортання керованих полів радіоелектронного придушення на власній території для захисту особливо важливих державних і військових об'єктів від високоточної зброї противника;

розширення можливостей підсистеми РЕБ повітряного базування, у тому числі за рахунок розміщення її окремих елементів на безпілотних авіаційних комплексах (далі – БпЛА).

До типових сучасних комплексів РЕБ можливо віднести такі, див. таблиця 4:

Комплекс Р-330М1П “Диабазол” який призначений для радіорозвідки та радіоелектронного придушення рухомої УКХ, сотового, транкового та супутникового зв'язку.

Комплекс “Инфауна” який призначена для захисту колон на марші, особового складу від різноманітних видів радіокерованих мін, пошуку та придушення оптичних та електронних засобів розвідки противника, забезпечує придушення радіотехнічних систем зв'язку.

Комплекс “Леер-2” який призначений для радіорозвідки джерел радіовипромінення, постановки завад та радіоелектронне придушення радіоелектронних засобів (РЕЗ) противника, систем мобільного зв'язку.

Комплекс “Леер-3” який призначений для придушення мереж зв'язку стандарту GSM-900/1800, мобільного зв'язку. Імітація роботи базової станції сотового зв'язку в діапазонах GSM 900, 1800, 2000, 2500 з метою відправки хибних повідомлень.

Виявлення абонентських точок (мобільні телефони, планшет та інші комплекси зв'язку).

Ведення розвідки шляхом визначення точок випромінення апаратів в мережах GSM. Нанесення місцезнаходження абонентських точок на цифрову карту.

Передача координат місць знаходжень абонентських точок артилерійським розрахункам для нанесення вогневого удару.

Комплекс “Красуха-2” який призначений для створення перешкод бортовим РЛС літаків дальнього радіолокаційного виявлення типу AWACS противника.

Комплекс “Красуха-4” який призначений для придушення РЛС повітряного базування (бортових РЛС, висотомірів, радіолокаційних головок самонаведення) противника. За наявними даними, комплекси РЕБ “Красуха-4” спроможні ефективно подавляти бортові радіолокаційні станції розвідувальних літаків Е-8 “JointStar”, БпЛА “GlobalHawk”, “Predator” та “Reaper”.

Комплекс АСП Р-330Ж “Житель” який призначений для ведення радіорозвідки та придушення радіозв'язку в діапазонах: 800...960; 1227,6; 1575,42; 1500...1700 та 1700...1900 МГц, подавляти сигнали навігаційної супутникової системи “NAVSTAR” (GPS) з повітряних засобів на відстані до 50 км, з наземних засобах - до 25 км.

Комплекс “Поле-21” який призначений для прикриття важливих державних та військових об'єктів від високоточної зброї. Спроможний придушувати в окремому районі місцевості сигнали навігаційних супутникових систем GPS (США), “Galileo” (ЄС) та “Beidou” (КНР), що значно ускладнює застосування противником крилатих ракет, керованих бомб і безпілотних літальних апаратів.

Таблиця 4. – Основні характеристики засобів РЕБ

| № з/п | Назва комплексу | Діапазон частот | Потужність (види перешкод) | Дальність дії км |
|-------|-----------------------|--|--|---|
| 1 | “Мурманск-БН” | КХ діапазон 3-30МГц | 400 кВт | до 5000 |
| 2 | “Борисоглебск-2” | КХ- (1,5-30 МГц, до 30 скачків/с) УКХ- (30-100 МГц, до 300 скачків/с) | --- | --- |
| 3 | Р-330М1П “Дибазол” | 100...965; 1227,6; 1575,42; 1500...1700 та 1700...1900 МГц | Алтаець-АМ – 200 Вт, АСП-934УМ – 1000 Вт, АСП Р-330Ж– 2000 Вт. | --- |
| 4 | “Инфауна” | КХ і УКХ | --- | --- |
| 5 | “Леер-2” | КХ і УКХ 30-2700 МГц | до 200 Вт | --- |
| 6 | “Леер-3” | від 900 до 2500 МГц. | 10 Вт | до 6 км |
| 7 | “Красуха-2” | 2860-3540 МГц, | --- | до 80 км. |
| 8 | “Красуха-4” | 8000-15000 МГц | --- | 300 км. |
| 9 | Р-330Ж “Житель” | діапазон радіорозвідки – 100...2000 МГц; діапазон РЕБ – 800...960; 1227,6; 1575,42; 1500...1700 та 1700...1900 МГц. | | на повітряних засобах: - до 50 км; на наземних засобах - до 25 км. |
| 10 | “Поле-21” | GPS (США): 1575,42 та 1224,60 МГц. “Beidou” (КНР): 1559,052-1591,788 МГц “Galileo” (ЄС): E1 - 1575.42 МГц, E5a - 1176.45 МГц, E5b - 1207.14 МГц, Alt-BOC - 1191.795 МГц | від 300 Вт до 1 кВт. | не менш 25 км |
| 11 | “Шиповник-Аэро” | обладнання радіомоніторингу: від 25 до 2500 МГц; обладнання комплексу радіоелектронного придушення передавачів, каналів управління літальних апаратів в діапазонах 25-100/400-500/800-925/2400-2485 МГц | Шумова перешкода | Дальність зв'язку з використанням радіостанції Р-168-25У-2, км., не більше 20 Дальність зв'язку з використанням радіостанції Р-169 П-1,01, км., не більш 5 |
| 12 | “Репелент-1” | Діапазон робочих частот в режимі виявлення, панорамного пеленгування та постановки перешкод, МГц от 200 до 6000 | від 500 до 1000 Шумова перешкода | Дальність виявлення сигналів управління наземного пункту складає до 10 км, а дальність придушення сигналів передачі даних і телеметрії БпЛА – до 30 км. |

Комплекс РЕБ “Шиповник-Аеро” який призначений для виявлення та придушення сигналів управління БпЛА на дальності до 10 км, а також блокування навігаційної апаратури на борту БпЛА, що призводить до втрати керування та припинення польоту цих апаратів. Також передбачена можливість внесення корекції у сигнали управління БпЛА з метою взяття їх під свій контроль.

Комплекс “Репеллент-1” спроможний виявляти БпЛА за сигналами каналів передачі даних і телеметрії, а пункт управління БпЛА - по каналу управління. Після виявлення апарат ідентифікується за параметрами сигналів, які він випромінює, та визначає його місцезнаходження (азимут). У комплексі передбачена можливість оперативної передачі інформації про місцезнаходження пункту управління БпЛА на вогневі засоби для його подальшого ураження.

За результатами проведеного аналізу можливо зробити висновок, що засоби РЕБ противника охоплюють широкий спектр частот, а саме діапазони: VHF; UHF; L; S; C; X; Ku, що фактично при інтенсивному застосуванні даних засобів РЕБ унеможлиблює безперешкодне використання засобів повітряної розвідки.

До найбільш небезпечних комплексів РЕБ для БпЛА можна віднести: “Репеллент-1”; “Шиповник-Аеро”, АСП Р-3ЗОЖ “Житель”, “Красуха-4” (для оперативних та оперативно-тактичних БпАК класу 2), “Красуха-2”.

Враховуючи проведений аналіз засобів РЕБ противника необхідно відмітити, що всі БпАК, як вітчизняного так і зарубіжного виробництва працюють в діапазонах частот які підпадають під вплив сучасних засобів РЕБ РФ рисунок 1, 2.

Таке положення призводить до вразливості каналів управління та передачі даних БпАК що обумовлює ризики втрати БпЛА та не виконання поставленого завдання з проведення повітряної розвідки.

Для відпрацювання рекомендацій щодо раціональних дій в умовах протидії РЕП одним із шляхів рішень використання основних положень теорії ігор.

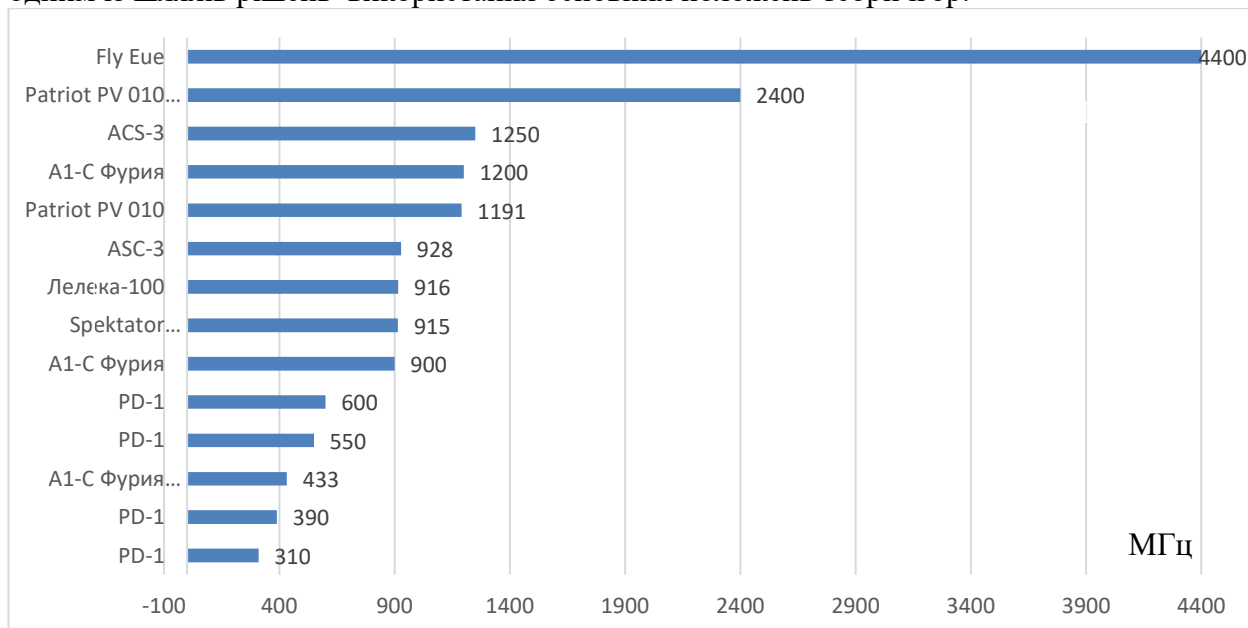


Рис.1 Діапазони частот каналів зв'язку БпАК

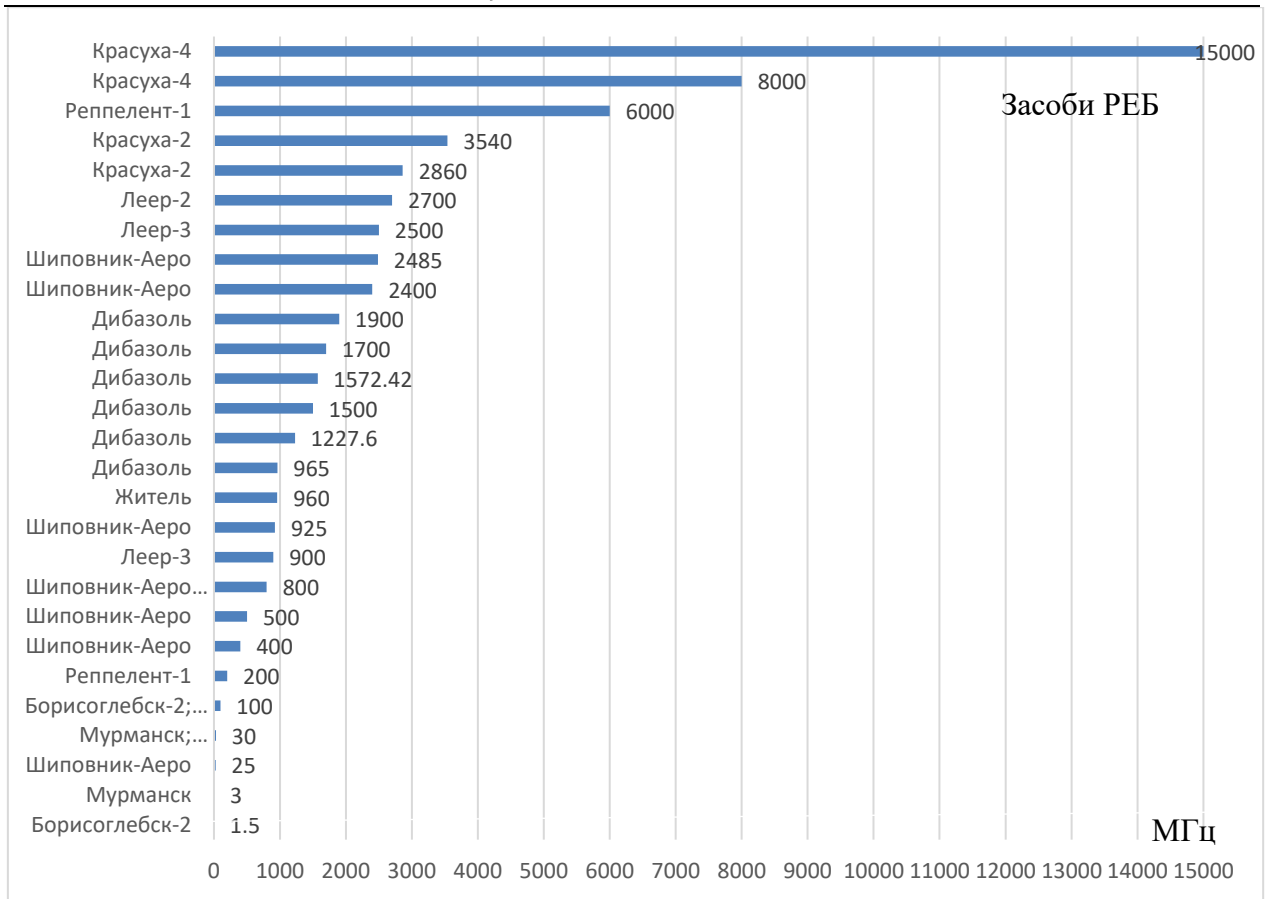


Рис.2 Діапазони частот засобів РЕБ

Використовуючи принцип стратегії мінімакса необхідно обрати між конфліктуючими сторонами відповідні параметри та характер дії (вибір стратегії прийняття рішення). В цьому разі модель конфліктної ситуації “каналом радіозв’язку – комплексом РЕБ” представляється у наступному вигляді [2,3]:

- зі сторони системи РЕБ:

$$\min_{\alpha_{СКЗ}} P_E(\alpha_{СП}^*, \alpha_{СКЗ}) = P_E[\alpha_{СП}^*, \alpha_{СКЗ}^*(\alpha_{СП}^*)] = \max_{\alpha_{СП}} \min_{\alpha_{СКЗ}} P_E(\alpha_{СП}, \alpha_{СКЗ}) \quad 1$$

- зі сторони системи каналу зв’язку:

$$\min_{\alpha_{СКЗ}} P_E(\alpha_{СП}, \alpha_{СКЗ}^*) = P_E[\alpha_{СП}^*(\alpha_{СКЗ}^*), (\alpha_{СКЗ}^*)] = \min_{\alpha_{СКЗ}} \max_{\alpha_{СП}} P_E(\alpha_{СП}, \alpha_{СКЗ}) \quad 2$$

де $\alpha_{СП}, \alpha_{СКЗ}$ – стратегії системи каналу зв’язку (СКЗ) та системи РЕБ; $\alpha_{СП}^*(\alpha_{СКЗ}^*), \alpha_{СКЗ}^*(\alpha_{СП}^*)$ - найкращі стратегії системи РЕБ та СКЗ при умові, що стратегії одній сторони про іншу відомі; $\alpha_{СП}^*$ - стратегія системи РЕБ, що максимізує P_c на біт P_E ; $\alpha_{СКЗ}^*$ - стратегія СКЗ, що максимізує СЙП на біт P_E .

Сформований максиміний критерій відповідно до виразу (1) визначає нижню межу значень $P_E[\alpha_{СП}^*(\alpha_{СКЗ}^*), (\alpha_{СКЗ}^*)]$ тобто гарантований для системи РЕБ верхній рівень ефективності її дії, а мінімаксий підхід відповідно до виразу (2) визначає за методом Крамера-Рао верхню межу значень $P_E[\alpha_{СП}^*, \alpha_{СКЗ}^*(\alpha_{СП}^*)]$ тобто гарантований для каналу радіозв’язку нижню граничну межу значень ефективності своєї дії [2-6].

Припустимо, що комплексу РЕБ стала відома стратегія $\alpha_{СКЗ}$ каналу радіозв’язку, тоді комплекс РЕБ завжди гарантує отримання виграшу:

$$\max_{\alpha_{КРЕБ}} P_E(\alpha_{СКЗ}^*, \alpha_{КРЕБ}) = P_{E1}(\alpha_{СКЗ}^*) \quad (3)$$

Знаючи стратегію каналу радіозв’язку, комплекс РЕБ може вибрати свою стратегію $\alpha_{СКЗ_0}$ за умови $P_{E1}(\alpha_{СКЗ}^*)$, тобто

$$P_{E1}(\alpha_{СКЗ_0}) = \min_{\alpha_{СКЗ}} \max_{\alpha_{КРЕБ}} P_E(\alpha_{СКЗ}, \alpha_{КРЕБ}) = \alpha^* \quad (4)$$

Нехай $\alpha_{СКЗ_0}$ - стратегія каналу радіозв'язку, при якому досягається:

$$\min_{\alpha_{СКЗ}} \max_{\alpha_{КРЕ}} P_E(\alpha_{СП}, \alpha_{КРЕ}) = \max_{\alpha_{КРЕ}} P_E(\alpha_{СП}, \alpha_{КРЕ}) = \alpha^* \quad (5)$$

Тоді $\alpha_{СКЗ_0}$ називається мінімаксною стратегією каналу радіозв'язку, а α^* - верхні значення межі ефективності її дії [2-6].

Застосовуючи мінімаксний підхід в новій стратегії $\alpha_{СКЗ_0}$ каналу радіозв'язку, виграш стратегії комплексу РЕБ не перевищить величини α^* .

Дійсно для всіх значень, $\alpha_{СП} \in E$, справедлива нерівність:

$$\alpha^* = \max_{\alpha_{КРЕ}} P_E(\alpha_{СП}, \alpha_{КРЕ}) \geq P_E(\alpha_{СКЗ}, \alpha_{КРЕБ}) \quad (6)$$

що потребує детального вибору нових стратегій.

Формула (6) вказує, що виграш каналу радіозв'язку при використанні стратегії $\alpha_{СКЗ_0}$ не перевищує величини α^* . Тоді з метою забезпеченням виграшу α' комплексу РЕБ необхідно знати вибір стратегії каналу радіозв'язку. В цьому випадку вибираючи стратегію $\alpha_{КРЕБ_0}$, за умови [2,3]

$$\max_{\alpha_{СП}} P_E(\alpha_{СКЗ_0}, \alpha_{КРЕБ}) = P_E(\alpha_{СКЗ_0}, \alpha_{КРЕБ_0}) = \alpha^* \text{ отримується виграш } \alpha^*.$$

Але, вибираючи стратегію $\alpha_{КРЕБ_0}$ комплекс РЕБ не може гарантувати виграшу α^* при будь-якій стратегії $\alpha_{СКЗ}^*$ каналу радіозв'язку, оскільки в ситуації $(\alpha_{СКЗ}^*, \alpha_{КРЕБ_0})$ може бути, що $P_E(\alpha_{СКЗ}^*, \alpha_{КРЕБ_0}) < P_E(\alpha_{СКЗ_0}, \alpha_{КРЕБ_0})$ [2-6].

Використовуючи основи положення ситуаційного моделювання "канал зв'язку – комплекс РЕБ" при паритетному співвідношенні каналу радіозв'язку БПЛА та КРЕБ найбільш повно може бути реалізованою на етапах розробки та проектуванні каналу радіозв'язку для БПЛА в частині синтезу завадозахищених алгоритмів прийому та обробки сигналів, а також при аналізі якості функціонування каналу радіозв'язку в умовах дії РЕБ, як приклад при оцінюванні мінімальної завадозахищеності каналу радіозв'язку БПЛА в умовах найбільших перешкод.

Висновки та перспективи подальших досліджень. 1. За результатами проведеного аналізу ТТХ сучасних засобів РЕБ, що плануються та перебувають на озброєнні РФ визначено, їх високий бойовий потенціал на перекриття великого діапазону частот та вирішення широкого колу завдань у тому числі створення перешкод або придушення каналів управління та передачі даних БПЛА.

2. Аналіз технічних характеристик каналів сучасних БПАК різних класів, у тому числі вітчизняних, що застосовуються у зоні проведення ООС демонструє їх уразливість до впливу сучасних засобів РЕБ, зокрема тих що на теперішній час застосовуються противником під час бойових дій на сході України.

3. Аналіз та розгляд напрямів підвищення стійкості та захищеності каналів радіозв'язку за рахунок підвищення їх технічних характеристик виявив ряд проблемних питань в їх реалізації, зокрема щодо переходу в інші діапазони частот.

В таких випадках саме комплексний підхід з наведених у статті інструментально-технічних та організаційно-технічних заходів може стати ефективною протидією впливу комплексів РЕБ на роботу каналів радіозв'язку та передачі даних БПАК.

Список використаних джерел

1. Технический проект на составную часть опытно-конструкторской работы «Модернизация лайка Су-24МР» Шифр «Оновлення-24МР» за першим варіантом Пояснительная записка Книга 1 Разработка бортовой и наземной составляющих модернизированного широкополосного канала «Трасса», дочернее предприятие «Защита и автоматизация объектов НИИРИ» (ДП «ЗАО НИИРИ»), 2018 – 360с.

2. Козлов В.Г. Метод визначення інформаційної надлишковості радіоканалу зв'язку/Войтенко В.Г. Козлов., В.І. Рудаков., С.Д. Войтенко.// Вісник Національного університету “Львівська Політехніка” №738 2012 ст. 129-136.
3. Петросян Л.А. Дифференциальные игры преследования// Л.А. Петросян/ Монография – Изд-во Ленинградского университета, 1977 ст. 224.
4. Ивахненко А.Г., Юрачковский Ю.П. Моделирование сложных систем по экспериментальным данным/А.Г. Ивахненко, Ю.П. Юрачковский//- М.. Радио и связь, 1987 – 120с.;
5. Тузов Г.И., Сивов В.А., Прытков В.И. Помехозащищенность радиосистем со сложными сигналами// Г.И. Тузов., В.А. Сивов., В.И. Прытков// - М.. Радио и связь, 1985. – 264 с.
6. Гришин Ю.П., Ипатов В.П., Казаринов Ю.М. Радиотехнические системы/ Ю.П. Гришин., В.П. Ипатов., Ю.М. Казаринов// М.. Высш. шк., 1990 - 496 с.