

УДК 621.396.963.8

А.М. Артеменко¹, Г.Г. Камалтинов², О.С. Маляренко²¹Командування Повітряних Сил Збройних Сил України, Вінниця²Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

УДОСКОНАЛЕННЯ ПРИНЦИПІВ ЗАПИТУ ТА ОБРОБКИ СИГНАЛІВ ВІДПОВІДІ У ЗАПИТУВАЧАХ НРЗ-П ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ВПІЗНАВАННЯ

Показані обмеження можливостей запитувачів державного радіолокаційного впізнання (НРЗ-П) оглядових РЛС щодо оперативного впізнання повітряних об'єктів (ПО) та їх причини. Запропоновані напрямки вдосконалення принципів запиту та обробки сигналів відповіді у НРЗ-П. Оцінено скорочення тривалості впізнання ПО за рахунок багаторежимного запиту та пропонується принципів обробки сигналів відповіді у запитувачах.

Ключові слова: радіолокаційне впізнання, обробка сигналів відповіді.

Вступ

Постановка проблеми і аналіз літератури. Оперативність радіолокаційного впізнання, що характеризується часом між виявленням ПО та одержання повної інформації про нього (загального та індивідуального впізнання), залежить від властивостей самої системи впізнання, а також від можливостей НРЗ-П щодо запиту та обробки сигналів відповіді. Відсутність можливостей НРЗ-П щодо запиту у декількох режимах на одному напрямку, в одному періоді (мультирежимний запит) не тільки збільшує час одержання повної інформації впізнання до 3 – 5 оглядів, а й викликає у багатьох ситуаціях протиріччя або конфлікт у необхідності впізнання різних ПО на одному напрямку, особливо у складній повітряній обстановці. Причиною тому є технічні обмеження, що пов'язані із принципами побудови апаратури аналізу пачок сигналів відповіді (АПСВ), що розроблена в 70-х роках і виконана на застарілій елементній базі. АПСВ є одноканальною по кількості режимів, сигнали яких можуть бути обробленими в одному огляді на одному напрямку. У цій апаратурі сигнали відповіді (СВ) після дешифрації окремими каналами надходять до апаратури аналізу, де в I або в II режимах обробляються сигнали загального впізнання та паралельно – сигнали "Біда". Окрема одночасна обробка сигналів I та II режимів є неможливою. Параметри критерію бінарного виявлення k/m є однаковими для сигналів I і II режимів (4/9 і 6/18 для РЛС РТВ), хоча, як показано в [1], вони мають бути різними для кожного режиму, розмірів пачок сигналів відповіді. Крім цього, одна і та ж апаратура обробляє сигнали "Біда" або сигнали індивідуального впізнання в III режимі. Відсутність можливості одночасної міжперіодної обробки сигналів індивідуального впізнання III режиму і сигналу «Біда» в НРЗ-П пов'язана також з тим, що літакові відповідачі СРО-П не формують сигнал «Біда» на запит у III режимі: із виявленням інформаційної частини сигналу запиту III режиму блокується коло формування сигналу «Біда».

Слід відмітити деяку обмеженість у застосуванні режимів запиту й у запитувачах систем RBS, Mk XA [2]: вони не використовують в одному огляді більше трьох режимів запиту через можливу відсутність відповіді у деяких режимах і тому обмеження об'єму пачок сигналів відповіді і, як наслідок – проблеми з міжперіодною обробкою сигналів відповіді. Цей практичний досвід слід брати до уваги в ході вдосконалення НРЗ-П.

Мета статті – розробка пропозицій щодо вдосконалення АПСВ у НРЗ-П з метою підвищення оперативності загального та індивідуального радіолокаційного впізнання повітряних об'єктів.

Виклад основного матеріалу

Напрямки вдосконалення запитувачів НРЗ-П.

Перш за все визначимо можливий порядок упізнання у декількох оглядах існуючими НРЗ-П. У залежності від задачі впізнання, що вирішується, можливими є такі програми впізнання ПО (сукупність режимів, у яких необхідно здійснювати загальне та/або індивідуальне впізнання) по оглядах:

- а) II, I (лише загальне впізнання, потрібні один – два огляди);
- б) II, III (загальне імітостійке та неімітостійке, індивідуальне впізнання за принципом «Де ти?», потрібні два огляди);
- в) II, IV (загальне імітостійке та неімітостійке, індивідуальне впізнання за принципом «Хто ти?», потрібні два огляди);
- г) II, IV + VI (загальне імітостійке та неімітостійке, індивідуальне впізнання за принципом «Хто ти?» та одержання польотної інформації, потрібні два огляди);
- д) IV + VI (виявлення за бортовим номером та постійний контроль зміни висоти у кожному огляді);
- е) II, III, IV (загальне імітостійке та неімітостійке впізнання, індивідуальне впізнання за принципами «Де ти?» і «Хто ти?», потрібні три огляди);
- ж) II, III, IV + VI (загальне імітостійке та неімітостійке впізнання, індивідуальне впізнання за

принципами «Де ти?» і «Хто ти?», одержання польотної інформації, потрібні три огляди);

и) програми а) – ж) з включенням впізнання в I режимі III діапазону I-IIIд для уточнення обстановки (потрібно до чотирьох оглядів).

Включення до програми впізнання I, III, і IV режимів, що збільшує час впізнання, потрібно лише у випадку необхідності одержання різних даних впізнання від різних об'єктів.

Реалізація програм впізнання запитом у різних режимах послідовно в оглядах залежить від можливостей запитувачів щодо застосування режимів запиту. Звідси можливі різні програми запиту (сукупність режимів запиту в кожному послідовному огляді для забезпечення виконання програми впізнання). Отже можливі такі програми запиту на огляд для існуючих запитувачів:

– II, I (в кожному огляді запит лише в одному режимі);

– II, IV+VI, III (запитувачі дозволяють чергувати запити в IV і VI режимах через період запиту);

– II, IV+VI, III, I-IIIд.

Необхідними та можливими напрямками удосконалення запитувачів з метою підвищення оперативності впізнання є:

забезпечення формування програми запиту у самому запитувачі за зовнішніми командами вибору програми впізнання або електронного перетворення команд керування запитувачем в умовах дистанційного вибору режиму запиту в кожному періоді; заміна електромеханічних комутаційних елементів (реле) електронними;

забезпечення сумісної обробки сигналів I та II режимів для виявлення пачок з одночасною окремою обробкою сигналів II режиму для забезпечення імітостійкості із введенням гнучкого вибору критеріїв виявлення пачок [1];

забезпечення окремої обробки сигналів відповіді III режиму і сигналів «Біда» для здійснення запиту в одному огляді в III та інших режимах.

Структурна схема модернізованої апаратури обробки сигналів відповіді НРЗ-П показана на рис. 1. У такій апаратурі сигнали відповіді I і II режимів, сигнали "Біда" та декодована інформаційна частина індивідуального впізнання III режиму обробляються окремо і паралельно в огляді. Координатні сигнали, якими є сигнали загального впізнання I і II режимів, обробляються сумісно у виявлювані цілі по сигналах відповіді. По результатах обробки формуються сигнали загального впізнання "ОО", і II режимі додатково сигнали гарантованого впізнання "ГО" і, за наявності сигнали "Біда" – "Б". По результатах виявлення пачок за критерієм k/m формуються сигнали початку ("НАП") і кінця ("КАП") азимутального пакету сигналів відповіді, за допомогою яких зовнішні системи (РЛС або АСУ) можуть визначити азимут ПО, що відповідає. Параметри критерію k/m різні для кожного аналізатора пачок, залежать від режиму запиту і очікуваного розміру пачок СВ, який у свою

чергу залежить від ширини діаграми направленості, частоти запуску запитувача і швидкості обертання антени [1]. Параметри k і m на наш погляд має визначати розробник РЛС.

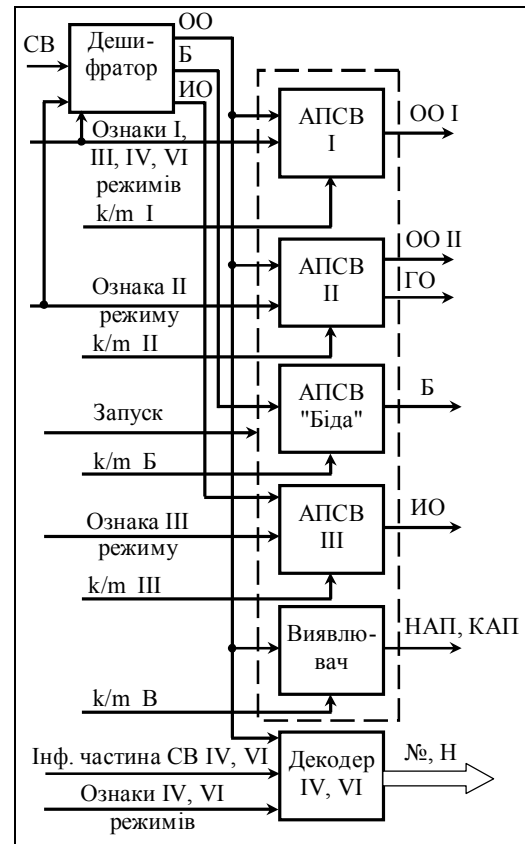


Рис. 1. Структурна схема модернізованої апаратури обробки сигналів відповіді НРЗ-П

Декодер інформаційної частини сигналів IV і VI режимів не є обов'язковим за умови реалізації цієї функції у апаратурі вторинної обробки (екстракторі). У разі реалізації декодера у НРЗ-П має бути забезпечено прив'язування інформації до координат ПО, що відповідає.

У НРЗ-П з апаратурою обробки сигналів, що виконана за схемою рис. 1, пріоритетність режимів запиту під час впізнання має визначатись, виходячи з таких факторів:

– задачі, що вирішуються – впізнання нового ПО, оновлення даних впізнання, уточнення результатів впізнання, пошук ПО з сигналом «Біда»;

– спосіб прийняття рішення (формування команд на впізнання) – ручний, автоматизований, автоматичний;

– ієрархія споживачів потрібної інформації (загальне впізнання, індивідуальне впізнання, виявлення об'єкта по сигналах впізнання).

У цих умовах стають можливими такі програми запиту на огляд для перспективних запитувачів:

– II+IV (один огляд);

– II+III (один огляд);

– II, IV+VI (два огляди у разі малого очікуваного розміру пачок сигналів відповіді);

- II+IV+VI (один огляд у разі великого очікуваного розміру пачок сигналів відповіді);
- II+IV, III або II, IV+III (два огляди у разі малого очікуваного розміру пачок сигналів відповіді);
- II+IV+III (один огляд у разі великого очікуваного розміру пачок сигналів відповіді);
- II+IV+VI, III (два огляди у разі великого очікуваного розміру пачок сигналів відповіді);
- II, IV+VI, III (три огляди у разі малого очікуваного розміру пачок сигналів відповіді).

Із додаванням до програми впізнавання III діапазону можливі програми запиту стають такими:

- II+IV+I-IIIд (один огляд у разі великого очікуваного розміру пачок сигналів відповіді);
- II+IV, I-IIIд або II, IV+I-IIIд (два огляди у разі малого очікуваного розміру пачок сигналів відповіді);
- II+III+I-IIIд (один огляд у разі великого очікуваного розміру пачок сигналів відповіді);
- II+III, I-IIIд або II, III+I-IIIд (два огляди у разі малого очікуваного розміру пачок сигналів відповіді);
- II+IV+VI, I-IIIд (два огляди у разі великого очікуваного розміру пачок сигналів відповіді);
- II+IV, VI+I-IIIд (два огляди у разі малого очікуваного розміру пачок сигналів відповіді);
- II+IV, III+I-IIIд (два огляди);
- II+IV + VI, III+I-IIIд (два огляди у разі великого очікуваного розміру пачок сигналів відповіді);
- II, IV + VI, III+IIIд (три огляди у разі малого очікуваного розміру пачок сигналів відповіді).

Оцінка якості впізнавання вдосконаленим запитувачем. Для оцінки часу впізнавання визначимо взаємодіючі моделі повітряної обстановки та мережі РЛС із запитувачами.

Модель повітряної обстановки. Оскільки в разі виявлення ПО на різних напрямках, що не пересікаються стробами впізнавання, не виникає суперечності вибору режимів запиту, розглянемо найбільш складну з точки зору впізнавання ситуацію, коли ПО входять у зону виявлення РЛС послідовно, на одному азимуті.

У загальному випадку потік ПО може бути неординарним, тобто кількість ПО, що одночасно виявляє РЛС на даному напрямку, перевищує 1. У цьому випадку процедура впізнавання буде реалізованою за одним алгоритмом, незалежно від кількості нових ПО, що виявлені в поточному огляді на одному напрямку. Тому в нашій задачі впізнавання можемо припустити, що потік пуасонівський, тобто стаціонарний і ординарний.

Розподіл імовірності часу між подіями входу нових ПО в зону виявлення показує вираз

$$p(\tau_{\hat{\alpha}\hat{\delta}}) = \mu_{\hat{\delta}} \hat{\alpha}^{-\mu} \hat{\delta}^{-\tau} \hat{\alpha}^{\hat{\delta}}, \quad (1)$$

де $\mu_{\hat{\delta}}$ – щільність потоку ПО.

Розподіл імовірності входження $k_{\hat{\delta}}$ ПО у зону виявлення РЛС за час спостереження $T_{\hat{\delta}}$, має вигляд [3]:

$$p_{k_{\hat{\delta}}}(\hat{\delta}_{\hat{N}}) = \frac{(\mu_{\hat{\delta}} \hat{\delta}_{\hat{N}})^{k_{\hat{\delta}}}}{k_{\hat{\delta}}!} \mu_{\hat{\delta}}^{-\mu} \hat{\delta}_{\hat{N}}^{-\mu}. \quad (2)$$

Для вгаданого вище потоку імовірність того, що за $k_{\hat{\delta}}$ оглядів з періодом $T_{\hat{\delta}}$ у зону виявлення увійде хоча б один ПО, буде дорівнювати

$$P_{\hat{\alpha}\hat{\delta},\hat{\delta}} = 1 - \hat{\alpha}^{-\mu} \hat{\delta}_{\hat{N}}^{k_{\hat{\delta}}} T_{\hat{\delta}}. \quad (3)$$

Модель радіолокаційної системи. Припустимо, що маємо деякі РЛС із запитувачами, що здатні запитувати та обробляти інформацію в усіх режимах, кількість яких складає S_p . Запитувач першої РЛС забезпечує запит у кожному огляді лише в одному режимі, потрібна кількість оглядів для одержання повної інформації про ПО (загальне та індивідуальне впізнавання) складає $N_{\text{потр}} = S_p$. Запитувач другої РЛС дозволяє запитувати в одному огляді в S_3 режимах, $S_3 \leq S_p$, тоді кількість оглядів, що потрібна для впізнавання, знаходиться в межах $1 \leq N_{\text{потр}} \leq S_p$.

Пріоритетність вибору режимів запиту першого запитувача така, що для впізнавання нового ПО на тому ж азимуті вмикається найбільш пріоритетний (перший за пріоритетом) імітостійкий режим. З появою кожного нового ПО вмикається цей режим незалежно від наявності заявок на запит у інших режимах. Упізнавання в деякому j -му за пріоритетом режимі не вмикається, поки не відбулося впізнавання всіх ПО у 1-му, ..., $(j-1)$ -му режимах. Пріоритетність вибору режимів запиту другого запитувача відрізняється тим, що з пакету режимів у програмі запиту однієї ПО (i, j, k зі зниженням пріоритету) та (p, q, r) іншого ПО порівнюються режими k -ї та p -ї.

Оцінка часу та ймовірності впізнавання повітряних об'єктів запитувачами з різними можливостями застосування режимів запиту. Необхідно порівняти якісні характеристики впізнавання двома запитувачами, що вказані вище, у залежності від щільності потоків нових ПО $\mu_{\hat{\delta}}$. Залежність якості впізнавання від $\mu_{\hat{\delta}}$ обумовлена тим, що якщо за час, що відповідає $N_{\text{потр}}$ і менше, буде виявлений новий (нові) ПО, вона буде запитаною в найбільш пріоритетному режимі, а попередній ПО не буде запитаний в деякому менш пріоритетному p -му режимі (або в p -ій групі режимів) з імовірністю $\hat{D}_{\hat{\delta}}$.

За ознаку якості впізнавання візьмемо імовірність обслуговування кожного ПО запитами в N_3 режимах, $N_3 = 1 \dots S_p$, з якою пов'язаний час впізнавання як характеристика оперативності впізнавання.

Для порівняння розглянемо можливі ситуації щодо конфліктів (протиріч) у потрібних режимах впізнавання ПО, що виявлені у різних оглядах, і знайдемо імовірності повного (в усіх S_p режимах) впізнавання за визначену кількість обертів n , тобто дискретний розподіл ймовірностей кількості потрібних для впізнавання періодів $p_{\text{вп}}$.

1. Проста (безконфліктна) ситуація послідовного впізнавання ПО в усіх S_p режимах за $N_{\text{потр}}$ оглядів. Час упізнавання запитувачем першого типу складає S_p обертів. Упізнавання запитувачем другого типу потребує кількість обертів, що дорівнює максимально необхідній кількості програм запиту, $n < S_p$. Якщо поряд із II режимом включити (за умо-

ви достатньої очікуваної кількості циклів запит-відповідь) у програму другого запитувача IV і VI режими, «свій» ПО буде впізнаний повністю за один огляд і одержана польотна інформація від неї. Першому запитувачу потрібно буде 2 огляди.

У разі включення до програми запиту III режими і III діапазону, першому запитувачу потрібно буде 4 огляди, другому – два огляди.

2. Більш складна ситуація: у деякому оберті виявлений новий ПО, який потребує впізнавання у більш пріоритетних режимах, ніж перший. Упізнавання першого ПО не буде продовжено (одночасно із запитом у цьому режимі другої), поки другій ПО не буде впізнаний у пріоритетних режимах.

Подія входу нового ПО є ознакою того, що в наступному огляді не буде увімкнений запит з пріоритетністю, нижче за найвищу (першу, $j=1$), ймовірність цієї події дорівнює

$$\bar{D}_G = P_{AO.O}^j = 1 - \hat{a}^{-\mu \hat{\sigma} (j-1) T_0} \quad (4)$$

Якщо у наступному огляді (і далі) не виявлено нового ПО, обидва будуть запитані в усіх режимах ($j=2 \dots Sp$) одночасно ($j=2 \dots Sp$).

3. Найбільш складна тактична ситуація, у якій знов виявлені ПО вимушують відкладати впізнавання в режимах з нижчим пріоритетом.

Знайдемо ймовірності того, що впізнавання ПО у Sp -му режимі відбудеться у деякому n -му оберті, $n \geq Sp$. Очевидно, що ймовірність запиту $D_G(n)$ в найбільш пріоритетному режимі ($j=1$)

$$D_G(n) = \begin{cases} 1, & n = 1 \\ 0, & n > 1 \end{cases} \quad (5)$$

Далі знайдемо $D_G(n)$ для логіки впізнавання, за якої впізнавання нового ПО починається на наступному після виявлення огляді. При цьому, якщо в момент виявлення був увімкнений запит іншого ПО, результат запиту виявленого ПО у будь-якому режимі ігнорується. Щоб впізнавання ПО за j -режимною програмою повністю відбулося точно у n -му огляді (запит у j -му режимі відбувся у n -му огляді), мають відбутись такі події:

– не виявлено нових ПО у $n-1$ -му, ..., $n-(j-1)$ -му оглядах підряд;

– у $(n-j)$ -му огляді обов'язково виявлений новий ПО, щоб попередити запит у j -му режимі раніше, ніж у n -му огляді;

– з 1-го до $(n-j-1)$ -го оглядів можуть бути будь-які комбінації оглядів, у яких виявлено і не виявлено нового ПО, крім комбінацій, у яких не виявлено ПО $j-1$ огляд підряд, щоб попередити запит у j -му режимі раніше, ніж у n -му огляді.

Для двоережимної програми впізнавання ($j=2$) потрібний хоча б один огляд без виявлення нового ПО, щоб у наступному був увімкнений другий режим, тому $(n-1)$ -й огляд має бути без виявлення нового ПО, у кожному з 1... $n-2$ оглядів має бути виявлений ПО. Звідси

$$D_{C2}(n) = \begin{cases} 0, & n = 1 \\ \bar{P}_O, & n = 2 \\ P_O^{n-2} \cdot \bar{P}_O, & n > 2 \end{cases} \quad (6)$$

де $\bar{P}_O = \hat{a}^{-\mu \hat{\sigma} T_0}$ – ймовірність того, що за один огляд не буде виявлено жодного нового ПО на певному напрямку; $P_O = 1 - \hat{a}^{-\mu \hat{\sigma} T_0}$ – ймовірність того, що за один огляд буде виявлено хоча б один новий ПО.

Для трьохрежимної програми впізнавання ($j=3$) щоб у n -му був увімкнений третій режим, $(n-2)$ -й і $(n-1)$ -й огляди мають бути без виявлення нового ПО, у $(n-3)$ -му огляді обов'язково має бути виявлений новий ПО, а у оглядах з 1-го до $(n-4)$ -го не можуть бути два $(j-1)$ огляди підряд без виявлення нового ПО. Із цієї логіки одержуємо вираз (7).

$$D_{C3}(n) = \begin{cases} 0, & n = 1, 2; \\ \bar{P}_O^2, & n = 3; \\ P_O \bar{P}_O^2, & n = 4; \\ (P_O + \bar{P}_O) \cdot P_O \bar{P}_O^2, & n = 5; \\ (P_O^2 + 2P_O \bar{P}_O) \cdot P_O \bar{P}_O^2, & n = 6; \\ \dots & \dots \\ (P_O^7 + 7P_O^6 \bar{P}_O + 15P_O^5 \bar{P}_O^2 + 10P_O^4 \bar{P}_O^3 + P_O^3 \bar{P}_O^4) \times \\ \quad \times P_O \bar{P}_O^2, & n = 11; \\ (P_O^8 + 8P_O^7 \bar{P}_O + 21P_O^6 \bar{P}_O^2 + 20P_O^5 \bar{P}_O^3 + 5P_O^4 \bar{P}_O^4) \times \\ \quad \times P_O \bar{P}_O^2, & n = 12. \\ \dots & \dots \end{cases} \quad (7)$$

Подовжуючи логіку визначення подій появи і не появи нових ПО у таких комбінаціях, що кількість оглядів не появи нового ПО підряд не перевищує $j-1$, щоб впізнавання ПО за j -режимною програмою відбулося точно у n -му огляді, одержуємо вираз (8) для чотирирежимної програми, що фактично застосовується сьогодні за наявності апаратури декодування сигналів відповіді IV та VI режимів.

$$D_{C4}(n) = \begin{cases} 0, & n = 1 \dots 3; \\ \bar{P}_O^3, & n = 4; \\ P_O \bar{P}_O^3, & n = 5; \\ (P_O + \bar{P}_O) \cdot P_O \bar{P}_O^3, & n = 6; \\ (P_O^2 + 2P_O \bar{P}_O + \bar{P}_O^2) P_O \bar{P}_O^3, & n = 7; \\ \dots & \dots \\ (P_O^6 + 6P_O^5 \bar{P}_O + 15P_O^4 \bar{P}_O^2 + 10P_O^3 \bar{P}_O^3 + 16P_O^2 \bar{P}_O^4 + 3P_O \bar{P}_O^5) \times P_O \bar{P}_O^3, & n = 11; \\ (P_O^7 + 7P_O^6 \bar{P}_O + 21P_O^5 \bar{P}_O^2 + 27P_O^4 \bar{P}_O^3 + 19P_O^3 \bar{P}_O^4 + 22P_O^2 \bar{P}_O^5) \times P_O \bar{P}_O^3, & n = 12. \\ \dots & \dots \end{cases} \quad (8)$$

Виходячи з викладеної вище логіки впізнання проведені розрахунки ймовірностей закінчення "повного" запиту деякого ПО у n-му огляді для різних щільностей потоку ПО $\mu_{ц}$ і швидкості обертання антени РЛС з НРЗ 6 об/хв і 3 об/хв., результати яких у вигляді розподілів ймовірностей дискретного типу показані на рис. 2.

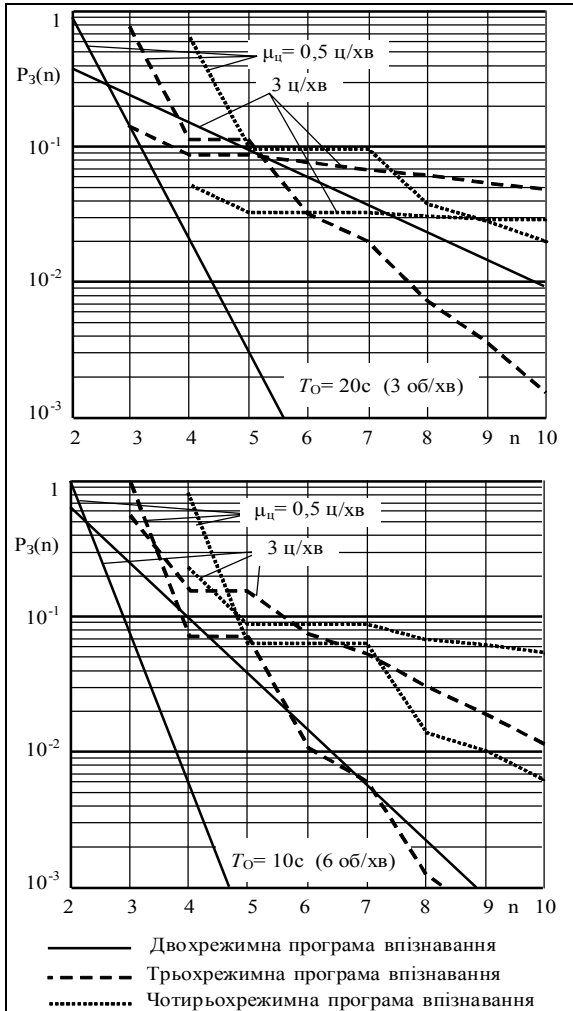


Рис. 2. Порівняння розподілів ймовірностей закінчення запиту у n-му огляді для різних програм упізнання

Результати розрахунків показують суттєву залежність ймовірності забезпечення впізнання ПО в усіх режимах від щільності потоків ПО і швидкості обертання антени РЛС і, очевидно, від розміру програми впізнання. Суттєво зменшити потрібну кількість оглядів для впізнання ПО в усіх режимах і, тим самим, підвищити ймовірність упізнання в складній повітряній обстановці, може забезпечити реалізація пропозицій щодо багато режимного запиту в НРЗ-П. Із вдосконаленням апаратури обробки сигналів відповіді в запитувачах стає можливим:

- а) чотирирежимну програму впізнання привести до двох режимної у разі одержання пачок сигналів відповіді великого розміру;
- б) чотирирежимну програму впізнання привести до трьохрежимної у разі одержання пачок сигналів відповіді малого розміру;

в) трьох режимну програму впізнання привести до двохранімної у разі одержання пачок сигналів відповіді малого розміру;

г) трьохрежимну програму впізнання привести до однорезимної у разі одержання пачок сигналів відповіді великого розміру;

д) двох режимну програму впізнання привести до однорезимної незалежно від розміру пачок сигналів відповіді.

Оцінимо можливе зростання ймовірності впізнання ПО в усіх режимах запитувачем із удосконаленою системою обробки сигналів відповіді (рис. 1). Ймовірність того, що ПО буде запитаною в усіх режимах не більше, ніж в n оглядах, для дискретних функцій (6) – (8) розподілу ймовірностей $P_{3j}(n)$ дорівнює:

$$P_B(n) = \sum_{i=j}^n P_{Gj}(n), \quad (9)$$

де j – розмір програми запиту.

Результати розрахунків показані на рис. 3.

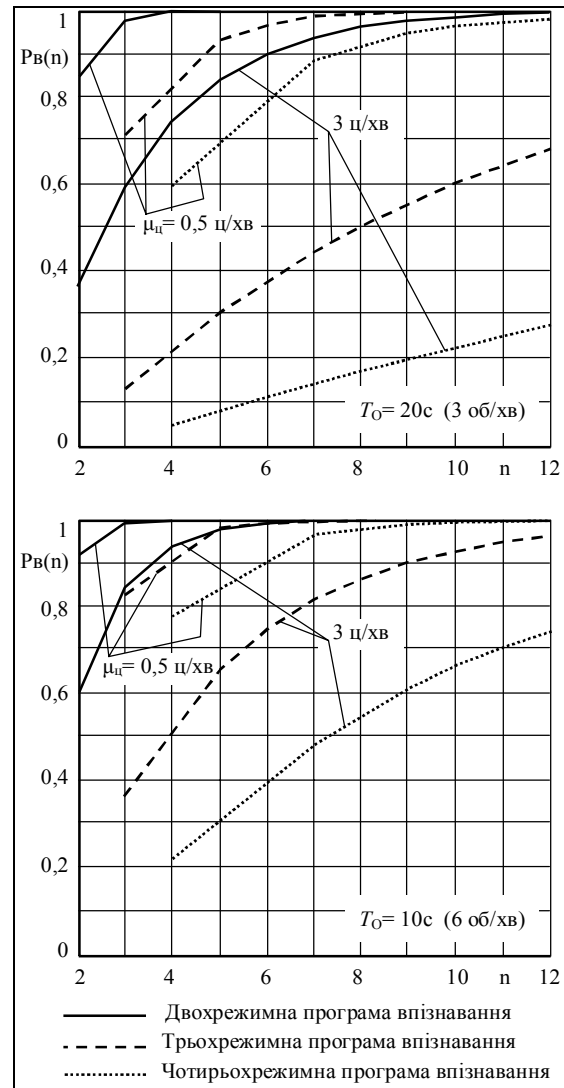


Рис. 3. Ймовірності закінчення впізнання ПО в усіх режимах у n-му огляді для різних програм упізнання

Очевидно, що для однорежимної програми впізнання, що реалізує багаторежимну програму запиту, $P_B(n)=1$. На рис. 3 наведені залежності $P_B(n)$ для двох значень щільності потоку ПО, що входять до зони виявлення: 0,5 ц/хв. – потік помірної щільності та 3 ц/хв. – потік високої щільності.

Якщо подивимось на ймовірність упізнання за різними програмами у однакових умовах – за однаковою кількістю обертів, щонайменше чотири оберти, то можна побачити, що у найскладніших умовах (можливий темп запиту 3 рази за хвилину, висока щільність ПО) ймовірність впізнання в усіх режимах зростає з 0,05 (чотири режимна програма) до 0,22 (три режимна програма) і навіть до 0,74 (двохрежимна програма), а при скороченні інтервалу між запитами з 10 до 5 секунд відповідні ймовірності зростають з 0,22 до 0,5 і навіть до 0,94. В умовах більш простої повітряної обстановки зростання ймовірності впізнання збільшується з 0,77 до 0,9 і далі – до 0,99. Таке покращення оперативності та якості впізнання дає заміна запиту в I режимі на запит в III або IV режимі. Подальше покращення може бути досягнутим з уведенням кількарежимних програм запиту в огляді, для чого необхідним є вдосконалення систем керування режимами запиту та обробки сигналів відповіді (рис. 1).

До існуючих алгоритмів (правил, що викладені в інструкціях і реалізовані в техніці) слід додати таку пропозицію щодо їх вдосконалення у залежності від обстановки: якщо в момент виявлення нового ПО був здійснений запит іншого ПО в j-му режимі, результат запиту нового ПО у цьому режимі фіксується, подальша програма впізнання враховує результат запиту в j-му режимі і коректує програми запиту. При цьому можливими є такі ситуації:

а) перший ПО запитувався у I-му за пріоритетом режимі, тоді далі продовжується запит обох ПО за однією програмою (програмами) запиту;

б) перший ПО запитувався у деякому j-му режимі, $j>1$, тоді другий ПО запитується в наступних оглядах в режимах 1, ... j-1 і далі обидва ПО запитується в j+1-му режимі.

Такі алгоритми впізнання по відношенню до другого ПО еквівалентні за ефективністю зменшенню програми впізнання на одну ступінь (рис. 2, 3).

Висновок

Пропозиції щодо впровадження багаторежимного запиту і вдосконалення апаратури за схемою рис. 1 мають об'єктивні підстави для реалізації у НРЗ-П. При цьому час загального та індивідуального впізнання ПО може бути скороченим у 2-3 рази практично без зниження надійності впізнання.

Список літератури

1. Маляренко О.С. Покращення якості впізнання цілей наземними запитувачами системи радіолокаційного впізнання на основі зміни принципів міжперіодної обробки сигналів відповіді / О.С. Маляренко, С.В. Кукобко // Системи озброєння і військова техніка. – X: ХУПС, 2011. – № 1(25). – С. 110-114.
2. STANAG 4193 EL Technical Characteristics of IFF Mk-XA and Mk-XII Interrogators and Transponders.- Part I (Edition 2): General Description of the System.- Bruxelles: Military Agency For Standardization, 1990. – 46 с.
3. Основы построения радиолокационного вооружения радиотехнических войск / под ред. В.В. Литвинова. – X: ВИРТА ПВО, 1986. – 346 с.
4. Маляренко О.С. Методи міжперіодної обробки сигналів відповіді в оглядових запитувачах і оцінка якості радіолокаційного впізнання, що досягається / О.С. Маляренко, С.В. Кукобко // Тези доповідей 6-ї наукової конф. ХУПС “Новітні технології – для захисту повітряного простору”, 15-16.04.2010. – С. 14-15.

Надійшла до редколегії 14.06.2011

Рецензент: д-р техн. наук, ст. наук співр. С.П. Лещенко, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРИНЦИПОВ ЗАПРОСА И ОБРАБОТКИ ОТВЕТНЫХ СИГНАЛОВ В ЗАПРОСЧИКАХ НРЗ-П ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ОПОЗНАВАНИЯ

А.Н. Артеменко, Г.Г. Камалтинов, А.С. Маляренко

Показаны ограничения возможностей запросчиков государственного радиолокационного опознавания (НРЗ-П) обзорных РЛС по оперативному опознаванию воздушных целей и их причины. Предложены направления совершенствования принципов запроса и обработки ответных сигналов в НРЗ-П. Оценено сокращение времени опознавания целей за счет многорежимного запроса и предложенных принципов обработки ответных сигналов в запросчиках.

Ключевые слова: радиолокационное опознавание, обработка ответных сигналов.

PERFECTION PRINCIPLES OF INTERROGATION AND PROCESSING REPLY SIGNALS IN INTERROGATORS NRZ-P FOR RISE QUALITY OF IDENTIFICATION

A.N. Artemenko, G.G. Kamaltinov, A.S. Mal'arenko

Limitations of possibilities of interrogators of state radar identification (NRZ-P) of surveillance radar on operative identification of air aims and their reason are showed. Directions of perfection principles interrogation and processing of reply signals in NRZ-P are offered. Reduction of time identification of aims by multimode interrogation and offered principles of processing of reply signals in interrogators is appraised.

Keywords: radar identification friend or foe, processing of the reply signals.