

УДК 621.396.600

О.Г. Водчиць¹, к.т.н., доц.**О.М. Семененко**², д.військ.н., с.н.с.**О.Ю. Коркін**³**М.О. Поливода**¹**І.О. Целіщев**¹¹Військова кафедра Національного авіаційного університету, м. Київ, Україна²Центральний науково-дослідний інститут Збройних Сил України, м. Київ,³Військова академія (м. Одеса), Україна

ПОГЛЯДИ ЩОДО ПОСТАНОВКИ ДВОХТОЧКОВИХ ПЕРЕШКОД З ОДНОГО ЛІТАКА

У статті авторами наведені погляди щодо можливості підвищення захисту літака під час виконання бойового завдання завдяки використанню на літаку контейнеру з не активною буксированою пасткою для постановки двохточкових перешкод з одного літака-носія.

Ключові слова: двохточкові перешкоди, буксирована пастка, радіоелектронна голівка самонаведення ракети, кутовий відбивач, ефективна поверхня розсіювання, коефіцієнт подавлення.

Постановка проблеми

Сьогодні в умовах активного розвитку засобів протиповітряної оборони (ППО) підвищення захисту літака під час виконання ним бойового завдання шляхом застосування бортових засобів радіоелектронної боротьби (РЕБ) є достатньо актуальним завданням [1, 2, 3]. Під час війни у Перській затоці, американські війська підтвердили значимість розвитку та застосування наземних та повітряних засобів РЕБ. Під час ведення бойових дій в Іраку застосування групових та індивідуальних засобів РЕБ знизило активність радіолокаційних станцій (РЛС) ППО Іраку на 95%, що дозволило забезпечити дуже малий рівень втрат авіації здійснивши 103 300 літако-вильотів, втрати з боку американців склали 27 літаків та гелікоптерів (що складає 0,026% від загальної кількості літако-вильотів) [1].

У США надають значної уваги модернізації та переобладнанню новими засобами РЕБ літаків Військово-Повітряних Сил [2, 3]. До основних напрямків розвитку авіаційних засобів РЕБ вони відносять: модернізацію існуючих засобів; розробка активних пасток, які буксируються та розробку активних пасток автономного польоту (ПАП) [3], розробка безпілотних літальних апаратів (БПЛА) постановників перешкод.

Канал автоматичного супроводження за направленням (АСН) є одними з основних в будь-якому контурі наведення чи самонаведення радіолокаційних станцій та радіолокаційних голівок самонаведення (РГСН) ракет (активних та полуактивних) [5]. Більшість радіолокаційних систем мають сьогодні моноімпульсний метод пеленгації. Цим системам ефективними є перешкоди з двох точок простору (двохточкові) до яких належать: когерентні, некогерентні двох точкові та блимаючи перешкоди (швидкого та повільного блимання). Перешкоди з двох точок простору можуть створюватися за допомогою передавачів, які встановлені на двох літаках (рис. 1) чи парою – літак-пастка.

Перешкоди з двох точок простору є одними з ефективних перешкод для зриву атак ракет чи винищувачів на останньому етапі наведення (самонаведення). Вони мають великий кут розрізнення, здатні діяти на системи пеленгації різних типів, прості в практичній реалізації та економічно вигідні [6, 7].

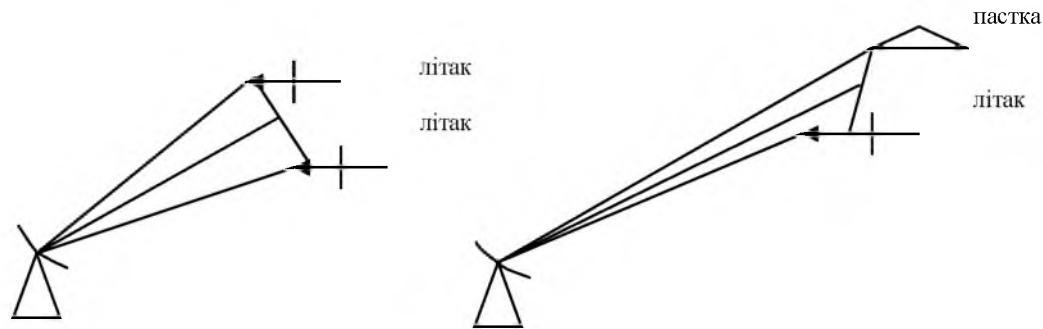


Рис.1. Варіанти створення завад з двох точок простору

Завдяки великій вартості літака і бурхливого розвитку засобів радіолокації, останнім часом приділяється дуже велика увага його захисту, особливо це стосується здійснення захисту літака у самостійному польоті. Одним з варіантів підвищення захищеності літака в самостійному польоті є розробка та використання не активної буксированої пастки, яка дозволить створювати перешкоди з двох точок простору за умови її підсвічування чи взагалі буде уявляти собою хибну ціль під час її буксування.

Аналіз останніх досягнень і публікацій

У США та Великобританії в 80-х роках (а пізніше і в інших західних країнах) для індивідуального захисту літаків почав застосовуватися принципово новий спосіб протидії зброї класу “земля–повітря” і “повітря–повітря” – заснований на використанні для постановки активних радіоперешкод, компактних буксированих на деякій відстані від літака радіовипромінюючих пасток (Towed Decoy). Цей спосіб дозволяє вирішувати проблему надійної дезінформації перешкодостійких наземних і бортових РЛС управління зброєю, РГСН ракет та сприяє можливості створення перешкод з двох точок простору з одного літака-носія [4]. Тому розвиток та впровадження систем буксированих пасток входить до одного з головних напрямків необхідної модернізації сучасного парку літаків більшості провідних країн НАТО.

Постановка задачі та її розв’язання

Буксировані пастки використовуються для зриву атак ракет чи винищувачів на останньому етапі наведення (самонаведення). Ці пастки буксуються літаком, на тонкому канаті, довжина якого для літаків-бомбардувальників може досягати декількох кілометрів. Для винищувачів немає необхідності буксировати пастку на такій відстані. Для створення ефективної перешкоди з двох точок простору достатньо відстані від 60 до 300 метрів, що обумовлює значне зменшення пристрою втягування та випускання пастки[10]. В залежності від класу пастки може використовуватися звичайний трос – неактивна пастка чи оптоволоконний трос-кабель – активна пастка. Пастка підвішується до літака у спеціальному контейнері з пристроєм втягування та випускання, який може живитися від літака чи спеціально вмонтованою турбіною. При подоланні найбільш небезпечних зон ППО та під час атаки ракетами з активними чи полую активними РГСН вона випускається за допомогою стартового засобу.

Сьогодні існує можливість пропонувати декілька видів пасток, але в статті зупинимося на одному із варіантів пастки – це не активна буксирована пастка. Головними перевагами розробки такої пастки є: по-перше – це простота, швидкість та зручність її створення та реалізації в сучасних умовах; по-друге – це її економічна вигідність.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується стаття

Сьогодні в Збройних Силах (ЗС) України активно ведеться робота щодо оновлення та удосконалення озброєння та військової техніки (ОВТ), одним із напрямків є удосконалення літаків, які стоять на озброєнні. Одним із напрямків удосконалення є підвищення захищеності літака в бою шляхом оновлення індивідуальних засобів радіоелектронного подавлення. Відповідно до планів

оновлення ОВТ є спроби розроблення пасток, що відстрілюються, безпілотних пасток для ракет, але на питання розроблення буксируваних пасток увага звертається недостатньо, хоча це один із економічно вигідних проектів. Тому метою статті є формування пропозицій щодо розроблення не активної буксируваної пастки, пристрою її випускання та втягування, а також рекомендацій щодо її можливого застосування в умовах повітряного бою.

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів

Для розробки не активної буксируваної пастки потрібно визначити її вигляд, масу та габарити, при цьому треба дотриматися умови найменшого порушення аеродинамічних властивостей літака. У якості одного із варіантів щодо основи такої пастки можна використати кутовий відбивач – пасивний перевипромінювач [8]. Він повинен відповідати наступним вимогам:

мати велику ефективну поверхню розсіювання (ЕПР), при як тільки можливо менших габаритах та масі;

володіти достатньо широкою діаграмою перевипромінювання.

Цим вимогам відповідають декілька видів кутових відбивачів (рис. 2) та перевипромінювачі у вигляді лінз Люнеберга [6,8].

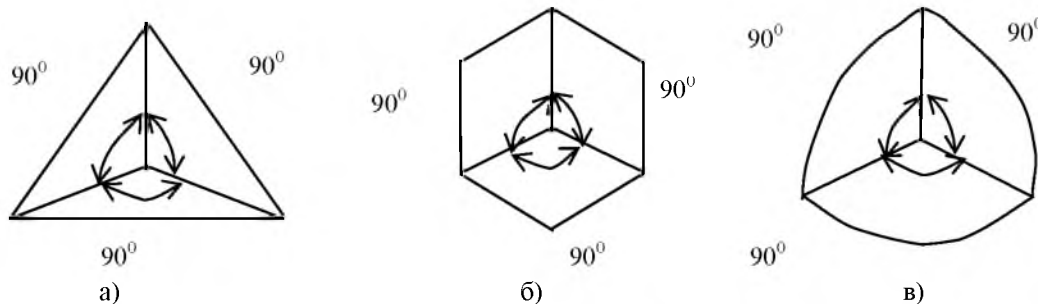


Рис. 2. Варіанти кутових відбивачів

Їх ЕПР визначається як: $G_a = \frac{4}{3} \pi \frac{a^4}{\lambda^2}$; $G_b = \frac{12 \pi a^4}{\lambda^2}$; $G_c = \frac{2 \pi a^4}{\lambda^2}$. Наведені кутові відбивачі

при малих розмірах дають високу ЕПР. Так, наприклад, для варіанту (а), при довжині хвилі $\lambda=3\text{см}$ та стороні лінзи $a=50\text{см}$ ЕПР дорівнює $G=291\text{ м}^2$. Ширина діаграми перевипромінювання кутових відбивачів на рівні половинної потужності складає приблизно 400-500 м.

Але в умовах польоту літака-носія будуть накладатися на пастку додаткові умови, тобто:

необхідно мати всенаправленість (направленість відбиття у різні боки), тобто перевипромінювання: униз під час атаківання наземними ЗРК; уверх під час атаки з повітря;

мати зручну форму для обтікання радіопрозорим матеріалом та володіти зручними аеродинамічними властивостями.

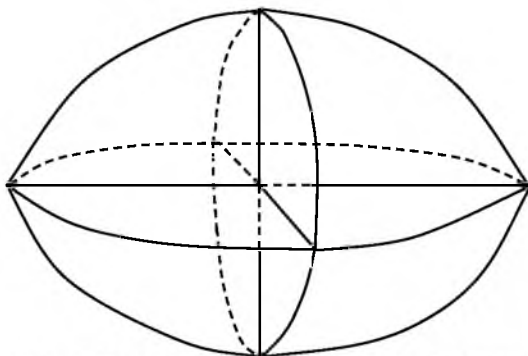


Рис. 3. Всенаправлений кутовий відбивач

Тому пропонується в якості неактивної буксируваної пастки використовувати гібридний всенаправлений відбивач у вигляді зображеному на рис. 3. Його позитивні якості: перевипромінює практично в усі боки; зручна аеродинамічна форма для закриття капсулою захисту.

Проведемо розрахунок для цього типу кутового відбивача його маси та габаритів разом з пристроєм втягування та випускання. Для відбивача з секторними гранями ЕПР буде визначатися [6,8]:

$$G = \frac{2\pi a^4}{\lambda^2}. \quad (1)$$

За загальними розрахунками літаки розподіляють за їх ЕПР: винищувач (Міг-29, Су-27, Су-25) – 4–5 м²; винищувач-перехоплювач, штурмовик (Су-24) – 6–7 м²; бомбардувальник – 9–10 м². Для проведення розрахунків виберемо ЕПР літака-бомбардувальника 10 м², з метою відображення більшої цілі на фоні меншої (винищувача).

Розрахуємо одну грань вибраного виду кутового відбивача:

$$a = \sqrt[4]{\frac{G \lambda^2}{2\pi}}. \quad (2)$$

Для того щоб забезпечити мінімально необхідний коефіцієнт подавлення $K_n = 2...3$

($K_n = \frac{G_{пастки}}{G_{літака}} \geq 2...3$) [6,9], то ефективні поверхня розсіювання пастки повинна бути

$G_{пастки} = 20...30 м^2$. Для обраного типу кутового відбивача при $K_n = 2$ та $\lambda = 3 см$, отримуємо,

що: $a = \sqrt[4]{\frac{20 м^2 \cdot 9 \cdot 10^{-4} м^2}{2\pi}} = 0,23 м$. Таким чином, для отримання мінімально необхідного $K_n = 2$,

потрібна довжина ребра буксированого кутового відбивача не менше 23 см, тому площа однієї пластини буде дорівнювати: $S = \pi R^2 \approx 0,166 м^2$ ($\rho_{заліза} = 7,87 \cdot 10^3 кг/м^3$ – питома густина заліза), тоді її об'єм:

$$V = S \cdot h = 0,00083 м^3, \quad (3)$$

де: h – товщина пластини (для більшої міцності конструкції) вибрана 0,5 см.

Так як маса визначається як $m = \rho \cdot V$, то маса однієї з пластин відбивача буде дорівнювати:

$m_{г1} = 7,87 \cdot 10^3 кг/м^3 \cdot 0,00083 м^3 = 6,53 кг$. Конструкція кутового відбивача складається з трьох пластин однакової ваги, тоді повна вага буксированої конструкції (кутового відбивача) дорівнює: $m_{конструкції} = 3 \cdot 6,53 = 19,59 кг$.

Загальна вага контейнера, який потрібно встановити на літак буде дорівнювати:

$$m_{загальна} = m_{кв} + m_{пр} + m_k, \quad (4)$$

де: $m_{к.в.}$ – вага кутового відбивача; $m_{пр}$ – вага пристрою втягування разом з тросом; m_k – вага захисної капсули кутового відбивача.

З урахуванням досвіду використання буксированих пасток вага пристрою втягування разом з тросом не повинна перевищувати ваги конструкції самого кутового відбивача більше ніж в 2 рази. Тому загальна вага контейнеру не повинна бути більше 40 кг. Габаритні характеристики конструкції витікають з розрахунків. Вибраний тип кутового відбивача може мати вид шару чи овалу. Його форма дозволяє розмістити його у капсулі з радіопрозорого матеріалу найбільш оптимальної форми з найкращими аеродинамічними характеристиками – це форма конусу.

Ширина капсули з кутовим відбивачем всередині буде дорівнювати: $d = 2 \cdot R = 23 \cdot 2 = 46 см$. Зовнішній вид контейнера буде мати наступний вигляд (рис. 4) та відповідні габаритні характеристики, де:

1 – контейнер; 2 – капсула з кутовим відбивачем; 3 – котушка з тросом; 4 – пристрій втягування (двигун); 5 – місце для втягування капсули.

Для розрахунку лебідки за діаметром будемо використовувати наступні вже відомі дані:

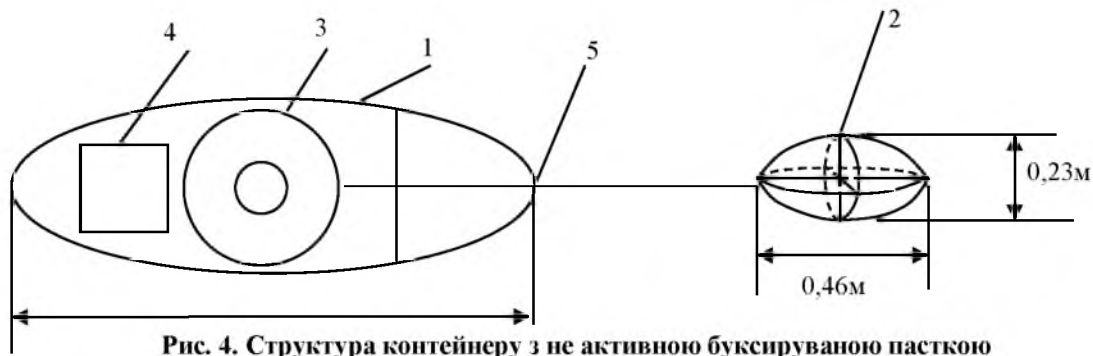


Рис. 4. Структура контейнеру з не активною буксированою пасткою

Діаметр контейнеру повинен бути не менше діаметру пастки, та відповідно і катушка з тросом не повинна перевищувати цих розмірів обмежимося розмірами катушки 0,4м. Розмір контейнера з двигуном втягування також не повинен перевищувати це значення. Розрахуємо чи здатен укладатися на лебідку трос довжиною $l \approx 300$ м, щоб не перевищити відміченого вище значення розміру катушки.

Довжина одного витка буде дорівнювати $l_1 = \pi \cdot d$, де d внутрішній діаметр катушки. Товщина тросу дорівнює 1см, для міцності утримання пастки в повітрі. Тому як катушка повинна не перевищувати 0,46м, то визначимо ширину частини на яку буде намотуватися трос як 0,4м, тоді на катушку такою шириною буде вміщатися наступна кількість витків:

$$N = \frac{\text{ширина катушки}}{\text{діаметр тросу}} = \frac{0,4\text{м}}{0,01\text{м}} = 40 \text{ (витків)}. \tag{5}$$

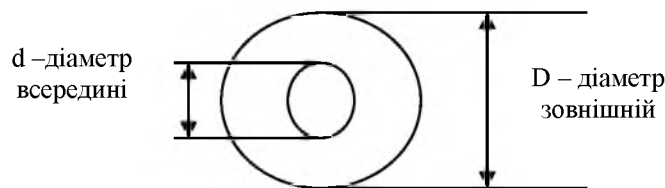


Рис.5. Катушка пристрою втягування

Зовнішній діаметр беремо, як $D = 0,4$ м, так як він не повинен бути більше 0,46 м та діаметр катушки всередині вибираємо як $d = 0,2$ м. Тоді отримуємо можливість розрахувати довжину одного намотаного витка: $l = \pi \cdot d = 3,14 \cdot 0,2\text{м} = 0,628\text{м}$.

З отриманого результату ми розраховуємо, що при одному намотуванні ми можемо намотати $l_{\text{повна}} = N \cdot l_{\text{1-ого витка}} = 40 \cdot 0,628 = 25,12$ м тросу, враховуючи те що при подальшому намотуванні діаметр намотування збільшується на 2см (товщину тросу). Визначимо яку кількість разів потрібно намотати трос довжиною 300м, щоб не перевищити зовнішнього діаметру барабану. Проведені розрахунки (таблиця 1) показують, що при дев'ятому колі намотування увесь трос вложиться на барабан, а також те що діаметр $d_{\text{нам. тросу}} = 0,36$ м намотаного тросу не перевищить зовнішнього діаметру барабану D .

Таблиця 1

Розрахунки порядку намотування тросу пастки на пристрій намотування

	1-ий	2-ий	3-ій	4-ий	5-ий	6-ий	7-ий	8-ий	9-ий
$d_{\text{тросу}}, \text{м}$	0,2	0,22	0,24	0,26	0,28	0,30	0,32	0,34	0,36
$l_1, \text{м}$	0,628	0,6908	0,736	0,8164	0,8792	0,942	1,0048	1,0676	1,1304
$l_{\text{повна}}, \text{м}$	25,12	27,632	30,144	32,656	35,168	37,68	40,192	42,704	45,216
$L_{\text{загальна}} = \sum l_{\text{повна}}$	25,12	52,75	82,896	115,55	150,72	188,4	228,59	271,29	316,512

Проведенні розрахунки підтверджують, що на котушку з визначеними розмірами можна забезпечити намотування тросу потрібної довжини для створення ефективної завади з двох точок простору з одного літака-носія. Наведемо приклад розрахунку відстані між пасткою та літаком-носієм для створення ефективної перешкоди з двох точок простору. Отримані результати розрахунків габаритів та маси запропонованого пристрою виглядають наступним чином: 1) для капсули з кутовим відбивачем: маса пастки $m_{\text{конструкції}} = 19,59 \text{ кг}$; габарити $0,46 \times 0,46 \times 0,46$; 2) для контейнера в зборі: загальна вага пристрою $m \approx 60 \text{ кг}$; ширина – $\approx 0,5 \text{ м}$; висота – $\approx 0,5 \text{ м}$; довжина – $\approx 0,8–0,9 \text{ м}$. Даний контейнер розраховувався за ЕПР літака-бомбардувальника. Якщо брати за основу ЕПР літаків-винищувачів, то габарити пастки зменшаться, а в наслідок цього зменшиться і маса усієї конструкції, що може надати можливість встановлення декількох пасток одночасно.

Останнім часом, широкого поширення набуває перспектива використання буксированих активних пасток. Найкращим вирішенням було б, якщо пастка була здатна утворювати увесь спектр перешкод. Розробка активних буксированих пасток багаторазового використання є одним з перспективних напрямків розвитку авіаційних засобів РЕБ сьогодні. Наступним етапом розвитку буксированих пасток є створення багато режимних пасток з оптоволоконним зв'язком з літаком, який захищається – FOTD (Fiber-Optic Towed Decoy). Вони є більш ефективним засобом захисту літака від радіолокаційних засобів противника порівняно з пастками попереднього покоління і мають ряд переваг: забезпечують можливість оптимізації виду радіоперешкод залежно від конкретної радіоелектронної обстановки; створюють сприятливі умови для їх використання сумісно з випромінювачами перешкод безпосередньо з борту літака. У результаті, величина промаху радіолокаційного наведення може зрости настільки, що ціль буде знаходитися за кутом захоплення можливої дублюючої оптоелектронної системи ГСН ракети.

Висновки

У статті розкрито можливості підвищення захисту літака під час виконання бойового завдання завдяки використанню на літаку контейнеру з не активною буксированою пасткою для постановки двохточкових перешкод з одного літака-носія, проведені розрахунки щодо масо-габаритних характеристик контейнерів та визначено перспективи реалізації запропонованого в сучасних умовах розвитку ЗС України. Запропонований вид неактивної буксированої пастки на відміну від інших має ряд вагомих переваг: простота реалізації; незначна вартість розробки та виробництва; можливість використання на різних типах літаків.

Перспективи подальших досліджень

Подальшим напрямком дослідження за даним питанням є формування математичної моделі застосування пастки в різних умовах обстановки ведення повітряного бою та проведення практичних розрахунків щодо ефективності захисту літака від ракет з полуактивними радіо голівками самонаведення.

Список використаних джерел

1. *Подавление системы ПВО Ирака в операции «Буря в пустыне»*. // ЗВО, 1991. -№9. – С.29-33.
2. *Афинов В. Эволюция авиационных средств РЕБ и их применение в вооружённых конфликтах*. // ЗВО, 1998. - №3. – С.33-41.
3. *Афинов В. Тенденции развития средств РЕБ авиации вооружённых сил США на пороге 21-го века*. // ЗВО, 1995. -№5. – С.46-51.
4. *Ktaney T.A., Cohen E.A Revolution in Warfare? Air un the Persian Gulf*. // Annapolis, Maryland, 1993. – 316p.
5. *Теоретические основы радиолокации / Под редакцией В.Е.Дулевича. 2-ое изд. –М.: Сов. радио, 1978. – 606с.*

6. Василевич Л.Ф. Радиоелектронное подавление. – К.: КВВАИУ, 1989. – 243с.
7. Леонов А.И., Фомичёв К.И. Моноимпульсная радиолокация. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Радио и связь, 1984. – 312с.
8. Кобак В.О. Радиолокационные отражатели. М.: Сов. радио, 1975. – 248с.
9. Палий А.И. Радиоелектронная борьба. М.: Воениздат, 1989. – 350с.
10. Кучмий А.А. “Способы формирования и методика выбора многофункциональных сигналов в интегрированном радиолокационно-помеховом комплексе” Дис. работа. – К.: НЦ ВПС, 2000. – 147с.

Рецензент: В.В.Бачинський, к.т.н., старший науковий співробітник наукового центру Військової академії

ВЗГЛЯДЫ О ПОСТАНОВКЕ ДВУХТОЧЕЧНЫХ ПОМЕХ С ОДНОГО САМОЛЁТА

О.Г. Водчиц, О.М. Семененко, О.Ю. Коркін, М.О. Паливода, І.О. Целіщев

В статье авторами приведены взгляды относительно возможности повышения защиты самолета во время выполнения боевой задачи благодаря использованию на самолете контейнера с не активной буксируемой ловушкой для постановки двухточечных помех с одного самолета-носителя.

Ключевые слова: *двухточечная помеха, буксируемая ловушка, радиоелектронная головка самонаведения ракеты, угловой отражатель, эффективная поверхность рассеивания, коэффициент подавления.*

OUTLOOK ON THE PROVISION OF TWO-POINT INTERFERENCE FROM ONE AIRCRAFT

O. Vodchyts, O. Semenenko, O. Korkin, M. Palivoda, O. Tselishchev

In the article the authors give their views on the possibility of increasing the aircraft's protection during the performance of the combat mission by using a container on the aircraft with an inactive towed trap for setting up two-point interference from one carrier aircraft.

Key words: *two-point interference, towed trap, radio-guided missile homing head, angular reflector, effective scattering surface, suppression factor.*