

ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ, ЩОДО ЗАХИСТУ РАДІОЛОКАЦІЙНИХ СТАНЦІЙ ВІД УРАЖЕННЯ ШЛЯХОМ ЗМЕНШЕННЯ ЕФЕКТИВНОЇ ПОВЕРХНІ РОЗСІЮВАННЯ ЇХ АНТЕННИХ СИСТЕМ

Досвід сучасних локальних війн та збройних конфліктів свідчить, що після проведення інформаційної та спеціальної операції, активна фаза бойових дій починається з дій авіації з метою досягнення переваги у повітрі. Таку перевагу можна досягнути шляхом: руйнування та придушення системи управління військами; ураження та знищення системи протиповітряної оборони до складу якої входять радіолокаційні станції (РЛС) зенітно-ракетних комплексів (ЗРК) тощо. Таким чином РЛС ЗРК виступає як ціль для бойового літака, безпілотної літальної апарату або іншого літакового засобу і є об'єктом першого удару. Енергетичним параметром виявлення цілі для літакової бортової радіолокаційної станції (ЛБРЛС) є її ефективна поверхня розсіювання (ЕПР). Далі формується цілевказівка на знищення, або безпосередня стрільба по цілі ракетами "повітря-земна поверхня".

Для виявлення сигналу (рис. 1.), відбитого від наземної РЛС ЗРК, потрібен час – $t_{\text{виявл.}}$. Після виявлення та розпізнавання $t_{\text{роз.}}$ об'єкта за видом, класом, підкласом та типом, для його подальшого ураження необхідно виконати ряд операцій (рис.1), на здійснення котрих також потрібен час, а саме: ідентифікація об'єкта як РЛС ЗРК, що потребує ураження ($t_{\text{ід.}}$); здійснення ударного маневру ($t_{\text{уд.ман.}}$); розрахунок вихідних даних для пуску ракет; інших заходів, що передбачають такий запуск ($t_{\text{інше.}}$).

Загальний час виконання перерахованих дій є часом бойового циклу бортового комплексу ураження – $T_{\text{бц ЛБРЛС}}$ і складається із наведеної нижче суми показників.

$$T_{\text{бц ЛБРЛС}} = t_{\text{виявл.}} + t_{\text{роз.}} + t_{\text{ід.}} + t_{\text{уд.ман.}} + t_{\text{інше.}} \quad (1)$$

Таким чином, якщо об'єкт буде виявлено раніше, то й час бойового циклу літакового засобу значно збільшиться, що збільшить можливості або ефективність його бойового застосування.

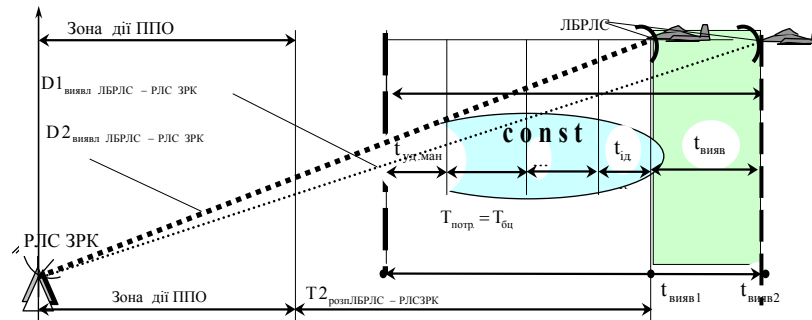


Рис. 1. До визначення часу, що є у розпорядженні противника для виконання ним бойового завдання

За найгірших умов з урахуванням прийнятих обмежень та припущень (час польоту ракети не враховується) будемо вважати, що час, потрібний на виконання завдання, становить $T_{\text{потр. ЛБРЛС - РЛС ЗРК}} = T_{\text{бц ЛБРЛС}}$. Приймаючи швидкість літака як $V_{\text{ЛБРЛС}} = \text{const}$, можна визначити

$$D1_{\text{ЛБРЛС - РЛС ЗРК}} = V_{\text{ЛБРЛС}} \cdot T_{\text{потр. ЛБРЛС - ЗРК}} \quad (2)$$

де $D1_{\text{ЛБРЛС - ЗРК}}$ – відстань, яка має бути між літаковим засобом з БРЛС та РЛС ЗРК для успішного виконання ним поставленого завдання.

Сторона, що обороняється, – станція РЛС ЗРК, вона прагне до зменшення часу, що є у розпорядженні противника для її ураження, шляхом зменшення $D1_{\text{виявл. ЛБРЛС - РЛС ЗРК}}$, наприклад, до $D2_{\text{виявл. ЛБРЛС - РЛС ЗРК}}$. Це надає можливість: в ідеальному випадку зменшити $T1_{\text{розп. ЛБРЛС - СПН}}$ до $T2_{\text{розп. ЛБРЛС - СПН}}$, тобто невиконання умови (1) – перевитрати часу, що перевищують час бойового циклу. Таким чином, основною характеристикою оцінювання системи виявлення є дальність її дії. Дальність виявлення наземної цілі, у тому числі й РЛС ЗРК, можна розраховувати за відомою формулою:

$$D_{\text{виявл. ЛБРЛС - РЛС ЗРК}} = \sqrt[4]{\frac{P_u G_0^2 \lambda^2 \sigma}{64 \pi^3 P_{\text{пр min}} q K}} \quad (3)$$

де: P_u – імпульсна потужність передавача літакової БРЛС; G_0 – коефіцієнт посилення антени; $P_{\text{пр min}}$ – чутливість приймача; λ – довжина хвилі; q – параметр виявлення; K – результуючий коефіцієнт втрат; σ – ЕПР цілі (об'єкта, що потребує виявлення, у тому числі й РЛС ЗРК).

Результати розрахунку дальності виявлення $D_{\text{виявл ЛБЛРС} - \text{РЛС ЗРК}}$ від σ , якщо $G_0 = 2 \cdot 10^4$, $\lambda = 0,03$ м, наведено на рис. 2 (а – від чутливості приймача $P_{\text{пр min}}$ БРЛС при $P_u = \text{const}$; б – від потужності передавача P_u БРЛС при $P_{\text{пр min}} = \text{const}$).

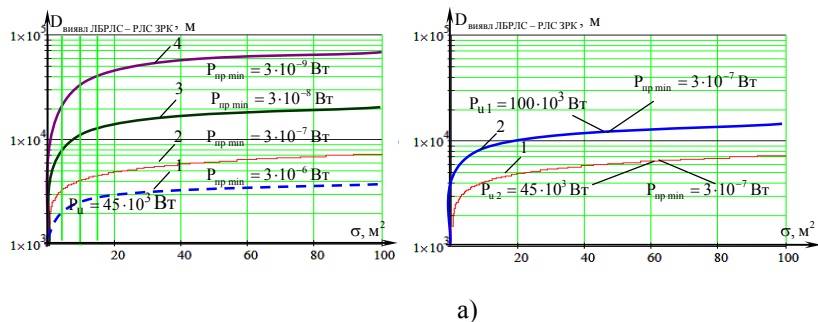


Рис.2. Залежність дальності виявлення $D_{\text{виявл ЛБЛРС} - \text{РЛС ЗРК}}$ від ЕПР (σ)

З рис. 2 видно, що радіолокаційне виявлення цілі на відстанях, що перевищують дальність візуального виявлення (більше 8 км), забезпечується при рівні ЕПР об'єкта близько десятків квадратних метрів. Криві 1–4 (рис. 2а) доводять залежність дальності виявлення від чутливості приймача $P_{\text{пр min}}$. Криві 1–2 (рис. 2б) демонструють, що при збільшенні потужності передавача, наприклад з 45 кВт до 100 кВт, дальність виявлення зростає.

Відповідно до (3) можна стверджувати, що дальність виявлення залежить від показників, які знаходяться під коренем. Однак усі ці параметри, окрім лише σ , є характеристиками зондувальної ЛБЛРС. Тому вплинути на розвідзахищеність РЛС ЗРК можна лише шляхом зменшення σ – енергетичного параметра її виявлення.

Найбільшу σ (ЕПР РЛС ЗРК) мають їх антенні системи. За деяких ракурсів спостереження вона може становити до 90% від загальної ЕПР РЛС. Особливо це стосується фазованих антенних решіток (ФАР), що знайшли найбільше застосування як антенні системи РЛС ЗРК великої та середньої дальності. Таким чином, виникає необхідність у дослідженні можливості зменшення ЕПР ФАР шляхом зниження енергії відбитого сигналу від антенних систем РЛС з метою зменшення ймовірності виявлення РЛС ЗРК.

Такі дослідження було проведено у попередніх роботах авторів. Їх ефективності можна визначити з таких міркувань.

Вважатимемо, що $\sigma_{1 \text{ ФАР РЛС ЗРК}}$ – ЕПР станції зі штатною антенною системою, що потребує удосконалення, а $\sigma_{2 \text{ ФАР РЛС ЗРК}}$ – ЕПР станції з новою покращеною конструкцією антени, що має значно меншу ЕПР. Після удосконалення конструкції: $\sigma_{2 \text{ ФАР РЛС ЗРК}} < \sigma_{1 \text{ ФАР РЛС ЗРК}}$, отже з (рис. 1): $D1_{\text{виявл ЛБЛРС} - \text{РЛС ЗРК}} < D2_{\text{виявл ЛБЛРС} - \text{РЛС ЗРК}} \cdot A$ враховуючи, що час що є у розпорядженні ЛБЛРС для знищення РЛС ЗРК $T2_{\text{розп.ЛБЛРС} - \text{РЛС ЗРК}} < T1_{\text{розп.ЛБЛРС} - \text{РЛС ЗРК}}$, зменшенням ЕПР – $\sigma_{\text{ФАР РЛС ЗРК}}$ досягнемо: зменшення часу, щодо виявлення РЛС ЗРК для подальшого знищення; зменшення кількості РЛС ЗРК, та інших об'єктів ППО, які можуть бути виявлені ЛБЛРС; зменшення рубежу виконання ЛБЛРС його бойового завдання, що є потенційною умовою ймовірності його попадання в зону дій системи ППО та послідуочого ураження.

Виграш можна розрахувати за наступним співвідношенням:

$$\frac{D1_{\text{виявл ЛБЛРС} - \text{РЛС ЗРК}}}{D2_{\text{виявл ЛБЛРС} - \text{РЛС ЗРК}}} = \sqrt[4]{\frac{\sigma_{1 \text{ ФАР РЛС ЗРК}}}{\sigma_{2 \text{ ФАР РЛС ЗРК}}}} \quad (4)$$

Таки
м чином
наведен
а

залежність (4) дозволить визначити ефективність технічних рішень, щодо зменшення енергетичної дальності виявлення цілі – РЛС ЗРК для їх захисту від ураження шляхом зменшення ЕПР їх антенних систем.