

УДК 623.773

В.Г. Башинський, Д.Г. Васильєв, В.Г. Юрєнєв

*Державний науково-випробувальний центр Збройних Сил України, Феодосія*

## МЕТОДИЧНИЙ ПІДХІД ДО ОЦІНЮВАННЯ ЗАХИЩЕНОСТІ ЛІТАЛЬНОГО АПАРАТУ ЯК СКЛАДНОЇ ТЕХНІЧНОЇ СИСТЕМИ З УРАХУВАННЯМ ВНЕСКІВ РІЗНОМАНІТНИХ СИСТЕМ ЗАХИСТУ

*Розглянуто бойові, інформаційно-бойові, інформаційні показники ефективності застосування та технічні характеристики систем бортових комплексів оборони літальних апаратів, а також окремих його підсистем. Запропоновано методичний підхід до оцінки захищеності літального апарату при одиничній його атаці зенітним ракетним комплексом або винищувачем-перехоплювачем.*

**Ключові слова:** літальний апарат, бортовий комплекс оборони, захищеність, бойові, інформаційні, інформаційно-бойові показники.

### Вступ

**Постановка проблеми.** Останнім часом при проектуванні нових і модернізації існуючих літальних апаратів (ЛА) їх захищеність ставиться в один ряд з такими властивостями як льотні характеристики і вогнева потужність. Це обумовлено великою кількістю засобів ураження ЛА, які є практично у всіх озброєних формуваннях, що беруть участь в локальних конфліктах та високим рівнем втрат ЛА в них. Не дивлячись на те, що сучасні ЛА оснащуються засобами захисту, імовірність їх поразки над полем бою залишається достатньо високою.

Захищеність ЛА, як одна з його властивостей, характеризує здатність ЛА виконувати свої функції за призначенням в умовах впливу противника. Ця властивість проявляється в ході здійснення противником виявлення, прицілювання та ураження ЛА - цілі. У свою чергу, складовими захищеності ЛА є характеристики його бойової живучості, скритності, здатності здійснювати придушення засобів протиповітряної оборони (ППО).

Тому, оцінювання ефективності застосування бортових комплексів оборони (БКО) і якості захищеності ЛА в процесі його розробки та випробувань являє собою важливу та актуальну задачу, і включає визначення бойових, інформаційно-бойових, інформаційних показників та технічних характеристик. Здійснення такого роду оцінювання повинно забезпечуватися відповідним науково-методичним апаратом, здатним враховувати як особливості функціонування самого БКО ті його підсистем, так і особливості функціонування сучасних засобів впливу на ЛА з боку противника.

**Метою статті** є аналіз захищеності літального апарату, як складної технічної системи, з урахуванням внесків різноманітних систем бортових комплексів оборони та на основі цього – розробка методичного підходу до оцінювання ступеню захищеності ЛА.

### Основний матеріал

Захищеність ЛА від керованих дії авіаційних засобів ураження та зенітних ракет характеризується сукупністю показників.

Бойові та інформаційно-бойові показники визначають виграш, який можливо отримати за рахунок застосування різноманітних систем протидії та характеризують зниження бойових можливостей різноманітних систем ППО противника при відбитті атаки (повітряного нальоту) в умовах перешкод.

Інформаційні показники ефективності характеризують вплив різноманітних систем постановки перешкод на інформаційні можливості систем управління силами і зброєю ППО противника та використовуються самостійно як показники ефективності системи і в якості вхідних даних при визначенні інформаційно-бойових та бойових показників ефективності.

При обґрунтуванні переліку показників ефективності та технічних характеристик систем БКО ЛА і окремих його підсистем, які необхідно визначити в процесі розробки та випробувань, необхідно враховувати наступні вимоги:

– показники повинні відображувати основні призначення систем (підсистем) БКО ЛА, особливої їх функціонування і якості вирішення завдань інструментальної розвідки, управління і протидії;

– обрана група показників повинна забезпечувати перевірку систем (підсистем) БКО ЛА на відповідність тактико-технічним вимогам (ТТВ) та оцінку їх ефективності;

– показники повинні бути критичними по відношенню до параметрів функціонування систем (підсистем), що визначають їх призначення та параметри, які характеризують умови застосування БКО ЛА;

– показники повинні визначатися з достатньою точністю по обмеженому обсягу експериментальних даних та відповідати меті випробувань;

– показники повинні визначатися по можливості простими методами, а отримані характеристики в залежності від параметрів, що характеризують умови застосування, повинні бути наглядними;

– показники повинні бути єдиними для всіх етапів розробки та випробувань.

Аналіз принципів побудови завдань, які вирішуються системами (підсистемами) БКО ЛА, а також цілей їх випробувань показує, що випробування БКО ЛА повинні проводитися комплексно з чергуванням методів натурних та лабораторних випробувань, математичного і напівнатурного моделювання.

У зв'язку зі складністю відтворення в натурних умовах реальних бойових ситуацій, оцінювання ефективності систем БКО по бойовим та інформаційно-бойовим показникам проводиться методом математичного моделювання. Для визначення інформаційних показників застосування різноманітних систем захисту необхідно враховувати результати, що отримані за методиками натурних випробувань та напівнатурного моделювання. Натурні випробування при наявності відповідної мішеневої обстановки дозволяють отримати найбільш достовірні значення показників якості функціонування систем БКО ЛА.

Технічні характеристики систем БКО ЛА визначаються в льотних та лабораторних випробуваннях з використанням імітаторів потоків сигналів різноманітних радіоелектронних засобів ППО. До переліку бойових, інформаційно-бойових, інформаційних показників різноманітних систем захисту та до технічних характеристик систем БКО ЛА входять:

1. Бойовий показник ефективності БКО ЛА - визначається для оцінки ефективності систем БКО ЛА при подоланні систем кутового виявлення та кутового супроводження ППО противника. Цей показник обчислюється як відносне зниження втрат літаків в ході подолання систем ППО противника

$$\eta = \frac{m_{\sigma} - m_{\pi}}{m_{\pi}} \cdot 100\%,$$

де  $m_{\sigma}$ ,  $m_{\pi}$  – математичне сподівання витрат літаків в ході подолання ППО на задану глибину в умовах відсутності та застосування систем БКО відповідно.

2. Інформаційні показники ефективності застосування станцій оповіщення екіпажу про опромінювання, пристроїв управління систем (імпульсних та імпульсно-часових) визначаються:

– перевіркою якості функціонування та перепускної здібності апаратури розвідки, при цьому обчислюється ймовірність правильного визначення типу сигналу що опромінює за цикл розвідки,  $P_{рв}$  та ймовірність правильного визначення режиму роботи РЛС кутового виявлення,  $P_{рр}$ ;

– перевіркою якості функціонування апаратури розвідки та відповідності ТТВ, при цьому визначається ймовірність пеленгування радіоелектронними засобами (РЕЗ) ППО противника з необхідною, не більш що задано,  $P_{пРЕЗ}$ ;

– перевіркою якості функціонування та перепускної здібності апаратури розвідки та управління, при якій визначається ймовірність розпізнавання k-го типу РЕЗ ППО противника, в залежності від інтенсивності потоку сигналів

$$P_{pR} = P_{pR} (R^* - R);$$

– перевіркою якості функціонування і радіоелектронного захисту апаратури розвідки та управління, при якій визначається ймовірність прийняття помилкового рішення про тип РЕЗ ППО противника за цикл розвідки, в залежності від інтенсивності потоку сигналів

$$P_{пр} = P_{пр} (R^* - R).$$

3. Інформаційно-бойові показники ефективності визначаються проведенням наступних оцінок:

– ефективність придушення систем кутового виявлення РЕЗ ППО противника, яка обчислюється ймовірністю непоразки літака одною ракетою (серією ракет) чи за атаку ЗРК, ПЗРК, ЗАК або винищувача-перехоплювача (ВП) –  $Q_i$ ;

– ефективність придушення систем кутового виявлення РЕЗ ППО противника при масовому нальоті авіації, яка обчислюється розподілом ймовірності початку обстрілу та середньою дальністю початку обстрілу літаків – цілей типовими ЗРК (ПЗРК), ЗАК в залежності від дальності літака (літаків) від РЛС та в умовах функціонування системи ППО противника при відбитті масового нальоту авіації

$$\{Y_i = f(D_c), D_i = Y_i (D_c + РЛС)\};$$

– ефективність придушення РЕЗ ППО та систем виявлення та супроводження цілей, яка обчислюється розподілом функції змінення середньої потужності перешкод на вході РЛС системи виявлення та супроводження цілей і середньою дальністю початку супроводження цілей типовими РЛС виявлення та наведення на ціль в залежності від дальності від РЛС ППО

$$\{P_j = f(D_c), D_j = Y_j (D_c + РЛС)\}.$$

4. Інформаційні показники ефективності застосування тепlopеленгаторів виявлення пусків ракет та станцій виявлення лазерного випромінювання визначаються:

– оцінкою дальності виявлення пуску ракет тепlopеленгатором в реальній фоновій обстановці (в діапазоні максимальних – мінімальних дальностей пуску ракет) при якій визначається ймовірність виявлення пуску ракети при фіксованих значеннях параметрів ракети та параметрів які характеризують умови бойового застосування

$$P_{впр} = f(D_c);$$

– оцінкою точностних характеристик тепlopеленгатора в реальній фоновій обстановці, яка обчислюється математичним сподіванням та середньоквадратичною похибкою визначення координат ракети при фіксованому значенні параметрів  $m_{\beta}$ ,  $m_e$ ,  $\sigma_{\beta}$ ,  $\sigma_{\Sigma}$ ;

– перевіркою перешкодозахищеності в реальній фоновій обстановці шляхом обчислювання ймовірності хибних тривог тепловелогатора в залежності від фоновієї обстановки та параметрів, які характеризують умови бойового застосування

$$F_{\text{ХТ}}^T = f(E_{\text{Ф}});$$

– оцінкою ефективності виявлення лазерного опромінювання, яка обчислюється ймовірністю хибних тривог станції виявлення лазерного опромінювання, як функції інтенсивності завадових сигналів

$$F_{\text{ХТ}}^T = f(J_{\text{пф}}).$$

5. Інформаційні показники ефективності застосування засобів оптико-електронного придушення систем управління зброєю та викиду дипольних відбивачів (ДВ) та хибних теплових цілей (ХТЦ) визначається:

– оцінкою ефективності придушення ракет з тепловими головками самонаведення (ТГС) ХТЦ, яка обчислюється ймовірністю зриву автосупроводження цілі (перенацілювання на хибну ціль) ТГС ракети

$$P_{\text{зрТГС}} = f(J_{\text{ГР}}, J_{\text{ХЦ}}, J_{\text{Ц}}(X));$$

– оцінкою ефективності придушення ТГС ракет при створенні активної модульованої перешкоди, обчислюється ймовірністю зриву автосупроводження цілі теплової головки самонаведення при створенні активної модульованої перешкоди,

$$P_{\text{зрТГС}} = f\{\Delta\lambda, J_{\Delta\lambda}, J_{\Delta\lambda}(\omega), R_M, f_M \pm \Delta f\};$$

– оцінкою ефективності пасивних радіолокаційних перешкод (правильність вибору моменту, кількості та темпу відстрілу ДВ), обчислюється ймовірністю зриву автоматичного супроводження цілі РЕЗ ППО при застосуванні пасивних радіолокаційних перешкод  $P_{\text{зрАС}}$ ;

– оцінкою ефективності пасивних перешкод (правильність вибору моменту, кількості та темпу скидання ДВ), обчислюється ймовірністю виявлення цілі РЕЗ ППО в пасивних перешкодах  $P_{\text{виявРЕЗ}}$ .

Ступінь захищеності ЛА за атаку ЗРК (ПЗРК) або винищувача-перехоплювача описується наступною системою показників:

1. Ймовірність непоразки літака за атаку ЗРК (ПЗРК) або ВП є основним інформаційно-бойовим показником ефективності системи БКО. Обчислювання ймовірності непоразки літака  $Q$  з урахуванням протилітакового маневру за атаку здійснюється для різноманітних засобів ППО, що атакують, як:

$$Q = 1 - P_{\sigma} (1 - P_{\text{ПЛМ}}) \prod_{i=1}^{\gamma} (1 - P_{\text{зрАС}}) \times \\ \times [P_{\text{РГС}} (1 - P_{\text{МР}}) + (1 - P_{\text{МТ}}) (1 - P_{\text{РГС}}) P_{\text{РГС}} + (1 - P_{\text{МГ}}) \times \\ \times [1 - [P_{\text{РГС}} + (1 - P_{\text{МР}}) P_{\text{ТГС}}]]] P_{\text{Г}},$$

де  $P_{\sigma}$  – ймовірність ближнього наведення ВП;  $P_{\text{ПЛМ}}$  – ймовірність зриву атаки за допомогою протилітакового маневру;  $P_{\text{МР}}$ ,  $P_{\text{МТ}}$ ,  $P_{\text{МГ}}$  – ймовірність

зриву атаки за допомогою оборонного маневру відповідно ракети з радіолокаційною головкою самонаведення (РГС), ракети з ТГС та гармати;  $P_{\text{зрРА}}$  – ймовірність зриву супроводження РЛС кутового виявлення за допомогою перешкод  $i$ -м циклом;  $\gamma$  – кількість циклів перешкод;  $P_{\text{РГС}}$ ,  $P_{\text{ТГС}}$  – ймовірності ураження літака ракетами з РГС та ТГС відповідно з урахуванням протидії ГСН цих ракет;  $P_{\text{Г}}$  – ймовірність ураження літака гарматою.

2. Ймовірність ураження літака залпом ракет з РГС, що обчислюється за допомогою співвідношення:

$P_{\text{РГС}} = 1 - [1 - P_{\text{лр}} \prod_{i=1}^{\beta} (1 - P_{\text{срАСРГС}}) (1 - P_{\text{РГС}}(\Gamma))^{\nu}]$ , де  $P_{\text{лр}}$  – ймовірність ураження літака ракетою з РГС, з урахуванням умов пуску ракет;  $P_{\text{зрРА}}$  РГС – ймовірність зриву супроводження РГС при  $i$ -му циклі перешкод;  $\beta$  – кількість циклів перешкод;  $P_{\text{РГС}}(\Gamma)$  – ймовірність зриву атаки ракети за допомогою системи вогневого захисту (гармати);  $\nu$  – кількість ракет у циклі.

3. Ймовірність ураження літака залпом ракет з ТГС обчислюється за виразом:

$$P_{\text{ТГС}} = \prod_{i=1}^a (1 - P_{\text{зрТГС}}) (1 - [1 - P_{\text{СТ}} (1 - P_{\text{ТГС}}(\Gamma))]^n)^a,$$

де  $P_{\text{зрТГС}}$  – ймовірність зриву супроводження ТГС (уводу на хибну ціль) за допомогою ХТЦ;  $P_{\text{лр}}$  – ймовірність ураження літака ракетою з ТГС;  $P_{\text{ТГС}}(\Gamma)$  – ймовірність зриву атаки ракети з ТГС за допомогою системи вогневого захисту задньої півкулі;  $n$  – кількість ракет у залпі;  $a$  – кількість циклів перешкод ХТЦ.

## Висновки

На основі розгляду бойового ЛА з бортовим комплексом оборони як складної технічної системи комплексу визначено сукупність його бойових, інформаційно-бойових та інформаційних показників та технічних характеристик, що в цілому описують ступінь захищеності ЛА. Для кожного з показників отримані аналітичні вирази для їх розрахунку, на яких й повинен базуватися науково-методичний апарат для оцінювання захищеності ЛА.

## Список літератури

1. *Защита самолетов от ракет с ТГС: Монография / В.Л. Кучин, Л.З. Криксунов, В.А. Волков, В.К. Вялов. – М.: Воениздат, 1982. – 430 с.*
2. *Комплексний захист літальних апаратів від ураження керованим озброєнням / М.І. Архипов, О.М. Альошин, С.М. Туренко, А.Л. Феценко // ДНВЦ, Матеріали 7-ої науково-технічної конференції. – 2007. – С. 47-49.*
3. *Архипов М.І. Захист літальних апаратів від ураження керованим озброєнням / М.І. Архипов, Ю.К. Ребрин, А.Л. Феценко // Труды академії. – 2007. – № 79. – С. 159 – 162.*

Надійшла до редколегії 11.12.2012

**Рецензент:** д-р техн. наук проф. О.Б. Леонтьєв, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

**МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОЦЕНИВАНИЮ ЗАЩИЩЕННОСТИ ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА  
КАК СЛОЖНОЙ ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ С УЧЕТОМ ВКЛАДА РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМ ЗАЩИТЫ**

В.Г. Башинский, Д.Г. Васильев, В.Г. Юренев

*Рассмотрены боевые, информационно-боевые, информационные показатели эффективности применения и технические характеристики систем бортовых комплексов обороны летательных аппаратов и отдельных его подсистем. Предложен методический подход к оцениванию защищенности летательного аппарата от одиночной атаки зенитным ракетным комплексом или истребителем-перехватчиком.*

**Ключевые слова:** летательный аппарат, бортовой комплекс обороны, защищенность, боевые, информационные, информационно-боевые показатели.

**METHODOICAL APPROACH TO EVALUATION OF AIRCRAFT PROTECTED  
AS DIFFICULT TECHNICAL SYSTEM TAKING INTO ACCOUNT DEPOSIT OF DIFFERENT DEFENCE SYSTEMS**

V.G. Bashinskiy, D.G. Vasiliev, V.G. Yurenev

*The battle, informatively-battle, informative indexes of efficiency of application and technical descriptions of the systems of side complexes of defensive of aircrafts and his separate subsystems are considered. The methodical going is offered near the evaluation of protected of aircraft from a single attack a zenithal rocket complex or destroyer-interceptor.*

**Keywords:** aircraft, defensive side complex, protected, battle, informative, informatively-battle indexes.