

УДК 62-192.001:519.711.3

Б.М. Ланецький, О.О. Зверев, І.О. Чигрин, О.О. Паніцин

Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

МОДЕЛЬ НАДІЙНОСТІ МОБІЛЬНОГО ЗРК СЕРЕДНЬОЇ ДАЛЬНОСТІ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ ЙОГО КОЕФІЦІЄНТА ЗБЕРЕЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ

В статті приведено коефіцієнт збереження ефективності (КЗЕ) зенітного ракетного комплексу (ЗРК), його часткові визначення за різні інтервали експлуатації і основні положення по розрахунку КЗЕ.

Ключові слова: коефіцієнт оперативної готовності, коефіцієнт збереження ефективності, модель надійності.

Вступ

Постановка проблеми. На всіх стадіях життєвого циклу (ЖЦ) необхідно вирішувати різні завдання науково - технічного супроводження (НТ) ЗРК, пов'язані із завданням вимог до ЗРК, контролем їх виконання. Досвід вирішення завдань НТС і, зокрема, обґрунтування та контролю виконання вимог до показників якості ЗРК показує, що великі похибки вирішення завдань "завдання вимог" і їх контролю на наступних стадіях ЖЦ призводять до нерациональних витрат коштів на забезпечення заданих вимог на наступних стадіях ЖЦ ЗРК, або на усунення помилок, допущених під час завдання вимог [1]. Одна з причин цього – використання на етапах науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт коефіцієнта оперативної готовності (КОГ) ЗРК, моделі для розрахунку якого недостатньо повно враховувати типові циклограми використання ЗРК за призначенням, особливо самохідного, основні режими його експлуатації і інші специфічні особливості ЗРК, які стають відомими по мірі їх проектування і розробки. Підвищити якість рішення задач НТС ЗРК можливо, розробивши нові комплексні показники якості ЗРК і моделі для їх розрахунків, які дозволяють усунути вищевказані недоліки.

Аналіз літератури. У нормативно-технічних документах і науково-технічній літературі завдання вимог на етапі науково-дослідних робіт і контроль їх виконання на наступних стадіях ЖЦ виробляється з використанням стаціонарного КОГ або коефіцієнта збереження ефективності (КЗЕ) ЗРК за тривалість циклу бойової стрільби, який фактично представляє собою стаціонарний КОГ [2 – 4].

Ці показники недостатньо повно характеризують основні експлуатаційні стани та режими функціонування ЗРК, особливо самохідного, і в тому числі режими очікування бойового використання (б.в.) у вимкненому і увімкненому станах, режим б.в., режими згортання, переміщення на нову вогневу позицію (ОП) і розгортання, приведення в готовність до б.в. і в різних експлуатаційних станах.

Як правило, вимоги до безвідмовності і ремонтпридатності ЗРК з використанням цих показників задаються завищеними, що, в свою чергу, призводить до невиправданих витрат на їх забезпечення і підтвердження.

При порівняльному аналізі варіантів ЗРК найбільш прийнятні аналітичні моделі для розрахунку показника ефективності ЗРК, які б забезпечували високу чутливість показника ефективності ЗРК, що оцінюється, до змін тактико-технічних характеристик (ТТХ) ЗРК і ЗПН із складу заданого нальоту з урахуванням характеристик надійності ЗРК. Відомі аналітичні моделі для оцінки показника ефективності ЗРК – математичного сподівання числа знищуваних цілей, - характеризуються низькою чутливістю до змін ТТХ ЗРК і ЗПН. При цьому не враховується технічний стан та надійність бойових засобів ЗРК та ЗРК в цілому в різних режимах роботи та на етапах бойової роботи, що відповідають цим режимам. Це не дозволяє розв'язувати задачі порівняльного аналізу, за цим показником різноманітних варіантів ЗРК.

Мета статті. Розробити аналітичну модель для розрахунку показника ефективності ЗРК з урахуванням технічного стану бойових засобів і їх надійності, яку можна використовувати для рішення задач порівняльного аналізу по цьому показнику різних варіантів ЗРК СД в тому числі мобільного. Для адекватної оцінки впливу надійності засобів ЗРК на ефективність стрільби необхідно максимально повно враховувати просторово-часову динаміку бою, часовий резерв і можливості по поступовому обстрілу цілі.

Конкретизувати поняття стандартизованого ПН « коефіцієнта збереження ефективності » стосовно до ЗРК різного ступеня мобільності для підвищення якості вирішення завдань на НТС і розробити загальні положення за його розрахунком. При цьому модель для розрахунку КЗЕ ЗРК повинна враховувати основні експлуатаційні стани та режими функціонування ЗРК, що характеризується великим різноманіттям режимів використання за призначенням.

Основний матеріал

Згідно [3] КЗЕ об'єкта визначається як відношення показника ефективності використання об'єкта за призначенням за певну тривалість експлуатації до номінального значення цього показника, обчисленому за умови, що відмови об'єкта в перебігу того ж періоду не виникають. Стосовно до ЗРК, ефективність кількісно можна характеризувати як величину вихідного ефекту, усереднену за певну тривалість циклу стрільби по одиночній цілі.

Конкретизуємо поняття КЗЕ для варіанта бойового застосування самохідного ЗРК СД: ЗРК на кожній ОП застосовується одноразово по групі засобів повітряного нападу (ЗПН) нальоту L-го масованого удару (МУ), потім здійснює маневр на нову ОП застосовується одноразово по одній з груп ЗПН нальоту l-го МУ і т.д.

КЗЕ ЗРК угруповання ЗРВ при одноразовому використанні за призначенням на кожній ОП можна визначити як співвідношення.

$$K_{\text{эф}} \text{ lsr} = M[\xi_{\text{lsr}}] / M_0[\xi_{\text{lsr}}].$$

де $M[\xi_{\text{lsr}}]$ – математичне сподівання (м.сп.) кількості знищуваних СВН ξ_{lsr} зі складу типового нальоту за розглянутий інтервал; $M_0[\xi_{\text{lsr}}]$ – номінальне значення цього показника, обчислене за умови, що ЗРК до початку інтервалу своєчасно розгортається і забезпечується необхідною кількістю боєздатних ЗУР, працездатний і на протязі цього інтервалу не відмовляє.

Можна показати, що величина $K_{\text{эф}} \text{ lsr}$ характеризує ймовірність того, що ЗРК виявиться в працездатному стані в момент часу початку бойової роботи по групі спільно обстрілюваних цілей зі складу нальоту, при відомому його стані в момент закінчення КФ, проведеного в зв'язку з оголошенням бойової готовності до відбиття нальоту, або нестационарній повний КОГ ЗРК.

Розрахунок величини $M_0[\xi_{\text{lsr}}]$ пропонується здійснювати стосовно до відомої моделі нальотів ЗПН, скоєних у складі МУ по заданому сценарію, і до конкретного типу ЗРК у складі угруповання ЗРВ за відомою методикою при ідеальних характеристиках як живучості та пропозиції, що ЗРК своєчасно розгорнутий, працездатний до початку відображення МУ і безвідмовно функціонує в перебігу його відображення. Для розрахунку номінальних значень м.сп. використовуються графоаналітичні методи. При цьому, на відміну від відомих методик, наліт розбивається на групи СОЦ. Під групою спільно обстрілюваних зенітним ракетним комплексом цілей розуміються цілі, за якими в даному інтервалі часу безперервно виконується одна з операцій стрільби, тобто ЗРК в процесі обстрілу цілей з групи СОЦ, що не простуює.

Кількість груп СОЦ у складі нальоту, їх склад, кількість стрільб ЗРК по ЗПН нальоту, що потенційно реалізуються, і інтервали бойової роботи ЗРК по групі СОЦ зі складу нальоту визначаються методом "протягання" трас ЗПН через зони обстрілу (зони поразення) ЗРК угруповання ЗРВ. Показники ефективності функціонування ЗРК по кожній цілі зі складу групи СОЦ розраховується з урахуванням зайнятості цільових і ракетних каналів і умов стрільби.

Розрахунок величини м.сп. числа знищуваних ЗПН з урахування надійності здійснюється за формулою повної ймовірності, тобто як сума ймовірності гіпотез на умовні м.сп. числа знищуваних ЗПН із складу відповідних груп СОЦ нальоту при висунутих гіпотезах, при цьому в якості гіпотез розглядаються стан повної працездатності і стан часткової непрацездатності бойових засобів ЗРК в момент початку і в момент процесу обстрілу груп СОЦ. Для розрахунку ймовірностей цих гіпотез розробляється сукупність моделей надійності для різноманітних інтервалів експлуатації, а саме: на інтервалах між плановими контролями функціонування (КФ) та технічними обслуговуваннями (ТО); на інтервалах очікування б.в. у ввімкненому стані; на інтервалах очікування б.в. у ввімкненому стані; на інтервалах б.в. по групі СОЦ; на інтервалах згорання по закінченню б.в. або по закінченню максимального часу перебування ЗРК на одній позиції; на інтервалах переміщення на нову ОП і розгортання на ній.

Алгоритм розрахунку кількості знищених цілей з урахуванням надійності ЗРК такий:

1. У відповідності з заданим типовим нальотом будується часова діаграма використання ЗРК по нальоту ЗПН (рис. 1).

2. На основі порівняння $t_{\text{зміна}}$ і $t_{\text{рп}}$ в залежності від використовуваного методу поточного ремонту робимо висновок, являється ЗРК за даний заданий інтервал часу відновлюваним або невідновлюваним.

3. У відповідності з вищевказаним будуємо граф надійності ЗРК при послідовному обслуговуванню цілей заданого нальоту.

4. На основі графу надійності з урахуванням розрахунку ефективності ЗРК під час відбиття заданого нальоту ЗПН, що не враховує надійність ЗРК, розраховуємо м.сп. числа знищених цілей з урахуванням надійності для відповідних станів ЗРК на момент обслуговування.

Як правило, моделі надійності на виділених інтервалах експлуатації представляють собою напівмарківський опис процесів відмов, відновлень, періодичних КФ і ТО, планових використань ЗРК за призначенням, бойового використання і ін.

Рекомендовані МН ЗРК, на відміну від інших, описують процеси експлуатації мобільного ЗРК СД стосовно до моделей нальотів ЗПН, що здійснюються за заданим сценарієм МУ ЗПН, на інтервалах

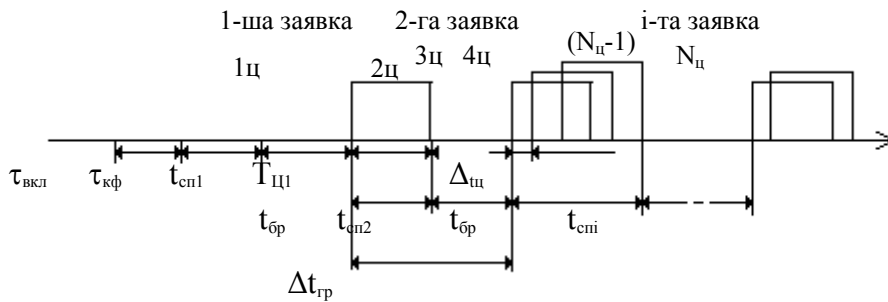


Рис. 1. Часова діаграма обстрілу цілей із складу типового нальоту ЗПН

експлуатації, що містять один або декілька типових циклів використання ЗРК за призначенням з урахуванням безлічі експлуатаційних станів і відповідних режимів експлуатації.

Висновки

Для підвищення якості вирішення завдань НТС ЗРК запропоновано використовувати оперативно-тактичний показник – КЗЕ ЗРК, конкретизовано його поняття для різних інтервалів експлуатації. Розроблено загальні положення щодо його розрахунків, що включають в себе сукупність МН, які описують основні режими експлуатації самохідного ЗРК СД для різних інтервалів експлуатації до оголошення бойової готовності (на інтервалах між плановими КФ і ТО) і після її оголошення для відбиття нальотів ЗПН в угрупованні ЗРВ розрахунок величин м.сп. з урахуванням показників призначення і показників надійності.

Порівняльний аналіз результатів розрахунків показників ефективності функціонування ЗРК за стаціонарним КОГ і рекомендованим КЗЕ показує цілеспрямованість використання рекомендованих КЗЕ під час вирішення завдань НТС ЗРК, пов'язаних з завданням вимог до ЗРК, контролем їх виконання і наступним коригуванням, на різних стадіях ЖЦ, експлуатація ремонту, і при рішенні завдань продовження призначених термінів служби і ремонту.

Розроблена аналітична модель дозволяє оцінити ефективність функціонування ЗРК під час відбиття заданого нальоту ЗПН з врахуванням його

технічного стану на етапах обслуговування груп СОЦ. Це дозволить вирішувати завдання модернізації ЗРК на початковому етапі порівняльного аналізу різних варіантів ЗРК, що модернізується.

Список літератури

1. Ланецкий Б.Н. Общие положения методики системного обоснования тренирующей к показателям надежности РЭС ЗРК / Б.Н. Ланецкий, А.А. Зверев // Системы обработки информации. – Х.:ХВУ, 2003. – Вып. 6. – С. 174-180.
2. Ланецкий Б.Н. Расчет коэффициента оперативной готовности системы со случайными продолжительностями интервалов ожидания и использования по назначению / Б.Н. Ланецкий // Сборник научных работ ХВУ. – Х.: ХВУ, 1998. – Вып. 21. – С. 100-106.
3. ГОСТ 27002-89. Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 37с.
4. ГОСТ 27003-90. Надежность в технике. Состав и общие правила задания требований по надежности. – М.: Изд-во стандартов, 1991. – 27с.
5. Математическое моделирование в задачах исследования надежности технических систем: Монография / А.П. Ковтуненко, Б.Н. Ланецкий, А.А. Зверев, В.В. Зубарев. – К: Кн. изд-во НАУ, 2006, – 236 с.
6. Ланецкий Б.Н. Аналитическая модель для расчета эффективности зенитного ракетного комплекса при отражении заданного налета средств воздушного нападения / Б.Н. Ланецкий, С.Н. Донцов // Системы обработки информации. – Х.: ХВУ, 2004. – Вып. 10 (38). – С. 103-111.

Надійшла до редколегії 18.02.2014

Рецензент: д-р військ. наук проф. М.О. Єрмошин, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

МОДЕЛЬ НАДЕЖНОСТИ МОБИЛЬНОГО ЗРК СРЕДНЕЙ ДАЛЬНОСТИ ДЛЯ РАСЧЕТА ЕГО КОЭФФИЦИЕНТА СОХРАНЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ

Б.Н. Ланецкий, А.А. Зверев, И.А. Чигрин, О.А. Паницин

В статье приведена коэффициент сохранения эффективности (КСЭ) зенитного ракетного комплекса, приведены его частные определения за различные интервалы эксплуатации и основные положения по расчету КСЭ.

Ключевые слова: коэффициент оперативной готовности, коэффициент сохранения эффективности, модель надежности.

MODEL OF REABILITY OF FUNCTIONING OF ANTI-AIRCRAFT MISSILE COMPLEX TAKING INTO ACCOUNT RELIABILITY OF HIS COMPONENT PARTS

B.N. Lanetsky, A.A. Zverev, I.A. Chygryn, O.O. Panitsyn

In the article the coefficient of maintainance of efficiency of anti-aircraft rocket complex, his partial determinations, is resulted that different intervals of exploitation and substantive provisions upon settlement of coefficient maintainance of efficiency.

Keywords: coefficient of operative readiness, model of reliability, coefficient of maintainance of efficiency.