

УДК 623.611

Прібилєв Ю. Б., Пашков Д. П., Сакович Л. М.

ВПЛИВ ЧАСОВИХ ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМИ ОЗБРОЄНЬ НА ЗАБРУДНЕННЯ ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА

Розглянуто вплив технологічного рівня озброєнь та військової техніки на екологічні наслідки їх застосування. Отримано умову дотримання часового балансу ракетного комплексу.

Ключові слова: *складна технічна система, ракетний комплекс, часовий баланс.*

Вступ

Особливістю ведення бойових дій у районі є зниження екологічної безпеки до критичного стану [1]. Використання «важкого» озброєння невідворотно призводить до масштабного руйнування та забруднення земель, поверхневих і підземних вод, порушення ландшафтів та знищення рослинності. Жахливі наслідки війни пояснюються також тим, що більша частина озброєнь та військової техніки (ОВТ), що є на озброєнні, застарілі. При цьому виконання бойових завдань екстенсивними, а не інтенсивними методами, кількістю, а не якістю озброєнь майже завжди збільшує ризики виникнення екологічних проблем. Не підлягає сумніву той факт, що, наприклад, знищення взводного опорного пункту противника за допомогою реактивних систем залпового вогню потребує дуже великих витрат боєприпасів та завдає значних ушкоджень ґрунтового покриву. Застосування зброї більшої точності (особливо – високоточної) дає можливість вирішити те саме завдання зі значно меншими витратами боєкомплекту, або боєприпасами меншої потужності, таким чином зменшивши негативні наслідки застосування ОВТ майже для всіх компонентів природного середовища в районі бойових дій. Можна дійти висновку, що покращення якісних характеристик ОВТ дасть можливість не тільки зменшити витрати боєкомплекту, коштів, матеріально-технічних засобів та паливо-мастильних матеріалів, а й значно зменшить забруднення природного середовища в зоні бойових дій.

Аналізування останніх досліджень і публікацій. Проблеми екологічної небезпеки в зоні проведення бойових дій розглядали в [1÷3]. Але питання покращення технічних характеристик ОВТ як складних технічних систем, не розглядали в повному обсязі. Крім того, вплив якісних характеристик ОВТ на стан навколишнього середовища, а саме, часових характеристик ОВТ, досі не досліджено. Особливо це стосується комплексів зенітного ракетного озброєння (КЗРО).

Мета статті. Необхідність визначення часового балансу КЗРО, що дасть можливість вирішити проблему його раціонального автоматичного завантаження, тим самим покращивши якісні характеристики комплексу та зменшивши негативні наслідки застосування ОВТ для навколишнього середовища.

Викладення основного матеріалу. Як найбільш складний приклад зразка ОВТ, що може впливати значною мірою на стан навколишнього середовища під час бойових дій, розглянемо комплекси зенітного ракетного озброєння, що становлять основну вогневу силу зенітних ракетних військ. Характеризуючи КЗРО, можна наголосити, що ця система є високотехнологічною складною технічною системою ОВТ [4], яка складається з багатьох взаємопов'язаних функціонально-незалежних систем з елементами різної природи (механічної, гідравлічної, електротехнічної, радіоелектронної тощо).

Однією з найважливіших узагальнених характеристик КЗРО є часова характеристика. Не обґрунтувавши на етапі синтезу часові межі існування КЗРО, подальше проектування системи втрачає сенс, оскільки вона може виявитися хибною у своїй основі. Різними технічними "хитрощами" і "прийомами" в подальшому виправити помилки вже буде не можливо [5, 6]. Часовий баланс має високий ступінь узагальнення і тому потребує кількісної оцінки, на підставі якої можна об'єктивно судити про наявність або відсутність "вузьких" місць у КЗРО на різних рівнях і видах інформаційного завантаження. Крім того, КЗРО може мати найдосконаліші характеристики у простих, ненапружених ситуаціях застосування за призначенням, які катастрофічно швидко падатимуть в разі ускладнення обстановки, а за перевищення деякого порога складності останньої КЗРО взагалі може виявитися небоєздатним [6].

У КЗРО як складної технічної системи зазвичай виділяють автономні з точки зору їх функціонування системи. Автономність підсистем певною мірою спрощує завдання синтезу, але передчасне надання автономії нерідко призводить до надмірного і водночас невиправданого ускладнення системи в цілому. Проблема часового балансу КЗРО породжують чинники, що визначають частоту циклів керування [7]. У КЗРО джерелом первинної інформації є радіолокатори виявлення та супроводження цілей (РЛВС) з фазованими антенними решітками (ФАР). Кутова зона огляду таких РЛВС зазвичай обмежується тільки за кутом місця, тобто її розміри становлять $2\pi\varepsilon_3$, де ε_3 – розмір зони за кутом місця. Зона огляду за дальністю в кінцевому рахунку зв'язується з межею ураження.

Вибір зондувального сигналу, періоду його повторення й характеристик променя не є системним завданням. Ці завдання може бути успішно вирішено за допомогою теорії радіолокації. Заданими можна вважати й режими роботи РЛВС за програмними цілями з різними тактичними характеристиками (одиначним, груповим, прикритим перешкодами різної інтенсивності тощо). Кутові розміри променя РЛВС позначимо через ε_L і β_L . Тоді кількість кутових напрямків у зоні огляду дорівнюватиме

$$N_{KH} = \frac{2\pi\varepsilon_3}{\varepsilon_L\beta_L}. \quad (1)$$

Якщо на зондування одного кутового напрямку використовують l_1 променів, то на перегляд усієї зони огляду за відсутності в ній позначок цілей буде потрібний час

$$t_0 = \frac{2\pi\varepsilon_3}{\varepsilon_3\beta_L} l_1 T_{II}, \quad (2)$$

де T_{II} – період повторення зондувальних сигналів.

Якщо серед N_{KH} є N_0 кутових напрямків, з яких на вхід приймального пристрою РЛВС надходять правдиві чи неправдиві позначки, то в кожному з таких напрямків проводять додаткове зондування з витратою променів l_2 (другий етап процедури виявлення). Сумарний час огляду й виявлення позначок дорівнюватиме

$$t_{\Sigma_0} = \frac{2\pi\varepsilon_3 l_1 + \varepsilon_L \beta_L N_0 l_2}{\varepsilon_L \beta_L} T_{II}. \quad (3)$$

Для вирішення завдання автосупроводження цілей (позначок) організовується робота

РЛВС в строгах. Кількість кутових напрямків і витрата променів на один напрямок строга позначимо через n_C та l_C відповідно. При цьому час на роботу в строгах з розрахунку на один період огляду становитиме

$$t_C = n_C l_C N_0 T_{II}. \quad (4)$$

Умову дотримання часового балансу можна подати у вигляді

$$T_{PЦ} \geq t_{\Sigma_0} + t_C, \quad (5)$$

де $T_{PЦ}$ – час робочого циклу керування.

У розгорнутому вигляді

$$T_{PЦ} \geq \left(\frac{2\pi\varepsilon_3 l_1 + \varepsilon_{Л}\beta_{Л} N_0 l_2}{\varepsilon_{Л}\beta_{Л}} + n_C l_C N_0 \right) T_{II}. \quad (6)$$

Цей вираз не дає можливості в явному вигляді обчислити значення $T_{PЦ}$, оскільки $n_C = f(T_{PЦ})$. Справа, однак, спрощується тим, що практично без істотних похибок можна допустити, що лінійний розмір строга перебуває в прямо пропорційній залежності від $T_{PЦ}$, тобто

$$n_C = \nu T_{PЦ}^2, \quad (7)$$

де ν – коефіцієнт пропорційності.

З умови $t_C \leq T_{PЦ} - t_{\Sigma_0}$ отримуємо

$$N_0 \leq \frac{T_{PЦ} - t_{\Sigma_0}}{\nu T_{PЦ}^2 l_C T_{II}} = \frac{T_{PЦ} - t_{\Sigma_0}}{\eta T_{PЦ}^2}, \quad (8)$$

де $\eta = \nu l_C T_{II}$ – коефіцієнт, що не залежить від $T_{PЦ}$.

Отриманий вираз встановлює залежність кількості супроводжуваних цілей (позначок) від тривалості робочого циклу керування радіолокатора. Для пошуку екстремуму замінимо знак “ \leq ” на знак “ $=$ ”, продиференціюємо за $T_{PЦ}$ і результат прирівняємо до нуля. В результаті отримаємо

$$\frac{dN_0(T_{PЦ})}{dT_{PЦ}} = \frac{\eta T_{PЦ}^2 - 2\eta T_{PЦ} (T_{PЦ} - t_{\Sigma_0})}{\eta^2 T_{PЦ}^3} = 0. \quad (9)$$

Таким чином, кількість супроводжуваних цілей наближається до максимуму за $T_{PЦ} = 2t_{\Sigma_0}$.

Оскільки $\frac{2\pi\varepsilon_3}{\varepsilon_{Л}\beta_{Л}} \geq N_0 l_2$, отримаємо $T_{PЦopt} \cong \frac{4\pi\varepsilon_3}{\varepsilon_{Л}\beta_{Л}} T_{II}$, $N_{0max} \leq \frac{1}{4\eta t_{\Sigma_0}}$ або

$$N_{0\max} \leq \frac{1}{2\eta T_{PЦopt}}.$$

Існування оптимального значення $T_{PЦ}$ і становить умовний зміст проблеми часового балансу. Вибрати $T_{PЦ} \leq T_{PЦopt}$ не можна, оскільки при цьому безпосередньо скорочується час на супровід цілей, а, отже, і кількість супроводжуваних цілей. У разі вибору $T_{PЦ} > T_{PЦopt}$ кількість супроводжуваних цілей так само зменшується внаслідок істотного збільшення розмірів стробів супроводу. Саме ж оптимальне значення завжди буде розподілено на реалізацію огляду й супроводу. Навіть у порівняно простій тактичній обстановці є проблема збереження часового балансу. З ускладненням, а тим більше з різким ускладненням тактичного фону потрібно істотно посилити процедури радіолокатора, внаслідок чого кількість супроводжуваних цілей настільки ж істотно зменшиться, оскільки "вийти" за межі балансу (часових меж) принципово не можна. В кінцевому рахунку пропускна здатність цілей може виявитися істотно менша за пропускну спроможність об'єктів керування. При цьому виключно важливого значення набуває проблема раціонального автоматичного відбору позначок цілей і процедур, що повністю завантажують РЛВС з точки зору часового балансу.

Висновок. Таким чином, розглянуто змістовну й кількісну сторону однієї з найважливіших узагальнених характеристик КЗРО – часовий баланс (часові межі її існування). Не вирішивши на етапі синтезу КЗРО проблему часового балансу, подальше проектування системи втрачає сенс, оскільки вона може виявитися хибною у своїй основі. Різними технічними "хитрощами" й "прийомами" в подальшому виправити помилки вже буде не можливо. Пошук реальних шляхів вирішення проблеми часового балансу треба шукати в узгодженні пропускних спроможностей РЛВС і пунктів керування, а також в організації раціонального, глибоко обґрунтованого й гнучкого завантаження КЗРО заявками на обслуговування. За "суто автоматичного" завантаження системи вирішення проблеми часового балансу принципово немає.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бондар О. І. Системний аналіз екологічної небезпеки у зоні проведення антитерористичної операції на сході України: біосферні конфлікти та транскордонне забруднення / О. І. Бондар, О. А. Машков, С. Т. Абідов // Екологічні науки: науково-практичний журнал. – К.: ДЕА, 2015. – № 9. – С. 5–27.
2. Гриб Д. А. Удосконалення методів технічної експлуатації і ремонту як основа підтримання боєготового стану зенітного ракетного озброєння в сучасних умовах / Д. А. Гриб, Б. М. Ланецький, В. В. Лук'янчук // Наука і оборона. – 2012. – №3. – С. 55–63.
3. Ланецький Б. Н. Адаптивное управление техническим состоянием и надежностью сложных технических систем в условиях ресурсных ограничений / Б. Н. Ланецький, В. В. Лук'янчук // Системи озброєння і військова техніка. – Х.: ХУПС, 2011. – Вип. 2 (26). – С. 149–151.
4. Крижний А. В. Прогнозування довговічності парку зенітних ракетних комплексів (систем) під час експлуатації за технічним станом [Текст] / А. В. Крижний, П. В. Опенько // Наука і оборона. – 2012. – № 1. – С. 50–55.
5. Пермяков О. Ю. Модель системи діагностування, технічного обслуговування та ремонту складних технічних систем військового призначення / О. Ю. Пермяков, Ю. Б. Прібілев, О. О. Дюбанов // Наука і оборона. – 2016. – № 2. – С. 48–52.
6. Барзилович Е. Ю. Модели технического обслуживания сложных систем / Е. Ю. Барзилович. – М.: Высш. шк. 1982. – 230 с.

7. Гаскаров Д. В., Голинкевич Т. А., Мозгалевский А. В. Прогнозирование технического состояния и надежности радиоэлектронной аппаратуры / Под ред. Т.А.Голинкевича. – М.: Сов. радио, 1974.

Ю. Б. Прибылев, Д. П. Пашков, Л. М. Сакович
ВЛИЯНИЕ ВРЕМЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМЫ ВООРУЖЕНИЙ НА ЗАГРЯЗНЕНИЕ СРЕДЫ

Рассмотрено влияние технологического уровня вооружений и военной техники на экологические последствия их применения. Получено условие соблюдения временного баланса ракетного комплекса.

Ключевые слова: сложная техническая система, ракетный комплекс, временной баланс.

Y. Pribylev, D. Pashkov, L. Sakovich
EFFECT OF TIME CHARACTERISTICS OF WEAPONS ON POLLUTION PROTECTION

The influence of the process of arms and military equipment to the environmental consequences of their use are considered. Time balance of anti-aircraft missile is described.

Keywords: complex technical system, missile complex, maintenance performance.

UDC 629.331

Warwas Kornel

PARALLEL GENETIC ALGORITHM WITH ACTOR MODEL APPROACH TO RESTORE STABILITY OF AN ARTICULATED VEHICLE

The paper presents an application of an actor model to control braking torques on wheels of an articulated vehicle in an untripped rollover manoeuvre. The numerical model of the articulated vehicle and dynamic optimisation have been used to calculate appropriate braking torques for each wheel in order to restore stability. The optimisation problem requires the equations of motion to be integrated at each optimisation step and it is a time-consuming task. Therefore, parallel computing with using actor model system has been proposed. The actor model system has been implemented in genetic algorithm. In the paper, formulation of genetic algorithm with the actor system and results obtained from dynamic optimisation have been presented and compared.

Key words: parallel computing, actor model, genetic algorithm, optimisation, articulated vehicle.

Introduction. The dynamic optimisation of sophisticated physical systems such as multibody system and articulated vehicle is an excessively time-consuming task. Improvement of the optimisation calculation time is a subject of many papers [1, 2, 3]. Parallel and distributed systems are often used in order to improve the efficiency of calculations [1, 2, 4, 5]. Some of the algorithms allow splitting computational effort in separate threads, processes or cluster's nodes in a natural way. The approach used in order to formulate model of the system and implementation of the optimization process are not without significance. Currently, the development of computer hardware and software allows to release from the monolithic architecture to micro-services approach in which part of the business logic can be separately processed and those parts can