

УДК 681.5

І.І. Олійник, д.т.н.
Державне конструкторське бюро "Південне"

ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСОМ ПОЛІГОННИХ ВИПРОБУВАНЬ СКЛАДНИХ ЗРАЗКІВ ОЗБРОЄННЯ

У статті формалізовано задачу оцінювання ефективності системи управління полігонних випробувань у вигляді оптимального синтезу структури організаційно-технологічного середовища системи полігонних випробувань. Зазначену задачу зведено до багатокритерійної форми та запропоновано шляхи її розв'язання.

Вступ. Актуальність досліджень. Прийняття на озброєння складних зразків військової техніки сьогодні передбачає не тільки створення науково-дослідного випробувального полігону із сучасною технічною базою, але й завчасне формування організаційно-штатної структури з добре підготовленими інженерами-випробувачами. Ефективність функціонування науково-дослідного випробувального полігону, як показує досвід, багато в чому залежить від наявності інформаційної бази, гнучкої та стійкої системи управління полігонними випробуваннями. Цей процес повинен бути спланований завчасно до початку розробки й захисту конструкторським бюро ескізного проекту зразка озброєння, замовленого Міністерством оборони України. За активної та повномасштабної роботи такого полігону слід очікувати, що одночасно на ньому проходитимуть випробування не одного, а декількох зразків озброєння різної модифікації для різних умов бойового застосування.

Територіальне розосередження на значній відстані конструкторських бюро і виробництв окремих елементів складного зразка озброєння в цілому, багаторівневості і різноманіття логічних структур та зв'язків, що реалізуються в процесі його створення, а також складність технологічного устаткування, використаного на етапі проведення полігонних випробувань, вимагають створення перспективної системи управління зазначеною структурою та процесами. Система управління полігонними випробуваннями повинна забезпечити не тільки автоматизацію процесів полігонних випробувань зразків озброєння, але й контроль відпрацювання його окремих елементів в умовах стендових випробувань на підприємствах промисловості. До її складу необхідно включити різні підсистеми не тільки технічного, але й організаційного характеру.

Постановка завдання. У зв'язку із зазначеним *актуальним* є завдання вироблення підходів до розробки системи управління полігонними випробуваннями складних зразків озброєння та оцінювання ефективності процесу управління.

Аналіз існуючих підходів. Завдання вироблення підходів до розробки системи управління полігонними випробуваннями та оцінювання ефективності належить до складу задач аналізу та синтезу складних систем [1, 2]. Існує значна кількість достатньо ґрунтовно викладених підходів до аналізу та синтезу складних систем [1–9]. Їх вивчення показує, що в більшості практичних випадків синтез структур складних систем та оцінювання ефективності процесів їх застосування здійснюються за однокритерійними моделями, що не забезпечує повною мірою врахування усього спектра суперечливих вимог до системи та призводить до зниження якості кінцевих результатів [1–7]. Разом з тим, в існуючих підходах багатокритерійного аналізу складних систем та оцінювання ефективності порядок визначення показників та критеріїв є недостатньо обґрунтованим [8, 9]. Отже, все це зумовлює, перш за все, необхідність розроблення добре збалансованої системи показників, що дозволяють характеризувати організацію і результати функціонування всієї системи випробувань зразка озброєння. Зрозуміло, що на практиці це призведе до необхідності розгляду та розв'язання багатокритерійної задачі [8].

Викладення основного матеріалу. Складність і динамічність процесів полігонних випробувань, відсутність досвіду й завчасно підготовлених інженерів-випробувачів, значна невизначеність умов і об'єктивних чинників, які впливають на результати, роблять сумнівним розв'язання багатокритерійної задачі даного рівня складності строго формальними методами. Як показує попередній досвід вирішення подібних завдань, бажані результати можна одержати у випадку представлення і розв'язання задачі синтезу системи управління полігонними випробуваннями з урахуванням раціональної сукупності (системи) критеріїв, які повинні відображати ієрархію цілей, повноту та своєчасність їх реалізації, а також ресурсоемності всіх полігонних процесів.

Успішне вирішення проблеми створення перспективної системи управління полігонними випробуваннями зразка озброєння припускає наявність добре збалансованої системи показників, які наочно характеризують організацію і результати функціонування даної системи в процесі полігонного відпрацювання зразка озброєння. Найбільш реальним є розв'язок задачі синтезу системи управління полігонними випробуваннями з урахуванням основних цілей, до яких слід віднести:

– задоволення тактико-технічних вимог, які ставляться до зразка озброєння замовником;

- скорочення кількості експериментальних зразків озброєння, що виділяються для полігонних випробувань;
- зменшення термінів полігонних відпрацювань;
- забезпечення безпеки випробувань;
- скорочення матеріальних, людських та інших ресурсів, що залучаються для організації полігонних випробувань, тощо.

Ступінь досягнення зазначених цілей також повинен враховуватися при виборі критеріїв ефективності автоматизації процесів полігонних випробувань шляхом створення сучасної багаторівневої інформаційної бази, яка повинна стати основою системи управління полігонним відпрацюванням зразка озброєння.

Показники ефективності системи управління полігонними випробуваннями повинні відповідати низці суперечливих за своєю постановкою тактико-технічних вимог. До основних з них слід віднести такі:

- вимога достатньо повно охарактеризувати систему управління полігонними випробуваннями, враховуючи її основні властивості, а також умови функціонування і взаємодії із зовнішнім середовищем;
- вимога бути достатньо чутливими до змін властивостей системи, характеру її функціонування і взаємодії;
- вимога володіти стійкістю стосовно всіх режимів функціонування і станів системи управління полігонним відпрацюванням зразка озброєння як об'єкта випробування.

Враховуючи зазначене вище, як основні можуть бути виділені такі показники ефективності: результативність, оперативність і ресурсоемність полігонного відпрацювання зразка озброєння. Під результативністю будемо розуміти здатність системи управління полігонного відпрацювання давати цільовий ефект; під оперативністю – терміни полігонного відпрацювання зразка озброєння; під ресурсоемністю – витрати на проведення полігонних випробувань наданого зразка озброєння. Наведені показники за своєю природою є векторами й можуть містити цілий ряд частинних складових, таких, як: адекватність умов випробувань умовам експлуатації зразка озброєння, гнучкість системи управління полігонними випробуваннями, безпека полігонних випробувань на всіх етапах їх проведення та ін.

Враховуючи сказане вище, зобразимо узагальнений показник ефективності полігонних випробувань як

$$W = [W_p, W_\tau, W_3], \quad (1)$$

де W_p – вектор результативності; W_τ – вектор оперативності (тривалості випробувань); W_3 – вектор витрат на організацію полігонних випробувань.

Тоді критерій відповідності процесу функціонування зразка озброєння поставленим тактико-технічним вимогам замовника може бути записаний у вигляді:

$$K_y : [W_p, W_\tau, W_3] \in \{W^D\}, \quad (2)$$

де W^D – область допустимих значень вектора (1).

Якщо врахувати, що система управління належить до класу великих організаційно-технічних систем, на умови проведення випробувань якої (а також і на окремі об'єкти випробувань) впливає ряд невідомих наперед, а тому випадкових чинників, то вектор W також є випадковим. Крім того, випадковою є і область допустимих значень W^D , оскільки залежно від результату окремих етапів полігонних випробувань, зміни умов обстановки й інших чинників можуть значно змінюватися області допустимих значень векторів результативності, оперативності та ресурсоемності процесів відпрацювання зразка озброєння. Тому в реальних умовах критерій відповідності набуває вигляду:

$$\hat{E}'_o : \hat{W} = [\hat{W}_p, \hat{W}_\tau, \hat{W}_c] \in \{\hat{W}^A\}, \quad (3)$$

де $\hat{W}_p, \hat{W}_\tau, \hat{W}_c, \hat{W}^A$ – випадкові вектори. Виходячи з цього, може бути запропоноване ймовірнісне формулювання завдання оцінювання ефективності процесу відпрацювання зразка озброєння, відповідно до якого показник ефективності цього процесу є вірогідністю досягнення мети – полігонного відпрацювання зразка озброєння:

$$W' = P[\hat{W}_p, \hat{W}_\tau, \hat{W}_c] \in \{\hat{W}^A\}, \quad (4)$$

а критерій відповідності полігонного відпрацювання тактико-технічним вимогам замовника, що ставляться:

$$K'_y : W' \geq P_{зад}, \quad (5)$$

де $P_{зад}$ – задана вірогідність досягнення мети полігонного відпрацювання зразка озброєння.

Надалі розглянемо детальніше показники результативності, оперативності й ресурсомісткості.

Враховуючи викладене вище, можна зазначити, що основною метою системи управління полігонними випробуваннями є забезпечення безумовного задоволення тактико-технічних вимог, які ставляться до зразка озброєння.

Для цього введемо позначення:

$Z_T = \{Z_{T_1}, \dots, Z_{T_n}\}$, $n = 1, 2, \dots$ – вектор тактико-технічних вимог, що ставляться до зразка озброєння;

$Z_P = \{Z_{P_1}, \dots, Z_{P_n}\}$, $n = 1, 2, \dots$ – вектор реальних тактико-технічних характеристик зразка озброєння,

досягнутих у результаті полігонних випробувань, а D – область можливих значень векторів Z_T, Z_P .

Тоді показник результативності полігонних випробувань може бути визначений як відстань $\rho(Z_T, Z_P)$ між векторами Z_T, Z_P у введеному певним чином метричному просторі.

Позначивши Z_P^* як вектор оцінки реальних значень тактико-технічних вимог зразка озброєння і використавши нерівність простору, отримаємо:

$$\rho(Z_T, Z_P) \leq \rho(Z_P, Z_P^*) + \rho(Z_T, Z_P^*). \quad (6)$$

Інтерпретація даного виразу дає можливість провести декомпозицію основної мети системи управління полігонними випробуваннями на дві підцілі, пов'язані з отриманням максимально достовірних оцінок тактико-технічних вимог зразка озброєння – $\rho(Z_P, Z_P^*)$, а також виробленням і реалізацією рішень, спрямованих на вдосконалення зразка озброєння, що відпрацьовується, з метою доведення його тактико-технічних характеристик до рівня тактико-технічних вимог – $\rho(Z_T, Z_P^*)$.

Таким чином, процес полігонного відпрацювання зразка озброєння може бути представлений у вигляді ітераційної процедури послідовного звернення до операторів ідентифікації та прийняття рішень. У цьому випадку він має яскраво виражений дуальний характер. Тоді будь-яка цілеспрямована дія на об'єкт випробувань не можлива за відсутності інформації про його стан, з іншого боку, не можна ідентифікувати стан зразка озброєння, не піддаючи його зовнішнім діям.

У реальних умовах оцінку відстані $\rho(Z_T, Z_P^*)$ між тактико-технічними характеристиками зразка озброєння і заданими тактико-технічними вимогами можна отримати як функцію вигляду:

$$\rho(Z_T, Z_P) = f(n_{3T}, n_{ПТ}), \quad (7)$$

де $n_{3T}, n_{ПТ}$ – кількість заданих і підтверджених вимог до зразка озброєння відповідно. Досвід проведення випробувань показує, що величина $n_{ПТ}$ залежить від усунення виявлених у процесі полігонних випробувань конструктивних і виробничих дефектів зразка озброєння:

$$n_{ПТ} = \varphi(D_V, D_B), \quad (8)$$

де D_V – кількість усунених дефектів, а D_B – кількість виявлених недоліків. З цього випливає, що величина D_B характеризує відстань $\rho(Z_T, Z_P^*)$ у виразі (7), що підтверджує дуальний характер процесу полігонних випробувань зразка озброєння.

Таким чином, показник результативності полігонних випробувань зразка озброєння може бути записаний як:

$$W_P = W_P[\rho(Z_T, Z_P)] = W_P(n_{3T}, n_{ПТ}, D_B, D_V), \quad (9)$$

а показник оперативності матиме форму:

$$W_\tau = \gamma(N, M, \tau_{ij}), \quad (10)$$

де N – кількість об'єктів випробувань; M – кількість видів випробувань; τ_{ij} – тривалість випробувань i -го виду з об'єктом j -го типу.

Вираз для вектора ресурсомісткості полігонних випробувань може бути записаний у вигляді:

$$W_C = \delta(\tilde{N}_{IB}, \tilde{N}_{BA}, \tilde{N}_{EOA}, \tilde{N}_{CI}), \quad (11)$$

де C_{OB} – вартість об'єктів випробувань; \tilde{N}_{BA} – вартість вимірювальної апаратури й засобів обробки інформації; \tilde{N}_{EOA} – витрати на створення експериментально-технічної бази; \tilde{N}_{CI} – заробітна платня учасників полігонних випробувань зразка озброєння.

Розглянуті показники ефективності мають інтегральний суперечливий характер, самі є складними функціями й залежать від характеристик структури та функціонування системи управління полігонними випробуваннями. Це приводить до необхідності розв'язання векторної (багатокритерійної) задачі оптимізації. У цьому випадку багатокритерійна задача може бути записана у вигляді:

$$\begin{aligned}
 W_P(n_{CT}, n_{IO}, \vec{A}_A, \vec{A}_O) &\rightarrow \max; \\
 W_\tau = \gamma(N, M, \tau_{ij}) &\rightarrow \min; \\
 W_C = \delta(\tilde{N}_{OB}, \tilde{N}_{BA}, \tilde{N}_{EOA}, \tilde{N}_{CI}) &\rightarrow \min.
 \end{aligned}
 \tag{12}$$

Розв'язання задач даного класу має ряд підходів: лексикографічний, дуальний, методи Парето та виділення головного показника [8, 9]. Врахувавши описаний вище ймовірнісний характер зміни певних часткових показників (12) і виділивши як головний показник результативності полігонних випробувань зразка озброєння, завдання оптимізації системи управління полігонними випробуваннями можна представити у вигляді:

$$\begin{aligned}
 P[W_P(n_{CT}, n_{IO}, \vec{A}_A, \vec{A}_O) \geq W_P^{cda}] &\rightarrow \max; \\
 W_C = [\delta(\tilde{N}_{IA}, \tilde{N}_{AA}, \tilde{N}_{AOA}, \tilde{N}_{CI})] &\leq W_C^{cda} \rightarrow \min; \\
 \text{іде } W_\tau = [\gamma(N, M, \tau_{ij}) \leq W_\tau^{cda}] &\rightarrow \min,
 \end{aligned}
 \tag{13}$$

де W_P^{zad} , W_τ^{zad} , W_3^{zad} – задані директивні тактико-технічні вимоги до величини показників результативності, оперативності й ресурсомісткості процесу полігонних випробувань зразка озброєння.

Досвід і аналіз процесів полігонних випробувань зразка озброєння показує, що показники W_P, W_τ, W_3 знаходяться у взаємозалежності, зміна значення одного з них впливає на величину інших. Так показник W_P залежить від кількості виявлених і усунених у ході полігонних випробувань зразка озброєння конструктивних і виробничих дефектів. Проте не всі дефекти можуть бути усунені в задані терміни, тому можна уявити, що

$$D_V = D_V^0 + \Delta D_V, \tag{14}$$

де D_V^0 – кількість дефектів, усунених у задані терміни полігонних випробувань; ΔD_V^0 – кількість дефектів, усунених за межами заданих (встановлених) термінів.

Тоді вираз (8) може бути записаний у вигляді:

$$n_{IT} = \varphi(D_V, D_B) + \Delta \varphi. \tag{15}$$

Наявність складової $\Delta \varphi$ показує, що підвищення величини W_P можливе за рахунок проведення додаткових полігонних випробувань, тобто збільшення витрат часових, матеріальних і людських ресурсів – показників W_τ, W_3 . Таким чином, величина витрат на проведення полігонних випробувань залежить від характеру і тривалості процесів відпрацювання зразка озброєння.

Ефективність процесів відпрацювання зразка озброєння багато в чому визначається структурою технологічного середовища випробувальних центрів полігона. Під випробувальними центрами будемо розуміти сукупність взаємопов'язаних діючих елементів (модулів) науково-випробувальної бази, яка містить різного роду стартові й технічні позиції, маршрути бойового патрулювання, польові позиції і райони, стенди, контрольно-вимірну апаратуру й автоматизовані робочі місця, засоби вимірювань і обробки телеметричної та іншої інформації, комунікації та канали зв'язку. У цьому понятті вже закладена проблема, тому що структурне представлення системи полігонних випробувань тісно пов'язане із завданням структурного моделювання процесів відпрацювання зразка озброєння.

Загальна послідовність структурного уявлення визначається ситуаційною класифікацією стану комплексної алгоритмічної моделі й черговістю розв'язання задач полігонних випробувань відповідно до структури програмно-методичного забезпечення. Досвід відпрацювання низки зразків озброєння показує, що в цьому процесі є можливість виділити ряд очевидних ситуацій, коли існує нагальна потреба аналізу й синтезу управління структурою організаційно-технологічного середовища полігонних випробувань. При цьому управління структурою можливе як за рахунок зміни її складу й конфігурації, так і за рахунок адаптивних властивостей системи управління полігонними випробуваннями. Ці властивості, як правило, залежать від гнучкості системи полігонних випробувань.

Досвід полігонних випробувань дозволяє виділити три рівні моделей технологічного середовища, у якому відпрацьовується зразок озброєння: фізичний, технологічний і календарно-технологічний. Під фізичною структурою системи полігонних випробувань будемо розуміти сукупність взаємопов'язаних модулів науково-випробувальної бази, яка забезпечує на даний момент усе різноманіття зразка озброєння. Модель фізичної структури може бути представлена у вигляді орієнтованого в просторі графа $G = \langle P, \vec{A} \rangle$. Простір управління відпрацюванням зразка озброєння зображено на рисунку 1.

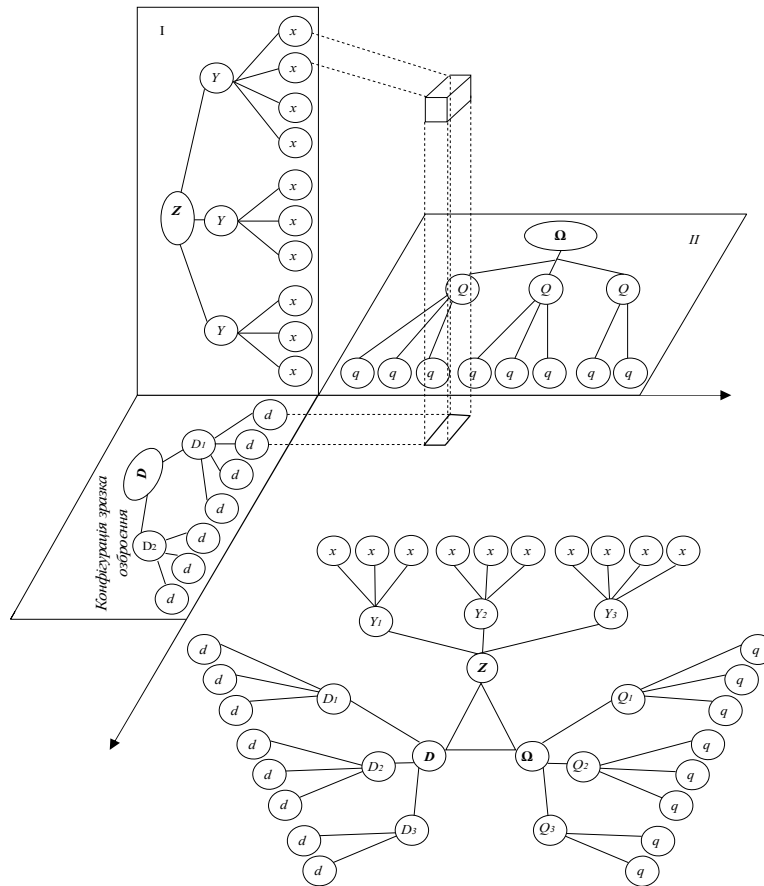


Рис. 1. Простір управління відпрацюванням зразка озброєння

На рисунку 1 позначено: I – показники якості множини характеристик функції (Y) і параметрів (x); II – множина організаційно-технологічних процесів полігонного відпрацювання зразка озброєння (Q) і технологічних операцій (q). Вершини цього графа описують множини $P = \langle P_i \rangle$ – діючих елементів, а ребра – множини зв’язків між ними.

Під технологічною структурою системи полігонних випробувань будемо розуміти кінцеву множину впорядкованих модулів науково-випробувальної бази, що ідентифікують технологічні маршрути (режими) відпрацювання зразка озброєння або його складових на заданому часовому інтервалі й у рамках допустимої фізичної структури. Як модель може бути розглянутий гіперграф $\chi = \langle P, E_r, R^e \rangle$, вершини якого описуються множиною P , а ребра – підмножиною X елементів. У цьому випадку $E_{e_j} \in E_r, e_j \subseteq X$, а P^e – усюди певна сюрєактивна реброва відповідність, що визначає для кожного $P_i \in P$ підмножину $\tilde{N} \subseteq N^* = (1, 2, 3)$. У такому разі пара e_j, R_j^e описує орієнтоване ребро \tilde{e}_j гіперграфа χ , що ідентифікує технологію відпрацювання j -ого зразка озброєння. У цілому, модель технологічної структури описує послідовність відпрацювання зразка озброєння заданої номенклатури з урахуванням можливих варіантів переміщень у рамках підмоделі $G_i \subseteq G$.

Під календарно-технологічною структурою будемо розуміти множину синхронізованих у часі технологічних процесів відпрацювання зразка озброєння заданої номенклатури, яка задовольняє обмеження на час відпрацювання кожного з наданих на випробування комплексів.

Модель календарно-технологічної структури може бути зображена у вигляді динамічного гіперграфа $A = (\tilde{\chi}, \tilde{P}, R^z)$, вершини якого описуються множиною екземплярів технологічної структури $W(t)$ у різні інтервали часу, а ребра \hat{P} – безліччю динамічних змін екземплярів $\chi(t)$, які визначають послідовні в часі перетворення моделей технологічної структури. Відображення R^z кожному елементу $B_{cm} \in P$ ставить у відповідність одне або декілька дійсних чисел, що визначають час зайнятості елемента $\rho \in P$ у процесах екземплярів технологічного середовища $\chi(t)$.

Допустимі перетворення моделі календарно-технологічної структури обмежуються родовою структурою, яка має вигляд $\chi_0 = (P, E, R_0^e)$. Саме вона визначає можливі порядки процесів зайнятості елементів $P_j \in P$ у різних процесах $(e_j, e_n) \in E^k$ екземпляра $\chi(t_k)$. При цьому будемо вважати відомими: $D = \{D_j\}$, $j \in J$ – множина, що відображає номенклатуру зразка озброєння; $U = \{U_i\}$, $i \in I$ – множина організаційно-технологічних процесів полігонного відпрацювання зразка озброєння. Саме вони й визначають послідовність технологічних операцій згідно з програмно-методичним забезпеченням і технологічним графіком. При цьому кожному елементу їх множини ставиться у відповідність елемент множини $\{D\}$, $T = \{\tau_i\}$. А $t \in T$ – множина календарних термінів відпрацювання зразка озброєння початкової номенклатури й конфігурації. Водночас $P = \{P_r\}$, $r \in R$ – початкова множина діючих елементів, які можуть містити окремі робочі місця, науково-випробувальне устаткування, випробувальні траси, спеціалізовані стенди, навчальні бойові позиції і райони, засоби імітації перешкод та інші модулі науково-випробувальної бази.

Враховуючи викладене вище, необхідно виділити особливості моделювання технологічних середовищ у системі управління полігонним відпрацюванням сучасних зразків озброєння. Попередній досвід показує, що основні вимоги до моделі технологічного середовища в системі управління полігонними випробуваннями зразка озброєння визначаються такими обмеженнями:

- урахування динаміки зміни технологічного середовища при модифікації структури елементів об'єкта випробувань;
- урахування динаміки зміни технологічного середовища при модифікації елементів (або підмножин) множини видів дослідно-випробувальних робіт;
- урахування часових інтервалів, що визначають “час життєвого циклу” тієї або іншої модифікації технологічного середовища, а також взаємного впливу технологічного середовища в різні інтервали життєвого циклу.

Для того, щоб побудувати модель технологічного середовища, що відповідає перерахованим вище вимогам, необхідно прийняти дві умови. По-перше, визначити аксіоматичні посилення, які повинні описати особливості моделі, що будується. По-друге, виділити клас структурно-динамічних моделей, які можна використовувати як базовий математичний апарат для опису технологічного середовища полігонного відпрацювання зразка озброєння.

До основних аксіоматичних посилень слід віднести такі:

- кожен об'єкт випробувань у процесі відпрацювань проходить ряд дискретних станів, серед яких можна виділити початковий і кінцевий;
- кожному стану об'єкта випробувань може бути поставлений один (або декілька) видів дослідно-випробувальних робіт, які визначають можливість отримати шуканий стан;
- впорядкована сукупність станів об'єкта випробувань визначає так звану технологію відпрацювання для окремого об'єкта випробувань;
- сукупність технологій відпрацювання для декількох об'єктів випробувань визначає технологічну структуру процесу випробувань;
- технологічна структура процесу відпрацювання є екземпляром технологічного середовища в системі управління полігонними випробуваннями зразка озброєння в кожен момент модельного часу.

Як базовий математичний апарат для опису моделі технологічного середовища полігонного відпрацювання зразка озброєння може бути використаний апарат динамічних гіперграфів.

На основі зазначених визначень завдання оцінювання ефективності системи управління полігонних випробувань можна розглядати як оптимальний синтез структури організаційно-технологічного середовища системи полігонних випробувань. Фактично слід синтезувати комплексну технологію відпрацювання одного або декількох типів зразків озброєння, які описуються фізичною, технологічною і календарно-технологічною структурами, при яких ряд критеріїв повинен досягати своїх екстремальних значень, а саме:

- максимальної відповідності тактико-технічним вимогам замовника:

$$P(\hat{Z}_T, \hat{Z}_P) \rightarrow \min, \tag{16}$$

де \hat{Z}_T – вектор тактико-технічних вимог, що ставляться до зразка озброєння; \hat{Z}_P – вектор реальних тактико-технічних вимог, досягнутих у процесі полігонного відпрацювання зразка озброєння;

- мінімуму терміну відпрацювання зразка озброєння:

$$T_r \in R, (\tau_r^k(\chi_r) - \tau_r^n(\chi_r)) \rightarrow \min, \tag{17}$$

де τ_r^k – кінцевий час відпрацювання r -го зразка озброєння, а τ_r^n – початковий час відпрацювання r -го зразка озброєння;

– мінімуму загальної кількості (екземплярів) зразка озброєння, що виділяється на спільні льотні випробування:

$$D_u \rightarrow \min; \quad (18)$$

– мінімуму загальної кількості діючих елементів науково-випробувальної бази, необхідних для організації полігонних випробувань:

$$P \rightarrow \min; \quad (19)$$

– мінімуму переходів між діючими елементами в процесі полігонних випробувань зразка озброєння:

$$\chi_r \in |\chi| w_r(x) \rightarrow \min, \quad (20)$$

де $w_r(x)$ – маршрут відпрацювання r -го зразка озброєння;

– максимальної гнучкості системи полігонних випробувань:

$$G \rightarrow \max; \quad (21)$$

– максимуму довжини групового технологічного процесу полігонного відпрацювання всього різноманіття зразка озброєння даного типу:

$$G_r \rightarrow \max, \quad (22)$$

де G_r – груповий технологічний процес, що забезпечує одночасне відпрацювання сукупності цільових програм.

Як обмеження при розв'язку задач синтезу структури системи полігонних випробувань повинні враховуватися:

- вартісні витрати на проектування, відпрацювання та експлуатацію зразка озброєння;
- можливості й топологія засобів експериментально-випробувальної бази всіх робочих місць, а також їх відповідність вимогам програмно-методичного забезпечення;
- вимоги із забезпечення безпеки випробувань;
- реально досяжні швидкості транспортування, передачі інформації та результатів випробувань;
- функціональні зв'язки між технологічними операціями, термінами виробництва й постачань зразка озброєння, а також результатами випробувань його життєво важливих систем на стендах промислових підприємств і організацій.

Висновки. Таким чином, завдання синтезу оптимальної технологічної структури системи полігонних випробувань може бути сформульоване так: при відомих множинах синтезувати структуру науково-випробувальної бази з такою структурою й організацією групового технологічного процесу, фізичною, технологічною і календарно-технологічною структурами, при яких критерії (16)–(22) досягають своїх екстремальних значень з урахуванням прийнятих обмежень.

Запропоноване структурно-динамічне представлення процесів полігонного відпрацювання складних зразків озброєння дозволяє декомпонувати початкове завдання підвищення ефективності системи управління полігонними випробуваннями на сукупність простіших і розглядати їх послідовно, враховуючи особливості взаємозв'язків між ними.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Цвиркун А.Д. Основы синтеза структуры сложных систем / А.Д. Цвиркун. – М. : Наука, 1982. – 200 с.
2. Основы моделирования сложных систем : учеб. пособие / под ред. И.В. Кузьмина. – К. : Вища школа, 1981. – 360 с.
3. Нечипоренко В.И. Структурный анализ систем (эффективность и надежность) / В.И. Нечипоренко. – М. : Сов. радио, 1977. – 216 с.
4. Чумаков Н.М. Оценка эффективности сложных технических устройств / Н.М. Чумаков, Е.И. Серебряный. – М. : Сов. радио, 1980. – 192 с.
5. Вероятностные методы оценки эффективности вооружения / А.А. Червоный, В.А. Шварц, А.П. Козловец, В.А. Чобанин ; под ред. проф. А.А. Червоного. – М. : Воениздат, 1979. – 950 с.
6. Герасимов Б.М. Системы поддержки принятия решений: проектирование, применение, оценка эффективности : моногр. / Б.М. Герасимов, М.М. Дивизинюк, И.Ю. Субач. – Севастополь : Издательский центр СНИЯЭ и П, 2004. – 320 с.
7. Науменко Е.М. Подходы к оценке эффективности автоматизированных систем на ранних стадиях проектирования / Е.М. Науменко, Н.С. Козлов // Реєстрація і обробка даних. – 2007. – Т. 9, № 4. – С. 132–139.
8. Брахман Т.Р. Многокритериальность и выбор альтернатив в технике / Т.Р. Брахман. – М. : Радио и связь, 1984. – 288 с.

9. *Воронин А.Н.* Сложные технические и эргатические системы: методы исследования : моногр. / *А.Н. Воронин, Ю.К. Зиятдинов, А.В. Харченко.* – Харьков : Факт, 1997. – 240 с.

ОЛІЙНИК Іван Іванович – доктор технічних наук, Заслужений діяч техніки і науки Російської Федерації, радник генерального конструктора державного конструкторського бюро “Південне”.

Наукові інтереси:

– проблеми розробки, дослідження і застосування складних систем космічного призначення.

Подано 13.07.2010

Олійник І.І. Оцінювання ефективності управління процесом полігонних випробувань складних зразків озброєння

Олейник И.И. Оценка эффективности управления процессом полигонных испытаний сложных образцов вооружения

Олейник И.И. Оценка эффективности управления процессом полигонных испытаний сложных образцов вооружения

УДК 681.5

Оценивание эффективности управления процессом полигонных испытаний сложных образцов вооружения / И.И. Олейник

В статье формализовано задачу оценивания эффективности системы управления полигонных испытаний в виде оптимального синтеза структуры организационно-технологической среды системы полигонных испытаний. Данная задача сведена к многокритериальной форме и предложены пути ее решения.

УДК 681.5

АНГЛИЙСКИЙ