

УДК 351.864:001.89

**С.О. Нікул****В.Г. Головань, к.т.н., проф.****А.В. Головань, к.т.н., доц.***Військова академія (м. Одеса), Україна*

## **МОДЕЛІ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОЦЕСУ ПРОГНОЗУВАННЯ ОБРИСУ СКЛАДНОЇ ТЕХНІЧНОЇ СИСТЕМИ ПРИ ЇЇ ПРОЕКТУВАННІ**

*Проведено аналіз моделей забезпечення процесу прогнозування складної технічної системи (СТС) та розроблена модель прогнозування показників її якості як об'єкта розвитку.*

*Ключові слова: модель, прогнозування, проектування, обрис, складна технічна система.*

### **Постановка проблеми**

Досвід проектування СТС свідчить про необхідність правильного обрання її характеристик та елементної бази, які відповідатимуть вимогам сучасності, будуть дешевими у виробництві та забезпечать можливість створення СТС із використанням сучасних досягнень науки і техніки. У зв'язку з цим виникає потреба прогнозування обрисів СТС на ранніх етапах розробки з урахуванням її властивостей як об'єкта розвитку.

### **Аналіз останніх досягнень і публікацій**

Відомо багато методів складання прогнозу [1-3]. З них на практиці переважно використовують такі методи: екстраполяції тенденцій, анкетування незалежних думок, зважених оцінок, «мета-засіб», моделювання, що проводиться на моделях згідно з вимогами теорії подібності та інші.

В якості моделей прогнозування складних технічних систем в [4, 5] розглядаються фреймонові моделі. Але вони не виявляють відмінних особливостей і динаміки розвитку перспективної СТС.

### **Постановка задачі та її розв'язання**

Метою роботи є розробка моделі прогнозування показників якості складної технічної системи як об'єкта розвитку.

### **Виокремлення невіршених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується стаття**

На ранніх етапах розробки СТС потрібно виявляти відмінні особливості, які враховують динаміку її розвитку у всіх її суперечливих формах. Це дозволяє визначати низку глобальних чинників, які впливають на якість СТС, що розробляється, і необхідних для початкової орієнтації та при безпосередньому прогнозуванні варіантів її обрисів. Завдання технічних вимог (ТВ) до перспективної СТС обумовлює розробку і застосування на практиці загальної ієрархічної структури її властивостей, яка є основою для обрисів майбутньої СТС.

### **Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів**

Загальна схема прогнозування обрисів СТС включає етапи: інформаційного забезпечення, досліджень, що передують модельним, і прогнозне моделювання. На етапі досліджень, що передують модельним, при попередній формалізації СТС пропонується використовувати операційно-параметричний аналіз (ОПА), який включає операційно-функціональний аналіз (ОФА), функціонально-структурний аналіз (ФСА) і параметричний аналіз (ПА). Схема ОПА наведена на рис. 1. Результати його необхідні для моделювання варіантів СТС і виявлення найбільш бажаних.

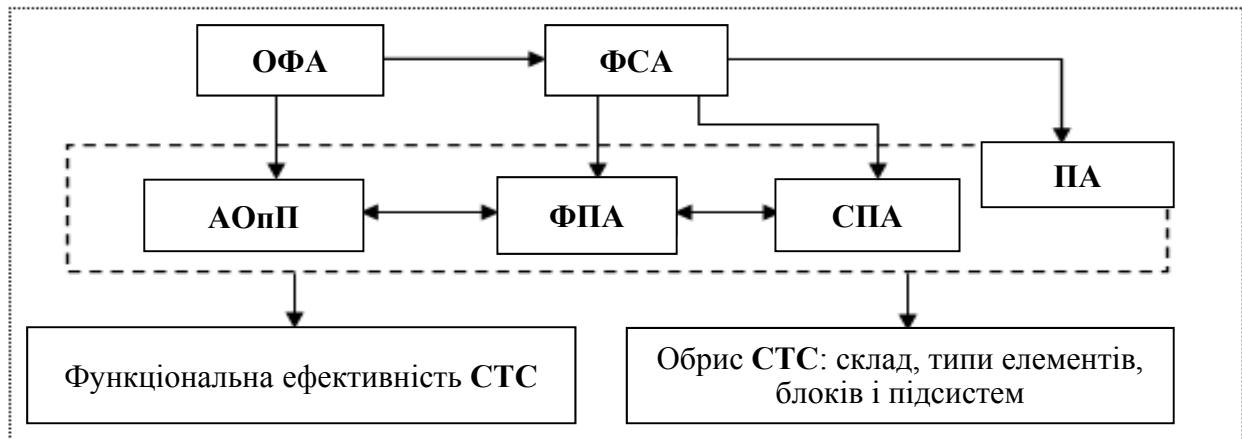


Рис. 1. Схема операційно-параметричного аналізу

Основною метою ОФА є встановлення зв'язку між умовами застосування СТС та її функціями. Це дозволяє зробити висновки щодо необхідності змін функціональної схеми і найбільш важливих функцій СТС. Функціонально-структурний аналіз сприяє визначенню можливостей щодо виконання необхідних функцій, які, як правило, суперечливі. Головним його результатом є отримання узагальненого функціонально-структурного опису СТС. Метою ПА є виявлення операційних, функціональних і структурних параметрів, встановлення їх зв'язків, на основі яких в подальшому буде проводитися моделювання варіантів обрису СТС.

Операційно-функціональний аналіз застосування СТС виконується на всіх рівнях його ієрархії, залежно від цілей дослідження. Він полягає в розгляді завдань СТС на перспективу і формуванні її основних функцій при застосуванні.

Завдання СТС на перспективу будуть визначатися умовами застосування та природно-кліматичними особливостями, які залежать від характеристик об'єктів і природи, що взаємодіють з об'єктом прогнозування. Виділяючи об'єкти, які взаємодіють із СТС, необхідно, насамперед, розглянути зміну їх характеристик і її завдань на перспективу. Ретроспективний аналіз розвитку конкретних СТС показує, що, як правило, завдання їх змінюються незначно. Тому є підстави припускати, що вони є досить стабільними.

Визначення майбутньої ситуації застосування СТС проводиться за допомогою побудови сценаріїв її застосування, відповідних горизонту прогнозування. За сукупністю таких сценаріїв визначається, наскільки зміняться її завдання. Необхідно взяти до уваги, що майбутнє зароджується і формується в надрах сьогодення, і передбачення має базуватися на дослідженні наявних тенденцій. Врахування з прийнятним ступенем точності різноманітності факторів, що визначають кількісні результати операцій в майбутньому, пов'язане з великими труднощами і необхідністю вирішення задач великої розмірності. Тому доцільно проводити укрупнений аналіз на базі типових завдань застосування СТС.

Для цього потрібно підібрати показники типових завдань, які б відповідали сукупності головних характеристик об'єкта прогнозування, характеристик, що найбільше визначають його призначення та відображають здатність СТС до вирішення завдань в конкретних умовах її застосування. При цьому виконується детальний аналіз перспектив розвитку об'єктів, які взаємодіють з прогнозованою СТС, і формуються показники типових завдань її застосування.

Після аналізу завдань СТС і супутніх їх виконанню умов на перспективу, логічно перейти до основних функцій, які вона виконує при цьому. Система функцій  $\{\Phi\}$  формалізується на основі сформульованого переліку завдань і виокремлення безлічі типових операцій центрального елемента  $\{ЦЕ\}$ , планів операцій і їх етапів, що визначаються впливом системи завдань  $\{Z\}$ , об'єктів-цілей  $\{O - Ц\}$ , природно-кліматичних  $\{ПКУ\}$  і операційних умов  $\{OU\}$ .

Відповідно до цього, на рис. 2 подані результати формування основних функцій СТС воєнного призначення. Таким чином, з одного боку ОФА передбачає знаходження умов, у яких проводяться операції за участю СТС, а з іншого – функцій, які вона виконує в тих чи інших умовах. За допомогою ОФА забезпечується виокремлення найбільш вірогідних умов, в яких функціонує СТС, здійснюється виявлення її нових функціональних можливостей і встановлення найбільш важливих функцій. Потім для досліджуваної СТС, з урахуванням умов застосування, виокремлюються типові завдання.

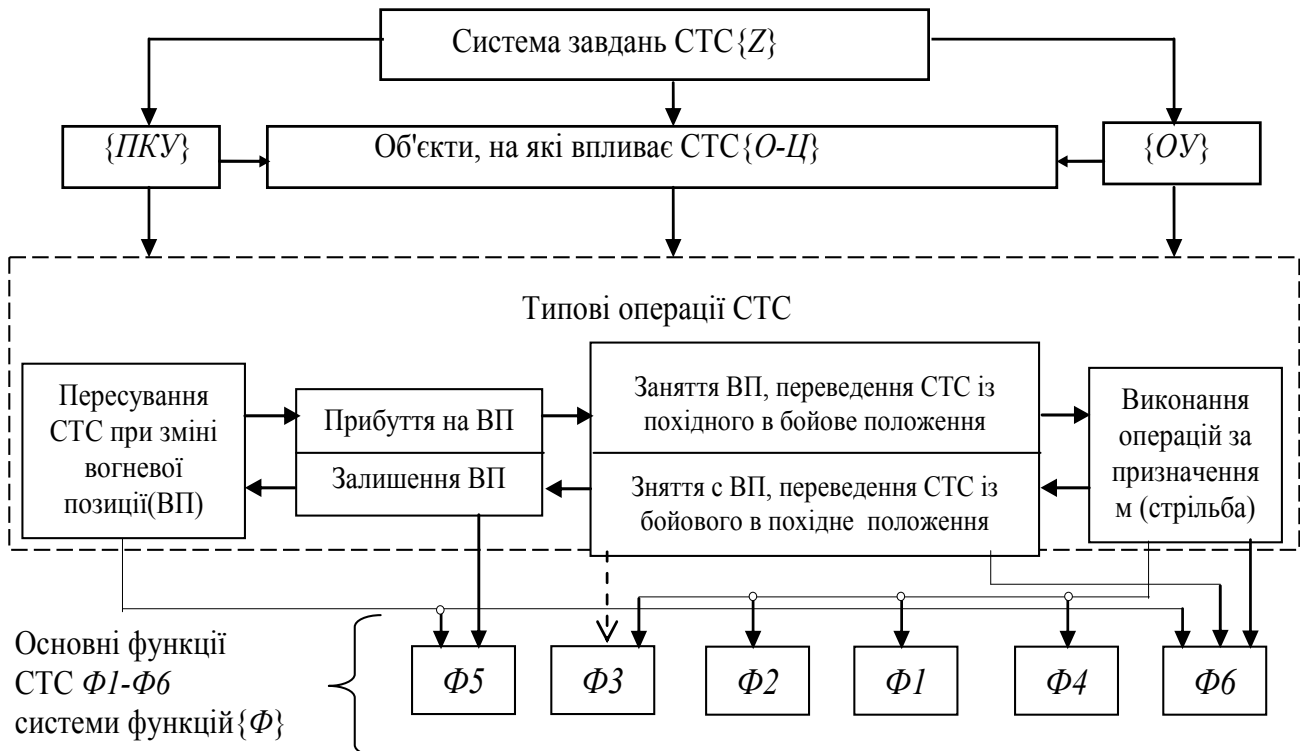


Рис. 2. Схема формування основних функцій СТС{Φ}

Позначення:

**Φ1** – доставка засобу ураження до цілі;

**Φ2** – забезпечення перетину траєкторії засобу ураження з місцем розташування цілі;

**Φ3** – підготовка СТС до стрільби, забезпечення стрільби з нього і необхідної скорострільності;

**Φ4** – забезпечення стійкості та нерухомості СТС при стрільбі;

**Φ5** – пересування СТС при зміні ВП, на марші, на самій ВП, при транспортуванні;

**Φ6** – захист СТС від уражальних факторів і зовнішніх впливів.

Вони відповідають конкретному сценарію застосування СТС. При виконанні кожного з перерахованих завдань уражаються типові об'єкти противника, формуються функції перспективної СТС. Крім того, кожному  $j$ -му завданню ставиться у відповідність коефіцієнт важливості. На основі матричного аналізу виконується оцінка відносної важливості функцій зразків 1-го і 2-го рівнів, результати оцінки важливості зводяться у спеціальні таблиці. Значимість функцій 1-го і 2-го рівнів розраховується за такими залежностями.

Для 1-го рівня:

$$A_{i1} = \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^{l_j} P_j a_{kil}, \quad i1 = 1, \dots, K_1; \quad k = 1, \dots, l_j \tag{1}$$

де  $K_1$  – кількість розглянутих функцій 1-го рівня;

$n$  – кількість завдань;

$l_j$  – кількість об'єктів ураження для  $j$ -го завдання;

$P_j$  – важливість  $j$ -го завдання;

$$a_{ki1} = \begin{cases} 1, & \text{якщо } i1\text{-а функція збігається з } j\text{-им завданням ураження } k\text{-го об'єкту;} \\ 0, & \text{якщо } i1\text{-а функція не збігається з } j\text{-им завданням ураження } k\text{-го об'єкту.} \end{cases}$$

Для 2-го рівня

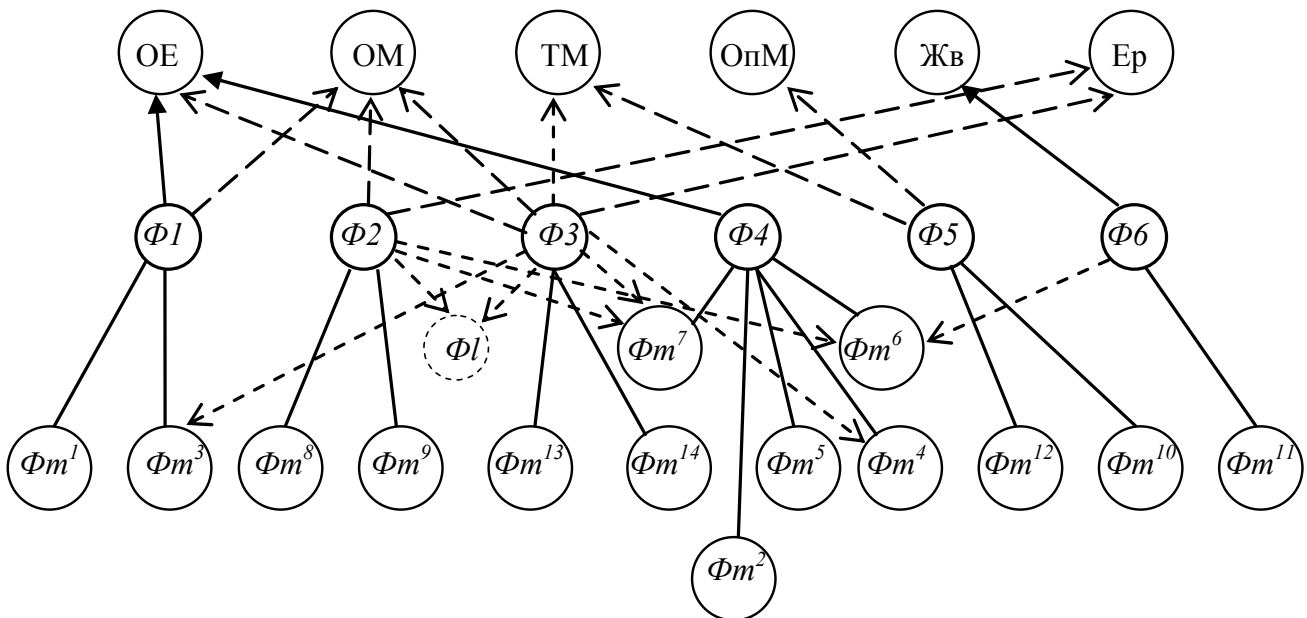
$$A_{i2} = \sum_{i1=1}^{K_1} A_{i1} b_{i2i1}, \quad i2 = 1, \dots, K_2, \quad (2)$$

де  $K_2$  – кількість розглянутих функцій 2-го рівня;

$b_{i2i1}$  – кількість об'єктів для ураження, відповідне  $i2$ -й функції 2-го рівня і  $i1$ -й функції 1-го рівня.

Функціонально-структурний аналіз включає в себе формування узагальненої функціональної схеми СТС, побудову та аналіз функціональних груп її блоків, елементів.

Формування узагальненої функціональної схеми передбачає декомпозицію основних функцій СТС до функцій блоків, елементів та аналіз впливу їх на обрані її властивості. За результатами ОФА виявляються завдання та умови застосування об'єкта прогнозування, що є основою для встановлення основних функцій СТС. Кожна функція синтезує в собі функції блоків, елементів, які об'єднуються у функціональні групи. Декомпозиція основних функцій здійснюється паралельно декомпозиції самої СТС таким чином, щоб не виникло невизначеності щодо типів засобів, здатних реалізувати цільові вимоги. На рис. 2 показана схема формування основних функцій СТС. Далі здійснюється декомпозиція цих функцій до функцій блоків, елементів і створення розширеної системи функцій  $\{\Phi\}$ . На рис. 3 подана узагальнена функціональна схема СТС. Побудова й аналіз функціональних груп його блоків, елементів виконується на основі результатів ОФА і здебільшого полягає у виявленні (уточненні) функцій СТС на більш низьких рівнях ієрархії, порівняно з функціями ОФА, і всіх можливих його елементів структури, призначених для виконання цих функцій. Далі проводиться аналіз відповідності між функціями і засобами (структурами), що їх виконують.



$\Phi 1$  - функції, які виконує розрахунок СТС

**Рис. 3. Узагальнена схема функцій СТС**

Тут використовується представлення структури СТС узагальненим орієнтовним графом, який сприятливий оцінці взаємозв'язку між його складовими. Використовуючи цей факт, можна перейти до опису функціональної структури конкретних варіантів зі знаходженням важливих структурних параметрів,

що особливо важливо при розробці нових структур, бо є можливість сформулювати рекомендації, які б забезпечували функціональне розвантаження окремих складових (елементів) СТС, посилення слабких ланок структури шляхом введення структурної та функціональної надмірності, і нарешті, доцільно розподілити свої зусилля для досягнення найбільшої або заданої якості функціонування СТС в цілому

Параметричний аналіз передбачає детальний розгляд результатів ОФА і ФСА з акцентом на кількісні параметри, що характеризують умови бойового застосування (проведення аналізу оперативних параметрів (АОП)) і можливості СТС ефективно виконувати свої завдання (ФПА і СПА). Розбіжність між параметрами операційних досліджень з параметрами її функціонально-структурної схеми визначає необхідність їх вдосконалення у відповідних напрямках. Важливість такого ПА на вербально-логічному рівні обумовлена можливістю постійного коригування перспектив розвитку елементної бази СТС в міру надходження нової інформації про ймовірні зміни в умовах бойового застосування того чи іншого зразка озброєння противника.

Параметричний аналіз включає: виокремлення операційних, функціональних і структурних параметрів відповідно до результатів ОФА і ФСА; порівняльну оцінку результатів АОП, ФПА і СПА; корегування перспектив розвитку елементної бази СТС.

Варто зазначити, що СПА є логічним продовженням ФСА. Він включає аналіз конструктивних модулів блоків та елементів СТС і параметричний опис її функціонально-структурної цілісності. Сутність його полягає у формуванні залежності вигляду СТС від її параметрів, яка виходить на основі аналізу аналітичних формул для розрахунку основних характеристик СТС, а також особливостей її загальної конструкції. Результати СПА наведені в табл. 1.

Таким чином, ОПА орієнтований на розкриття об'єкта прогнозування з системно-структурної та функціональної позицій. Подальше використання результатів ОПА в конкретній задачі прогнозування здійснюється після виявлення їх зв'язку з тимчасовим фактором. Для цього необхідно описати зовнішній вигляд СТС (подати її як системно-структурне утворення), і зазначити її зміни за часом.

Таблиця 1

### Результати структурно-параметричного аналізу СТС

ТТХ	$D_{max}$	$\varphi$	$\psi$	$t_{\pi}$	$\lambda$	$Q_{\pi}$	$V_{\pi}^{max}$
Поєднання блоків та елементів	$m^1 m^3$	$m^4 m^8 m^9$	$m^8$	$m^{10} m^{14}$	$m^{10} m^{13}$	$m^1 m^4 m^5 m^6 m^7 m^{10}$	$m^{10} m^{12}$

Опис зовнішнього вигляду СТС проводиться за допомогою якісних показників, які подаються в подальшому якісними ознаками. Для цього, з одного боку, необхідно визначити номенклатуру цих якісних показників, а з іншого боку, щоб оцінити функціональні можливості СТС, потрібно знати її основні властивості й те, як вони впливають на обрис СТС.

### Висновки

Проведені дослідження дозволили розробити модель прогнозування показників якості СТС як об'єкта розвитку.

### Перспективи подальших досліджень

Метою подальших досліджень є розробка системи показників СТС як об'єкта розвитку.

### Список використаних джерел

1. Гриб Д.А., *Методологічний підхід до формування технічного обриску перспективних зразків озброєння та військової техніки* / Д.А. Гриб, Б.О. Демідов, М.В. Науменко // *Наука і оборона*. – 2009. – № 4. – 30 – 35 с.
2. Автономов В. Н. *Создание современной техники: Основы теории и практики*. – М. : *Машиностроение*, 1991. – 304 с.

3. Горелов С. Математические методы в прогнозировании. – М. : Прогресс, 1993. – 224 с.
4. Мартыщенко Л.А. Инновационная модель прогнозирования развития образцов ракетного вооружения / Л.А. Мартыщенко, А.Е. Флюстин и др. // Оборонная техника. – 1987. – № 3. – 23–28 с.
5. Цыгичко В. Основы прогнозирования систем / В. Цыгичко. – М. : Финансы и статистика, 1995. – 408 с.

**Рецензент:** В.В. Маміч, к.т.н., доц., Військова академія (м. Одеса).

### **МОДЕЛИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОЦЕССА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОБЛИКА СЛОЖНОЙ ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПРИ ЕЕ ПРОЕКТИРОВАНИИ**

С.А. Никул, В.Г. Головань, А.В. Головань

*Проведен анализ моделей обеспечения процесса прогнозирования сложной технической системы (СТС) и разработана модель прогнозирования показателей ее качества как объекта развития.*

**Ключевые слова:** модель, прогнозирование, проектирование, облик, сложная техническая система.

### **MODELS PROVIDE FORECASTING PROCESS APPEARANCE OF COMPLEX TECHNICAL SYSTEM DURING ITS DESIGN**

S. Nikul, V. Golovan, A. Golovan

*The analysis models ensure the process of prediction of complex technical system (STS) and the developed model of forecasting of its quality as an object of development.*

**Keywords:** model, prediction, design, form, complex technical system.