

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*

## **МЕТОД ПРОГНОЗУВАННЯ ОБРИСУ СКЛАДНОЇ ТЕХНІЧНОЇ СИСТЕМИ, ЩО ФУНКЦІОНУЄ НА НЕТРАДИЦІЙНИХ ПРИНЦИПАХ ДІЇ**

*Запропоновано метод прогнозування обрису складної технічної системи (СТС), що функціонує на нетрадиційних принципах дії, яка передбачає формування її якісних і кількісних характеристик.*

**Ключові слова:** *складна технічна система, методика, обрис, прогнозування.*

### **Постановка проблеми**

При визначенні напрямів розвитку СТС на перспективу виконується прогнозування її обрису. Доцільно прогнозувати обрис СТС, що функціонує як натрадиційних, так і на нетрадиційних принципах дії (НПД), що сприяє більш повному врахуванню закономірностей її розвитку.

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

Створення СТС, що функціонує на НПД, обумовлено, насамперед, розвитком науково-технічного прогресу, популяризацією різних фізичних ефектів. Основні світові тенденції розвитку СТС розглянуті в [1]. Деякі питання прогнозування розвитку СТС розглянуті в [2–3]. Але в цих джерелах немає підходу до прогнозування обрису СТС, що функціонує на НПД.

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

Метою роботи є розробка методу прогнозування обрису складної технічної системи, що функціонує на НПД.

### **Виокремлення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується стаття**

На ранніх етапах розробки СТС потрібно виявляти відмінні особливості, які враховують динаміку її розвитку у всіх суперечливих формах. Це дозволяє визначати низку чинників, які впливають на якість СТС, що розробляється на НПД, і необхідних для початкової орієнтації та при безпосередньому прогнозуванні варіантів її обрису.

У [4] наведена система властивостей СТС як об'єкта розвитку, де визначені властивості для принципів дії. Відомі також методи генерування нових принципів дії та прогнозування розвитку СТС [6–9]. Формування НПД в них зводиться до синтезу (на функціональній основі) низки фізичних ефектів. Крім того, запропоновано типовий алгоритм розробки прогнозу НПД, в основі якого лежить формування загального і локального фондів фізичних ефектів. Однак нічого не говориться щодо реалізованості того чи іншого НПД в конкретній схемі СТС, її можливих кількісних характеристик. В [5] наголошується, що на сьогодні розробка методології прогнозування розвитку СТС на НПД фактично не ведеться. Керуючись цими проблемними питаннями, в роботі запропонована методика прогнозування обрису СТС, що функціонує на НПД.

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

Розробка методу прогнозування обрису СТС, що функціонує на НПД, передбачає формування її якісних і кількісних характеристик. При цьому необхідно враховувати, що СТС може бути частиною комплексу складних технічних систем.

Основа алгоритму методу прогнозування обрису СТС, що функціонує на НПД, виокремимо відповідно до схеми прогнозування обрису СТС (рис. 1), яка включає такі основні етапи:

1. Формування (генерування) на функціональній основі можливих принципів дії (ПД) СТС (прогнозна ретроспекція).
2. Аналіз можливих ПД на відпрацьованість і швидку реалізацію (прогнозний діагноз).
3. Прогнозування реалізованості ПД у конкретній конструктивній схемі СТС.
4. Синтез кращих варіантів СТС, що функціонують на реалізованому ПД (проспекція).
5. Прогнозування характеристик СТС за обраним ПД, висновки про можливість її розробки (якщо такої можливості немає, то здійснюється перехід до етапу 2).
6. Аналіз результатів прогнозу.

Формування можливих принципів дії СТС передбачає взаємодію двох сторін – замовника і розробника. На цьому етапі активною стороною є замовник, він визначає функціональну схему СТС (2), прогнозує ймовірний склад об'єктів зовнішнього середовища (4) і здійснює параметричний опис функцій СТС (5). Спільно з розробником здійснюється підготовка до прогнозування (блоки 1, 3, 6–8), при цьому замовник відіграє визначальну роль у формуванні та поповненні загального фонду фізичних ефектів (ФЕ) (6) і дає висновок щодо відпрацьованості ФЕ для подальшої реалізації функцій СТС (7) з подальшим виходом на можливі ПД (8).

Етап прогнозної ретроспекції порівняно з ретроспективним аналізом, в методиці прогнозування обрису СТС, функціонуючої на типових ПД [5, 6], характеризується більшою спільністю. Вона обумовлена тим, що проводяться, як правило, окремі складові операційно-параметричного аналізу без подальшої деталізації: операційно-функціональний аналіз зводиться до виконання блоків 2,4 і 5, функціонально-структурний аналіз – до вивчення заданих функцій СТС виокремленого класу для подальшої реалізації шляхом використання НПД (відомих і знову синтезованих на основі фонду ФЕ). Вивчення реалізації заданої функції СТС (блок 7) здійснюється шляхом аналізу відомих НПД, які вже мали свою реалізацію.

Формування можливих ПД СТС (блок 8) полягає в отриманні вихідних даних і виконанні безпосереднього отримання нового ПД.

Порядок отримання вихідних даних для формування ПД:

- з'ясування постановки завдання формування ПД СТС, її умов (з'ясування середовища його функціонування «С» і цілі функціонування «Ц»);
- вибір масиву ФЕ з фонду ФЕ;
- складання переліків груп одно-причинних {Гп} і одно-наслідкових {Гс} ефектів, загального переліку ефектів;
- побудова нисхідних (висхідних) впорядкованих дерев ФЕ D, з'ясування максимально припустимої кількості їх рівнів.

На основі вихідних даних, які використані при формуванні ПД СТС і блок-схеми (Рис. 2), формуються її можливі ПД

Блок-схема враховує послідовне формування ПД за кроками k (кількість кроків не повинна перевищувати кількість рівнів дерева ефектів) і характеристику ФЕ:

$$C_k = \begin{cases} k = 1 - \text{компонента "середовище функціонування"}, \\ k > 1 - \text{наслідки ефектів, знайдених на кроці k.} \end{cases}$$

Наступні етапи прогнозування обрису СТС, що функціонує на НПД, ґрунтуються на загальній схемі його створення. Головним у цій схемі є відображення процесу отримання елементної бази, на основі якої формуються кращі варіанти обрису..

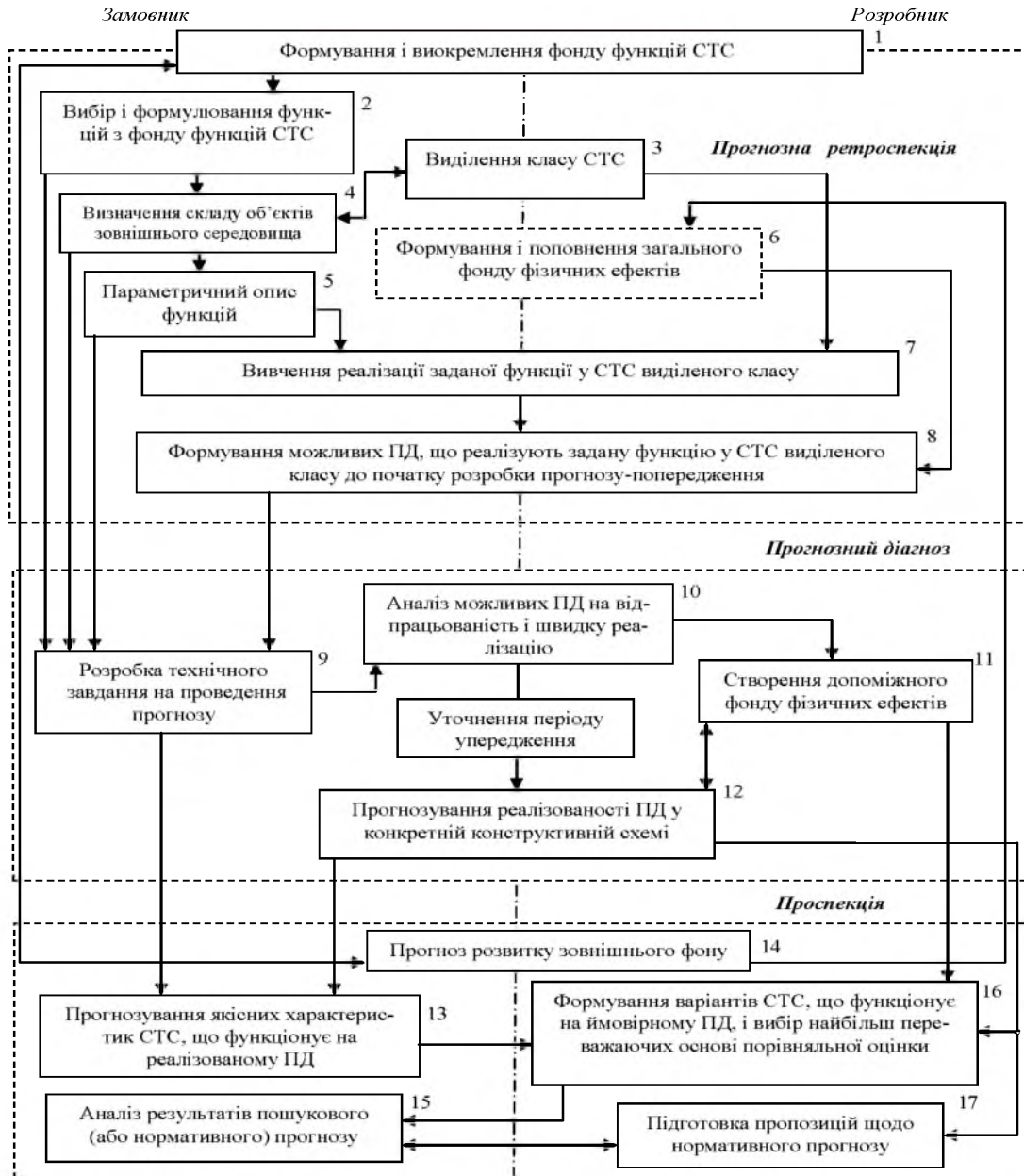


Рис 1. Схема методу прогнозування обрису СТС, що функціонує на НПД



Рис 2. Блок-схема формування можливих ПД

Аналіз можливих ПД на відпрацьованість і швидку реалізацію (блок 10) здійснюється на основі технічного завдання на проведення прогнозу для конкретної СТС (блок 9). Необхідно зазначити, що замовник уточнює технічне завдання і, спільно з виробником, обирає моделі прогнозування, тому що він володіє вихідною інформацією щодо допоміжного фонду ФЕ (блок 11). У цьому разі використовується модель прогнозування відпрацьованості ПД. Вона дозволяє виокремити найбільш прийнятні ПД, за якими є певний доробок, і вони можуть бути реалізовані при відповідному доопрацюванні в межах виокремлених коштів.

Прогнозування реалізованості ПД (блок 12) у конкурентній конструктивній схемі СТС проводиться на основі використання логіко-математичної моделі, заснованої на нечітко-байєсовських правилах прийняття рішення. Використовуючи цю модель, пропонується з відпрацьованих ПД обрати найбільш реалізовані та корисні для подальшого опрацювання.

Синтез кращих варіантів обрису СТС на реалізованому ПД здійснюється на основі аналізу наявного доробку щодо впровадження НПД на стадіях відпрацювання та реалізації. При цьому проводиться прогноз розвитку зовнішнього фону (блок 14), суть якого зводиться до аналізу змін умов застосування СТС, що функціонує на НПД, на віддалену перспективу і розробок, що ведуться за нею, їх значущості. Прогноз умов застосування планується з урахуванням строків уведення до експлуатації нових СТС у світі і зміни умов їх застосування. При здійсненні прогнозу розвитку зовнішнього фону постійно відбувається звернення до наявного фонду функцій СТС (блок 1), фіксується їх можлива зміна.

Процедура формування бажаних варіантів СТС (блок 16) складається з: формування морфологічного простору якісного опису зовнішності для кожного ПД; розрахунку показників переваги для заповнення морфологічної матриці (показників відпрацьованості, реалізованості та корисності); отримання на основі методу морфологічного синтезу кращих варіантів СТС для кожного ПД з урахуванням сумісності елементної бази; оцінки ризику створення та комплексності отриманих варіантів обрису і вибір найбільш пріоритетних.

Формування морфологічного простору якісного опису зовнішності СТС, що функціонує на обраному НПД, багато в чому аналогічне тому, як це описано в методиці, що наведена у [6]. Відмінна особливість такого формування полягає в тому, що воно проводиться для кожного ПД і є більш загальним через дефіцит інформації.

Розрахунок показників уподобання здійснюється з урахуванням конкретної елементної бази, яка вже використовувалась або планується до застосування при відпрацюванні та реалізованості ПД. Значення показників заносяться до морфологічних матриць, в яких  $M_{ij}$  відображає комплексний критерій переваги відпрацьованості та реалізованості  $i$ -го елемента  $j$ -го типу СТС, що функціонує на НПД.

Генерація кращих варіантів обрису СТС здійснюється на основі методу морфологічного синтезу. При цьому оцінюється внутрішня сумісність його складових. Таким чином, кожен  $l$ -й кращий варіант буде оцінений показником, який враховує відпрацьованість, реалізованість і сумісність  $i$ -го елемента  $j$ -го типу СТС у загальній конструктивній схемі.

Заключним моментом синтезу бажаних варіантів обрису СТС є оцінка їх комплексності та ризику створення. Остаточний вибір найбільш бажаних варіантів обрису СТС, що функціонує на НПД, проводиться на основі виразу

$$S_l = M_l \cdot r_{ком}^l \cdot (1 - P_l(t)), \quad l = \overline{1, N_{НПД}},$$

де  $r_{ком}^l$ ,  $P_l(t)$  – оцінки комплексності та ймовірності несприятливого результату щодо створення  $l$ -го варіанта;

$N_{НПД}$  – кількість отриманих варіантів обрису СТС, що функціонує на НПД. Далі прогноуються характеристики СТС на обраному ПД (блок 13). Впровадження НПД, як правило, пов'язане з необхідністю значного поліпшення однієї з основних або декількох визначальних характеристик СТС. Для подальшого аналізу корисності отриманого переважного варіанту обрису СТС необхідно спрогнозувати розвиток основної характеристики. Але, враховуючи специфічні особливості вихідних даних, наявних на ранніх етапах розробки, які здебільшого пов'язані з їх нечіткістю і невизначеністю, наявний методичний апарат прогнозування кількісних характеристик не може бути застосований. Тому розроблена модель прогнозування таких характеристик на основі нечіткого регресійного аналізу.

Попередній аналіз результатів прогнозування обрису СТС з його ймовірними характеристиками може дати незадовільні результати, після чого здійснюватись перехід до етапу 2 і потім алгоритм прогнозування повторюється.

Аналіз результатів прогнозу. Як правило, розробник здійснює пошукове і нормативне прогнозування, а замовник – аналіз результатів такого прогнозування. Результати пошукового прогнозування замовником беруться до відома і враховуються при проведенні пошукових досліджень зі створення СТС, що функціонує на НПД (блок 15). Якщо ж технічне завдання на проведення прогнозу враховує його нормативність, то розробник може брати участь у підготовці пропозицій щодо нормативного прогнозу (блок 17).

Коригування та підготовка пропозицій за результатами проведених прогнозних досліджень здійснюється замовником та розробником спільно за тісною взаємодією, що в результаті має привести до високої ефективності використання проведених досліджень.

### Висновки

Таким чином, запропонований метод дає можливість прогнозувати обрис СТС, що функціонує на НПД. Вона являє собою «гаму» погоджених процедур, моделей прогнозування та способів формування інформації за ймовірними видам перспективної СТС. Особливістю методу є те, що він враховує тісну взаємодію замовника і розробника, а також порядок їх роботи як при пошуковому, так і при нормативному прогнозуванні.

### Перспективи подальших досліджень

Метою подальших досліджень є розробка методики прогнозування характеристик СТС, що функціонує на НПД.

### Список використаних джерел

1. Василенко О.В. Основні світові тенденції розвитку озброєння та військової техніки для ведення війн у майбутньому / О.В. Василенко // *Наука і оборона*. – 2009. – № 4. – С. 18–23.
2. Харченко О.В. Методика вибору оптимального зразка авіаційної техніки для переозброєння Збройних Сил України / О.В. Харченко, С.І. Леженін, В.О. Чадюк // *Наука і оборона*. – 2009. – № 4. – С. 35–39.
3. Мартыщенко Л.А. Инновационная модель прогнозирования развития образцов ракетного вооружения / Л.А. Мартыщенко, А.Е. Филюстин и др. // *Оборонная техника*. – 1987. – № 3. – С. 23–28.
4. Нікул С.О. Формування структури властивостей перспективного зразка озброєння / С.О. Нікул // *Збірник наукових праць*. – Одеса : ВА, 2015. – Вип. 2 (4). – С. 66–73.
5. Нікул С.О. Методика прогнозування обрису зразка озброєння [Текст] / *Збірник наукових праць*. – Одеса : ОНМУ, 2016. – Вип. 1 (47). – С. 53–59.

6. Глазунов В.Н. Поиск принципов действия технических систем. – М. : Речной транспорт, 1990. – 111 с.
7. Глазунов В.Н. Параметрический метод разрешения противоречий в технике (методы анализа проблем и поиска решений в технике). – М. : Речной транспорт, 1990. – 150 с.
8. Прогнозирование научно-технического прогресса в отраслях промышленности. Структурно-морфологический анализ отраслей промышленности и информационное обеспечение прогнозных разработок, Ч.1. / под общей ред. К.А. Кирсанова. – М. : ВНИИПИ, 1991. – 200 с.
9. Прогнозирование научно-технического прогресса в отраслях промышленности. Методы прогнозирования, Ч. 2. / под общей ред. К.А. Кирсанова. – М. : ВНИИПИ, 1991. – 159 с.
10. Прогнозирование и оценки научно-технических нововведений / Г.М. Добров, А.А. Коренной, В.Б. Мусяенко и др. – Киев : Наук. думка, 1989. – 280 с.

**Рецензент:** Н.Н. Петрушенко, д.т.н., профессор, Військова академія (м. Одеса)

### **МЕТОД ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОБРИСА СЛОЖНОЙ ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ, КОТОРАЯ ФУНКЦИОНИРУЕТ НА НЕТРАДИЦИОННЫХ ПРИНЦИПАХ ДЕЙСТВИЯ**

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

*Предложен метод прогнозирования облика сложной технической системы (СТС), которая функционирует на нетрадиционных принципах действия, что предусматривает формирование его качественных и количественных характеристик.*

**Ключевые слова:** сложная техническая система, методика, обрис, прогнозирование.

### **FORECASTING METHOD OUTLINE OF COMPLEX TECHNICAL SYSTEMS THAT FUNKTSIONAL NON-TRADITIONAL PRINCIPLES OF ACTION**

S. Nikul, V. Golovan, A. Golovan

*The proposed method of predicting appearance of complex technical systems (STS), operates on the unconventional principles of action, which involves the formation of its qualitative and quantitative characteristics.*

**Keywords:** slozhnaya tehnycheskaya system, method, outline, forecasting.

Надійшла до редакції 25.11.2016