

УДК 629.721

А.В. Кошель

*Науково-дослідний, проектно-конструкторський та технологічний інститут мікрографії, Харків*

## ОЦІНКА ЯКОСТІ СТАНУ СКЛАДНИХ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ ПІД ЧАС ЛІКВІДАЦІЇ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

*Розроблено метод вибору стратегії прогнозування і оцінки якості функціонування складних технічних систем (СТС) під час ліквідації надзвичайних ситуацій. Показано, що для таких систем повинна бути «гнучка» стратегія прогнозування і оцінки якості функціонування, що є модифікацією періодичного прогнозування і оцінки якості функціонування СТС із змінним обсягом і з оптимальним рознесенням моментів початку прогнозу технічних засобів СТС на міжпрофілактичному інтервалі.*

**Ключові слова:** складна технічна система.

### Вступ

**Постановка проблеми і аналіз літератури.** Рішення задачі підтримки необхідного рівня технічного стану складних технічних систем безпосередньо пов'язане з організацією прогнозування і оцінки якості їх функціонування.

Процес прогнозування і оцінки якості функціонування складних технічних систем повинен забезпечити здійснення всіх експлуатаційних процесів, що реалізуються в системі. Якість функціонування СТС пов'язана з функціонуванням системи прогнозування і оцінки їх якості під час ліквідації надзвичайних ситуацій, тобто організацією і визначенням параметрів дій, що управляють, які виступають як процеси експлуатації [1 – 4].

Підвищення ефективності прогнозування і оцінки якості можливо на основі двох підходів. Один з них пов'язаний із створенням в системі структурної і функціональної надмірності. Його реалізація зажадає додаткових витрат. Ця обставина зумовлює відмову від вказаного підходу в умовах обмежених матеріальних ресурсів. В цьому випадку реальним є підхід, заснований на вдосконаленні організації процесів, що протікають в системі прогнозування і оцінки якості функціонування СТС, що може бути реалізовано без додаткових витрат і дозволить у результаті скоротити витрату ресурсів. На сучасному етапі підвищення ефективності функціонування СТС може бути досягнуто тільки на основі розробки і впровадження комплексної програми прогнозування і оцінки якості функціонування СТС (КППОЯ) [5, 6]. Вона розкриває в явному вигляді лише основні риси даної програми і включає чотири розділи: загальні положення, власне програму, а також методичне і інформаційне забезпечення програми. Найбільш важливою складовою частиною комплексної програми є обґрунтування раціональних стратегій процесів прогнозування і оцінки якості функціонування СТС.

**Метою даної статті** є розробка методу вибору стратегії прогнозування і оцінки якості функціонування складних технічних систем.

### Основна частина

Під стратегією прогнозування і оцінки якості функціонування СТС розуміється сукупність взаємопов'язаних правил, норм і параметрів, що характеризують окремі процеси і що забезпечують задане управління вказаними процесами з метою підтримки ефективних режимів роботи СТС.

Основними цілями обґрунтування раціональних стратегій є наступні [7, 8]: підвищення ефективності процесів прогнозування і оцінки якості СТС на основі узагальнення накопиченого досвіду і впровадження прогресивних стратегій і режимів вказаних процесів; створення механізму раціонального витрачання ресурсів; раціональне використання потенціалу сервісних центрів (підрядних організацій), що здійснюють технічну підтримку СТС.

Стратегія прогнозування і оцінки якості СТС будується на основі [5, 7, 8]:

об'єктивних даних про конкретні зразки (сукупності однотипних зразків) СТС (характеристик безвідмовності, ремонтпридатності, динаміки вияву деградаційних процесів);

особливостей конструктивних рішень, реалізованих в СТС (структури системи і підсистеми, наявності вбудованих систем контролю і діагностики технічного стану, можливості системи моніторингу і т.д.).

У теорії управління, розглядаються розімкнені і замкнуті системи управління [2]. Розімкнені системи здійснюють управління по заданому закону незалежно від стану об'єкту управління, замкнуті – формують дії, що управляють, на основі інформації про стан об'єкту. В зв'язку з цим, система прогнозування і оцінки якості СТС може бути представлена як система управління технічним станом СТС, яка може бути реалізована по розімкненій або замкнутій схемі.

Інформаційне забезпечення системи управління включає такі основні компоненти як інформація про надійність і технічний стан (ТС0, дії, що управляють. Поєднання різних видів інформації дають можливі стратегії прогнозування і оцінки якості функціонування СТС (табл. 1).

Таблиця 1

Стратегії прогнозування і оцінки якості функціонування СТС

| Інформація                    | Апріорна  | Апостеріорна                          |
|-------------------------------|---|---------------------------------------|
| Про сукупність СТС            | По напрацюванню   | По стану з контролем рівня надійності |
| Про окремі технічні засіб СТС | По напрацюванню, встановленому для окремого технічного засобу СТС | По стану з контролем параметрів       |

При реалізації стратегії прогнозування і оцінки якості функціонування СТС по напрацюванню перелік і періодичність виконання операцій визначаються значенням напрацювання між черговим прогнозуванням, з початку експлуатації або після капітального (середнього) ремонту.

При реалізації стратегії прогнозування і оцінки якості функціонування СТС по стану перелік і періодичність виконання операцій визначаються технічним станом систем на початку проведення заходів.

При реалізації стратегії прогнозування і оцінки якості функціонування СТС з контролем параметрів технічних засобів системи встановлюються передвідмовні значення визначальних параметрів. Після досягнення цих рівнів СТС вважається несправною (непрацездатної) і такою, що вимагає проведення відновних заходів.

При реалізації стратегії прогнозування і оцінки якості функціонування СТС з контролем рівня надійності відновні операції призначаються за результатами контролю рівня надійності сукупності, як правило, однотипних технічних засобів СТС з використанням статистичних методів контролю. У основу загальної класифікації КППОЯ покладено її розгляд як складової частини системи прогнозування і оцінки якості функціонування СТС. Як класифікаційні ознаки вибрані: мета, тип процесу, стратегії і режими, етапи створення (табл. 2).

Особливістю даного етапу розвитку СТС є те, що для кожної з систем, що становить, накопичений певний досвід експлуатації, є затверджена в установленому порядку експлуатаційна документація, але КППОЯ раніше не розроблялася. Метою розробки КППОЯ в цьому випадку є підвищення ефективності процесів прогнозування і оцінки якості функціонування СТС на основі узагальнення досвіду і впровадження прогресивних стратегій і режимів цих процесів. При описі об'єкту експлуатації – СТС, доцільно використовувати їх класифікацію, приведену в табл. 3.

Обґрунтування раціональних стратегій процесів прогнозування і оцінки якості функціонування СТС передбачає обґрунтування і розробку показників ефективності відповідної системи. Для системи прогнозування і оцінки якості функціонування СТС, як для будь-якої складної підлеглої системи, розглядають невластні і власні показники ефективності функціонування. Невластні показники є мірою вироблюваного корисного ефекту, споживаного системою вищого рівня – системою використання за призначенням СТС.

Таблиця 2

Класифікація КППОЯ СТС

| Клас. ознаки  | Вид КППОЯ   |
|---|---|
| 1. Цілі КППОЯ<br>1.1. По обхвату<br>1.2. По критерію оцінки | одноцільова; багатocільова<br>одно- та багатокритеріальна   |
| 2. Тип процесу  | програма технічного обслуговування; програма ремонту; програма забезпечення ЗІП   |
| 3. Стратегії  | по напрацюванню; по стану з контролем параметрів; по стану з контролем надійності   |
| 4. Режими   | з постійною періодичністю і постійним об'ємом; з постійною періодичністю і змінним об'ємом; із змінною періодичністю і постійним об'ємом; із змінною періодичністю і змінним об'ємом. |
| 5. Дії, управління за видом                                 | із заміною; з регулюванням; із заправно-змашувальними роботами.   |
| 6. По місцю проведення заходів                              | на місці експлуатації; у сервісному центрі (підрядної організації); на підприємстві-виготівнику   |
| 7. По обхвату об'єктів                                      | для складової частини СТС; для СТС в цілому; для класу СТС; для мереж СТС в цілому  |
| 8. По етапу розробки  | при проектуванні; при випробуваннях; при експлуатації   |

Таблиця 3

Класифікація СТС

| Класифікаційна ознака        | Класифікаційна приналежність                                |
|------------------------------|---|
| Вид виконання                | Стаціонарний рухомий  |
| Періодичність застосування   | Періодичне безперервне                                      |
| Вид інформаційної взаємодії  | Безпосереднє опосередковане                                 |
| Обслуговуваність             | Обслуговуване необслуговуване                               |
| Автоматизованість контролю   | Наявність системи автоматизованого контролю і діагностики.  |
| працездатності і діагностики | Відсутність системи автоматизованого контролю і діагностики |

Власні показники ефективності відображають власні цілі системи прогнозування і оцінки якості функціонування СТС (наприклад, підвищення рівня технічної готовності СТС, зменшення витрати ресурсів). Тому як власні показники можуть бути вибрані:  $K_G$  – коефіцієнт готовності СТС;  $K_{OG}$  – коефіцієнт оперативної готовності СТС;  $K_{TB}$  – коефіцієнт технічного використання СТС;  $C_{\Sigma}$  – сумарні витрати на прогнозування і оцінку якості функціонування СТС;  $C_{уд}$  – питомі витрати на прогнозування і оцінку якості функціонування СТС і т.п.

На основі ретроспективного аналізу процесів прогнозування і оцінки якості функціонування СТС, відповідній документації ранжируються функціональні системи, підсистеми і технічні засоби, їх технічні стани і стратегії реалізації процесів прогнозування, ефективності використання, трудомісткості і вартості. Визначаються домінуючі функціональні СТС, їх технічні стани і стратегії реалізації процесів прогнозування і оцінки якості їх функціонування, які роблять найбільший вплив на перераховані показники.

Для СТС КППОЯ формується по кожному вибраному процесу на основі аналізу конструктивно-технічних рішень і експлуатаційно-технічних характеристик, вибору раціональних стратегій і режимів експлуатації, оцінки ефективності варіантів даної програми.

Таким чином, найбільш прийнятний шлях підвищення ефективності функціонування СТС в даний час пов'язаний з розробкою і впровадженням КППОЯ на основі вибору раціональних стратегій прогнозування і оцінки якості функціонування СТС, забезпечення запасним майном і приладдям, а також ремонту.

Загальновідомим достоїнством «жорсткої» стратегії періодичного прогнозування і оцінки якості функціонування систем є простота планування, організації і контролю виконання робіт. Проте, «жорстка» стратегія прогнозування і оцінки якості функціонування систем має ряд недоліків, основними з яких є:

1. Використання «жорсткої» стратегії, що базується на середньостатистичних даних про надійність СТС, одержаних розрахунковим шляхом до початку експлуатації конкретних зразків, не дозволяє врахувати їх фактичний технічний стан.

2. Передбачені в експлуатаційній документації на етапі проектування об'єми технічного обслуговування, як правило, гарантовано надмірні, що приводить до нераціонального використання тих ресурсів, що виділяються на прогнозування і оцінку якості функціонування систем.

3. Обов'язковий порядок проведення всіх операцій прогнозування і оцінки якості функціонування систем, передбачених експлуатаційною документацією, незалежно від фактичного технічного стану СТС істотно підвищує непродуктивні простої технічних засобів.

4. Призначення термінів при плануванні, вживаному при використанні «жорсткої» стратегії, і порядок обслуговування СТС не враховують структурні схеми надійності (ССН) СТС.

«Гнучкі» стратегії використовують якнайповнішу апостеріорну, переоцінену на основі досвіду інформацію про стан конкретного зразка технічного засобу або групи. Вся сукупність можливих реалізацій «гнучких» стратегій може бути розкладеною на три основні типи: з постійним об'ємом і змінною періодичністю; з постійною періодичністю і змінним об'ємом; із змінними об'ємом і періодичністю.

Для першого типу «гнучких» стратегій об'єм прогнозування і оцінки якості функціонування систем не залежить від технічного стану засобу. Термін проведення чергового прогнозування і оцінки якості функціонування систем вибирається на основі аналізу поточного значення і прогнозування змін визначальних параметрів технічних засобів СТС з метою попередження виходу значення хоч би одного з них за межі допуску. Даний тип «гнучкої» стратегії застосовний для складних систем, що територіально рознесли, із слабо корельованими функціональними зв'язками, що дозволяє виводити на прогнозування і оцінку якості функціонування систем окремі техніч-

ні засоби в довільні моменти часу без зниження ефективності функціонування СТС в цілому.

Для другого типу «гнучких» стратегій періодичність обслуговування вибирається постійною, а об'єм прогнозування і оцінки якості функціонування систем міняється залежно від фактичного технічного стану технічних засобів, тобто обслуговується тільки та частина апаратури технічних засобів, параметри якої можуть вийти за межі допусків до початку наступної перевірки. Даний тип прогнозування і оцінки якості функціонування систем застосовний для складних систем, що територіально рознесли, технічні засоби яких жорстко функціонально зв'язані.

Третій тип «гнучких» стратегій застосовується для СТС з обмеженими можливостями здійснення контролю визначальних параметрів і проведення регульовальних операцій. До даного типу «гнучких» стратегій прогнозування і оцінки якості функціонування систем відносяться такі його різновиди як «експлуатація повністю», «ремонт по накопиченню несправностей» та інші.

Для переходу до такої «гнучкої» стратегії прогнозування і оцінки якості функціонування СТС потрібне рішення трьох взаємозв'язаних задач:

– отримання достовірної оцінки технічного стану СТС в задані моменти часу;

– забезпечення прогнозування зміни технічного стану СТС на заданий інтервал часу в майбутньому;

– оперативне використання одержуваної інформації про технічний стан СТС і доведення її до органів управління.

На підставі вищесказаного, **метод вибору стратегії прогнозування і оцінки якості функціонування полягає в наступному:**

1. Проводиться оперативний аналіз технічного стану СТС і моделей їх функціонування з метою вибору визначальних параметрів, що забезпечують достовірну оцінку технічного стану.

2. Проводиться аналіз сукупності визначальних параметрів з метою визначення меж класів технічного стану СТС і допустимого рівня зміни змінних.

3. Аналізуються зміни значень параметрів в часі з погляду визначення характеру виникаючих в СТС відмов і несправностей, ділимо їх на «раптові» і «поступові», а також робимо визначення законів зміни значень параметрів.

4. Проводяться вимірювання визначальних параметрів, вважаючи найбільш перспективними методи контролю без виведення технічних засобів з СТС.

5. Проводиться автоматизований контроль працездатності, діагностики системи прогнозування технічного стану СТС.

6. Визначаються раціональні моменти початку прогнозування і оцінки якості функціонування СТС.

7. Проводиться визначення об'ємів робіт за наслідками поточної оцінки і прогнозування технічного стану СТС.

8. Визначається стратегія прогнозування і оцінки якості функціонування СТС.

При цьому існують і розвиваються два напрямки вдосконалення періодичного прогнозування і оцінки якості функціонування СТС із змінним об'ємом.

Перший пов'язаний із спробою встановлення науково обгрунтованих об'ємів і періодичності прогнозування і оцінки якості функціонування СТС для конкретних систем на основі прогнозуючого контролю визначальних параметрів. Другий напрямок пов'язаний з урахуванням при організації прогнозування і оцінки якості функціонування СТС структурних схем надійності систем. Другий напрямок дозволяє підвищити значення показників безвідмовності тільки за рахунок того, що оптимально розноситься прогнозування і оцінка якості функціонування технічних засобів, що входять в ССН СТС.

### Висновки

Таким чином, для СТС, що використовуються під час ліквідації надзвичайних ситуацій, базовою повинна бути «гнучка» стратегія прогнозування і оцінки якості функціонування систем, що є модифікацією періодичного прогнозування і оцінки якості функціонування СТС із змінним об'ємом і з оптимальним рознесенням моментів початку прогнозу технічних засобів СТС на міжпрофілактичному інтервалі.

### Список літератури

1. Глушков В.М. *О прогнозировании на основе экспертных исследований*. – М.: МДНТП, 1969. – 340 с.
2. *Общая теория систем: математические основы* / М. Месарович и др. – М.: Мир, 1978. – 460 с.
3. *Надежность и эффективность в технике: Справочник. В 10 т. / Ред. совет: В.С. Авдеевский (пред.) и др. – М.: Машиностроение, 1990. – Т. 10: – 360 с.*
4. *Надежность и эффективность в технике: Справочник. В 10 т. / Ред. совет: В.С. Авдеевский (пред.) и др. – М.: Машиностроение, 1988. – Т. 5: – 380 с.*
5. *Программно-целевое планирование развития и научно-техническое сопровождение вооружения и военной техники. Кн. 1 / Б.А. Демидов и др. – Х.: ХВУ, 1997. – 545 с.*
6. *Программно-целевое планирование развития и научно-техническое сопровождение вооружения и военной техники. Кн. 2 / Б.А. Демидов и др. – Х.: ХВУ, 1997. – 472 с.*
7. *Программно-целевое планирование развития и научно-техническое сопровождение вооружения и военной техники. Кн. 3 / Б.А. Демидов и др. – Х.: ХВУ, 1997. – 551 с.*
8. Демидов Б.А. *Организационные и методические основы научно-технического сопровождения вооружения и военной техники: Учебное пособие*. – Х.: ХВУ, 1995. – 575 с.

Надійшла до редколегії 13.05.2008

**Рецензент:** д-р техн. наук ст. наук. співр. Г.В. Худов, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

### ОЦЕНКА КАЧЕСТВА СОСТОЯНИЯ СТС ВО ВРЕМЯ ЛИКВИДАЦИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

Кошель А.В.

*Разработан метод выбора стратегии прогнозирования и оценки качества функционирования сложных технических систем (СТС) во время ликвидации чрезвычайных ситуаций. Показано, что для таких систем должна быть «гибкая» стратегия прогнозирования и оценки качества функционирования, которая является модификацией периодического прогнозирования и оценки качества функционирования СТС с переменным объемом и с оптимальным распределением моментов начала прогноза технических средств СТС на межпрофилактическом интервале.*

**Ключевые слова:** сложная техническая система.

### ESTIMATION OF QUALITY OF THE STATE OF DTS DURING LIQUIDATION OF EXTRAORDINARY SITUATIONS

Koschel A.V.

*The method of choice of strategy of prognostication and estimation of quality of functioning of the difficult technical systems (DTS) is developed during liquidation of extraordinary situations. It is shown that for such systems there must be «flexible» strategy of prognostication and estimation of quality of functioning, which is modification of periodic prognostication and estimation of quality of functioning of DTS with a variable volume and with the optimum distributing of moments of beginning of prognosis of hardwares of DTS on an interprophylactic interval.*

**Keywords:** difficult technical system.