

СИСТЕМАТИЗАЦІЯ ТА КАТАЛОГІЗАЦІЯ ВИМІРЮВАЛЬНИХ ЗАДАЧ У СКЛАДНИХ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМАХ ОБОРОННОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

К.К. Кулагін, О.Г. Судаков, А.О. Феклістов
(Об'єднаний науково-дослідний інститут Збройних Сил)

Пропонується науково-методичне обґрунтування систематизації та каталогізації вимірювальних задач, що існують у складних технічних системах оборонного призначення. Розроблено організаційно-методичні основи класифікації та каталогізації вимірювальних задач. Подані узагальнені результати систематизації та каталогізації вимірювальних задач за визначеними ознаками на прикладі складної технічної системи оборонного призначення.

складні технічні системи оборонного призначення, систематизація та каталогізація, вимірювальні задачі, організаційно-методичні основи

Постановка проблеми. В умовах трансформаційних змін у Збройних Силах України одним з важливих завдань залишається забезпечення, підтримання та відновлення оперативно-тактичних характеристик складних технічних систем оборонного призначення (СТС ОП) шляхом метрологічного контролю на усіх етапах життєвого циклу (ЖЦ) відповідно до вимог експлуатаційної документації (ЕД). Відомо, що засоби вимірювальної техніки (ЗВТ), які використовуються у ЗС України є застарілі, у переважній більшості вичерпали ресурс, дублюють вимірювальні функції. Аналогічні проблеми існують і на підприємствах оборонно-промислового комплексу (ОПК), що веде до зниження якості продукції ОПК, не виконання сучасних вимог до здійснення метрологічного контролю та нагляду, і як наслідок до скорочення експортного потенціалу держави.

Таким чином, удосконалення технологій метрологічного супроводження продукції ОПК, особливо впровадження технологій електронної інформаційної підтримки є одним з пріоритетних та актуальних напрямків підвищення якості продукції оборонного призначення, дозволить упорядкувати існуючий парк ЗВТ та ефективно керувати ним.

Аналіз літератури. Метрологічне забезпечення застосування СТС ОП базується на технологіях та алгоритмах, які реалізовані розробником у відповідній ЕД. Відомості про зміст вимірювальних задач, які викладені в ЕД на СТС ОП часто неповні. Не завжди можливо встановити однозначний зв'язок між вимірювальним параметром об'єкта та технологією

вирішення вимірювальної задачі. Аналіз джерел [1, 2] підтвердив необхідність вирішення науково-технічної задачі щодо визначення необхідної номенклатури існуючого парку ЗВТ та розробки організаційно-методичних основ щодо керування ним. У джерелі [3] показано, що процеси класифікації завдань, якими також є вимірювальні задачі, для СТС ОП визначені як шлях вирішення завдань військової стандартизації. Систематизація вимірювальних задач, які існують у СТС ОП, як зазначено в джерелі [4], відповідає загальній меті військової системи стандартизації та реалізації вимог щодо сумісності об'єктів за якістю. Тенденції розвитку процесу управління метрологічним забезпеченням свідчать про перспективність автоматизованої каталогізації, класифікації та систематизації даних про ЗВТ та вимірювальні задачі в СТС ОП на етапах ЖЦ. Відповідно до джерел [2, 5] одними з основних завдань метрологічного забезпечення СТС ОП є досягнення високої ефективності застосування, підтримання їх бойових та експлуатаційних властивостей, зокрема, встановлення раціональної номенклатури параметрів, що вимірюються, діапазонів вимірювань і норм точності вимірювань під час розроблення, вироблення, випробувань, експлуатації та ремонту СТС ОП, а також визначення оптимальної номенклатури ЗВТ.

Однак, як показав аналіз джерел [1 – 5], задачі визначення номенклатури парку ЗВТ та розробки організаційно-методичних основ щодо керування ним практично не розв'язані. Таким чином, з метою забезпечення ефективного підтримання оперативно-тактичних характеристик СТС ОП відповідно до вимог ЕД доцільно здійснювати класифікацію, систематизацію та каталогізацію вимірювальних задач, які вирішуються ЗВТ у СТС ОП Збройних Сил.

Мета статті. Науково-методичне обґрунтування організаційно-методичних основ створення складової частини системи керування номенклатурою парку загальнопромислових ЗВТ – системи автоматизованої каталогізації вимірювальних задач у СТС ОП. Завдання, які потрібно вирішити для досягнення зазначеної мети: аналіз структури СТС ОП та їх складових частин; обґрунтування необхідності систематизації та класифікації вимірювальних задач, які існують у СТС ОП; визначення принципів систематизації та класифікаційних ознак вимірювальних задач, що існують у СТС ОП відносно різноманітності, місця та частоти їх виникнення; оцінка узагальнених результатів систематизації та класифікації вимірювальних задач на прикладі зразка СТС ОП.

Розділи основного матеріалу. В основі вирішення поставленої задачі лежить визначення принципів систематизації та класифікаційних ознак побудови СТС ОП за допомогою методології системного аналізу.

Сучасні складні технічні системи (СТС) різноманітні за складом, структурою, цільовим призначенням, способами використання, умовами функціонування та правилами застосування за призначенням в різних умовах обстановки. Структурну та ієрархічну складність СТС характеризує термінологія, яка викладена в джерелах [6 – 8], а саме: система, комплекс, зразок, виріб, підсистема, комплект, деталь, компонент, елемент тощо.

Структурні особливості СТС ОП визначаються сукупністю складових компонентів як системи і стійких зв'язків між ними, завдяки яким вона зберігає свої властивості при зміні зовнішніх і внутрішніх умов в деяких межах. В ході дослідження співвіднесено загальнотеоретичну термінологію з термінами, що усталено використовують розробники та виробники СТС ОП. Зазначені особливості термінології знайшли відповідне втілення в ЕД. Далі характеристику рівнів ієрархії побудови СТС ОП визначимо термінологічними класифікаційними ознаками: „комплекс”, „система”, „агрегат”, „виріб”, „пристрій”, „вузол” тощо. З джерела [6] відомо, що до СТС ОП відносять сукупність функціонально пов'язаних зразків техніки, інженерно-будівельних споруд і засобів забезпечення, об'єднаних для самостійного виконання задач відповідного рівня. СТС ОП може містити зброю (засоби доставки і боєприпаси, в тому числі одноразового використання), системи їхнього пуску, наведення, керування та інші технічні засоби, якими комплектуються відповідні підрозділи та військові формування.

Для СТС ОП виділяють наступні групи характеристик, які визначають зміст вимірювальних задач: умови експлуатації; конструктивні, технологічні, експлуатаційні параметри; впливи внутрішніх та зовнішніх нерозрахованих факторів, характеристики стійкості до них.

Визначення ієрархічної класифікації складових частин СТС ОП та основних структурних зв'язків між ними дозволяє виділити складові частини, для яких може бути запропонований загальний підхід щодо подальшої систематизації вимірювальних задач. Для виявлення внутрішніх зв'язків між складовими частинами СТС ОП використано характеристики переліку цільових завдань, які закладені в ЕД на СТС ОП.

З формальної точки зору структура СТС ОП – системи (S) розглядається як пара $\langle X_S, R_S \rangle$, де X_S – множина елементів, що складають систему, R_S – множина відношень між елементами

$$S = \langle X_S, R_S \rangle.$$

Множина елементів X_S , що складають систему S, може бути подана як

$$X_S = \{x_S^1, x_S^2, \dots, x_S^n\},$$

де n – порядковий номер типу елемента.

Врахуємо можливу наявність між складовими частинами СТС ОП, наприклад x_S^1 та x_S^2 , особливих відношень, які будуть складати умовну групу $x_S^{1,2}$

$$x_S^{1,2} = x_S^1 \cup x_S^2.$$

Множину відношень між елементами R_S , що складають систему S , представимо як

$$R_S = R_S^1 \cup R_S^2 \cup R_S^{1,2}, \quad (1)$$

де $R_S^1 = \{r_S^{1,2}, r_S^{1,3}, \dots, r_S^{1,n}\}$ – множина структурних зв'язків основної складової частини R_S^1 СТС ОП з іншими складовими; $R_S^2 = \{r_S^{2,1}, r_S^{2,3}, \dots, r_S^{2,n}\}$ – множина структурних зв'язків основної складової частини R_S^2 СТС ОП з іншими складовими; $R_S^{1,2} = \{r_S^{(1,2),3}, r_S^{(1,2),4}, \dots, r_S^{(1,2),n}\}$ – множина основних структурних зв'язків умовної групи $x_S^{1,2}$ з іншими складовими СТС ОП.

Застосування методології системного аналізу дозволяє на основі вивчення ЕД формалізувати ієрархічну класифікацію складових частин СТС ОП з урахуванням можливого існування декількох основних ієрархічних складових частин (1), що важливо для побудови структури каталогу вимірювальних задач.

Результати аналізу ЕД дозволяють виявити місця існування, частоту виникнення та різноманітність вимірювальних задач на СТС ОП. До елементів процесу вимірювань відносять: об'єкт вимірювання; вимірювану фізичну величину й одиницю цієї фізичної величини; метод вимірювання; засіб вимірювальної техніки; умови вимірювання; методику виконання вимірювань; людину-оператора [9]. Зазначимо, що при вивченні процесу вимірювань у СТС ОП враховано наступне: результати аналізу постановки вимірювальної задачі; фізичну модель об'єкту вимірювання; метод вимірювання і типи ЗВТ; умови вимірювання; рівень підготовки оператора.

Якість вирішення вимірювальної задачі визначається методикою виконання вимірювань – нормативно-технічним документом, в якому встановлена сукупність операцій та правил, виконання яких забезпечує отримання необхідних результатів вимірювань та ЕД. Потрібна для класифікації та систематизації інформація про вимірювальні задачі, основні

елементи процесу вимірювань певним чином сформульована в ЕД на СТС ОП. Аналіз ЕД дозволяє виявити ознаки вимірювальних задач, які закладені розробником в принципи функціонування та застосування СТС ОП.

Коректне та адекватне визначення належності процесів у СТС ОП до вимірювальних задач базується на використанні таких понять, як "випробування", "вимірювання", "контроль", "перевірка" [10, 11]. Результати аналізу ЕД СТС ОП дозволили визначити, що на них поширюються, в основному, чотири види контролю [11]:

- визначення (шляхом вимірювання або випробування) значення контрольованого параметра зразка й порівняння отриманого результату із заданими граничними припустимими значеннями;

- регулювання (шляхом вимірювання) – визначення значення контрольованого параметра зразка й порівняння отриманого результату із заданими граничними припустимими значеннями та введення його в межі граничних припустимих значень;

- перевірка (фіксація) наявності або відсутності деякої події (стану зразка) за певних умов;

- контроль органолептичними й експертними методами.

Зауважимо, що в загальному випадку процес вимірювань у СТС ОП має особливості, пов'язані з тим, що згідно з ЕД контрольований та вимірюваний параметри можуть не збігатися. Наприклад, вимірюване значення сили струму характеризує кут повороту планки рульової машинки.

В якості основних принципів систематизації та класифікації ознак вимірювальних задач для СТС ОП обрано:

- повноту переліку параметрів, що характеризують процес вимірювання;

- визначення області значень виявлених параметрів відповідно до встановлених методів вимірювання;

- урахування невідповідності вимірюваного та контрольованого параметрів [9, 13];

- робасність та гнучкість вибору принципів систематизації та класифікації ознак вимірювальних задач;

- урахування повноти змісту ЕД при створенні автоматизованих каталогів вимірювальних задач.

Практичне застосування виявлених принципів систематизації класифікаційних ознак дозволяє сформулювати морфологічну структуру ознак вимірювальних задач.

На основі наведеного обґрунтування по результатам аналізу ЕД зразків СТС ОП створено варіант узагальненого формалізованого опису ви-

мірювальних задач за класифікаційними ознаками місця, частоти виникнення та різноманітності. Варіант основних класифікаційних ознак вимірювальних задач у СТС ОП наведено у табл. 1.

Таблиця 1

Варіант узагальненого формалізованого опису вимірювальних задач

№	Класифікаційна ознака вимірювальної задачі (варіант значення)
1.	Місце виникнення вимірювальної задачі (комплекс; система; зразок; виріб; агрегат; вузол; блок)
2.	Вид роботи (експлуатація; технічне обслуговування; ремонт; застосування)
3.	Тип вимірювальної операції (вимірювання; перевірка; контроль; регулювання; випробування; юстування; усунення несправностей)
4.	Вид вимірювальної операції (вимірювання; відтворення; порівняння; вимірювальне перетворення)
5.	Умови проведення вимірювань (закриті стаціонарні приміщення та споруди; тимчасові приміщення та споруди; відкрите повітря; засоби пересування)
6.	Вимірювальна задача (вербальний опис згідно з ЕД)
7.	Документ експлуатаційної документації (посилання)
8.	Вид фізичного явища або фізичного процесу (об'єкт; явище; процес; сигнал)
9.	Функціональна залежність вимірюваного та контрольованого параметрів (пряма; непряма)
10.	Область вимірювань – за відповідними видами вимірювань (згідно з [11 – 13])
11.	Повторюваність у часі (постійні; періодичні; неперіодичні; випадкові)
12.	За формою сигналу (гармонічні; імпульсні; спеціальні; модульовані)
13.	Вид вимірювань відповідно до області вимірювань – вимірюваний параметр та контрольований параметр (згідно з [11 – 13])
14.	Форма вираження вимірюваного параметру та контрольованого параметра (максимальне значення; розмах; середньоквадратичне значення; середньовипрямлене значення)
15.	Форма вираження похибки вимірюваного параметра та контрольованого параметра (абсолютна; відносна; нелінійність; квантування; випадкова; систематична; імовірна; допустима)
16.	Числове значення похибки вимірюваного параметра та контрольованого параметра (дійсне число)

В основу класифікації вимірюваних фізичних величин покладено принцип розподілу вимірювань на області та види за фізичною приро-

дою [11 – 13]. Варіант наведений в табл. 1 може бути основою для систематизації класифікаційних ознак вимірювальних задач. Він набуває особливих рис для відповідної СТС ОП завдяки врахуванню особливостей щодо систематизації та класифікації ознак вимірювальних задач. Аналіз вимірювальних задач у СТС ОП достатньо трудомісткий, оскільки повнота викладення в ЕД описів процесів вимірювань суттєво впливає на отримані результати.

Результати аналізу місця та частоти виникнення вимірювальних задач підтверджують, що в основному вимірювальні задачі за різноманітністю та обсягом зосереджені на основних (за ієрархією) складових частинах СТС ОП. Узагальнені показники частоти визначення вимірюваних (інформативних) та контрольованих (неінформативних) параметрів у вимірювальних задачах на обраному, в якості прикладу, зразку СТС ОП – ракетному комплексі оперативного-тактичного призначення наведено у табл. 2 та представлено у графічному вигляді на рис. 1.

Таблиця 2

Узагальнені показники частоти визначення вимірюваних (контрольованих) параметрів у вимірювальних задачах у ракетному комплексі оперативного-тактичного призначення

№ з/п	Вимірювальний (контрольований) параметр	Абсолютне значення, рази	Відносне значення, %
1.	Напруга	86	15,0
2.	Кут	17	3,0
3.	Фазовий зсув	4	0,7
4.	Кількість імпульсів	23	4,0
5.	Опір	91	16,0
6.	Сила струму	236	43,0
7.	Температура	14	2,7
8.	Тиск	65	12,0
9.	Час	12	2,0
10.	Момент	4	0,7
11.	Вологість повітря	5	0,9
Загальна кількість вимірювань:		557	100,0

Зазначимо, що узагальнені дані щодо частоти випадків, коли вимірювальні та контрольовані параметри для даної вимірювальної задачі не збігаються, складають менш ніж 1% від загальної кількості вимірюваль-

них задач (для обраного в якості приклада зразка СТС ОП). Найбільш вагома відносна частка вимірювальних задач, що існують у зразку СТС ОП (557 одиниць), стосовно обсягів вимірюваних (контрольованих) параметрів зосереджена на вимірюваннях: сили струму – 43%; опору – 16%; напруги – 15%; тиску – 12%.

Використання даних з каталогів дозволить визначати доцільність подальшого використання та необхідність розробки нових повірочних схем загальнопромислових ЗВТ, типи та кількість ЗВТ для заміни, планувати процеси метрологічного забезпечення СТС ОП. Крім того, відповідні каталоги вимірювальних задач доцільно буде включати до складу електронної експлуатаційної документації [14] (так звані CALS-технології) на підприємствах ОПК, що є однією з необхідних сучасних вимог стратегічних іноземних замовників вітчизняної військово-технічної продукції. Запропоноване науково-методичне обґрунтування організаційно-методичних основ створення складової частини системи керування номенклатурою парку загальнопромислових ЗВТ – системи автоматизованої каталогізації вимірювальних задач у СТС ОП дозволить ефективно вирішувати одне з головних завдань військової системи стандартизації – всебічне скорочення та економію ресурсів.

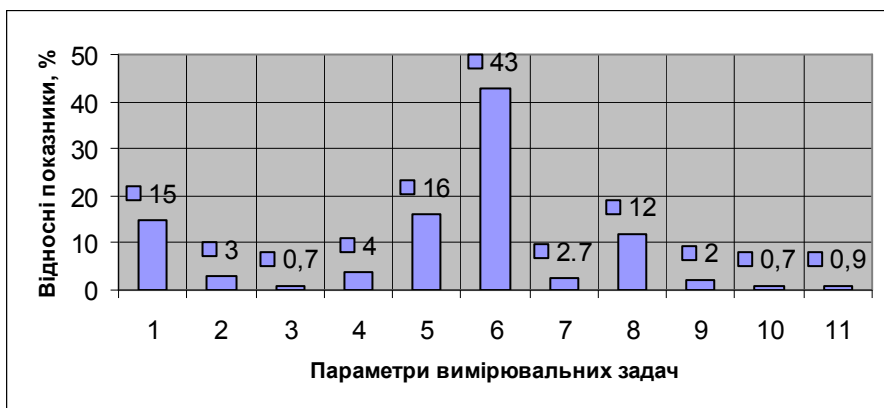


Рис. 1. Відносні показники частоти визначення вимірюваних (контрольованих) параметрів у вимірювальних задачах у ракетному комплексі оперативно-тактичного призначення (*Примітка.* Номери вимірювальних (контрольованих) параметрів на вісі абсцис відповідають порядку нумерації рядків в графах „№ з/п” і „Відносне значення” в табл. 2.)

Висновки. Визначено класифікаційні ознаки існуючих вимірювальних задач за місцем та частотою їх виникнення у СТС ОП.

Запропоновані принципи систематизації та класифікації ознак вимірювальних задач у СТС ОП, які можуть бути застосовані для зміни технології розробки структури та формування змісту експлуатаційної документації на нові типи складних технічних систем оборонного призначення, включаючи її електронні версії.

Запропоновані принципи систематизації класифікаційних ознак вимірювальних задач у СТС ОП дозволять системно досліджувати інші системи на етапах життєвого циклу на єдиному організаційно-методичному підґрунті у напрямку вирішення задач метрологічного забезпечення та військової системи стандартизації.

Результати аналізу місця та частоти виникнення вимірювальних задач у СТС ОП дозволяють використовувати їх для визначення доцільності збереження, створення та підтримки повірочних схем щодо передачі до загальнопромислових ЗВТ СТС ОП відповідних одиниць фізичних величин.

Результати роботи складають інформаційну базу для розробки каталогів вимірювальних задач, які повинні забезпечувати систематизацію та автоматизований пошук даних за визначеними ознаками. При проектуванні логічної схеми баз даних каталогів вимірювальних задач необхідно враховувати можливі зміни в класифікаційних ознаках для конкретного типу СТС ОП.

Автоматизовані каталоги вимірювальних задач повинні забезпечувати: оптимізацію існуючого парку ЗВТ типів СТС ОП; обґрунтування планування, створення (закупівлі) нових типів загальнопромислових ЗВТ; управління рівнем оцінки точності визначення тих чи інших властивостей СТС ОП та обґрунтування рішень щодо сумісності стандартів та їх гармонізації із стандартами НАТО та ЄС.

Подальший розвиток автоматизації підтримки прийняття адміністративних рішень пов'язаний з розробкою нової та адаптації існуючої ЕД на СТС ОП на основі використання CALS-технологій, які орієнтовані на міжнародні стандарти та стандарти НАТО щодо організації електронного документообігу технічної інформації.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Про затвердження Керівництва з організації та порядку експлуатації вимірювальної техніки у Збройних Силах України. Наказ Заступника Міністра оборони з озброєння – начальника Озброєння Збройних Сил України від 01.06.2001 р. №79.*
2. *Про затвердження Положення про особливості метрологічної діяльності у сфері оборони. Постанова Кабінету Міністрів України від 17 серпня 1998 р. № 1306.*

3. ВСТ 01.001.000. Видання 1. Військова система стандартизації. Стандартизація та політика Міністерства оборони України в галузі стандартизації. Затверджений наказом начальника Воєнстандарту Міністерства оборони України від 12.12.2000 № 39. – 21 с.
4. Судаков О.Г., Феклістов А.О., Лазарєва О.Я. Актуальні питання забезпечення вимог щодо сумісності об'єктів військової системи стандартизації за якістю // Системи обробки інформації. – Х.: ХВУ. – 2004. – Вип. 8 (36). – С. 181 – 186.
5. ДСТУ В1.2-95. Державна система стандартизації військової техніки. Метрологічне забезпечення озброєння та військової техніки. Основні положення. Введ. 01.01.97. – К.: Держстандарт, 1995. – 30 с.
6. Демидов Б.А. Программно-целевое планирование развития и научно-техническое сопровождение вооружения и военной техники: Учебное пособие. В 3-х книгах. Кн.1. – Х.: ХВУ, 1997. – 545 с.
7. Надежность и эффективность в технике: Справочник: Н17 В 10 т. / Ред. совет: В.С.Авдеевский (пред.) и др. – М.: Машиностроение, 1988. – (В пер.). Т. 3: Эффективность технических систем. Под общ. ред. В.Ф. Уткина, Ю.В. Крючкова. – 328 с.
8. Надежность и эффективность в технике: Справочник: Н17 В 10 т. / Ред. совет: В.С.Авдеевский (пред.) и др. – М.: Машиностроение, 1986. – (В пер.). Т. 1: Методология. Организация. Терминология. / Под ред. А.И. Рембезы. – 224 с.
9. Чинков В.М. Основы метрологии та виміральної техніки: Підручник. – Х.: ХВУ, 2001. – 424 с.
10. ГОСТ В 15. 501 – 90 (СТ В СЭВ 0307-89, СТ В СЭВ 0308-89). СРПП ВТ. Документация эксплуатационная и ремонтная на военную технику. Общие требования к номенклатуре, построению, содержанию, изложению, оформлению, изданию и способам внесения изменений. Введ. 01.01.91. – М.: Издательство стандартов, 1990. – 144 с.
11. Земельман М.А. Метрологические основы технических измерений. – М.: Изд-во стандартов, 1991. – 228 с.
12. ДСТУ 2681-94. Метрологія: Терміни та визначення. Введ. 01.01.96. – К.: Держстандарт України, 1994. – 67 с.
13. Брянский Л.Н., Дойников А.С. Краткий справочник метролога: Справочник. – М.: Изд-во стандартов, 1991. – 79 с.
14. NATO CALS HANDBOOK. Ver. 2. Brussel: NATO CALS office. – 2000. – P. 354.

Надійшла 28.02.2005

Рецензент: доктор технічних наук, професор Л.Ф. Купченко,
Харківський університет Воздушних Сил.
