

ПРОБЛЕМИ МЕТРОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИПРОБУВАНЬ СКЛАДНИХ ЗРАЗКІВ ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ

д.т.н., проф. В.Ю. Камінський, к.т.н. В.В. Хижняк

Розглядаються технічні та методичні проблеми метрологічного забезпечення випробувань складних технічних комплексів озброєння і військової техніки.

Вступ. Відповідно до вимог стандартів комплексу нормативних документів системи розробки та постановки на виробництво озброєння і військової техніки (ОВТ) одним з етапів життєвого циклу будь-якого їх зразка є етап випробувань перед прийняттям на озброєння. В свою чергу, складовою частиною загального комплексу заходів з випробувань складних зразків озброєння, як сукупності технічних систем та об'єктів, є метрологічне забезпечення цих випробувань.

Відомо, що метою випробувань, в результатах яких зацікавлені як замовник, так і розробник, а також і майбутній виробник, є оцінка ефективності розробленого зразка ОВТ відповідно до вимог технічного завдання [1]. Враховуючи, що результати вимірювань та контролю складають інформаційну основу для прийняття рішень стосовно ефективності випробувань, до достовірності цих результатів завжди висовуються дуже високі вимоги, які визначаються вибором вимірювальних характеристик і параметрів, засобів вимірювань та контролю.

В процесі підготовки та проведення випробувань проводиться оцінка параметрів і характеристик безпосередньо зразка ОВТ, що підлягає випробуванням, умов проведення випробувань, метрологічних характеристик засобів вимірювань і контролю, випробувального обладнання та устаткування. Для достовірної оцінки всіх цих параметрів і характеристик використовується до десятків тисяч прецизійних засобів вимірювань та контролю, які також, безумовно, призначені і для технічного забезпечення спеціально обладнаних випробувальних полігонів та центрів [2]. Тому важливим елементом інфраструктури цих випробувальних структур є спеціалізовані метрологічні підрозділи, що вирішують завдання забезпечення єдності та точності вимірювань при проведенні випробувань.

В той же час, незважаючи на значні витрати на метрологічне забез-

печення, які складають до 30 – 50% всіх витрат на проведення випробувань, постійно зростає кількість задач вимірювання та контролю, що не забезпечені відповідними засобами. Це призводить до зниження достовірності результатів випробувань, їх оперативності і, як наслідок, до прийняття неправильних рішень.

Принагідно зауважимо, що створена у 80-х роках минулого століття методологія встановлення та контролю вимог до метрологічного забезпечення випробувань складних технічних систем, а також теорія проектування та застосування складних комплексів контролю і вимірювань для натурних випробувань дали змогу значно підвищити достовірність випробувань на підґрунті оптимізації показників якості вимірювань [2 – 4]. Але обмеженість розроблених підходів до вирішення загальних та окремих проблем метрологічного забезпечення випробувань призводить до неспроможності урахування всіх аспектів вимірювальних та контрольних задач, що виникають в процесі проведення випробувань, їх сукупного впливу на ефективність результатів в умовах недостатності апріорної інформації про характеристики та параметри зразків озброєння, вимірювального та випробувального обладнання і приладів.

Нормативні метрологічні вимоги, що розробляються без взаємного урахування усієї сукупності різних аспектів метрологічного забезпечення випробувань та висуваються до процесів їх проведення, стають перешкодою для досягнення високих показників ефективності результатів випробувань. Внаслідок неспроможності виконання всіх метрологічних вимог мають місце порушення технологічних процесів випробувань, є випадки невиконання окремих вимог, до 30% загального часу експлуатації випробувального обладнання необхідно витрачати на його метрологічне обслуговування, в результаті чого, як правило, 10 – 50% випробувального обладнання полігонів і випробувальних центрів не атестовано належним чином [5, 6].

Аналіз стану та тенденцій в теоретичній і практичній сферах забезпечення якості та ефективності складних технічних систем показує, що має місце постійне поглиблення зазначених недоліків при організації та проведенні метрологічного забезпечення випробувань зразків ОВТ.

Процеси створення зразків ОВТ характеризуються підвищенням їх технічної та інтелектуальної складності, основним напрямом розвитку ОВТ є перехід до високоточної зброї, що, безумовно, призводить до появи нового покоління прецизійних спеціалізованих систем контролю їх характеристик та параметрів при підготовці цієї зброї до використання. В результаті цього йде активне насичення зразків зброї та техніки вимірювальними, контрольними, випробувальними та управляючими системами, первинними датчи-

ками та перетворювачами. Наприклад, якщо в танках 50 – 60-х років використовувались лише 1 – 5 засобів вимірювань, то в сучасних зразках бронетанкової техніки тільки первинних датчиків налічується більше тридцяти. Крім того, насичення нового покоління ОВТ засобами та системами контролю призводить і до індивідуалізації задач метрологічного забезпечення випробувань, внаслідок чого на випробувальних полігонах та в центрах накопичується значна кількість різнономенклатурного контрольного та випробувального обладнання й устаткування, метрологічне забезпечення якого, в першу чергу повірка і атестація, становить серйозну організаційну та економічну проблему.

Випробування нових складних комплексів ОВТ характеризуються багатоетапними процесами, великими термінами проведення та обробки результатів випробувань. На процес випробувань накладається часовий дрейф характеристик як об'єкта випробувань, так і всього випробувального комплексу. Залежно від результатів окремих етапів випробувань може докорінним образом змінюватись вся програма випробувань. Це призводить до необхідності адаптивної корекції стратегії метрологічного забезпечення безпосередньо в ході проведення випробувань, що, в свою чергу, викликає погіршення оперативних та економічних показників випробувань [7].

Слід також враховувати, що широке втілення в практично всі сфери технічних знань сучасних методів підтвердження відповідності характеристик продукції оборонного та спеціального призначення критеріям ефективності, що встановлюються до них шляхом сертифікації, застосування її правил і процедур в практиці створення та випробувань ОВТ призводить до більш жорстких вимог щодо методичного та технічного забезпечення випробувань, компетентності спеціалістів, обов'язкової метрологічної атестації не тільки метрологічного обладнання і приладів, але і всього випробувального устаткування й контрольно-вимірювальних комплексів.

Це вимагає координації зусиль широкого кола спеціалістів, що займаються питаннями вимірювань та контролю, а також поєднання ресурсів на розвиток засобів і методів вимірювань. Але відсутність наукового підходу до проблем метрологічного забезпечення випробувань на єдиній методологічній системній основі не дають змогу провести таке поєднання та реалізувати координацію. Створені на цей час методичні основи рішення окремих задач забезпечення якості вимірювань, що здійснюються під час випробувань, не охоплюють всіх напрямів формування моделей процесів метрологічного забезпечення випробувань та оперативної корекції за результатами окремих етапів стратегії випробувань.

Відомо, що процеси становлення метрології та теорії випробувань, на

жаль, здійснювались відносно майже незалежно один від одного [4 –9]. Незважаючи на результати проведених за останні роки наукових досліджень щодо створення на системній основі методичних засад метрологічного забезпечення випробувань, до цього часу має місце широка розбіжність думок щодо термінів, завдань метрологічного забезпечення та шляхів їх вирішення.

Підсумовуючи викладене та враховуючи неспроможність проведення системного аналізу ефективності методів і засобів метрологічного забезпечення в рамках існуючої теорії і методології та їх застосування в рамках багатоетапного процесу створення складного технічного військового комплексу, можна дійти логічного висновку щодо необхідності формулювання, постановки та рішення проблеми створення теоретичних засад теорії метрологічного забезпечення складних зразків ОВТ, що полягає в забезпеченні єдності та точності вимірювань на рівні критерію ефективності результатів випробувань цих зразків з урахуванням впливу всіх параметрів і характеристик процесу випробувань, прогресуючих похибок вимірювальної, контрольної-діагностичної та випробувальної апаратури, приладів, обладнання та устаткування.

Основним вихідним положенням, на якому повинне базуватись рішення цієї проблеми є термін „метрологічне забезпечення випробувань складного зразка ОВТ”, під яким необхідно розуміти комплекс організаційних, технічних, науково-методичних та нормативних заходів стосовно забезпечення єдності і точності вимірювань параметрів та характеристик об'єкта випробувань, факторів усього парку випробувального обладнання, метрологічної техніки та навколишнього середовища.

Враховуючи, що вирішення проблеми метрологічного забезпечення відноситься до задач дослідження операцій в зворотній постановці, задачу оптимізації системи метрологічного забезпечення випробувань, виходячи з цього визначення, можливо сформулювати таким чином: необхідно створити систему метрологічного забезпечення випробувань складного зразка ОВТ таку, щоб витрати на її створення і функціонування були мінімальні при виконанні цим зразком свого призначення відповідно до встановленого нормативними документами критерію його ефективності з урахуванням обмежень щодо кваліфікації персоналу, структури об'єкта випробувань, динамічного характеру процесів іспитів та флуктуації їх характеристик і параметрів, показників існуючої системи логістичного забезпечення військової техніки в процесі подальшої експлуатації зразка ОВТ тощо.

Такий підхід до вирішення проблеми метрологічного забезпечення випробувань складного зразка ОВТ дає змогу врахувати та дотриматись

основних принципів забезпечення єдності і точності вимірювань:

- принципу системного аналізу вимірювальних та діагностичних задач, які встановлюються шляхом декомпозиції процесу випробувань на елементарні вимірювальні, контрольні та випробувальні операції для конкретних етапів випробувань зразка ОВТ;

- принципу динамічного управління метрологічним забезпеченням випробувань, втілення якого дає змогу своєчасно реагувати в процесі усього випробування та на його окремих етапах на зміни в стратегії діагностики і контролю та прогнозувати й оптимально планувати внесення відповідних змін;

- принципу відповідності рішень метрологічного забезпечення (вимірювальні задачі, засоби і методи вимірювань, процедури контролю і діагностики тощо) загальній меті та задачам випробувань складного зразка ОВТ.

Грунтуючись на цих принципах можна конкретизувати проблему метрологічного забезпечення випробувань складних комплексів озброєння та військової техніки.

По-перше, для достовірної оцінки в процесі випробувань результатів метрологічного забезпечення та спроможності його планування і своєчасного коригування необхідно синтезувати модель процесу метрологічного забезпечення випробувань складних технічних об'єктів у вигляді встановленого вище критерію ефективності та розробити відповідний імітаційний апарат, що дає змогу взаємо пов'язати у цьому критерії параметри і характеристики системи метрологічного забезпечення, об'єкта випробувань та навколишнього середовища, показники єдності і точності вимірювань. З метою підтримання необхідного рівня характеристик точності випробувального обладнання потребує розв'язання і проблема створення цілої низки методів, насамперед:

- вибору обсягу, номенклатури і точності вимірювань при атестації випробувального обладнання для кліматичних та механічних випробувань, що враховує у часі та у просторі флуктуацію фізичних величин, які відтворюються;

- оптимального управління процесом метрологічного забезпечення засобів випробувань, який повинен розвинути існуючі методи експлуатації складних зразків ОВТ за їх технічним станом;

- оцінки дрейфу характеристик і параметрів випробувального та контрольно-діагностичного обладнання і устаткування;

- комплексної метрологічної атестації складних полігонних вимірювальних комплексів, що використовуються при випробуваннях рухомих технічних комплексів та враховують усі складові цього процесу у

часі та в просторі з прив'язкою до відповідних координат;

– методи оптимального використання структурної та функціональної надлишковості вимірювань для автономного метрологічного забезпечення довгострокових випробувань в умовах відсутності стандартних засобів та методик атестації і повірки контрольно-діагностичних систем, вимірювальних приладів, первинних перетворювачів тощо.

При розробці цієї методологічної бази необхідно враховувати, що практично всі існуючі на сьогодні моделі випробувань створені виходячи з постулату про подання всієї системи випробувань у вигляді підсистем формування заданого класу стану об'єкта випробувань та отримання фактичної інформації щодо його характеристик та параметрів. Похибки вимірювань при такому підході враховуються шляхом визначення втрат обсягу інформації або методом оцінювання впливу похибки вимірювань на ймовірність спроможності об'єкта вирішувати свої функціональні задачі в конкретно заданих умовах. Незважаючи на комплексний характер такого підходу його застосування призводить до спрощеного відображення місця метрологічного забезпечення в процесі випробувань, неврахування того факту, що вимірювання як елемент випробувань, приймають участь не тільки в ході отримання інформації про характеристики і параметри складного технічного об'єкта, але і при контролі режимів випробувань, їх встановленні і регламентації, оцінці стану обладнання, метрологічної атестації вимірювальних та контрольно-діагностичних комплексів, повірці приладів і апаратури.

У зв'язку з цим вирішення проблем метрологічного забезпечення випробувань необхідно здійснювати на основі структурно-аналітичного підходу, що полягає в створенні формалізованої моделі представлення вимірювальних операцій, відокремленні вимірювальних задач у взаємозв'язку з єдиним критерієм ефективності зразка ОВТ та критерієм ефективності метрологічного забезпечення його випробувань, дослідження цих операцій та їх результатів на процес випробувань взагалі.

З метою зменшення ймовірності прийняття негативних рішень за результатами випробувань, систематизації вимірювальних задач відповідно до їх місця в випробувальному процесі, обмеження сфери метрологічного забезпечення необхідно синтезувати структурну модель взаємодії вимірювальних та випробувальних операцій під час випробувань. При цьому необхідно враховувати, що вся контрольно-вимірювальна апаратура, незалежно від того, чи вона безпосередньо задіяна в проведенні випробувань, чи використовується для операцій логістики, та метрологічна апаратура повинні відповідати так званим “вимогам ієрархії еталонів”, тобто всі прилади повинні пройти процедури атестації, повірки

чи калібрування. До метрологічних задач також необхідно віднести експертизу методів і засобів метрологічного забезпечення (так звана “метрологічна експертиза”).

Для того, щоб процес метрологічного забезпечення випробувань складних комплексів ОВТ на різних етапах їх життєвого циклу розглядався з точки зору єдиного критерію ефективності необхідне створення структурної моделі динамічного управління цим процесом. Об’єктами управління є зразок, що підлягає випробуванням, засоби випробувань та умови їх проведення. За результатами оцінки достатності обсягу, номенклатури та точності вихідної контрольно-діагностичної та випробувальної інформації повинен коригуватись склад вимірювань, перелік засобів вимірювань, періодичність проведення метрологічних робіт з атестації, повірки та калібрування. Раціональний вибір структури управління у сукупності з структурно-інформаційним аналізом вимірювальних задач дає змогу сформулювати загальні підходи до побудови теорії метрологічного забезпечення випробувань складних зразків ОВТ, розробити модель динамічного процесу забезпечення єдності і точності вимірювань. Ця модель, у зв’язку зі складністю та багатогранністю процесу метрологічного забезпечення випробувань, може складатись з окремих блоків, що моделюють (імітують) процеси вимірювань об’єкта випробувань, використання випробувального обладнання, впливу випадкових факторів навколишнього середовища, а також блоку прийняття рішень відповідно до критерію ефективності системи метрологічного забезпечення випробувань.

Складний характер структури похибок вимірювального, випробувального та контрольно-діагностичного комплексу випробувального полігону (центру) передумовлює багатоетапну процедуру робіт щодо метрологічної атестації, повірки чи калібрування його складових елементів. Відомо, що основу будь-яких метрологічних процедур складають методи інструментального контролю показників, характеристик та параметрів точності. Але відсутність, або неможливість на цей час застосування прецизійних (в порівнянні з засобами метрологічного забезпечення) навігаційних засобів і методів, отримання апріорної інформації щодо впливу факторів навколишнього середовища, дрейфів параметрів і характеристик складових елементів випробувального комплексу та їх взаємозв’язку вимагають створення і застосування відповідного розрахунково-експериментального методу оцінювання його характеристик, що об’єднує експеримент та імітаційне моделювання процесів випробувань. Слід також враховувати, що найбільш трудомним етапом метрологічних робіт є саме етап інструментального контролю показників точності в

умовах розміщення засобів контролю і вимірювань на технічних позиціях та місцях випробувань на полігоні. Тому актуальним є вирішення проблеми скорочення кількості точок контролю всередині обладнаної мережі полігону. Це вимагає створення методу та відповідного алгоритму оптимізації програми інструментального контролю. Синтез такої раціональної програми полягає у визначенні дискретності синхронних вимірювань за допомогою контрольної системи та систем, що атестуються.

До характеристик точності обладнання і устаткування, що призначене для відтворення відповідних кліматичних, електромагнітних та механічних умов випробувань відносять відхилення параметрів, що відтворюються, від номінальних значень, нерівномірність параметрів відповідно розподілення по робочій мережі, змін цих показників у динаміці тощо. Тому необхідне вирішення проблеми розробки відповідних методів дослідження характеристик точності цього прецизійного обладнання.

Однією з проблем метрологічного забезпечення випробувань є необхідність використання нетрадиційних способів атестації, повірки чи калібрування, пов'язаних з необхідністю застосування відповідних автономних методів без демонтажу приладів з місць їх експлуатації. Автономність метрологічного забезпечення характеризується рівнем їх метрологічної надійності, характеристикою якої є так званий “міжповірочний інтервал”. Аналіз методів підвищення метрологічної надійності показує, що можливості конструктивно-технологічних методів, як правило, вичерпані вже під час розробки та виготовлення засобів вимірювань. Тому останнім часом все більш використовуються методи створення агрегатно-модульних контрольних-діагностичних та вимірювальних систем, що встроюються у відповідні складні зразки ОВТ та мають автономні підсистеми самодіагностики (атестації, повірки, калібрування), які отримують одиницю фізичної величини від так званого “еталона – переносника”.

Висновки. Відомі теоретичні методи підвищення метрологічної надійності вимірювальної апаратури, які засновані на збільшенні обсягу вимірювальної інформації, можливо поділити на дві основні групи [1, 5]:

- визначення та використання функціональних і статистичних зв'язків вимірювальних характеристик;
- комплексування кількох засобів вимірювання одної фізичної величини.

Методи другої групи є універсальними, але потребують розв'язання проблеми звирень нерівноточних засобів вимірювань. В першу чергу необхідно вирішити задачу достовірної фільтрації похибок цих приладів. Як правило, у якості динамічної моделі зміни похибки всього комплексу

су засобів вимірювань використовують вінеровський дискретний процес, а процес вимірювання вектора результуючої похибки визначають операцією попарної обробки вимірювань компенсуючими приладами [6]. Такий підхід до підвищення метрологічної надійності дає змогу враховувати передісторію похибок всіх приладів, що входять до складу вимірювального комплексу.

В цій статті автори обмежились розглядом тільки технічних та методичних проблем метрологічного забезпечення випробувань складних технічних комплексів ОВТ. Завдання організації процесів забезпечення єдності і точності вимірювань складають самостійну окрему проблему.

ЛІТЕРАТУРА

1. Андреев Е.В., Лукашов Б.П. Метрологические испытательные базы – гарантия качества и надёжности разрабатываемых систем // Приборы и системы управления. – 1993. – № 8. – С. 41.
2. Туз Ю.М. Структурные методы повышения точности измерительных устройств. – К.: Выща школа, 1976. – 182 с.
3. Грановский В.А. Сирая Т.Н. Методы обработки экспериментальных данных при измерениях. – Л.: Энергоатомиздат, 1990. – 103 с.
4. Кальман И.Г. Метрологическое обеспечение испытаний аппаратуры, приборов и элементов на воздействие внешних факторов. – М.: Изд-во стандартов, 1980. – 125 с.
5. Савин С.К. Оценка качества функционирования технических систем с использованием априорной информации. – М.: Машиностроение, 1992. – 290 с.
6. Кривов А.С, Храменков В.Н. Анализ понятий в области метрологического обеспечения испытаний сложных технических систем // Измерительная техника. – 1993. – № 7. – С. 43 – 44.
7. Асеев Б.Е. Об информативности контроля в процессе испытаний технических систем // Измерительная техника. – 1993. – № 2. – С. 34 – 35.
8. Object-oriented design measurement systems: [Pap.] // 9th Annu. Instrum. and Meas. Technol. Conf. (IMTC 92), Meadowlands, N.J. – 1992, May 12 – 14. – 41, № 6. – P. 874 – 880.
9. Burne A. Test and Measurement Instrumentation // Technol. Irel. – 1993. – 24, № 10. – P. 58.

Надійшла 25.08.2004

КАМІНСЬКИЙ Віктор Юлійович, доктор техн. наук, професор, голова технічного комітету з акредитації. Область наукових інтересів – підвищення ефективності функціонування систем метрологічного забезпечення, аналіз та моделювання складних систем.

ХИЖНЯК Володимир Віталійович, канд. техн. наук, ст. наук. співр., начальник Воєнно-наукового управління Генерального штабу Збройних Сил України, Область наукових інтересів – підвищення ефективності функціонування систем метрологічного забезпечення, аналіз та моделювання складних систем.