

УДК 681.3:378.1

**ФУНКЦІОНАЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ
МЕТРОЛОГІЧНОЮ НАДІЙНІСТЮ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАННЯ НА ЕТАПАХ
ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ**

Н.А. ЗУБРЕЦЬКА, С.С. ФЕДІН, О.М. МАЛИНОВСЬКА

Київський національний університет технологій та дизайну

На основі застосування методології функціонального моделювання розроблено модель системи управління метрологічною надійністю засобів вимірювання, яка може бути використана для прийняття проектних та управлінських рішень при розробці, виготовленні та експлуатації засобів вимірювання. Модель призначена для вирішення аналітичних та прогностичних завдань при визначенні шляхів раціоналізації структури та процесів системи управління метрологічною надійністю засобів вимірювання

Сучасний стан розвитку науки і техніки характеризується підвищенням ролі метрологічного забезпечення технологічних процесів виготовлення технічних об'єктів, їх випробувань та експлуатації. Підвищується складність цих об'єктів та вимоги до засобів контролю їх параметрів, зростає кількість засобів виміральної техніки, від надійності яких залежить достовірність вимірювань.

До цього часу оцінювання, прогнозування та забезпечення надійності засобів вимірювань (ЗВ) проводиться методами, що базуються на положеннях класичної теорії надійності, яка не може повною мірою забезпечити вирішення проблем управління метрологічною надійністю (МН). Класичні методи оцінювання, прогнозування та забезпечення надійності складні, не універсальні, не враховують специфіку поступових метрологічних відмов, що обмежує їх застосування для управління МН ЗВ. Існуючий науково-методичний апарат не задовольняє сучасні вимоги практики та забезпечує вирішення тільки часткових задач управління МН [1].

Управління МН є комплексною проблемою, розв'язання якої можливе на основі розробки та ефективного функціонування системи управління МН з метою чіткого та злагодженого виконання своїх функцій всіма її ланками на етапах життєвого циклу ЗВ. Система управління МН ЗВ є комплексом структурно взаємопов'язаних і функціонально взаємодіючих організаційних і правових основ, технічних засобів, підрозділів і служб, що вирішують задачі оцінки, прогнозування, забезпечення та підвищення необхідного рівня МН ЗВ [1].

Аналіз опублікованих робіт свідчить про відсутність чіткого та обґрунтованого представлення МН як об'єкта управління на етапах життєвого циклу ЗВ з урахуванням вимог національних та міжнародних стандартів [2-7]. Відсутність ефективних моделей, які б відповідали сучасному рівню метрологічного забезпечення, суттєво стримує автоматизацію вирішення задач управління МН – дієвого шляху підвищення оперативності та достовірності управління МН ЗВ.

З огляду на комплексність, структурну складність та ієрархічність системи управління МН ЗВ розробка її моделі повинна ґрунтуватись на системному та процесному підходах, враховувати взаємозалежну сукупність організаційно-технічних, нормативних, науково-методичних складових. Науковою основою розробки моделей, що задовольняє таким вимогам, є методологія структурного аналізу та проектування SADT (Structural Analysis and Design Technique), що набула широкого розповсюдження в 80-х роках минулого століття під назвою методологія функціонального моделювання

[8, 9].

Основою SADT є методологія IDEF (ICAM Definition), яка дозволяє досліджувати структуру, параметри та характеристики виробничо-технічних систем і базується на стандартах IDEF0, IDEF1, IDEF2. Методологія зарекомендувала себе як ефективний засіб аналізу, проектування та представлення процесів при моделюванні складних систем у сферах планування промислового виробництва, організації матеріально-технічного забезпечення, логістичного проектування, автоматизації процесів, розробки та впровадження систем управління якістю [10].

Застосування стандартів IDEF0 для моделювання системи управління МН ЗВ дозволить розробити функціональну модель, яка відображає структуру та функції системи управління, а також потоки інформації й матеріальних об'єктів, які зв'язують ці функції. Модель дозволить вирішувати практичні завдання при забезпеченні МН на етапах життєвого циклу ЗВ.

Об'єкти та методи дослідження

МН – здатність ЗВ зберігати свою метрологічну справність протягом заданого часу при певних режимах і умовах експлуатації, яка визначається характером зміни нормованих метрологічних характеристик (МХ) досліджуваного ЗВ [2, 6, 7]. Недосконалість оцінки МН призводить до зниження точності вимірювань, зростання експлуатаційних витрат, порушення правил експлуатації ЗВ. Алгоритмічна, структурна та конструктивна складність ЗВ обумовлює необхідність дослідження та управління МН на всіх етапах їх життєвого циклу з метою оцінки, прогнозування, підтвердження проектного рівня надійності, оптимізації стратегії технічного обслуговування (рис. 1) [11].

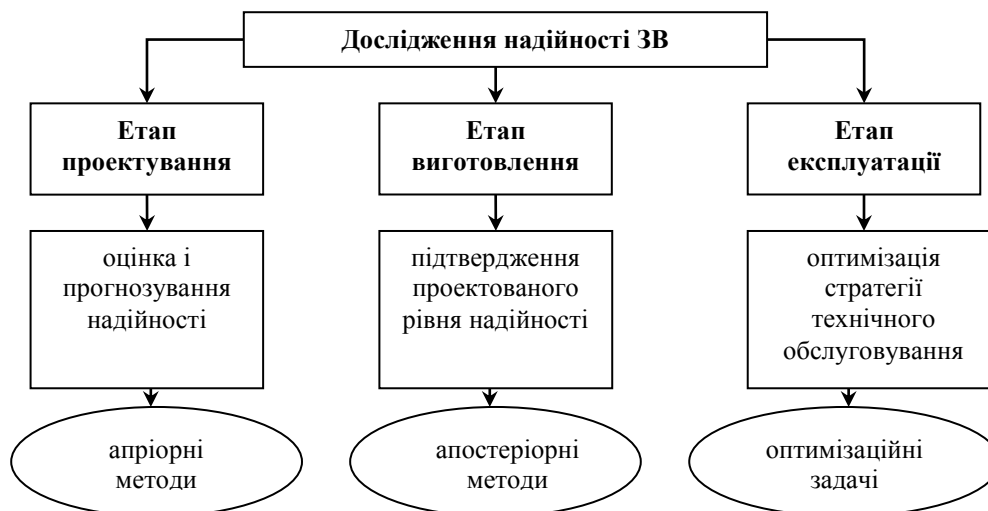


Рис. 1. Напрямки дослідження надійності на етапах життєвого циклу ЗВ

Система управління МН ЗВ представляється у вигляді функціональної ієрархічної системи взаємозв'язаних функцій з урахуванням їх впорядкованості по ступеню важливості або послідовності виконання. Розробка такої моделі на основі методології SADT реалізує принципи системного, процесного підходів, структурного аналізу та ієрархічного впорядкування. Методи функціонального моделювання з урахуванням вимог стандартів IDEF0 дають можливість розглядати систему, як єдине ціле з узгодженням діяльності всіх її підсистем, дослідити природу ключових процесів системи та провести на цій базі реструктуризацію старих і розробку нових процесів. Цінність такого моделювання полягає в безперервності управління окремими процесами в рамках складної системи управління МН ЗВ. Принципи структурного аналізу та ієрархічного впорядкування визначають порядок дослідження

системи МН ЗВ, що починається з її загального опису (формалізації), потім деталізується (декомпозиція), набуваючи ієрархічної структури з більшим числом рівнів. Нормативною базою побудови функціональної моделі є стандарти IDEF0, а ефективним інструментарієм – CALS-технології та програмні засоби їх реалізації, такі як Design/IDEF, AllFusion Process Modeler, система IDEF0/EMTool [8-10].

Постановка завдання

Розробити структурно-функціональну модель системи управління метрологічною надійністю на стадіях проектування, виготовлення та експлуатації засобів вимірювання на основі положень методології структурно-функціонального моделювання SADT і стандартів IDEF0.

Результати та їх обговорення

В результаті застосування принципів функціонального моделювання з використанням програмного засобу AllFusion Process Modeler розроблено модель системи управління МН ЗВ, яка має ілюстративний характер, не претендує на повноту й закінченість і може бути використана для подальших розробок в області моделювання метрологічних систем. Розроблена модель є моделлю «ЯК Є», тобто відображує існуючу структуру та взаємозв'язки системи управління МН ЗВ на етапах життєвого циклу. На основі побудованої моделі можна розглядами варіанти удосконалення системи за різними критеріями шляхом побудови імітаційних моделей «ЯК ТРЕБА», що дасть можливість визначити шляхи раціоналізації структури процесів системи управління МН ЗВ і взаємозв'язків між ними.

Процес управління метрологічною надійністю ЗВ може бути описаний у вигляді контекстної діаграми, яка є верхнім рівнем моделі та відображає основну функцію «Управління МН ЗВ» з урахуванням зовнішніх обмежень (рис. 2).

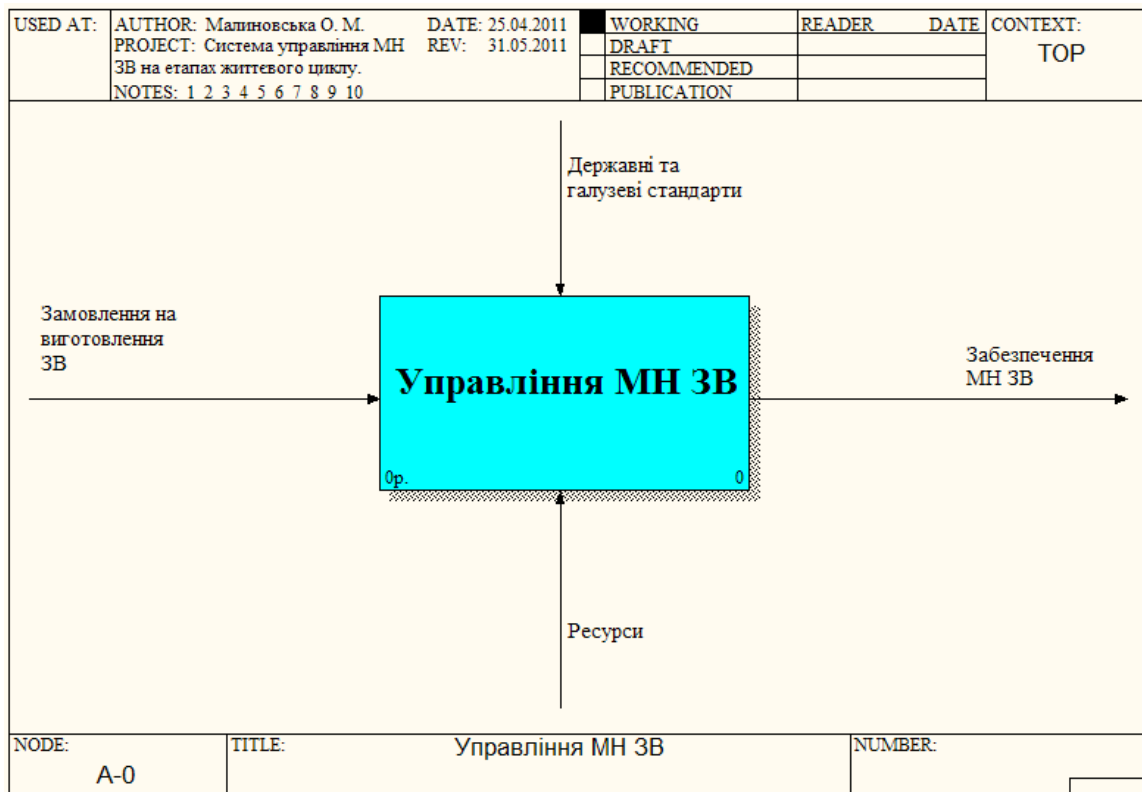


Рис. 2. Діаграма «Управління МН ЗВ»

Контекстна діаграма складається з функціонального блоку та обмежувальних стрілок, що відтворюють зв'язки об'єкта моделювання з навколишнім середовищем. Вхідними даними блоку, що надходять до системи, є «Замовлення на виготовлення ЗВ», а остаточний результат процесу, який отримується в результаті обробки системою вхідних даних, є «Забезпечення МН ЗВ». Для реалізації основної функції системи – виконання процесів управління МН ЗВ – необхідна наявність механізмів реалізації (сукупності матеріально-технічних та організаційних ресурсів) та контролюючого впливу (контролю дотримання вимог нормативної документації, державних та галузевих стандартів).

Слід зазначити, що інструментальні засоби AllFusion Process Modeler автоматично підтримують так звану міграцію зв'язків об'єкта моделювання, суть якої полягає в тому, що в діаграму декомпозиції будь-якої функції та будь-якого рівня автоматично переносяться всі входи, виходи, ресурси та контроль, пов'язані з цією функцією. Декомпозиція основного процесу дозволяє подати кожен процес у формалізованому вигляді, тобто забезпечити процеси чітким описом, описати вхідні, вихідні та обмежувальні параметри. Такий опис може бути кількісним або атрибутивним, а представлені таким чином процеси мають властивості керованості та контролюваності.

Заходи щодо управління метрологічною надійністю ЗВТ повинні виконуватися на всіх стадіях життєвого циклу ЗВ, тому наступним кроком моделювання є декомпозиція контекстної діаграми верхнього рівня на блоки (процеси) «Розроблення», «Виготовлення», «Експлуатація» (рис.3).

Це розкриває й деталізує зміст блоку «Управління МН ЗВ» та дає можливість розглянути послідовність процесів управління МН ЗВ.

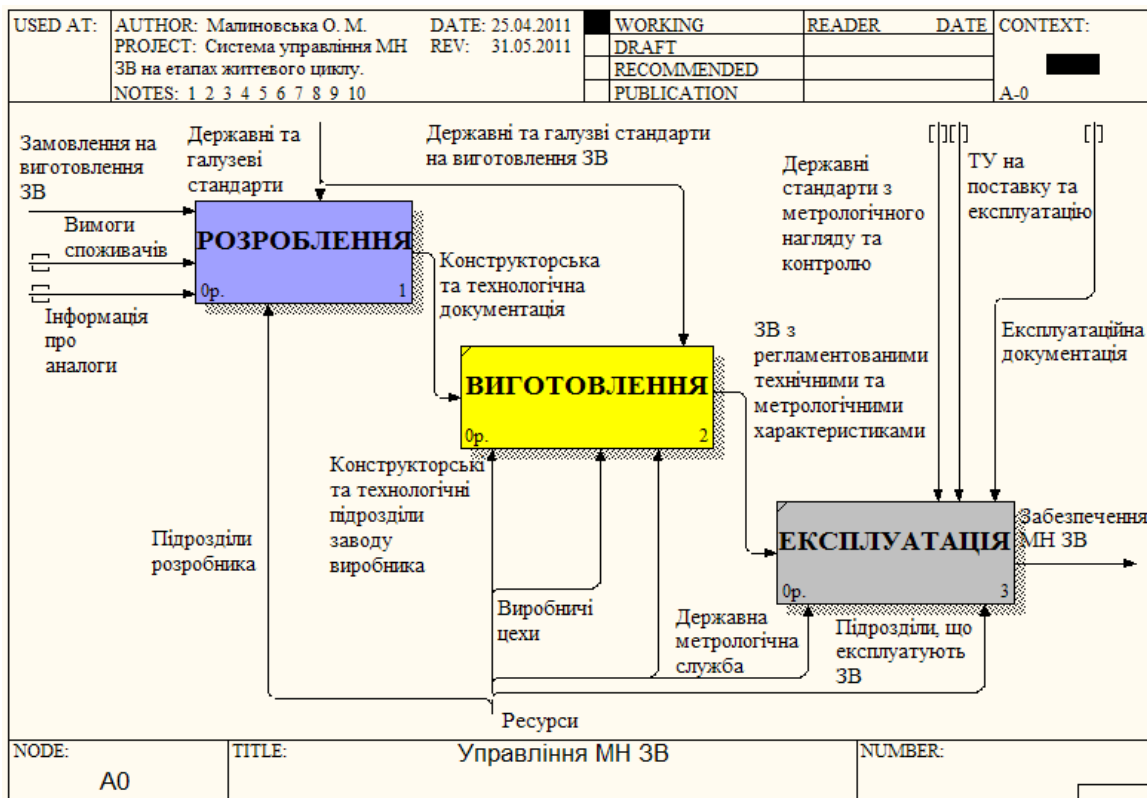


Рис. 3. Декомпозиція діаграми «Управління МН ЗВ»

Вхідними даними процесу «Розроблення» є «Замовлення на виготовлення ЗВ», «Вимоги споживачів» та «Інформація про аналоги». Всі види робіт, що відповідають цьому етапу, регламентуються державними та галузевими стандартами (стрілки зверху) та виконуються підрозділами розробника (стрілки знизу). Результатом (виходом) цього блоку є конструкторська документація (КД) та технологічна документація, яка в свою чергу є входом наступного процесу «Виготовлення».

На практиці при реалізації процесу розроблення ЗВ визначається технічний рівень відомих та проєктованих ЗВ, задаються та уточнюються чисельні значення МХ ЗВ, показників МН. Для цього використовуються розрахункові та експериментальні методи, структурні схеми та математичні моделі МН. Запропонована функціональна модель може бути альтернативним або допоміжним інструментом для аналізу вхідної інформації та прийняття проєктних рішень, а використання програми AllFusion Process Modeler дає можливість створювати та використовувати бази даних про МН стандартних елементів ЗВ, нормативно-правові документи, що регламентують процеси метрологічного забезпечення, проводити аналіз нестабільності МХ та розрахунок показників МН.

Управління МН ЗВ на етапі «Виготовлення» виконується конструкторськими та технологічними підрозділами заводу-виробника, виробничими цехами за участю органів державної метрологічної служби, що здійснюють оцінку та контроль ЗВ згідно вимог державних та галузевих стандартів. Вихід цього блоку – виготовлення ЗВ з регламентованими технічними та метрологічними характеристиками – є входом процесу «Експлуатація».

Функція управління МН на етапі «Експлуатація» реалізується шляхом метрологічного обслуговування, ремонту та досліджень ЗВ, метою яких є статистична оцінка метрологічних відмов елементів і вузлів ЗВ, прогнозування граничного стану МХ, корегування міжповірного інтервалу.

Виконавчим механізмом цього процесу є органи державної метрологічної служби та підрозділи, що експлуатують ЗВ, а регламентуючими документами – державні стандарти з метрологічного нагляду та контролю, технічна та експлуатаційна документація. Вихід процесу «Експлуатація» загальний для всієї моделі – «Забезпечення МН ЗВ».

Аналогічним чином проводиться подальша декомпозиція процесів другого рівня: «Розробка», «Виготовлення», «Експлуатація». На рис. 4 показано один із можливих видів зображення побудованої моделі – ієрархічну модель системи управління МН ЗВ четвертого рівня декомпозиції.

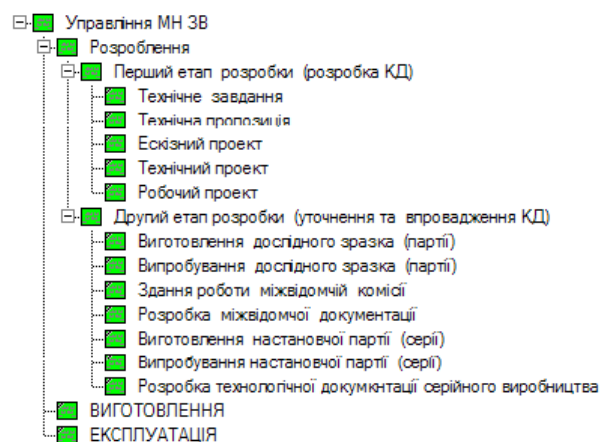


Рис. 4. Ієрархія моделі МН ЗВ

В ієрархічній моделі розкрито декомпозицію процесу «Розроблення» на підпроцеси «Розроблення КД» та «Уточнення та впровадження КД» з їх подальшою структуризацією на складові, що відповідають послідовності робіт при розробці й впровадженні конструкторської та технологічної документації на ЗВ.

За таким принципом можна виконати структуризацію кожного виду робіт, уточнюючи та збільшуючи складність функціональної моделі. Тобто кожна функція, яка представлена в моделі, може бути деталізована до необхідного рівня – розкладена на складові її функції, поки не буде досягнута необхідна ступінь ієрархічної структуризації системи.

Висновки

Для побудови моделі системи управління МН ЗВ запропоновано застосування функціонального моделювання на основі стандартів IDEF0 та використання програми AllFusion Process Modeler, що дає можливість реалізувати принципи системного, процесного підходів, структурного аналізу та ієрархічного впорядкування.

Розроблена функціональна модель системи управління МН ЗВ на етапах життєвого циклу може бути використана для прийняття проектних та управлінських рішень при розробці, виготовленні та експлуатації ЗВ. Модель дозволяє вирішувати аналітичні, прогностичні завдання при забезпеченні МН ЗВ, а також визначити шляхи раціоналізації існуючої структури процесів системи і взаємозв'язків між ними.

ЛІТЕРАТУРА

1. Яковлев М. Ю. Управление метрологической надёжностью средств измерительной техники // Системы управления, навигации та зв'язку. – 2007. – N 2. – с. 12 – 17.
2. ДСТУ ГОСТ 8.009-2008. ГСИ. Нормируемые метрологические характеристики средств измерений.
3. ДСТУ ISO 10012:2005 Системы керування вимірюванням. Вимоги до процесів вимірювання та вимірювального обладнання (ISO 10012:2003, IDT).
4. ДСТУ ISO 9001:2009 Системы управління якістю. Вимоги.
5. ДСТУ 6044-2008. Метрологія. Міжповірочний інтервал засобів вимірювальної техніки. Основні положення та вимоги.
6. ДСТУ-Н РМГ 74-2009. Метрологія. Методи визначення міжповірочного та міжкалібрувального інтервалів засобів вимірювань.
7. IEC 60300-1:2003 Dependability management – Part 1: Dependability management systems (Управління надійністю. Частина 1. Системы управління надійністю).
8. Черемных С. В., Семенов И. О., Ручкин В. С. Структурный анализ систем: IDEF-технологии. – М.: Финансы и статистика, 2001. – 208 с.
9. Integration definition for function modeling (IDEF0). Draft Federal Information Processing Standards Publication 183, 1993, December 2.

10. Елиферов В.Г., Репин В.В. Процессный подход к управлению. Моделирование бизнес-процессов. – М.: Стандарты и качество, 2007. – 408 с.
11. Стрельников В. П. Новая технология исследования надежности машин и аппаратуры // Математичні машини і системи. – 2007. N 3, 4. – с. 227 – 238.