УДК 681.2.088 : 681.518:629

О.О. Скопа
доктор технічних наук, доцент
Одеський національний економічний університет
завідувач кафедри Інформаційних систем в економіці

С.Л. Волков
кандидат технічних наук, доцент
Одеська державна академія технічного регулювання та якості
завідувач кафедри Інформаційно-вимірювальних технологій

О.В. Грабовський
Одеська державна академія технічного регулювання та якості
здобувач кафедри Інформаційно-вимірювальних технологій

ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ ТА ЖИТТЄВІ ЦИКЛИ ЗАХИЩЕНИХ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ

Ключові слова: інформаційно-вимірювальна система, якість, життєвий цикл

Наводиться визначення щодо мережевих програмно-апаратних комплексів, які використовуються в задачах моніторингу, контролю та управління в якості захищених інформаційно-вимірювальних систем, як інженерних, конструкторських та проектних рішень, що мають певні етапи життєвого циклу з відповідними показниками якості кожної з агрегатних складових.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок з важливими науковими та практичними завданнями. Інженерні, конструкторські та проектні рішення з використанням цифрових інтегральних технологій в задачах моніторингу, контролю та управління, стали невід'ємною складовою частиною складних технічних систем, в тому числі інформаційно-вимірювальних, які застосовуються у виробничих комплексах критичного застосування. Далі такою *захищеною інформаційно-вимірювальною системою* (ЗІВС) будемо називати комплекс, який включає обчислювальне і комунікаційне обладнання, програмне забезпечення, лінгвістичні засоби та інформаційні ресурси, системи забезпечення захисту інформації, а також системний персонал, що забезпечує підтримку динамічної інформаційної моделі деякої частини реального світу [1] для задоволення інформаційних потреб користувачів про дистанційно зібрані, опрацьовані та збережені дані щодо об'єкту вимірювань.

Виходячи з наведеного визначення, ЗІВС можна трактувати, як мережеві програмно-апаратні комплекси, що мають певні етапи життєвого циклу, які, як аксіома, володіють деякими показниками якості кожної з агрегатних складових.

В даний час інтенсивно формується нормативна база, яка регламентує процеси створення інтегрованих та комбінованих інформаційно-вимірювальних систем та комплексів, які працюють в автоматичному і напівавтоматичному режимах у системах критичного застосування. Отже, одним з важливих напрямків такого процесу є методології формування системи показників якості функціонування автоматизованих систем, нормування цих показників, а також розробка методик розрахунку та проектної оцінки їх значень на різних етапах життєвого циклу.

Мета дослідження. Створення методології, яка позначена вище, є складним завданням. Ця складність пояснюється, по-перше, суб'єктивним підходом до оцінки важливості самих процесів, які забезпечуються захищеними інформаційно-вимірювальними системами і, по-друге, періодичною зміною вимог щодо показників якості їх функціонування. Обидві

ці обставини визначають необхідність постійного моніторингу щодо додержання показників якості в обумовлених стандартами межах, враховуючи особливості функціонування систем на різних життєвих циклах.

Аналіз досліджень та публікацій. Термін «життєвий цикл», який природно характеризує біологічні об'єкти та системи, досить часто використовується і для технічних систем [2]. Так, згідно зазначеного літературного джерела, а також з врахуванням матеріалів, які містяться в [3…5], традиційно виділяють наступні етапи життєвого циклу технічної системи: 1-й: етап обґрунтування необхідності створення системи; 2-й: етап розробки технічного завдання; 3-й: етап моделювання та проектування; 4-й; етап виготовлення, включаючи дослідне та серійне виробництво зразків системи; 5-й: етап експлуатації; 6-й: етап утилізації.

Різними авторами у різний час проводилися дослідження як вимірювальних систем, так і інформаційно-вимірювальних комплексів щодо їх функціонування на різних етапах життєвого циклу з різних точок зору. Так, у [6] приведена методика, яка з використанням ЕОМ моделює розвиток складної технічної системи у вигляді марківського процесу; у [7] пропонується модель системи, що має різну надійність під час виготовлення та експлуатації; у [8] використовуються CALS-технології і т.д. Крім того, достатня кількість авторів в певній мірі прводять властивості засобів вимірювальної техніки, викладають сучасні методи повірки засобів вимірювання, розглядають прогресивні підходи до оцінки вірогідності контролю та технічного діагностування (наприклад, в [9]). В [10] пропонуються методи забезпечення та контролю якості програмних систем на основі моделей якості з метою формулювання вимог на різних стадіях життєвого циклу та підтверджується їх ефективність на прикладі Web-додатків.

Як видно зі сказаного, розвиток сучасних інформаційних технологій при створенні інформаційно-вимірювальних комплексів як складових технічних систем, що мають розвиток за етапами життєвого циклу, у певній мірі не порушує логічної послідовності етапів створення інформаційно-вимірювальної системи, доповнює та суттєво розвиває їх зміст, що вимагає постійного удосконалення нормативної бази забезпечення якості функціонування, розвитку теоретичних основ щодо вимірювальних систем, створення нового математичного та програмного забезпечення для їх дослідження.

Невирішені проблеми. Процес розвитку будь-якої складної системи (технічної, економічної, екологічної та ін.), який може бути виражений в зміні її стану за часом, відбувається під впливом як зовнішніх дій, так і в результаті процесів, що відбуваються всередині системи. Прийнято вважати, що при описі динамічно функціонуючої за часом системи, з множини різних подій повинні відбиратися тільки ті, які в умовах вирішуваної задачі мають істотний вплив на стан системи [6] та на функції, які вона повинна забезпечувати. Зважаючи на тему, яка винесена в заголовок статті, це є контроль за показниками якості інформаційно-вимірювальної системи, яка проходить всі етапи життєвого циклу. На сьогоднішній день існують різні підходи до вирішення цього питання, але жоден з них не враховує всієї множини проблем, які виникають при цьому. Однією з таких проблем є не досить чіткі уявлення щодо нормативних вимог до забезпечення якості функціонування окремих агрегатних складових систем, які розглядаються.

Мета статті. Зважаючи на викладене, актуальними та перспективними питаннями щодо функціонування інформаційно-вимірювальних систем на різних етапах їх життєвого циклу, є узгодження норм та вимог щодо показників якості, які повинні забезпечуватися на різних етапах життєвого циклу для кожної з агрегатних складових. Це дозволить розширити можливості вдосконалення методик контрольних випробувань та підвищити надійність зазначених систем, збільшити тривалість їх життєвого циклу за рахунок вдосконалення системи оцінок агрегатних складових та за рахунок розробки нових принципів та підходів до організації профілактичного обслуговування.

Виклад основного матеріалу. Динамічний стан будь-якої складної технічної системи на різних етапах життєвого циклу із заданою точністю можна охарактеризувати сукупністю значень, що визначають її поведінку, тобто змінними станами. Ці величини дозволяють порівнювати стани окремих систем та робити висновки про зміну показників якості їх функціонування. Для систем, що розвиваються, за значеннями змінних станів в часі можна

управляти розвитком системи, тобто змінні стану системи є інформаційною основою для з'ясування напряму удосконалення показників якості. [6]

Особливістю побудови сучасних ЗІВС є використання топологічної структури типу «ієрархічна зірка», як показано на рис. 1.

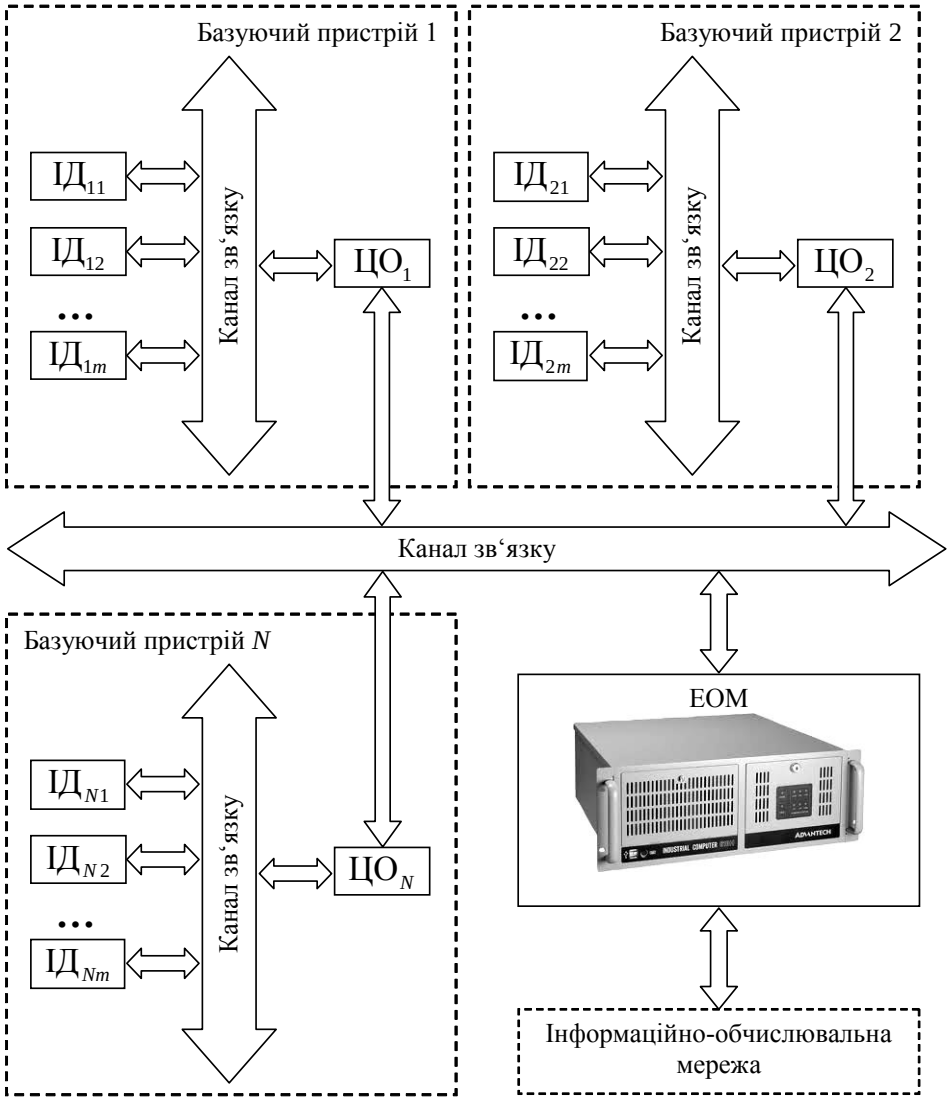

Рис. 1 – Структура сучасних ЗІВС

На нижньому рівні «зірки» знаходяться інтелектуальні датчики (ІД), які повинні забезпечити безпосереднє сприйняття від об'єкту вимірювання та перетворення характеристик досліджуваних подій і/або величин в уніфіковані сигнали. Т.ч., на рис. 1 інтелектуальні датчики позначені, як $ІД_{ik}$, де i – номер базуючого пристрою, $i=1,...,N$; k – номер датчика, $k=1,...,n$.

Наступний рівень ієрархії – центральний обчислювач (ЦО). На рис. 1 такі пристрої позначені як $ЦО_i$. ЦО обслуговують групи інтелектуальних датчиків. Основне завдання $ЦО_i$ – обмін даними з $ІД_{ik}$, управління їх роботою, корекція, розрахунок та кодування отримуваної вимірювальної інформації, а також обмін даними з вищестоящим ієрархічним

рівнем. В даному прикладі верхнім рівнем ієрархії є електронно-обчислювальна машина (ЕОМ), завданням якої є обробка, відповідно до закладених алгоритмів, вимірювальної інформації, що поступає, і обмін даними з іншими системами. Обмін даними між рівнями здійснюється по каналах зв'язку.

Як видно з рис. 1, кожен з рівнів вирішує свою задачу та є деякою сукупністю апаратних та програмних засобів: по термінології ГОСТ 22315-77 – сукупність агрегатних засобів (АЗ). Згідно до стандарту, сукупність АЗ повинна бути забезпечена матеріальною частиною, яка включає сукупність технічних засобів, які задовольняють вимогам повноти та сумісності з ЄСКД, тобто: *методичною частиною, яка включає програмно-алгоритмічне забезпечення технічних засобів та систему стандартів, що встановлюють вимоги до складу і характеристик технічних засобів; методами побудови та використання ЗІВС; методами оцінки метрологічних характеристик засобів вимірювань; методами оцінки якості отримуваної інформації; методологією випробувань АЗ та ЗІВС.*

Повнота сукупності агрегатних засобів включає: *функціональну повноту; структурну повноту; параметричну повноту, яка забезпечує задане вимірювання характеристик об'єкту, перетворення та обробку даних, синтез різних по складу та по структурі ЗІВС, побудову оптимізованих по заданому критерію ЗІВС.*

Виходячи зі сказаного, можна виділити три складових забезпечення інформаційно-вимірювальних систем: 1) *технічні засоби;* 2) *програмне забезпечення;* 3) *інформаційне забезпечення.*

Загальна класифікація основних показників якості продукції, яка є обов'язковою для всіх галузей, встановлена в ГОСТ 22851-77 «Средства агрегатные информационно-измерительных систем». У документі введені десять груп показників якості по характерних властивостях продукції. Уточнена класифікація основних показників якості для ЗІВС приведена в ГОСТ 4.199-85 «Системы информационные электроизмерительные Комплексы измерительно-вычислительные». Тут всі показники по кількості характерних властивостей підрозділяються на одиничні (в основному, показники вимірювального каналу), і комплексні або загальносистемні (тобто такі, що об'єднують ряд властивостей кожна з яких описується своїм параметром).

Показники якості програмного забезпечення (ПЗ), визначаються стандартами ISO 9126:1-4 «Характеристики и метрики качества программного обеспечения», ISO 14598-1-6:1998-2000 «Оценивание программного продукта» та ISO 9126-93 «Оценка программной продукции. Характеристики качества и руководство по их применению».

ISO 9126:1-4 складається з чотирьох частин: *моделі якості; моделі внутрішніх міток; моделі зовнішніх міток; моделі метрик якості.*

Стандарт дозволяє специфікувати та оцінювати якість систем з різних точок зору, включаючи *придбання, визначення вимог, розробку, використання, оцінювання, підтримку, супровід, забезпечення якості, аудит*.

ISO 14598-1-6:1998-2000 складається з шести частин: *загальний огляд; планування та управління; опис технологічного процесу для розробників; опис процес для користувачів; опис процесу для оцінювачів (випробувачів); документування оцінки модулів.*

Стандарт рекомендує загальну схему процесів оцінювання характеристик якості програм, яка полягає в наступному: *установка та формалізація початкових вимог для оцінювання; формалізація принципів та особливостей оцінювання при проведенні експертиз і вимірювань характеристик якості ПЗ; планування та проектування процесів оцінювання характеристик і атрибутів якості в життєвому циклі ПЗ; виконання вимірювань для оцінювання, порівняння результатів з критеріями та вимогами, узагальнення й оцінка результатів*.

Слід відмітити, що основні критерії оцінки якості програмно-алгоритмічного забезпечення для АЗ ЗІВС, також дані в ГОСТ 22315-77 та ГОСТ 4.199-85.

Інформаційне забезпечення можна визначити як сукупність єдиної класифікації, кодування інформації та схем інформаційних потоків, які циркулюють в ЗІВС. Показники якості інформаційного забезпечення, в основному, співпадають і описуються тими ж стандартами, що приведені вище для програмного забезпечення. Крім того, вимоги до організа-

ції взаємодії АЗ ЗІВС приведені в ГОСТ 22316-77 «Средства агрегатные информационно-измерительных систем».

Відповідно до розглянутих стандартів, до комплексних показників ІС відносяться: *показники надійності (у тому числі й надійність ПЗ); екологічні показники; ергономічні показники; естетичні показники; показники технологічності; показники транспортабельності; показники стандартизації та уніфікації; показники безпеки; економічні показники.*

Додатково слід враховувати специфічні комплексні показники якості програмного забезпечення, до яких згідно ISO 9126-93 відносяться: *функціональність; практичність; ефективність; супроводжуваність; мобільність.*

Аналіз показників якості в приведених вище стандартах, а також серія стандартів системної інженерії ISO 15288:2002 «Проектирование систем. Процессы жизненного цикла системы» та ISO 12207:1995-2008 «Системная и программная инженерия. Процессы жизненного цикла программных средств», дозволяють визначити загальний життєвий цикл агрегатних засобів і, відповідно, інформаційно-вимірювальної системи, як їх сукупності. Т.ч., відносно до ЗІВС, можна виділити чотири основоположні етапи їх життєвого циклу: *замовлення; проектування; виробництво; експлуатація, включаючи супровід та модернізацію.*

Замовлення регламентує роботи замовника, тобто організації, яка є розробником системи. Одним з основних документів цього етапу є технічне завдання (ТЗ), яке описує початкові дані та вимоги до системи, модель її життєвого циклу, якісні та кількісні показники, терміни виконання робіт по окремих етапах та по системі в цілому. Якість самого технічного завдання визначається відповідністю номенклатури і значень параметрів системи та показників якості вимогам, визначеним для етапу експлуатації.

Технічне завдання є визначальним документом для етапу проектування. Результатом виконання ТЗ є створення конструкторської та програмної документації.

Процес проектування ЗІВС можна представити у вигляді структурної схеми, приведеної на рис. 2.

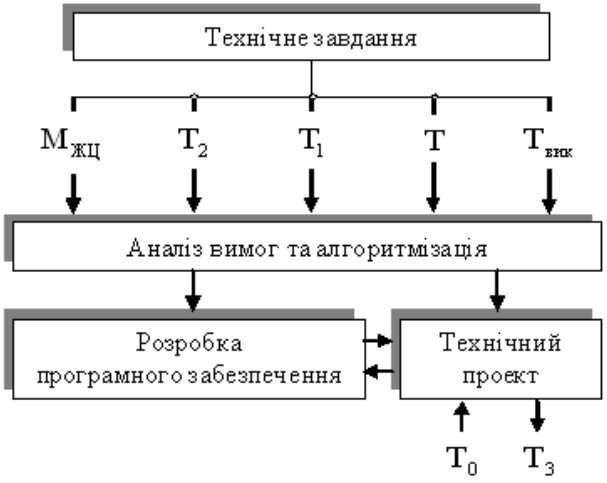

Рис. 2 – Структура показників якості проектування ЗІВС, де:

T – множина вимог замовника; T_1 – множина значень початкових показників якості; T_2 – множина початкових даних; $M_{ЖЦ}$ – модель життєвого циклу системи, яка проектується; $T_{вик}$ – терміни виконання; T_3 – множина значень вихідних показників якості; T_0 – зворотний зв'язок за показниками якості між етапами виробництва та проектування

Спроектована система буде ідеальною при виконанні умови рівності множини значень показників якості: $T_3 = T_1 (T_3 \subseteq T_1)$. Т.ч., з'являється можливість введення показника ефективності етапу розробки, який при дотриманні вартісних та часових вимог до проектування, можна визначити, як $P_{T_3}(T_1) \to \sup$, де P_{T_3} – вірогідність того, що множина значень показників якості спроектованої системи відповідає початковим показникам якості при умові нормування $P_{T_1}(ТЗ) = 1$, де P_{T_1} – вірогідність того, що множина показників якості, визначених в ТЗ, задовольнятиме множині показників якості, визначених для етапу експлуатації системи.

Одне з основних завдань етапу виробництва – забезпечення якісних показників продукції, яка випускається. Звичайно, що ці показники закладаються на етапі проектування. Рішення задачі досягається застосуванням системи управління якістю, яка визначається серією стандартів ISO 9001:9003, що мають на увазі поліпшення всіх характеристик процесу виробництва та створення системи крізного контролю якості.

На практиці, контрольовані показники якості встановлюються залежно від специфіки продукції. Так, приклад, для ЗІВС, ними можуть бути: якість проекту (кількість виправлень при реалізації); якість конструкторської та технологічної документації; якість технологій; якість виробничих потужностей; якість праці, що показано на рис. 3.

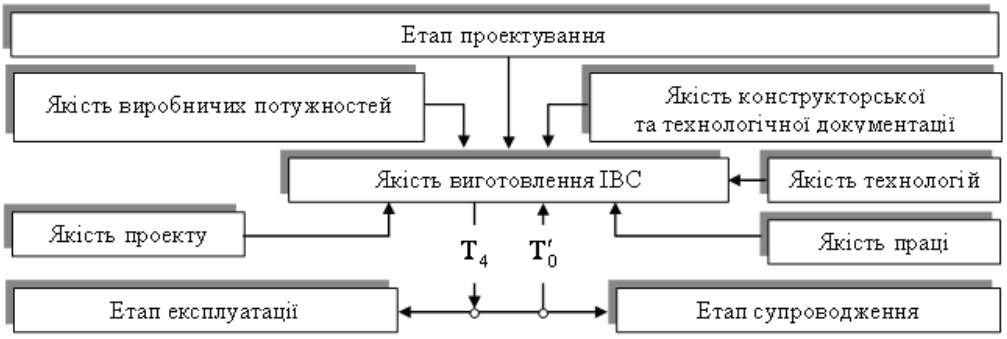

Рис. 3 – Структура показників якості етапу виробництва ЗІВС, де: T_4 – множина значень показників якості виготовлення (виробництва); T'_0 – зворотний зв'язок за показниками якості між етапами експлуатації (супроводу) та виробництва; T_3 – множина значень вихідних показників якості

По аналогії з попереднім етапом, в ідеальному випадку $T_4 = T_3((T_4 \subseteq T_3) \wedge (T_3 \subseteq T_1))$.

Ефективність етапу виробництва при дотриманні вартісних та часових вимог, можна визначити, як $P_{T_4}(T_3) \to \sup$, де P_{T_4} – вірогідність того, що множина значень показників якості виготовленої системи відповідає проектним показникам якості.

Життєвий цикл системи закінчується етапом експлуатації, основним показником якості якого є надійність системи (рис. 4).

Відповідно до ГОСТ 4.199-85, структура показника «Надійність технічних засобів ЗІВС» включає: *напрацювання на відмову; встановлене безвідмовне напрацювання; середній термін служби; встановлений термін служби; встановлений ресурс; вірогідність безвідмовної роботи за заданий час; середній ресурс; середній час відновлення.*

До надійності програмного забезпечення по ISO 9126-93 відносяться: *стабільність; стійкість до програмних помилок; відновлюваність.*

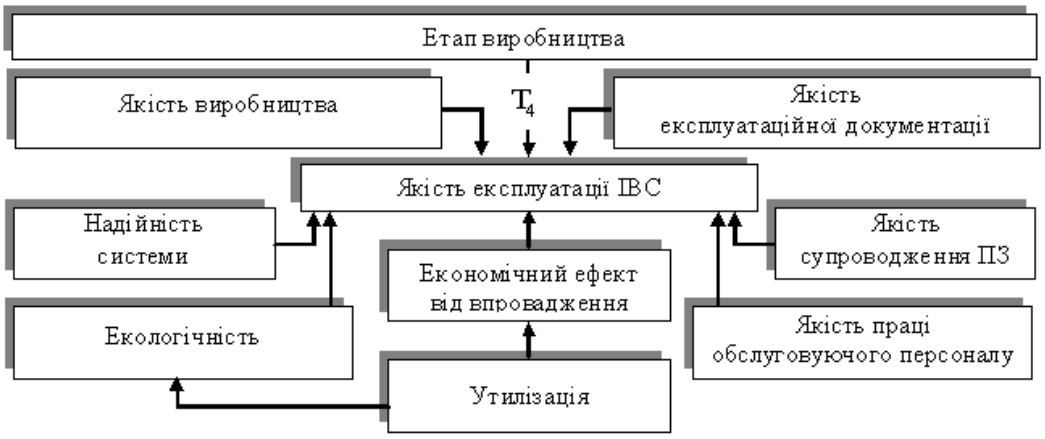

Рис. 4 – Структура показників якості етапу експлуатації ЗІВС

Окрім надійності, стандарти відносять до показників якості такі важливі показники, як економічна ефективність від впровадження та екологічність. До них входить і утилізація системи по закінченню терміну експлуатації. Склад нормативно-технічних документів етапу експлуатації визначається ЄСКД, ЕСПД та відповідними міжнародними стандартами.

З боку програмного забезпечення етап експлуатації охоплює також і етап супроводу (підтримку користувачів), яка полягає в змінах (модифікаціях) програмного продукту та відповідної документації. Необхідність модифікації ПЗ обумовлюється виникаючими проблемами, або потребами в модернізації, або для налагоджування системи.

Час дії етапу супроводу встановлюється моделлю життєвого циклу, яка визначається на етапі проектування. Так, етап супроводу може охоплювати весь етап експлуатації і закінчуватися процесом перенесення та зняття ПЗ з експлуатації, але може закінчуватися й раніше: в цьому випадку підтримка припиняється, а всі подальші дії з супроводу проводяться силами замовника.

Етап експлуатації є таким, що завершує життєвий цикл ЗІВС. Його ефективність залежатиме від відповідності номенклатури та значень якісних показників, закладених на всіх розглянутих етапах (рис. 5) їх ідеальним значенням, тобто: $T_5 = T_3\left(\left(T_5 \subseteq T_4\right) \wedge \left(T_4 \subseteq T_3\right) \wedge \left(T_3 \subseteq T_1\right)\right)$, де T_5 – множина значень показників якості етапу експлуатації.

Граничним значенням вірогідності відповідності множини значень показників якості системи на етапі експлуатації буде: $P_{T_5}\left(T_4\right) \to \sup$.

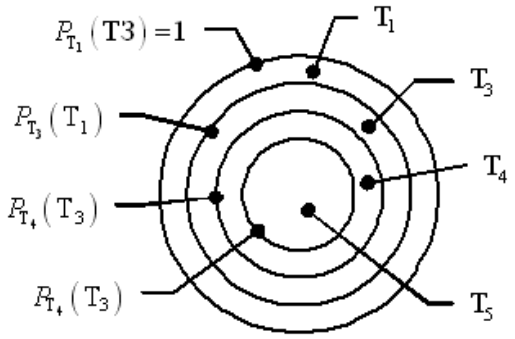

Рис. 5 – Множини значень показників якості в життєвому циклі ЗІВС

Висновок. Піддані аналізу показники якості захищених інформаційно-вимірювальних систем на різних життєвих циклах. Показано, що сучасна захищена інформаційно-вимірювальна система являє собою структурований ієрархічний комплекс, кожна з агрегатних складових якого може бути програмно-апаратним засобом. Модель життєвого циклу кожної складової та системи в цілому повинна визначатися в технічному завданні згідно до діючих стандартів. Зроблено акцент на тому, що показники якості на кожному етапі життєвого циклу є комплексними показниками, які складаються з відповідних показників технічних і програмних засобів та рішень. Наведено уявлення щодо нормативних вимог до забезпечення якості функціонування захищених інформаційно-вимірювальної системи, як сукупності агрегатних складових. Визначені ідеальні значення ефективності роботи системи та граничні значення вірогідності відповідності множини значень показників якості системи на різних етапах життєвого циклу.

Література

1. Когаловский, М. Р. Перспективные технологии информационных систем : монография / М. Р. Когаловский. – М. : ДМК Пресс; М : Компания АйТи, 2003. – 288 с. – ISBN 5-94074-200-9.
2. Реуцький, Є. А. Життєвий цикл технічних систем і комп'ютерний вимірювальний експеримент [Електронний ресурс] / Є. А. Реуцький, А. А. Саврадон, Т. О. Самчук // Портал : Національний авіаційний університет. – Режим доступу \www/ URL: http://www.avia.nau.edu.ua/doc/2011/1/1_21.pdf. – Заголовок з контейнера, доступ вільний, 30.10.2012.
3. Азарсков, В. М. Експериментальні випробування та дослідження систем : підручник / В. М. Азарсков, О. А. Сущенко. – К. : НАУ, 2003. – 268 с.
4. Самарский, А.А. Компьютеры, модели, вычислительный эксперимент : монография / А. А. Самарский. – М. : Наука, 1988. – 176 с.
5. Александровская, Л. Н. Теоретические основы испытаний и экспериментальная отработка сложных технических систем : учебное пособие / Александровская Л. Н., Круглов В. И., Кузнецов А. Г. [и др.]. – М. : Логос, 2003. – 736 с.
6. Вельміськін, Д. І. Модель розвитку складної радіометеорологічної системи на всіх етапах використання [Електронний ресурс] / Портал: Національна бібліотека ім. В. Вернадського. – Режим доступу \www/ URL: http://www.nbuv. gov.ua/portal/.../Velmiskin.pdf. – Заголовок з контейнера, доступ вільний, 30.10.2012.
7. Куритнык, И. П. Современные технологии для изготовления термопар ТС-6 [Текст] / И. П. Куритнык, В. И. Белобородченко // Приборы и устройства для контроля и регулирования технологических процессов. – М. : Информприбор. – 1990. – №3. – С. 40-45.
8. Ступницький, В. В. Ефективність впровадження CALS-технологій на машинобудівних підприємствах України [Електронний ресурс] / Портал: Національна бібліотека ім. В. Вернадського. – Режим доступу \www/ URL: http://www.nbuv.gov.ua/portal/natural/.../15.pdf. – Заголовок з контейнера, доступ вільний, 30.10.2012.
9. Володарський, Є. Т. Метрологічне забезпечення вимірювань і контролю : навчальний посібник / Є. Т. Володарський, Кухарчук В. В., Поджаренко В. О. [та ін.]. – Вінниця : ВДТУ, 2001. – 219 с.
10. Харченко, О. Г. Методи забезпечення та контролю якості Web-застосувань на стадіях життєвого циклу [Електронний ресурс] / О. Г. Харченко, В. В. Яцишин, І. О. Боднарчук // Портал: Національна бібліотека ім. В. Вернадського. – Режим доступу \www/ URL: http://www.nbuv.gov.ua/portal/...1/34har.pdf. – Заголовок з контейнера, доступ вільний, 30.10.2012.

ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ ТА ЖИТТЄВІ ЦИКЛИ ЗАХИЩЕНИХ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ

Наводиться визначення щодо мережевих програмно-апаратних комплексів, які використовуються в задачах моніторингу, контролю та управління в якості захищених інформаційно-вимірювальних систем, як інженерних, конструкторських та проектних рішень, що мають певні етапи життєвого циклу з відповідними показниками якості кожної з агрегатних складових
.

Ключові слова: інформаційно-вимірювальна система, якість, життєвий цикл

ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА И ЖИЗНЕННЫЕ ЦИКЛЫ ЗАЩИЩЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Приводится определение относительно сетевых программно-аппаратных комплексов, которые используются в задачах мониторинга, контроля и управления в качестве защищенных информационно-измерительных систем, как инженерных, конструкторских и проектных решений, которые имеют определенные этапы жизненного цикла с соответствующими показателями качества каждой их агрегатных составляющих.

Ключевые слова: информационно-измерительная система, качество, жизненный цикл

QUALITY INDICATORS AND LIFE CYCLES OF PROTECTED INFORMATION-MEASURING SYSTEMS

Is the definition of network software and hardware systems. Systems used in the tasks of monitoring, control and management. Complexes are used as protected information-measuring systems. In this article, the term «complex» refers to engineering, engineering and design solutions. Complexes have certain stages of the life cycle. Each of the life-cycle is quality.

Keywords: information-measuring system, quality, life cycle

Олександр Олександрович Скопа
доктор технічних наук, доцент
Одеський національний економічний університет
завідувач кафедри Інформаційних систем в економіці

Сергій Леонідович Волков
кандидат технічних наук, доцент
Одеська державна академія технічного регулювання та якості
завідувач кафедри Інформаційно-вимірювальних технологій

Олег Вікторович Грабовський
Одеська державна академія технічного регулювання та якості
здобувач кафедри Інформаційно-вимірювальних технологій