УДК 621.317.1

О. М. Величко¹, д.т.н., **О. В. Грабовський²**, к.т.н., **Т. Б. Гордієнко²**, д.т.н.¹ ДП «Укрметртестстандарт», м. Київ² Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса**ОСОБЛИВОСТІ ПРОЦЕСІВ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
ДЛЯ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ**

У статті подано результати порівняльного аналізу для встановлення основних складових життєвого циклу програмного забезпечення (ПЗ) для засобів вимірювальної техніки (ЗВТ). Для цих досліджень використано як базові міжнародні стандарти щодо інженерії ПЗ, так і специфічні міжнародні та регіональні документи щодо ПЗ для ЗВТ.

Особливістю ПЗ для ЗВТ є те, що результатом приймання такого ПЗ є успішно випробуваний ЗВТ, ПЗ якого є складовою цього ЗВТ. Врахування специфічних вимог до ПЗ для ЗВТ вкрай важливе на таких етапах життєвого циклу як процеси аналізу системних вимог, аналізу вимог до ПЗ і тестування придатності ПЗ.

Ключові слова: програмне забезпечення, життєвий цикл, засоби вимірювальної техніки, тестування, оцінювання якості.

О. Н. Величко, д.т.н., **О. В. Грабовский**, к.т.н., **Т. Б. Гордиенко**, д.т.н.**ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССОВ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ПРОГРАММНОГО
ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ СРЕДСТВ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ**

В статье представлены результаты сравнительного анализа для установления основных составляющих жизненного цикла программного обеспечения (ПО) для средств измерительной техники (СИТ). Для этих исследований использованы как базовые международные стандарты инженерии ПО, так и специфические международные и региональные документы по ПО для СИТ.

Особенностью ПО для СИТ является то, что результатом принятия такого ПО является успешно испытанное СИТ, ПО которого является составляющей этого СИТ. Учет специфических требований к ПО для СИТ крайне важно на таких этапах жизненного цикла как процессы анализа системных требований, анализа требований к ПО и тестирование пригодности ПО.

Ключевые слова: программное обеспечение, жизненный цикл, средства измерительной техники, тестирование, оценка качества.

O. M. Velychko, DSc, **O. V. Hrabovskiy**, PhD, **T. B. Gordiyenko**, DSc**FEATURES OF THE LIFE CYCLE PROCESSES OF THE SOFTWARE FOR
MEASURING EQUIPMENT**

The article presents the results of comparative analysis to establish the main components of the software life cycle for measuring instruments (MI). Both basic international software engineering standards and specific international and regional documents for MI software were used for these studies. The results of the comparative analysis of the software life cycles for the MI allow both the developer of such software and its customer or consumer to focus on the most important stages for this software.

The peculiarity of the MI software is that the result of the adoption of such software is a successfully tested MI, the software of which is a component of this MI. MI software testing is a component of acceptance tests of the MI itself, as a result of which this MI is accepted. Only upon successful completion of all necessary inspections of MI software can it be stated that the overall quality assessment of MI software has been completed.

Consideration of specific software requirements for MIs is extremely important at such stages of the life cycle as the processes of system requirements analysis, software requirements analysis and software suitability testing. At the stage of formation of requirements for MI software, not only the general requirements for MI software (built into MI, installed on universal computers), but also specific requirements for the components of such software should be taken into account. For MI software, it is necessary to establish the level

of division of software into legally significant and other parts, the degree of verification of software reading, storage devices and data transmission devices.

Keywords: *software, life cycle, measuring equipment, testing, quality assessment.*

DOI 10.32684/2412-5288-2020-2-17-37-45

Вступ

Складність програмного забезпечення (ПЗ) зараз зросла до безпрецедентного рівня. Це призвело як до нових можливостей ПЗ, так і до посилення вимог до організацій, які створюють і використовують це ПЗ. Ці вимоги існують на всіх рівнях архітектури ПЗ і протягом усього життєвого циклу ПЗ. Життєвий цикл ПЗ є сукупністю окремих етапів робіт у певному порядку протягом певного періоду часу. Він починається з розроблення ПЗ і закінчується припиненням його використання. Життєвий цикл ПЗ супроводжується розробленням, обігом і використанням спеціальних документів щодо ПЗ [1].

Інженерія ПЗ сприяє забезпеченню його реалізації. В ній основна увага приділяється визначенню потреб зацікавлених сторін і необхідної функціональності на початку циклу розробки ПЗ, документуванню вимог і виконанню синтезу дизайну та перевірки ПЗ при завершенні його розроблення [1, 2].

Інженерія ПЗ об'єднує всі зусилля його розробників, утворюючи структурований процес розробки ПЗ, який переходить від концепції до експлуатації та обслуговування. Цей процес враховує як комерційні, так і технічні потреби з метою забезпечення якості ПЗ, що відповідає потребам користувачів та інших зацікавлених сторін. Життєвий цикл ПЗ охоплює концепцію ідей до виходу з ладу ПЗ і забезпечує процеси придбання та постачання ПЗ. Це допомагає покращити взаємодію та співпрацю між сторонами, які створюють і використовують сучасне ПЗ.

Актуальним питанням при розробленні та експлуатації ПЗ є оцінювання та вдосконалення процесів життєвого циклу ПЗ конкретного призначення, зокрема ПЗ для засобів вимірювальної техніки (ЗВТ).

Аналіз публікацій та досліджень

Існує велика різноманітність ПЗ з точки зору їх призначення, сфери застосування, складності, розміру, новизни, адаптованості, місця розташування, тривалості життєвого циклу тощо. За багаторічної практики розроблення різноманітного ПЗ створено низку типових схем упорядкування етапів робіт з його проектування і розроблення. Такі схеми одержали назву життєвого циклу ПЗ і узагальнені в міжнародному стандарті ISO/IEC/IEEE 12207 [1], який гармонізований в Україні [3]. Цей стандарт описує процеси, що складаються з життєвого циклу техногенного ПЗ

і надає загальну технологічну основу для визначення життєвого циклу ПЗ із застосуванням підходу інженерії ПЗ.

Зазначений стандарт містить процеси, діяльність і завдання, які застосовуються під час розроблення, придбання чи постачання, експлуатації, обслуговування або розпорядження програмними системами, продуктами та послугами.

Згідно з вимогами міжнародного стандарту ISO/IEC 14764 [4], який гармонізований в Україні [5], процес супроводження продукту проводиться шляхом:

коригування продукту для його зміни з метою усунення виявлених помилок або нереалізованих задач;

адаптації продукту, тобто його налаштування в умовах експлуатації, що змінилися, або в новому середовищі виконання;

поліпшення продукту чи еволюційної його зміни для підвищення продуктивності або рівня супроводу;

перевірки ПЗ, пошуку і виправлення помилок під час його експлуатації тощо [6].

Залежно від моделі життєвого циклу ПЗ визначають основні моменти щодо процесу замовлення, розроблення та супроводу ПЗ [2, 7]. У працях [8, 9] розглянуті та запропоновані каскадна (V-модель) та спіральна моделі життєвого циклу ПЗ ЗВТ. В [8] зроблено висновок про доцільність застосування загальної V-моделі під час розроблення та оцінювання якості (тестування) ПЗ ЗВТ (права гілка V-моделі). В [9] запропонована удосконалена спіральна модель розроблення ПЗ ЗВТ, яке можна віднести до ПЗ середнього та високого ризику, що найчастіше застосовується у приладах обліку матеріальних і енергетичних ресурсів.

У працях [10–12] досліджено та описано особливості оцінювання якості (тестування) ПЗ для ЗВТ та наведено основні складові для оцінювання якості ПЗ ЗВТ, базовані на аналізі міжнародних та регіональних документів [13–17].

Постановка завдання

Метою дослідження є здійснення аналізу та встановлення основних складових життєвого циклу ПЗ для ЗВТ. При цих дослідженнях необхідно використати як базові стандарти щодо інженерії ПЗ для визначення можливостей їх застосування з метою тестування та оцінювання якості ПЗ, так і специфічні міжнародні та регіо-

нальні документи щодо ПЗ ЗВТ.

Методи дослідження

Процеси, дії і задачі наведені в стандарті ISO/IEC/IEEE 12207 у найбільш загальній природній послідовності, але це не означає, що в такій самій послідовності вони повинні бути застосовані для конкретної моделі життєвого циклу ПЗ, зокрема для ПЗ ЗВТ. Залежно від проекту ПЗ процеси, дії та задачі стандарту вибираються, упорядковуються і включаються в модель життєвого циклу ПЗ.

Таким чином, для ПЗ ЗВТ можна застосувати додаткові стандарти або процедури, які визначатимуть специфічні деталі використання вибраних елементів життєвого циклу залежно від конкретного ПЗ. Для цього існують відповідні міжнародні стандарти або настанови щодо керування конфігурацією ПЗ, його супроводу, документування, оцінювання якості, верифікації, валідації, тестування тощо.

Стандарт ISO/IEC/IEEE 24748-1 [18], який гармонізований в Україні [19], встановлює керівні принципи щодо управління життєвим циклом інженерії систем і ПЗ, а стандарт ISO/IEC/IEEE 24748-3 [20], який також гармонізований в Україні [21], надає настанови щодо застосування стандарту ISO/IEC/IEEE 12207 [1].

Процеси впровадження ПЗ використовуються для створення певного системного елемента, реалізованого в ПЗ. Ці процеси перетворюють задану поведінку, інтерфейси та обмеження на реалізацію в дії щодо впровадження ПЗ, в результаті чого системний елемент повинен задовольняти вимоги, що впливають із системних вимог. Кінцевим елементом підгрупи процесу впровадження ПЗ є процес тестування придатності ПЗ до встановленого застосування. Основною його метою є підтвердження того, що інтегроване ПЗ відповідає встановленим замовником вимогам.

Тестування ПЗ є процесом багаторазового повторення його роботи з метою виявлення можливих помилок. Основна мета виділення тестування як окремого етапу створення ПЗ полягає в тому, щоб звернути увагу на обов'язковість цього етапу і необхідність спеціального планування певних витрат щодо нього. Відомо два традиційні підходи (методи) тестування придатності ПЗ: «чорний ящик» (без доступу до початкового коду) і «білий ящик» (з доступом до початкового коду) [1]. Розширену класифікацію підходів та методів тестування ПЗ, базованих на підходах до проектування тестів, розглянуто у [7, 22].

Згідно з вимогами стандарту ISO/IEC/IEEE 12207 [1] у результаті успішної реалізації процесу тестування придатності ПЗ мають бути:

розроблені критерії інтегрованого ПЗ, що демонструє відповідність вимогам ПЗ;

інтегроване ПЗ перевірено за допомогою визначених критеріїв;

документально зареєстровані результати тестування інтегрованого ПЗ;

розроблена і застосована стратегія регресії для повторного тестування інтегрованого ПЗ при зміні елементів ПЗ.

Для кожного елемента ПЗ (або елемента конфігурації ПЗ, якщо він визначений) процедура тестування придатності ПЗ складається з наступних поетапних завдань [1].

Етап 1. Розробник ПЗ повинен провести кваліфікаційне тестування ПЗ відповідно до кваліфікаційних вимог до нього. При цьому слід забезпечити перевірку виконання кожної встановленої вимоги до ПЗ на відповідність і результати цього кваліфікаційного тестування повинні бути задокументовані.

Етап 2. Розробник ПЗ повинен оновити документацію користувача ПЗ, якщо це необхідно.

Етап 3. Розробник ПЗ повинен оцінити з відповідним документуванням дизайн, код, тести, результати тестів і документацію користувача, враховуючи такі критерії:

випробування щодо охоплення встановлених вимог до ПЗ.

відповідність очікуваним результатам розроблення ПЗ;

доцільність інтеграції та тестування ПЗ, якщо вона проводиться;

можливість експлуатації та обслуговування ПЗ.

Етап 4. Розробник ПЗ повинен підтримувати аудит відповідно до встановлених вимог до ПЗ. Результати цього аудиту повинні бути задокументовані, а сам аудит повинен проводитись до тестування кваліфікації ПЗ.

Етап 5. Реалізатор ПЗ після успішного завершення аудиту повинен, перед наданням ПЗ його замовнику, оновити та підготувати ПЗ для інтеграції системи, тестування придатності ПЗ, встановлення ПЗ або підтримки прийняття ПЗ. Процес тестування придатності ПЗ може бути застосований під час верифікації або валідації ПЗ.

Результати досліджень

Стандарт ISO/IEC/IEEE 12207 призначено для досягнення цілком узгодженого уявлення про процеси життєвого циклу системи та ПЗ. Він об'єднує дії, які можуть виконуватися протягом життєвого циклу системи ПЗ, із семи технологічних груп. Кожен із процесів життєвого циклу в межах цих груп описується з точки зору його мети та бажаних результатів, а також перераховані заходи та завдання, які необхідно вико-

нати для досягнення цих результатів. Цілі та результати процесів життєвого циклу складають довідкову модель процесу.

Підпроцеси і групи підпроцесів життєвого циклу ПЗ відповідно до стандарту ISO/IEC/IEEE 12207 наведено у табл. 1.

Таблиця 1 – Послідовність групи підпроцесів життєвого циклу ПЗ

Підпроцеси	Процеси системного контексту				Програмно-орієнтовані процеси		
	Процеси угоди	Організаційні процеси, що сприяють реалізації проектів	Процеси проекту	Технічні процеси	Процеси впровадження ПЗ	Процеси підтримки ПЗ	Процеси повторного використання ПЗ
Групи підпроцесів	Процеси придбання	Процес управління моделлю життєвого циклу	Процес планування проекту	Процес визначення вимог зацікавлених сторін	Процес аналізу вимог до ПЗ	Процес управління документами ПЗ	Процес доменної інженерії
	Процеси постачання	Процес управління інфраструктурою	Процес оцінки та контролю проекту	Процес аналізу системних вимог	Процес архітектурного проектування ПЗ	Процес управління конфігурацією ПЗ	Повторне використання процесу управління активами
		Процес управління портфелем проектів	Процес управління рішеннями	Процес архітектурного проектування ПЗ	Процес розробки ПЗ	Процес забезпечення якості ПЗ	Повторне використання процесу управління програмою
		Процес управління людськими ресурсами	Процес управління ризиками	Процес впровадження	Процес створення ПЗ	Процес верифікації ПЗ	
		Процес управління якістю	Процес управління конфігурацією	Процес системної інтеграції	Процес інтеграції ПЗ	Процес валідації ПЗ	
			Процес управління інформацією	Процес тестування придатності системи	Процес тестування придатності ПЗ	Процес огляду ПЗ	
			Процес вимірювання	Процес встановлення ПЗ		Процес аудиту ПЗ	
				Процес підтримки прийняття ПЗ		Процес вирішення проблем ПЗ	
				Процеси роботи, обслуговування і видалення ПЗ			

Як видно з цієї таблиці, усі процеси поділяються на процеси системного контексту та програмно-орієнтовані процеси. Процеси системного контексту поділяються на процеси угоди, організаційні процеси, що сприяють реалізації проектів, процеси проекту і технічні процеси. Програмно-орієнтовані процеси поділяються на процеси впровадження ПЗ, процеси підтримки ПЗ і процеси повторного використання ПЗ. Кожен з

підпроцесів має свою групу підпроцесів. Всі ці процеси і підпроцеси можуть бути застосовані для ПЗ ЗВТ, однак для нього необхідна деталізація групи підпроцесів, що відносяться до технічних процесів.

Зазначений стандарт також забезпечує процеси, які можна використовувати для визначення, контролю та вдосконалення процесів життєвого циклу ПЗ в організації чи проекті. Проце-

си, діяльність та завдання у ньому можуть також застосовуватися під час придбання системи, яка містить ПЗ, самостійно або спільно зі стандартом ISO/IEC/IEEE 15288 [23], який гармонізований в Україні [24].

Розгляду і аналізу основних етапів життєвого циклу розробки ПЗ присвячена низка публікацій [2, 6, 25–27]. Тестуванню ПЗ ЗВТ присвячені спеціальні міжнародні та регіональні документи і рекомендації, тому саме цьому процесу була приділена основна увага у працях [8–12].

В табл. 2 наведено порівняння етапів життєвих циклів ПЗ загального призначення і ПЗ для ЗВТ, побудованих з урахуванням вимог міжнародних стандартів щодо життєвого циклу ПЗ загального призначення (так званий стандартизований), а також з урахуванням спіральної моделі та моделі V (для обох видів ПЗ). Для цієї побудови використані результати праць [8, 9].

Отримані у результаті порівняльного аналізу етапи життєвих циклів ПЗ для ЗВТ дозволяють як розробнику такого ПЗ, так і його замовнику чи споживачу сконцентруватися на найбільш важливих етапах для цього ПЗ.

На етапі формування вимог до ПЗ ЗВТ повинні враховуватися не тільки загальні вимоги до ПЗ ЗВТ (вбудованого у ЗВТ – Р, встановленого на універсальних комп'ютерах – U), але і специфічні вимоги до складових такого ПЗ. Для ПЗ ЗВТ є необхідність встановлення рівня розділення ПЗ на законодавчо значиму та інші частини (вимоги S), ступеня перевірки зчитування ПЗ (D), запам'ятовуючих пристроїв (L) і пристроїв передачі даних (T) [10, 11, 13].

Випробування ПЗ ЗВТ є складовою приймальних випробувань самого ЗВТ, за результатами якого це ЗВТ приймається. Лише при успішному завершенні всіх необхідних перевірок ПЗ ЗВТ, можна стверджувати про завершення загальної оцінки якості ПЗ ЗВТ.

У загальному випадку перед проведенням тестування ПЗ ЗВТ створюють спеціальну програму тестування, в якій описують всі необхідні складові тестування окремих компонентів ПЗ і його в цілому. У цій програмі відзначають всі необхідні методи тестування ПЗ ЗВТ і подання результатів його тестування. Ступінь тестування складових ПЗ ЗВТ залежить від класів ризиків,

які присвоюються ПЗ залежно від ЗВТ, для якого воно створюється.

Для проведення якісного процесу тестування важливо володіти повним набором даних, що представляють різні варіанти ситуації цього процесу. Як правило, такий набір даних надає кінцевий користувач ПЗ ЗВТ, але в багатьох випадках розробники ПЗ самі можуть доповнити наданий набір своїми варіантами ситуацій. Однак основними вимогами для такого тестування є спеціальні вимоги міжнародних і регіональних документів щодо ПЗ ЗВТ [13–17].

Одним із важливих елементів життєвого циклу ПЗ є його супровід – сукупність дій із забезпечення роботи, внесення змін при виявленні помилок, адаптації ПЗ до нового середовища функціонування, а також підвищення продуктивності або поліпшення деяких характеристик ПЗ. Супровід життєвого циклу ПЗ проводиться відповідно до положень стандартів ISO/IEC/IEEE 12207 [1] і ISO/IEC 14764 [4] з метою виконання і модифікації ПЗ в процесі експлуатації за умови збереження його цілісності [2].

Стандарт ISO/IEC 14764 [4] більш детально описує управління процесами технічного обслуговування ПЗ, що наведені у стандарті ISO/IEC/IEEE 12207 [1], а також надає настанови щодо планування, виконання, контролю, огляду, оцінки та завершення процесів технічного обслуговування ПЗ. Він забезпечує основу, в рамках якої загальні та конкретні плани технічного обслуговування ПЗ можуть бути виконані, оцінені та пристосовані до обсягу технічного обслуговування та масштабів ПЗ. Стандарт регламентує процеси, що дозволяють послідовно застосовувати технології (інструменти, прийоми та методи) для обслуговування ПЗ.

Висновки

Особливістю ПЗ ЗВТ є те, що результатом приймання такого ПЗ є успішно випробуваний ЗВТ, ПЗ якого є важливою складовою цього ЗВТ.

Для етапів життєвого циклу ПЗ для ЗВТ потребується врахування особливостей такого ПЗ із урахуванням відповідних специфічних вимог міжнародних і регіональних документів.

Врахування специфічних вимог до ПЗ ЗВТ вкрай важливе на етапах процесів аналізу системних вимог, аналізу вимог до ПЗ і тестування придатності ПЗ.

Таблиця 2 – Порівняння етапів життєвих циклів ПЗ загального призначення і ПЗ для ЗВТ

Стандартизований	Спіральна модель	Модель V	
ПЗ загального призначення	ПЗ для ЗВТ	ПЗ загального призначення	ПЗ для ЗВТ
<i>Процес визначення вимог зацікавлених сторін</i>	Концептуальне визначення проекту з розроблення ПЗ	Сфера застосування ПЗ	Розроблюваний ЗВТ
<i>Процес аналізу системних вимог</i>	Концептуальний прототип ПЗ	Визначення вимог до ПЗ (користувач)	Визначення вимог до ЗВТ (U чи P)
<i>Процес аналізу вимог до ПЗ</i>	Визначення загальних вимог до ПЗ	Визначення вимог до ПЗ	Визначення вимог до ПЗ ЗВТ (S)
<i>Процес архітектурного проектування ПЗ</i>	-	Дизайн ПЗ високого рівня	Дизайн ПЗ ЗВТ високого рівня
	-	Детальний дизайн ПЗ	Детальний дизайн ПЗ ЗВТ
<i>Процес управління моделлю життєвого циклу, процес управління документами ПЗ</i>	Планування життєвого циклу ПЗ і виконання вимог замовника, цілі, завдання, варіанти підходів до вирішення завдань та організації процесів	-	-
<i>Процес управління ризиками</i>	Аналіз ризиків	-	-
<i>Процес оцінки та контролю проекту</i>	Демонстративний, операційний і функціональний (робочий) прототипи ПЗ	-	-
-	Імітаційне моделювання	-	-
<i>Процес управління документами ПЗ</i>	Аналіз встановлених вимог до ПЗ	-	-
<i>Процес планування проекту, процес управління конфігурацією ПЗ</i>	Планування розроблення ПЗ	-	-
<i>Процеси розробки ПЗ, процес створення ПЗ</i>	Варіанти організації процесів розроблення ПЗ, проектування ПЗ	-	-
<i>Процес верифікації ПЗ, процес валідації ПЗ</i>	Верифікація і валідація проекту	-	-
-	План інтегрування і випробування ПЗ, варіанти рішення розроблення ПЗ та його модулів, проектування модулів ПЗ	-	-
-	Кодування ПЗ	Кодування ПЗ	Кодування ПЗ ЗВТ
<i>Процес тестування придатності ПЗ</i>	Набори для тестування ПЗ, тестування модулів ПЗ	Випробування модулів ПЗ	Перевірка зчитування ПЗ ЗВТ (D), запам'ятовуючих пристроїв (L), пристроїв передачі даних (T)
<i>Процес системної інтеграції</i>	Інтеграція і комплексне тестування ПЗ	Інтеграція модулів ПЗ, системна інтеграція ПЗ	-
<i>Процес забезпечення якості ПЗ</i>	Прийнятно-здавальні випробування ПЗ	Приймальні випробування ПЗ	Приймальні випробування ЗВТ
<i>Процес підтримки прийняття ПЗ</i>	Впровадження розробленого ПЗ	Прийняте ПЗ	Прийнятий ЗВТ

Список використаних джерел

1. ISO/IEC/IEEE 12207:2017. Systems and software engineering. Software life cycle processes. [Valid from 2017-11-01]. ISO/IEC/IEEE, 2017. 145 p.
2. Лавріщева К. М. Програмна інженерія: підручник. Київ: НАН України, 2008. 319 с.
3. ДСТУ ISO/IEC/IEEE 12207:2018. Інженерія систем і програмних засобів. Процеси життєвого циклу програмних засобів. (ISO/IEC/IEEE 12207:2017, IDT). [Чинний від 2018-08-15]. Вид. офіц. Київ, 2018. 145 с.
4. ISO/IEC 14764:2006. Software Engineering. Software Life Cycle Processes. Maintenance. [Valid from 2006-09-01]. ISO/IEC, 2006. 44 p.
5. ДСТУ ISO/IEC 14764:2014. Інженерія програмного забезпечення. Процеси життєвого циклу програмного забезпечення. Технічне обслуговування (ISO/IEC 14764:2006, IDT) [Чинний від 2016-01-01]. Вид. офіц. Київ, 2016. 45 с.
6. Пацей Н. В., Шиман Д. В., Сухорукова И. Г. Технология разработки программного обеспечения: учеб.-метод. пособие. Минск: БГТУ, 2011. 130 с.
7. Коротун Т. М. Моделі і методи тестування програмних систем. Проблеми програмування. 2007. № 2. С. 76–84.
8. Величко О. М., Грабовський О. В., Гордієнко Т. Б. Особливості застосування V-моделі при розробленні та оцінюванні якості програмного забезпечення засобів вимірювальної техніки. Збірник наукових праць ОДАТРА. 2019. Вип. 1 (14). С. 6–11.
9. Величко О. М., Грабовський О. В., Гордієнко Т. Б. Особливості застосування спіральної моделі для випробувань програмного забезпечення засобів вимірювальної техніки. Збірник наукових праць ОДАТРА. 2019. Вип. 2(15). С. 42–49.
10. Velychko O., Gordiyenko T., Hrabovskyi O. Testing of measurement instrument software on the national level. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. Information and controlling systems. 2018. № 2/9 (92). P. 13–20.
11. Velychko O., Gaman V., Gordiyenko T., Hrabovskyi O. Testing of measurement instrument software with the purpose of conformity assessment. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. Information and controlling systems. 2019. № 1/9 (97). P. 19–26.
12. Velychko O., Hrabovskyi O., Gordiyenko T. Peculiarities of Testing of Measurement Instrument Software in Ukraine. Sensors and Electronics Instrumentation Advances: Proceedings of the 5th International Conference on Sensors Engineering and Electronics Instrumentation Advances (SEIA' 2019), 25-27 September 2019, Adaje, Canary Islands (Tenerife), Spain. P. 241–243.
13. OIML D 31:2008. General Requirements for Software Controlled Measuring Instruments. OIML. Paris, 2008. 53 p.
14. WELMEC 7.1. Informative Document: Development of Software Requirements. WELMEC, 2005. 47 p.
15. WELMEC 7.2. Software Guide (Measuring Instruments Directive 2014/32/EC). WELMEC, 2019. 132 p.
16. WELMEC 2.3. Guide for Examining Software (Non-automatic Weighing Instruments). WELMEC, 2005. 23 p.
17. COOMET R/LM/10:2004. COOMET Recommendation: Software for Measuring Instruments: General Technical Specifications. COOMET. 2004. 10 p.
18. ISO/IEC/IEEE 24748-1:2018. Systems and software engineering. Life cycle management. Part 1: Guidelines for life cycle management. [Valid from 2018-11-01]. ISO/IEC/IEEE, 2018. 72 p.
19. ДСТУ ISO/IEC TS 24748-1:2018. Інженерія систем і програмних засобів. Керування життєвим циклом. Частина 1. Настанови щодо керування життєвим циклом. (ISO/IEC TS 24748-1:2018, IDT). [Чинний від 2018-08-15]. Вид. офіц. Київ, 2018. 72 с.
20. ISO/IEC/IEEE 24748-3:2011. Systems and software engineering. Life cycle management. Part 3: Guide to the application of ISO/IEC 12207 (Software life cycle processes). [Valid from 2011-09-01]. ISO/IEC/IEEE, 2011. 111 p.
21. ДСТУ ISO/IEC TR 24748-3:2016. Інженерія систем і програмного забезпечення. Керування життєвим циклом. Частина 3. Настанова щодо застосування ISO/IEC 12207 (Процеси життєвого циклу програмного забезпечення). (ISO/IEC TR 24748-3:2011, IDT). [Чинний від 2018-01-01]. Вид. офіц. Київ, 2016. 91 с.
22. SWEBOOK. Guide to the Software Engineering Body of Knowledge. Version 3.0. IEEE Computer Society, 2014. 335 p.
23. ISO/IEC/IEEE 15288: 2015. Systems and software engineering. System life cycle processes. [Valid from 2015-05-01]. ISO/IEC/IEEE, 2015. 108 p.
24. ДСТУ ISO/IEC/IEEE 15288:2016. Інженерія систем і програмного забезпечення. Процеси життєвого циклу систем. (ISO/IEC/IEEE 15288:2015, IDT). [Чинний від 2018-01-01]. Вид. офіц. Київ, 2018. 90 с.
25. Бахтизин В. В., Глухова Л. А. Технология разработки программного обеспечения: учеб. пособие. Минск: БГУИР, 2010. 267 с.
26. Software Development Methodology Today. Software Development Strategies and Life-

Cycle Models. URL: <http://www.informit.com/articles/article.aspx?p=605374&seqNum=2>

27. Брауде Э. Технология разработки программного обеспечения. СПб.: Питер, 2004. 655 с.

References

1. ISO/IEC/IEEE 12207:2017. Systems and software engineering. Software life cycle processes. [Valid from 2017-11-01]. ISO/IEC/IEEE, 2017. 145 p.

2. Lavrishcheva K. M. Programna inzheneriya pidruchnyk. Kyiv: NAN Ukrainy, 2008. 319 p.

3. DSTU ISO/IEC/IEEE 12207:2018. Inzheneriya system i programnyh zasobiv. Protcesy zhyttyevogo tsyklu programnyh zasobiv. (ISO/IEC/IEEE 12207:2017, IDT). [Chynnuy vid 2018-08-15]. Vyd. ofits. Kyiv, 2018. 145 p.

4. ISO/IEC 14764:2006. Software Engineering. Software Life Cycle Processes. Maintenance. [Valid from 2006-09-01]. ISO/IEC, 2006. 44 p.

5. DSTU ISO/IEC 14764:2014. Inzheneriya programnogo zabezpechennya. Protcesy zhyttyevogo tsyklu programnogo zabezpechennya. Tekhnichne obslugovuvannya (ISO/IEC 14764:2006, IDT) [Chynnuy vid 2016-01-01]. Vyd. ofits. Kyiv, 2016. 45 p.

6. Patsey N. V., Shyman D. V., Suhorukova I. G. Tekhnologiya razrabotki programnogo obespecheniya: ucheb.-method. posobiye. Minsk: BGTU, 2011. 130 p.

7. Korotun T. M. Modeli i metody tastuvannya programnyh system. Problemy programuvannya. 2007. № 2. P. 76–84.

8. Velychko O. M., Hrabovskyi O. V., Gordiyenko T. B. Osoblyvosti zastosuvannya V-modeli pry rozroblenni ta otsynuvanni yakosti programnogo zabezpechennya zasobiv vymiryuvalnoyi tekhniki. Zbirnyk naukovykh prats ODATRYA. 2019. Vyp. 1 (14). P. 6–11.

9. Velychko O. M., Hrabovskyi O. V., Gordiyenko T. B. Osoblyvosti zastosuvannya spiralnoyi modeli dlya vyprobuvan programnogo zabezpechennya zasobiv vymiryuvalnoyi tekhniki. Zbirnyk naukovykh prats ODATRYA. 2019. Vup. 2 (15). P. 42–49.

10. Velychko O., Gordiyenko T., Hrabovskyi O. Testing of measurement instrument software on the national level. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. Information and controlling systems. 2018. № 2/9 (92).

11. Velychko O., Gaman V., Gordiyenko T., Hrabovskyi O. Testing of measurement instrument software with the purpose of conformity assessment.

Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. Information and controlling systems. 2019. No 1/9 (97).

12. Velychko O., Hrabovskyi O., Gordiyenko T. Peculiarities of Testing of Measurement Instrument Software in Ukraine. Sensors and Electronics Instrumentation Advances: Proceedings of the 5th International Conference on Sensors Engineering and Electronics Instrumentation Advances (SEIA' 2019), 25-27 September 2019, Adaje, Canary Islands (Tenerife), Spain. P. 241–243.

13. OIML D 31:2008. General Requirements for Software Controlled Measuring Instruments. OIML. Paris, 2008. 53 p.

14. WELMEC 7.1. Informative Document: Development of Software Requirements. WELMEC, 2005. 47 p.

15. WELMEC 7.2. Software Guide (Measuring Instruments Directive 2014/32/EC). WELMEC, 2019. 132 p.

16. WELMEC 2.3. Guide for Examining Software (Non-automatic Weighing Instruments). WELMEC, 2005. 23 p.

17. COOMET R/LM/10:2004. COOMET Recommendation: Software for Measuring Instruments: General Technical Specifications. COOMET. 2004. 10 p.

18. ISO/IEC/IEEE 24748-1:2018. Systems and software engineering. Life cycle management. Part 1: Guidelines for life cycle management. [Valid from 2018-11-01]. ISO/IEC/IEEE, 2018. 72 p.

19. DSTU ISO/IEC TS 24748-1:2018. Inzheneriya system i programnyh zasobiv. Keruvannya zhyttyevym tsyklom. Chastyna 1. Nastanovy shchodo keruvannya zhyttyevym tsyklom. (ISO/IEC TS 24748-1:2018, IDT). [Chynnuy vid 2018-08-15]. Vyd. ofits. Kyiv, 2018. 72 p.

20. ISO/IEC/IEEE 24748-3:2011. Systems and software engineering. Life cycle management. Part 3: Guide to the application of ISO/IEC 12207 (Software life cycle processes). [Valid from 2011-09-01]. ISO/IEC/IEEE, 2011. 111 p.

21. DSTU ISO/IEC TR 24748-3:2016. Inzheneriya system i programnogo zabezpechennya. Keruvannya zhyttyevym tsyklom. Chastyna 3. Nastanovy shchodo zastosuvannya ISO/IEC 12207 (Protcesy zhyttyevogo tsyklu programnogo zabezpechennya). (ISO/IEC TR 24748-3:2011, IDT). [Chynnuy vid 2018-01-01]. Vyd. ofits. Kyiv, 2016. 91 p.

22. SWEBOK. Guide to the Software Engineering Body of Knowledge. Version 3.0. IEEE Computer Society, 2014. 335 p.

23. ISO/IEC/IEEE 15288: 2015. Systems and software engineering. System life cycle processes. [Valid from 2015-05-01]. ISO/IEC/IEEE, 2015. 108 p.

24. DSTU ISO/IEC/IEEE 15288:2016. Inzheneriya system i programnogo zabezpechennya. Protsey zhyttyevogo tsyklu system. (ISO/IEC/IEEE 15288:2015, IDT). [Chynnuy vid 2018-01-01]. Vyd. ofits. Kyiv, 2018. 90 p.
25. Bahtizin V. V., Gluhova L. A. Tehnologiya razrabotki programmnogo obespecheniya: ucheb. posobiye. Minsk: BGUIR, 2010. 267 p.
26. Software Development Methodology Today. Software Development Strategies and Life-Cycle Models. URL: <http://www.informit.com/articles/article.aspx?p=605374&seqNum=2>
27. Braude E. Tehnologiya razrabotki programmnogo obespecheniya. SPb.: Piter, 2004. 655 p.

Надійшла до редакції 10.12.2020