

УДК 004.05

А. А. Габер, к.т.н., Є. О. Мазур, Р. А. Алієв, Є. А. Моспан

Державний університет інтелектуальних технологій і зв'язку, м. Одеса

ЕВОЛЮЦІЯ НОРМАТИВНИХ МОДЕЛЕЙ ЯКОСТІ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

У статті здійснено систематизований аналіз еволюції нормативних моделей оцінювання якості програмного забезпечення, представлених у стандартах ISO/IEC 9126, ISO/IEC 14598 та SQuaRE (ISO/IEC 25000–25099). Розкрито структурні особливості моделей, їхні характеристики, принципи формування метрик та методів оцінювання. Особливу увагу приділено сучасній моделі ISO/IEC 25010, що охоплює вісім характеристик і тридцять одну підхарактеристику, а також стандартам ISO/IEC 25023 та ISO/IEC 25040, які визначають вимірювання та процедуру оцінювання якості. Показано значення системи SQuaRE як комплексного методичного підґрунтя для уніфікації вимог, вимірювань і результатів оцінювання ПЗ. Результати дослідження можуть бути використані для побудови інтегральних моделей якості та удосконалення процесів інженерії програмних систем.

Ключові слова: ISO/IEC 9126, ISO/IEC 25010, SQuaRE, якість програмного забезпечення, модель якості, метрики, оцінювання.

А. А. Haber, PhD., E. O. Mazur, R. A. Aliev, E. A. Mospan

EVOLUTION OF NORMATIVE MODELS OF SOFTWARE QUALITY

The article presents an in-depth and systematic examination of the evolution of normative software quality models as defined in the international standards ISO/IEC 9126, ISO/IEC 14598, and the comprehensive SQuaRE framework (ISO/IEC 25000–25099). The study traces how the transition from early, primarily functional criteria of software quality to modern multilayer models has enabled the development of structured, measurable and interoperable approaches to software evaluation. Detailed attention is devoted to the ISO/IEC 25010 quality model, which introduces eight characteristics and thirty-one subcharacteristics, forming a unified conceptual basis for assessing both product quality and quality in use. The article further analyzes the contribution of ISO/IEC 25023, which standardizes quality measurement elements and indicators, as well as ISO/IEC 25040, which specifies a harmonized evaluation process applicable at all stages of the software lifecycle.

The research highlights the central role of the SQuaRE series as a methodological foundation integrating quality models, requirement specification, measurement frameworks, and evaluation procedures into a coherent system. Such integration allows ensuring traceability between requirements, metrics and assessment outcomes, supporting objective decision-making in software engineering practice. The article shows that the evolution of normative models provides opportunities for building domain-adapted, quantitative, and comparable quality assessment systems, particularly relevant for information-measuring technologies, where reliability, performance, safety and compatibility with instrumentation are critical.

The results of the study can be applied in the development of integrated software quality models, refinement of engineering and testing processes, construction of quality requirements, and harmonization of industry standards with modern international approaches. The findings may be useful for researchers, developers, accreditation bodies and organizations seeking to implement standardized methods for evaluating the quality of software products.

Keywords: ISO/IEC 9126, ISO/IEC 25010, SQuaRE, software quality, quality model, metrics, evaluation.

DOI 10.32684/2412-5288-2025-2-27-19-25

Постановка проблеми. Сучасні програмні системи та інформаційно-вимірювальні технології вимагають використання надійних, структурованих і стандартизованих моделей оцінювання якості програмного забезпечення. Підвищення

складності програмних продуктів, посилення вимог до надійності, безпеки, продуктивності та сумісності систем призвели до необхідності створення універсальних нормативних моделей, що дозволяють оцінювати якість на всіх етапах

життєвого циклу ПЗ. Проте різноманітність стандартів, еволюція підходів та відсутність узгодженого інструментарію ускладнюють процес формування єдиної системи оцінки якості.

Проблема поглиблюється тим, що в практиці розробки та експлуатації ІВТ часто використовуються фрагментовані або застарілі моделі якості, які не враховують сучасних характеристик програмних систем, таких як взаємодія з сенсорами, продуктивність у реальному часі, вимоги до безпеки даних та компактність алгоритмів. Це знижує точність оцінювання, унеможливає порівняння результатів, ускладнює прийняття рішень щодо відповідності програмного забезпечення (ПЗ) вимогам стандартів.

Таким чином, актуальною є потреба у систематизації еволюції нормативних моделей якості ПЗ, аналізі їхніх можливостей і недоліків, а також формуванні методичної бази для побудови універсальної моделі оцінювання якості програмних продуктів з урахуванням вимог сучасних міжнародних стандартів.

Аналіз останніх досягнень і публікацій.

Питання стандартизації програмної інженерії та оцінювання якості програмного забезпечення широко досліджуються в міжнародних документах ISO/IEC, а також у працях, присвячених якості, моделюванню й тестуванню ПЗ. Еволюція нормативних моделей розпочалася зі стандарту ISO/IEC 9126, який уперше системно визначив шість характеристик якості ПЗ – функціональність, надійність, ефективність, зручність використання, підтримуваність і портативність [4]. Подальші стандарти ISO/IEC 14598 запропонували методику оцінювання програмного продукту, але не створили власної моделі, спираючись на ISO/IEC 9126 [2].

Суттєвий розвиток отримала система SQuaRE (ISO/IEC 25000–25099), яка об'єднала попередні стандарти та виникла як комплексна основа для оцінювання якості ПЗ, включаючи моделі якості, вимірювання, специфікацію вимог та оцінювання продуктів [1, 3, 5]. Стандарт ISO/IEC 25010 є найактуальнішою моделлю, що охоплює 8 характеристик і 31 підхарактеристику якості програмного продукту та визначає модель якості у використанні.

На додаток до SQuaRE, використовується низка інших документів:

- ISO/IEC 25023, що містить набір метрик для оцінювання якості [6];
- ISO/IEC 25030, який формує вимоги до якості [7];
- ISO/IEC 25040, що описує процеси оцінювання ПЗ [5];
- стандарти ISO/IEC 330xx, які визначають

оцінювання процесів розробки та їх зрілість;

- SWEBOOK, що описує базу знань інженерії ПЗ;
- СММІ, який використовується для оцінювання зрілості організацій.

Незважаючи на велику кількість стандартів, проблема узгодження моделей якості, вибору метрик, адаптації характеристик під доменні системи (зокрема, ІВТ) залишається недостатньо дослідженою, що формує необхідність подальшого аналізу та систематизації нормативних підходів.

Метою статті є систематизація еволюції нормативних моделей якості програмного забезпечення, аналіз структури та взаємозв'язків стандартів серій ISO/IEC 9126, 14598 та SQuaRE (ISO/IEC 25000–25099), а також формування методичних основ для побудови сучасної універсальної моделі оцінювання якості ПЗ. У межах статті розглядаються ключові характеристики, підхарактеристики, метрики та процедури оцінювання, що застосовуються для визначення внутрішньої, зовнішньої якості та якості ПЗ у використанні. Додатковою метою є обґрунтування можливості адаптації моделей ISO/IEC 25010, ISO/IEC 25023 та ISO/IEC 25040 для потреб інформаційно-вимірювальних технологій та галузевих програмних систем.

Виклад основного матеріалу.

Нормативні моделі якості програмного забезпечення пройшли тривалий шлях розвитку: від простих функціональних критеріїв до багатфакторних моделей, що охоплюють як технічні, так і користувацькі характеристики програмного продукту. Еволюція цих моделей відображена у серії міжнародних стандартів ISO/IEC, розроблених з метою уніфікації підходів до оцінювання якості, забезпечення порівнянності результатів та підтримки процесів інженерії ПЗ [1, 11].

Перші спроби формалізувати якість ПЗ зосереджувалися переважно на функціональності та надійності, однак з часом стало очевидним, що якість програмного продукту є багаторівневим поняттям, яке вимагає системного моделювання. Це привело до появи моделі ISO/IEC 9126, що стала фундаментом сучасних стандартів, а згодом – до розроблення комплексної моделі ISO/IEC 25010 у межах сімейства SQuaRE [1, 3].

В таблиці 1 подано ключові етапи еволюції нормативних моделей у взаємозв'язку зі зміною акцентів у галузі інженерії програмного забезпечення.

Еволюція рухалася у напрямі розширення моделі якості та включення процесів вимірювання, оцінювання та специфікації вимог.

Стандарт ISO/IEC 9126-1:2001 сформував

першу уніфіковану модель якості ПЗ, що включала шість характеристик [4]:

1. Функціональність
2. Надійність
3. Зручність використання
4. Ефективність
5. Підтримуваність
6. Портативність

Ця модель стала фундаментом, який використовувався протягом десятиліть. Її перевагою була чітка структура, однак вона не враховувала окремо якість у використанні і мала недостатню деталізацію підхарактеристик.

Стандарт ISO/IEC 14598 доповнив ISO/IEC 9126 методами оцінювання якості, але не створив нової моделі. Він включав процеси оцінювання, критерії відповідності, ролі й документи, вимоги до оцінювачів [2].

Недоліком було те, що ISO/IEC 9126 та 14598 існували окремо, що ускладнювало використання.

У 2005 році ISO об'єднав моделі якості, методи вимірювання та оцінювання в єдину систему SQuaRE – Software Quality Requirements and Evaluation.

SQuaRE охоплює декілька груп стандартів:

- ISO/IEC 2500n – керівні принципи, терміни, загальні положення;
- ISO/IEC 2501n – моделі якості, включаючи ISO/IEC 25010;
- ISO/IEC 2502n – моделі вимірювання (метрики);
- ISO/IEC 2503n – вимоги до якості;
- ISO/IEC 2504n – оцінювання якості [3].

Це дало змогу створити повний цикл – від визначення вимог до оцінювання.

Таблиця 1 – Еволюція моделей якості ПЗ у стандартах ISO/IEC [1–4]

Етап / Стандарт	Основний акцент	Ключові характеристики якості	Недоліки / обмеження
ISO/IEC 9126 (1991–2001)	Внутрішня та зовнішня якість ПЗ	Функціональність, надійність, зручність використання, ефективність, підтримуваність, переносимість	Недостатня деталізація, слабе охоплення якості у використанні
ISO/IEC 14598 (1999–2004)	Процеси оцінювання якості ПО	Методика оцінювання, моделі процесів, критерії	Не містить власної моделі якості; використовує ISO/IEC 9126
ISO/IEC 25000 SQuaRE (з 2005)	Комплексна система управління якістю ПЗ	Якість продукту, якість у використанні, вимірювання, оцінювання, вимоги до якості	Висока складність, значна кількість взаємопов'язаних документів
ISO/IEC 25010:2011	Удосконалена модель якості ПЗ	8 характеристик та 31 підхарактеристика	Потребує адаптації до доменних систем (наприклад, ІВТ)

Стандарт ISO/IEC 25010:2011 є найбільш актуальною моделлю, яка складається з:

1. Моделі якості продукту (Product Quality): 8 характеристик та 31 підхарактеристика, зокрема: функціональна придатність, продуктивність, сумісність, зручність використання, надійність, безпека, підтримуваність, портативність [1].

2. Моделі якості у використанні (Quality in Use): ефективність, задоволеність, контекст застосування, відсутність ризиків.

Ця модель є значно ширшою та структурованою порівняно з ISO/IEC 9126.

Еволюція нормативних моделей має важливе значення для розроблення концептуальної моделі оцінки якості програмного забезпечення, оскільки:

- дозволяє використати встановлені міжнародні критерії,

- забезпечує простежуваність моделі до стандартів ISO/IEC,

- створює можливість вибору релевантних характеристик для ІВТ,

- забезпечує можливість побудови вимірюваних метрик,

- дає теоретичну основу для розробки інтегрального показника якості.

Сімейство міжнародних стандартів ISO/IEC 25000–25099, відоме під назвою SQuaRE (Software Quality Requirements and Evaluation), є сучасною основою для визначення, вимірювання та оцінювання якості програмного забезпечення. Його створено для об'єднання попередніх стандартів ISO/IEC 9126 та ISO/IEC 14598 у єдину комплексну систему, яка охоплює весь життєвий цикл управління якістю ПЗ – від формування вимог до оцінювання результатів [1, 5].

У базових документах SQuaRE визначено структуру стандартизованої діяльності з якості ПЗ, яка включає: моделі якості, вимоги до якості, методи вимірювання, процеси оцінювання, методичні настанови [1, 3].

Стандарти SQuaRE поділяються на п'ять великих груп, кожна з яких має своє функціональне призначення. Їх структура та цілі наведені в

таблиці 2.

Структура SQuaRE гарантує, що оцінювання якості базується на вимогах, вимірюваннях та стандартизованих характеристиках, а не на суб'єктивних судженнях.

У SQuaRE ключове місце займає модель якості ISO/IEC 25010, яку розглянуто у попередньому розділі.

Таблиця 2 – Основні групи стандартів SQuaRE

Група	Приклади стандартів	Призначення	Значення для оцінки якості
ISO/IEC 2500n – Керівні положення	25000 (SQuaRE Guide)	Загальні визначення, принципи, терміни	Формує основу для всієї системи SQuaRE
ISO/IEC 2501n – Моделі якості	25010 (Quality models)	Визначення характеристик якості	Встановлює 8 характеристик і 31 підхарактеристику
ISO/IEC 2502n – Вимірювання (метрики)	25023 (Quality measure elements), 25024, 25020	Метрики для оцінювання внутрішньої, зовнішньої якості та якості у використанні	Забезпечує можливість кількісного вимірювання
ISO/IEC 2503n – Вимоги до якості	25030 (Quality requirements)	Правила формування вимог до якості	Дозволяє правильно описувати якість ПЗ у вимогах
ISO/IEC 2504n – Оцінювання якості	25040 (Evaluation process), 25041	Методики оцінювання програмного продукту	Використовується для аудиту, приймальних випробувань

Цей стандарт визначає:

- модель якості продукту (product quality);
- модель якості у використанні (quality in use);
- загальний словник термінів;
- ієрархію характеристик та підхарактеристик.

У системах ІВТ особливо важливими є характеристики «надійність», «продуктивність», «сумісність» та «безпека» [1, 16].

ISO/IEC 25023 визначає структуровані набори метрик для: внутрішньої якості, зовнішньої якості, якості у використанні.

Метрики поділяються на: елементи вимірювання (measure elements), методи вимірювання (measurement methods), індикатори якості (quality indicators).

Для ІВТ важливі такі метрики:

- точність обчислень (accuracy);
- час реакції системи (response time);
- коефіцієнт відмов (failure rate);
- коректність взаємодії з сенсорами (integration correctness).

Вимоги до якості (ISO/IEC 25030). Цей стандарт регламентує, як формувати вимоги до якості: які властивості повинні бути визначені, якими одиницями вони вимірюються, як встановлювати критерії приймання [7].

У вимірювальних системах це дозволяє правильно визначити вимоги до:

- точності алгоритмів;
- продуктивності;
- сумісності з ЗВТ;
- безпеки вимірювань.

ISO/IEC 25040 визначає чітку процедуру оцінювання:

1. Планування оцінювання
2. Вибір метричних моделей
3. Збір даних
4. Аналіз та інтерпретація
5. Формування висновків

Це є основою для практичного використання SQuaRE при аудитах, тестуванні чи впровадженні ПЗ [5].

В Україні стандарти серії ISO/IEC 25000 офіційно гармонізовані як ДСТУ.

Найважливіші з них:

- ДСТУ ISO/IEC 25000:2016 – Настанова з SQuaRE;
- ДСТУ ISO/IEC 25010:2016 – Моделі якості програмних систем;
- ДСТУ ISO/IEC 25023:2016 – Метрики якості;
- ДСТУ ISO/IEC 25040:2016 – Оцінювання програмних продуктів.

Вони можуть використовуватись без змін структури у наукових роботах та в індустрії.

Серія SQuaRE забезпечує: повну методологічну основу для оцінювання якості ПЗ; можливість побудови власних інтегральних моделей; системний підхід до вимірювання показників; зв'язок між вимогами, моделями та оцінюванням; стандартизовані терміни і визначення, що важливо для наукових досліджень; узгодження результатів оцінювання з міжнародними нормами.

Окрім серії SQuaRE (ISO/IEC 25000–25099), існує низка інших міжнародних стандартів і методичних документів, що використовуються для оцінювання якості ПЗ, побудови процесів інженерії програмних систем та забезпечення відповідності програмного продукту встановленим вимогам. Ці документи або передають SQuaRE, або доповнюють його, створюючи комплексну нормативно-методичну базу для управління якістю програмного забезпечення [1–3, 8].

Вони охоплюють різні сфери:

- оцінювання програмних продуктів;

- оцінювання процесів розробки;
- вимоги до програмних пакетів;
- модель компетентностей інженерії ПЗ;
- управління ризиками та аудит якості;
- управління проектуванням та методологіями розробки.

Стандарти ISO/IEC 14598 (1999–2004) являють собою основу для оцінювання програмного забезпечення до появи SQuaRE. Вони містять процеси, ролі й методики оцінювання якості.

Основні частини серії:

- ISO/IEC 14598-1 – Загальний огляд та концепції;
- ISO/IEC 14598-3 – Процес оцінювання;
- ISO/IEC 14598-5 – Оцінювання програмних пакетів;
- ISO/IEC 14598-6 – Оцінювання процесів і продукції організації.

Хоча сьогодні їх замінено документами SQuaRE, у практиці інженерії ПЗ вони й досі використовуються, оскільки містять чіткі процедури оцінювання [2, 5].

Таблиця 3 – Порівняння підходів ISO/IEC 14598 та ISO/IEC 25040 [2, 3, 5]

Критерій	ISO/IEC 14598	ISO/IEC 25040
Призначення	Оцінювання програмних продуктів	Оцінювання відповідно до SQuaRE
Модель якості	Використовує ISO/IEC 9126	Використовує ISO/IEC 25010
Процес	Складний, розбитий на частини	Уніфікований, стандартизований
Статус	Замінений, але використовуваний	Актуальний

Стандарт ISO/IEC 12119:1994 описує вимоги до програмних пакетів (off-the-shelf software) та методи їх випробувань. Він встановлює: мінімальні функціональні вимоги; вимоги до документації; правила приймання; особливості тестування готових ПЗ-продуктів.

Стандарт часто застосовувався для комерційного ПЗ, проте його принципи можуть бути використані й у вимірювальних системах для перевірки пакетних модулів чи ПЗ сторонніх виробників [10].

Серія ISO/IEC 330xx є сучасним аналогом моделі SPICE (Software Process Improvement and Capability Determination).

Вона визначає моделі оцінювання процесів, рівні зрілості, критерії якості процесів розроблення ПЗ [11].

У поєднанні з ISO/IEC 25010 стандарти 330xx дають можливість оцінити не лише продукт, а й процес його створення, що є важливим для інженерії якості.

Процеси – це фундамент, продукт – прояв якості, якість у використанні – кінцевий результат для користувача.

SWEBOK – Software Engineering Body of

Knowledge (IEEE Computer Society) є міжнародним стандартом, що визначає ключові області знань інженерії ПЗ, кращі практики, компетентності спеціалістів.

У розділах SWEBOK значна увага приділяється:

- забезпеченню якості (Quality Assurance);
- вимірюванню ПЗ (Software Measurement);
- тестуванню ПЗ (Software Testing);
- управлінню ризиками.

SWEBOK не є нормативним документом у класичному сенсі, але служить методичною базою при формуванні моделей якості [12].

Модель CMMI (Capability Maturity Model Integration) широко використовується у промисловості для оцінювання рівня зрілості організації, що займається розробкою ПЗ.

Система включає 5 рівнів:

- 1 – Initial;
- 2 – Managed;
- 3 – Defined;
- 4 – Quantitatively Managed;
- 5 – Optimizing.

Згідно з CMMI, вищий рівень зрілості забезпечує меншу кількість дефектів, стабільніший

процес виробництва ПЗ і вищу якість кінцевого продукту [6].

Оскільки жоден стандарт не є універсальним, допоміжні документи використовуються для формування цілісної нормативно-методичної бази.

Висновки

У статті проведено системний аналіз еволюції міжнародних стандартів, спрямованих на формування, вимірювання та оцінювання якості програмного забезпечення. Показано, що розвиток нормативних моделей – від ISO/IEC 9126 до SQuaRE – є логічним переходом до комплексної, багаторівневої та вимірюваної системи якості ПЗ. Модель ISO/IEC 25010 розглядається як сучасна основа для побудови інтегральних моделей оцінювання, що забезпечують узгодженість критеріїв, можливість формування метрик і стабільність результатів.

Виявлено, що стандарти SQuaRE надають повний методологічний інструментарій для оцінювання якісних характеристик, але потребують адаптації до специфічних сфер, таких як інформаційно-вимірювальні системи, де важливими є сумісність з сенсорами, стабільність алгоритмів і технічна надійність. Результати аналізу можуть бути використані для розроблення власних інтегральних моделей оцінювання якості ПЗ, а також для вдосконалення процесів інженерії програмних систем.

Список використаних джерел

1. ДСТУ ISO/IEC 25010:2016 Інженерія систем і програмних засобів. Вимоги до якості систем і програмних засобів та її оцінювання (SQuaRE). Моделі якості системи та програмних засобів (ISO/IEC 25010:2011, IDT) URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=69134.
2. ДСТУ ISO/IEC 14598-1:2004 Інформаційні технології. Оцінювання програмного продукту. Частина 1. Загальний огляд (ISO/IEC 14598-1:1999, IDT) URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=67751.
3. ДСТУ ISO/IEC 25000:2016 Інженерія систем і програмних засобів. Вимоги до якості систем і програмних засобів та її оцінювання (SQuaRE). Настанова до SQuaRE (ISO/IEC 25000:2014, IDT) URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=69132.
4. ISO/IEC 9126-1:2001 Software engineering — Product quality — Part 1. URL: <https://www.iso.org/standard/22749.html>.
5. ДСТУ ISO/IEC 25040:2016 Інженерія систем і програмних засобів. Вимоги до якості систем і програмних засобів та її оцінювання (SQuaRE). Процес оцінювання (ISO/IEC 25040:2011, IDT) URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=69140.
6. ДСТУ ISO/IEC 25023:2019 Інженерія систем і програмних засобів. Вимоги до якості систем програмних засобів та їхнього оцінювання (SQuaRE). Вимірювання якості систем та програмних продуктів (ISO/IEC 25023:2016, IDT) URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=85793.
7. ISO/IEC 25030:2019 Systems and software engineering — Systems and software quality requirements and evaluation (SQuaRE) — Quality requirements framework URL: <https://www.iso.org/ua/standard/72116.html>.
8. ДСТУ ISO/IEC 33001:2016 Інформаційні технології. Оцінювання процесу. Поняття та термінологія (ISO/IEC 33001:2015, IDT) URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=69107.
9. ДСТУ ISO/IEC 12119:2003 Інформаційні технології. Пакети програм. Тестування і вимоги до якості (ISO/IEC 12119:1994, IDT) URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=62522.
10. ISO/IEC 33020:2019 Information technology — Process assessment — Process measurement framework for assessment of process capability. URL: <https://www.iso.org/ua/standard/78526.html>.
11. IEEE Computer Society. SWEBOK — Software Engineering Body of Knowledge, 2014. URL: <https://www.computer.org/education/bodies-of-knowledge/software-engineering#evolving>.
12. CMMI Institute. Capability Maturity Model Integration (CMMI) for Development, Version 1.3. URL: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/922687/CMMI_for_development_.pdf.
13. ISO/IEC 25022:2016 Systems and software engineering — Systems and software quality requirements and evaluation (SQuaRE) — Measurement of quality in use. URL: <https://www.iso.org/standard/35746.html>.
14. ISO/IEC 25024:2015 Systems and software engineering — Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) — Measurement of data quality. URL: <https://www.iso.org/standard/35749.html>.
15. ДСТУ ISO/IEC 25020:2016 Інженерія систем і програмних засобів. Вимоги до якості систем і програмних засобів та її оцінювання (SQuaRE). Рамкова модель і настанова щодо ви-

мірювання (ISO/IEC 25020:2007, IDT) URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=69136.

16. Смагіна О. О. Якість програмного забезпечення та тестування : навч. посіб. до вивчення дисц. для студ. спец. 121 – „Інженерія програмного забезпечення”/ О. О. Смагіна, С. О. Переяславська; Держ. закл. „Луган. нац. ун-т імені Тараса Шевченка”. – Старобільськ : ДЗ „ЛНУ імені Тараса Шевченка”, 2021. 286 с. URL: <https://dspace.luguniv.edu.ua/xmlui/bitstream/handle/123456789/7510/2021.pdf?sequenc>.

References

1. DSTU ISO/IEC 25010:2016 Inzheneriya system i proqramnykh zasobiv. Vymohy do yakosti system i proqramnykh zasobiv ta yiyi otsinyuvannya (SQuaRE). Modeli yakosti systemy ta proqramnykh zasobiv (ISO/IEC 25010:2011, IDT). URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=69134.

2. DSTU ISO/IEC 14598-1:2004 Informa-tsiyni tekhnolohiyi. Otsinyuvannya proqramnoho produktu. Chastyna 1. Zahal'nyy ohlyad (ISO/IEC 14598-1:1999, IDT). URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=67751.

3. DSTU ISO/IEC 25000:2016 Inzheneriya system i proqramnykh zasobiv. Vymohy do yakosti system i proqramnykh zasobiv ta yiyi otsinyuvannya (SQuaRE). Nastanova do SQuaRE (ISO/IEC 25000:2014, IDT). URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=69132.

4. ISO/IEC 9126-1:2001 Software engineering — Product quality — Part 1. URL: <https://www.iso.org/standard/22749.html>.

5. DSTU ISO/IEC 25040:2016 Inzheneriya system i proqramnykh zasobiv. Vymohy do yakosti system i proqramnykh zasobiv ta yiyi otsinyuvannya (SQuaRE). Protses otsinyuvannya (ISO/IEC 25040:2011, IDT). URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=69140.

6. DSTU ISO/IEC 25023:2019 Inzheneriya system i proqramnykh zasobiv. Vymohy do yakosti system proqramnykh zasobiv ta yikhnoho otsinyuvannya (SQuaRE). Vymiryuvannya yakosti system ta proqramnykh produktiv (ISO/IEC 25023:2016, IDT). URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=85793.

7. ISO/IEC 25030:2019 Systems and software engineering — Systems and software quality requirements and evaluation (SQuaRE) — Quality requirements framework URL: <https://www.iso.org/ua/standard/72116.html>.

8. DSTU ISO/IEC 33001:2016 Informatsiyni tekhnolohiyi. Otsinyuvannya protsesu. Ponyattya ta terminolohiya (ISO/IEC 33001:2015, IDT). URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=69107.

9. DSTU ISO/IES 12119:2003 Informatsiyni tekhnolohiyi. Pakety proqram. Testuvannya i vymohy do yakosti (ISO/IES 12119:1994, IDT). URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=62522.

10. ISO/IEC 33020:2019 Information technology — Process assessment — Process measurement framework for assessment of process capability. URL: <https://www.iso.org/ua/standard/78526.html>.

11. IEEE Computer Society. SWEBOK — Software Engineering Body of Knowledge, 2014. URL: <https://www.computer.org/education/bodies-of-knowledge/software-engineering#evolving>.

12. CMMI Institute. Capability Maturity Model Integration (CMMI) for Development, Version 1.3. URL: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/922687/CMMI_for_development_.pdf.

13. ISO/IEC 25022:2016 Systems and software engineering — Systems and software quality requirements and evaluation (SQuaRE) — Measurement of quality in use. URL: <https://www.iso.org/standard/35746.html>.

14. ISO/IEC 25024:2015 Systems and software engineering — Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) — Measurement of data quality. URL: <https://www.iso.org/standard/35749.html>.

15. DSTU ISO/IEC 25020:2016 Inzheneriya system i proqramnykh zasobiv. Vymohy do yakosti system i proqramnykh zasobiv ta yiyi otsinyuvannya (SQuaRE). Ramkova model' i nastanova shchodo vymiryuvannya (ISO/IEC 25020:2007, IDT). URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=69136.

16. Smahina O. O. Yakist proqramnoho zabezpechennia ta testuvannia : navch. posib. do vyvchennia dysts. dlia stud. spets. 121 – „Inzheneriia proqramnoho zabezpechennia”/ O. O. Smahina, S. O. Pereias-lavska; Derzh. zacl. „Luhans. nats. un-t imeni Tarasa Shevchenka”. – Starobilsk : DZ „LNU imeni Tarasa Shevchenka”, 2021. 286 s. URL: <https://dspace.luguniv.edu.ua/xmlui/bitstream/handle/123456789/7510/2021.pdf?sequenc>.

Надійшла до редакції 11.08.2025