

УДК 004.415.5

О. Харченко¹, канд. техн. наук; В.Яцишин²

¹Національний авіаційний університет

²Тернопільський державний технічний університет імені Івана Пулюя

РОЗРОБКА ТА КЕРУВАННЯ ВИМОГАМИ ДО ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НА ОСНОВІ МОДЕЛІ ЯКОСТІ

Проведено аналіз сучасних технологій проектування та керування вимогами до програмного забезпечення (ПЗ). Виявлено ряд переваг та недоліків розглянутих технологій, в результаті цього здійснено опис та постановку проблем етапу формулювання вимог. Запропоновано підхід, що базується на використанні моделі якості до програмних систем (ПС), який в більш повному спектрі розв'язує задачі розробки та керування вимогами.

Ключові слова: вимоги до програмного забезпечення, керування вимогами, модель якості, технології формулювання вимог.

O. Kharchenko, V. Yatsyshyn

DEVELOPMENT AND MANAGEMENT OF REQUIREMENTS TO SOFTWARE BASED ON MODEL OF QUALITY

Analysis of modern technologies to development and management requirements of software has been carried out in order to detect their advantages and disadvantages. Results of this analysis are describe and certainly problems which touch to stage of formulation requirements to software. In article was proposed formulate requirements to software on method which based on use of model of quality. This method will be better dedicate problems on the stage of formulation requirements to program product.

Key words: software requirements, management of requirements, quality model, technologies of formulation of requirements.

Вступ

Технології побудови програмних систем потребують детальнішого дослідження та вдосконалення, оскільки вартість програмних проектів є досить високою, а конкуренція на ринку ПС зростає. З огляду на це, фірмам-розробникам потрібно забезпечувати належну якість програмних продуктів, що, в свою чергу, вимагає забезпечення якості процесів на всіх етапах життєвого циклу.

Досить важливим та необхідним є забезпечення якості на етапі розробки вимог до ПС, оскільки вимоги є базою для планування та розробки проекту, управління ризиками, атестації та сертифікації системи.

На сучасному етапі розвитку програмної індустрії, при формулюванні вимог використовують ряд технологій. Основними з них є: технологія, яка використовує рекомендації стандарту IEEE 830, структурна та об'єктно-орієнтована. Дані технології мають ряд недоліків, основним з яких є відсутність формалізованого апарату представлення вимог, який дозволив би адекватно та однозначно відобразити потреби замовника ПС на вимоги.

Наслідком відсутності такого апарату при розробці вимог є неоднозначність трактувань сформульованих вимог різними сторонами, що беруть участь в проекті, високий ступінь впливу суб'єктивних факторів, що призводить до негативних результатів на наступних стадіях розробки.

У статті наведено аналіз технологій формулювання вимог до ПС та запропоновано використовувати апарат, що базується на моделі якості [1]. Даний підхід дозволяє отримати однозначне, формалізоване відображення потреб замовника у

вимоги до ПС та представити вимоги у вигляді характеристик якості, атрибутів та метрик, необхідних для перевірки їх виконання.

1. Тракткування вимог до ПС

Перш ніж перейти до побудови обґрунтованої процедури визначення вимог та їх зв'язку з потребами до ПС, необхідно дати означення терміну «вимоги». Крім того, слід навести властивості, якими повинна володіти технологія формулювання вимог. В науковій літературі і на практиці використовують декілька різних означень цього терміну [2-7]. Найбільш прийнятними для дослідження, означених в статті проблем, є наступні. В [2] вимоги означені як: «зовнішні специфікації конкретних потреб, яким ПС повинна задовільняти». В SWEBOOK [3] вимоги до ПС визначені як: «в загальному випадку, вимоги до ПС – це властивості, які має показувати ПС для розв'язання потрібних задач».

Оскільки вимоги характеризуються як властивості, необхідно визначити міри цих властивостей та їх категорії. Зазвичай, зокрема в [2], вимоги поділяють на дві групи: функціональні та нефункціональні. Функціональні вимоги призначені для опису функцій та задач, які повинна виконувати ПС. Нефункціональні вимоги задають обмеження при виконанні функцій програмною системою. Крім того, нефункціональні вимоги характеризують вимоги до якості виконання функцій.

Для представлення функціональних вимог використовується ряд формалізованих процедур, які повністю задовольняють всіх учасників процесу розробки ПС [5-7]. Для представлення вимог якості такий інструментарій відсутній, тому далі дослідження стосуються лише вимог якості. Приведемо деякі означення якості ПС.

Якість – сукупність характеристик об'єкта (зовнішньої сутності), які відносяться до здатності задовільнити потреби замовника [1]. Потреби замовника включають в себе такі, що явно задані, і ті, що є загальноприйнятими для вузькоспеціалізованого середовища, але не завжди очевидними розробникам. Виходячи з такого трактування, вимоги до якості ПС можна представити у вигляді набору характеристик та зв'язків між ними, що, в свою чергу, становить модель якості. Модель якості є основою для специфікації вимог якості та її оцінювання [1], тобто дані вимоги доцільно виражати в термінах характеристик якості програмного продукту.

Оскільки, вимоги до якості ПС використовуються на різних етапах життєвого циклу ПС різними категоріями учасників процесу розробки, то їх формулювання повинні задовольняти певним вимогам [2]:

- вимоги повинні бути зрозумілими та формалізованими;
- вимоги повинні бути об'єктивними і вимірюваними;
- вимоги повинні містити критерії оцінювання.

Проведемо аналіз технологій формулювання вимог до ПС на відповідність наведеним критеріям.

2. Аналіз існуючих технологій формулювання вимог

2.1. Технологія, що базується на використанні рекомендацій стандарту IEEE\ANSI 830

Для забезпечення процесу формулювання вимог до ПС, розроблено стандарт [4], в якому задана структура і зміст розділів специфікацій вимог, які поділяють на два типи: загальні вимоги, або С-вимоги, та детальні вимоги, або – D-вимоги. Вимоги замовника подаються, як загальний опис компонентів та функцій ПС. В детальних вимогах передбачено декларування вимог до декількох властивостей ПС, які можна віднести до характеристик якості. В загальному випадку, структура та зміст розділів специфікації вимог, згідно зі стандартом IEEE\ANSI 830, є ієрархічним

слабоформалізованим деревом. У таблиці 1 наведено основні розділи [4], на основі яких формулюється специфікація вимог до ПС.

Таблиця 1 – Характеристики розділів стандарту IEEE\ANSI 830

Розділ стандарту IEEE\ANSI 830	Короткий опис
Вступ	Містить мету створення програмної системи, визначає область застосування, перелік термінів, означень і скорочень, що використовуються при проектуванні системи
Загальний опис	Описують перспективи програмного продукту, тобто попередньо визначають системні, програмні, апаратні та комунікаційні інтерфейси, висувають вимоги до адаптації, операцій та обмежень ПС, визначають функції ПС, користувацькі характеристики і т.п..
Детальні вимоги	Визначають вимоги до інтерфейсів, функції ПС, вимоги до продуктивності, атрибути, якими характеризують систему.
Супроводжувальна документація	Містить специфікацію вимог та перелік документації, на основі якої здійснювали проектування вимог до ПС.

При використанні даної технології виникає ряд проблем, пов'язаних із представленням вимог. Основним з недоліків є відсутність повного набору характеристик якості та формалізованих означень характеристик. Це робить неможливим повне та адекватне відображення потреб в ПС на вимоги, а також призводить до неоднозначного трактування термінів різними учасниками процесу розробки.

Крім того, у стандарті відсутні рекомендації щодо вибору атрибутів та метрик, з допомогою яких можна було б оцінити міру задоволення вимог. Враховуючи вище перелічені недоліки, бачимо, що технологія, базована на [4], не задовольняє вимоги, сформульовані в п.1, хоча і використовується при розробці невеликих проектів [5].

2.2. Технологія, базована на використанні шаблонів

При проектуванні вимог до ПС ряд фірм-розробників використовують спеціальні шаблони та мову, що дозволяє формалізувати потреби до ПС та розділити описову структуру і дані при їх заповненні [6,7]. Перевагою даного підходу, відносно технології, базованої на рекомендаціях IEEE 830, є те, що методика використання шаблонів та відповідної мови дозволяє суттєво формалізувати процес формулювання та представлення вимог, а це, в свою чергу, робить її більш гнучкою та прийнятною. Особливо важливо це при внесенні змін у вимоги. Використовуючи шаблони при формулюванні вимог, необхідно визначити та зарезервувати перелік слів або фраз, які б однозначно трактувались як стороною замовника, так і стороною розробника. Якщо це зроблено, тобто узгоджено мову для формулювання вимог, тоді спосіб, а відповідно й засіб трактування вимог, стає досить гнучким. Для прикладу, якщо зарезервувати слово «повинен» та його інтерпретації, то спосіб формулювання вимоги буде мати наступний вигляд: «Система <повинна> опис можливостей системи».

В даному випадку використовується спеціальна мова, що представляє собою набір зарезервованих та узгоджених фраз. Аналізуючи вище наведений приклад, можна виділити певну структуру та порядок слів при формулюванні вимог. Структурований порядок слів та спеціальна мова формують шаблон, що застосовується в проекті при розробці вимог до ПС. Вимоги з обмеженням також можна представляти у вигляді шаблонів. Опишемо, для прикладу, шаблон, що характеризує швидкість реакції web-

сайту щодо запиту користувача. В загальному випадку, він буде описуватись наступним чином: «Система <повинна> <виконувана функція> <не більше> значення <одиниці вимірювання>». В конкретному заданому прикладі шаблон буде мати вигляд: «Система повинна відреагувати на запит користувача не більше ніж через 2 с».

До недоліків вище наведеного підходу слід віднести те, що він є не стандартизованим, тобто кожен розробник на свій розсуд конструює шаблони і вводить суб'єктивну класифікацію даних. З цього випливає, що технологія шаблонів обмежує взаємодію між різними розробниками, а також говорить про відсутність загальноприйнятої, уніфікованої форми реалізації шаблонів та мови для їхнього заповнення даними. Крім того, суттєвим недоліком є складність відображення вимог якості до ПС в структурі шаблону та його неоднозначність. При використанні даної технології досить важко оцінити ступінь задоволення вимог якості ПС при їх атестації та сертифікації, оскільки відсутні загальні рекомендації щодо вибору метрик та атрибутів. Одним із факторів, який негативно позначається на проекті при використанні підходу шаблонів є те, що шаблони не універсальні, тобто для кожного нового проекту слід розробляти нові шаблони, а це суттєво відбивається на вартості програмного продукту.

2.3. Технологія використання діаграм

Серед існуючих підходів, які використовуються для проектування вимог, потрібно відзначити такі, що базуються на системному моделюванні та формалізованих методах розробки вимог [5]. Системне моделювання використовує структурний та об'єктно-орієнтований підходи. Засобами структурного проектування вимог виступають діаграми потоків даних, діаграми «сутність-зв'язок», діаграми стану. Для об'єктно-орієнтованого підходу характерно графічне моделювання з використанням UML-діаграм. При формулюванні вимог з допомогою об'єктно-орієнтованого підходу, найчастіше використовують діаграми класів та Use-case діаграми.

Застосування як структурного, так і об'єктно-орієнтованого підходу дозволяє відобразити лише функціональність ПС, але в них відсутній інструментарій для представлення вимог якості та обмежень, що суттєво звужує область їх застосування.

3. Проектування вимог до ПС з використанням моделі якості

Виходячи з того, що ПС є компонентом інформаційної системи (ІС), то вимоги до ІС, згідно з концепцією стандартів ISO/IEC 25010-25030, повинні бути перетворені в функціональні вимоги та вимоги якості до ПС. В стандарті [1] визначено три типи якості, внаслідок цього їм у відповідність можна визначити три типи вимог якості:

- **вимоги до зовнішньої якості**, що визначають необхідний рівень якості із зовнішньої точки зору. Вони включають вимоги, отримані з потреб користувача ПС до якості.
- **вимоги до якості у використанні** – визначають рівень зручності використання ПС, отримані з потреб користувача інформаційної системи.
- **вимоги до внутрішньої якості** визначають рівень необхідної якості з внутрішньої точки зору на продукт. Ці вимоги використовуються для означення властивостей проміжних продуктів, включаючи статичні та динамічні моделі, інші документи та коди.

Вимоги, що висуваються до вимог якості, повинні інтерпретуватись та задовольняти властивостям, що описані і п.1.

Для специфікації вимог з такими властивостями пропонується використати модель якості ПС. Модель якості [1] включає шість внутрішніх та зовнішніх характеристик якості, а також чотири характеристики якості у використанні. В стандарті [1] визначені також підхарактеристики та метрики. Атрибути підхарактеристик визначаються, виходячи із специфіки предметного середовища. Таке представлення вимог дозволяє повно та адекватно відобразити потреби користувача на сукупність стандартизованих компонентів.

Вимоги до ПС, сформульовані в термінах моделі якості, можна представити у вигляді моделі, що наведена в [8]:

$$R_i = \{C_i \{P_{ij} \{A_{js} (M_{js})\}\}\} j \in J, i \in I, s = 1, 2, \dots, n, \quad (1)$$

де R_i - вимоги до ПС;

C_i - стандартизована характеристика якості;

P_{ij} - j -та підхарактеристика, i -ої характеристики;

A_{js} - s -ий атрибут, j -ої характеристики;

M_{js} - метрика атрибута, вибрана з переліку стандартизованих.

Вимоги, сформульовані у довільному текстовому вигляді, можна відобразити на модель (1). При такому відображенні потреб замовника на елементи моделі вимоги до ПС стають формалізованими. Оскільки (1) можна представити у вигляді деревовидної структури, тобто ієрархії характеристик, підхарактеристик, атрибутів та метрик, тоді вимоги записані у певному текстовому вигляді з допомогою асоціативних правил структурують. Зобразимо модель (1) у вигляді наступної ієрархічної схеми.

$$\begin{array}{c}
 C = \{C_1, C_2, \dots, C_n\} \\
 \downarrow \qquad \qquad \qquad \downarrow \\
 P_1 = \{P_{11}, P_{12}, \dots, P_{1k}\} \qquad P_n = \{P_{n1}, P_{n2}, \dots, P_{nk}\} \\
 \downarrow \downarrow \qquad \qquad \qquad \downarrow \downarrow \\
 A_1 = \{A_{11}, A_{12}, \dots, A_{1k}\} \qquad A_n = \{A_{n1}, A_{n2}, \dots, A_{ns}\} \\
 \downarrow \downarrow \downarrow \qquad \qquad \qquad \downarrow \downarrow \downarrow \\
 \{M_{11}, M_{12}, \dots, M_{1k}\} \dots \dots \dots \{M_{n1}, M_{n2}, \dots, M_{ns}\}
 \end{array} \quad (2)$$

Вершиною ієрархії є C_1, \dots, C_n – стандартизовані характеристики, на нижчому рівні показано $\{P_{ij}\}$ – множини підхарактеристик, $\{A_{jm}\}$ – множина атрибутів підхарактеристик, які вибрані з врахуванням специфіки предметної області, M_{jm} – відповідні метрики, які можуть вибиратися із стандартизованого переліку.

Для відображення вимог $\{R_i\}$ на елементи моделі (1) можна використати аналог асоціативного алгоритму класифікації на схемі (2). Для цього беремо деяку вимогу R_i , аналізуємо її, перевіряючи належність одній з множин A_m , тобто $R_i \in A_m$. Якщо ця належність вірна, то переходимо на рівень A_m і знаходимо відповідну підхарактеристику P_j , після цього визначаємо приналежність до відповідної характеристики C_i . Сукупність $(C_i, P_j, A_{jm}, M_{jm})$ і дасть стандартизоване представлення вимоги R_i . Уточнення належності $R_i \in A_m$ можна проводити за аналізом метрики M_m .

Крім того, при класифікації вимог можна використовувати ієрархічні методи, які базуються на дивізимних та агломеративних алгоритмах. Як асоціативні, так і ієрархічні методи класифікації дають приблизно одну і ту ж точність при відображенні потреб замовника на модель якості (1).

4. Порівняльне оцінювання технологій формулювання вимог

Для того, щоб об'єктивно оцінити недоліки та переваги розглянутих технологій формулювання вимог та визначити області найбільш ефективного їх використання, було проведено експертне оцінювання технологій. За базові критерії оцінювання були взяті метрики вимог якості до ПС стандарту [IEEE 982.2-1998].

Критеріями оцінювання вимог, згідно з [8], є метрики, які згруповані в чотири категорії:

- метрики якості вимог;
- метрики ефективності перевірки вимог;
- метрики ефективності процесу аналізу вимог;

- метрики повноти вимог.

До складу метрик якості вимог включено вимірні критерії, які характеризують однозначність вимог, їх повноту, тестованість, простежуваність, пріоритетність, елементарність та узгодженість.

Критерій ефективності перевірки вимог характеризується кількістю пропущених або дефектних вимог, що знаходять за кожну годину перевірки.

Метрики ефективності процесу аналізу вимог визначаються вартісними показниками, які включають в себе загальну вартість, критичну вартість та швидкість маніпулювання вимогами.

Метрики повноти вимог характеризують ступінь та можливість маніпулювання вимогами після завершення етапу збору вимог.

Для заданого набору критеріїв оцінювання було проведено експертне оцінювання технологій. Крім того, для кількісного відображення експертних висновків щодо вище розглянутих технологій була прийнята шкала нечіткого оцінювання, яка наведена у вигляді таблиці 2.

Таблиця 2 – Шкала нечіткого оцінювання (шкала порядку)

Діапазон балів	Нечітке трактування
0-2	Незадовільно
3-5	Задовільно
6,7	Добре
8,9	Відмінно

На основі аналізу метрик було вибрано найбільш важливі та ті, які суттєво залежать від технологій. Вибрані метрики відображені в таблиці 3. Результати порівняння технологій, які отримані шляхом оцінювання незалежною групою експертів в складі 10 чоловік, представлені також в таблиці 3.

Таблиця 3 – Кількісне представлення порівняння технологій формулювання вимог

№ п/п	Метрики	Технології проектування вимог		
		Технологія, базована на стандарті IEEE 830	Технологія з використанням шаблонів	Технологія, базована на використанні моделі якості
1	Однозначність	3	6	9
2	Завершеність	5	5	9
3	Тестованість	7	7	8
4	Елементарність	3	6	9
5	Швидкість зміни	8	4	6
6	Швидкість видалення	8	4	8
7	Швидкість додавання	7	4	8
Інтегральний показник		0,65	0,57	0,90

Інтегральний показник обчислювався як зважена сума за формулою

$$I = \frac{1}{n \cdot b} \sum_{i=1}^n (W_i \cdot M_i), \quad (3)$$

де I - інтегральний показник оцінювання вимог;

W_i - вагові множники, які визначаються експертним шляхом для кожної з метрик;

M_i - величина метрики, яка оцінена експертами;

n ($n = 7$) - загальна кількість оцінюваних метрик;

b ($b = 9$) - максимальний бал, що визначається шкалою, обраною для оцінювання.

В наведеній вище таблиці 2 вагові множники при визначенні інтегрального показника були прийняті рівними одиниці. В реальних умовах їх величина коливається в межах від 0 до 1, оскільки це зумовлено технологіями проектування ПС та специфікою предметної області.

Як видно з результатів проведеного оцінювання технологій та величини інтегрального показника якості вимог до ПС, кращою технологією є технологія, що базується на використанні моделі якості.

Дана технологія найбільш ефективна, оскільки в ній для представлення вимог використовується широкий спектр стандартизованих характеристик, які однозначно та в повному обсязі дозволяють описати вимоги. Крім того, в моделі якості передбачено ряд метрик, які дозволяють кількісно оцінити вимоги. Виходячи з вищенаведеного, можна зробити висновок про те, що модель якості є досить потужною технологією, яка на достатньо високому рівні задовольняє потреби учасників розробки ПС при формулюванні та оцінюванні якості вимог.

При використанні технології, що базується на стандарті IEEE 830, ефективність становить 65%. Дана технологія краще за інші дозволяє швидко внести зміни у вимоги. Але при оцінюванні за іншими критеріями вона має ряд недоліків. Зокрема, дуже велика ймовірність неоднозначного трактування вимог при використанні стандарту [4], що призводить до конфліктних ситуацій при атестації та здачі в експлуатацію ПС, а це призводить до збільшення затрат часу та вартості реалізації програмного продукту. Крім того, неможливо об'єктивно оцінити фазу завершеності формулювання вимог, оскільки вимоги при використанні даної технології, зазвичай, носять неелементарний характер, тобто вони є складеними.

Технології, що базується на використанні шаблонів, притаманна деяка неоднозначність, оскільки кожна фірма-розробник використовує для формулювання вимог свої шаблони, які не є стандартизованими та загальноприйнятими. Але шаблони дозволяють більш однозначно та чітко відобразити вимоги, ніж технологія, яка базується на [4].

Висновки

З проведеного аналізу випливає, що при проектуванні ПС використовується ряд технологій розробки вимог, відмінних, як за засобами представлення вимог, так за властивостями їх формулювань. Виходячи із рекомендованого стандартом [1] поділу на функціональні та вимоги якості, а також властивостей їх представлень, найбільш прийнятним є технологія, яка базується на використанні моделі якості. В цій технології вимоги формулюються в термінах стандартизованих характеристик якості, а також містять атрибути та стандартизовані метрики. Сформульовані таким чином вимоги є об'єктивними, формалізованими, вимірюваними, містять критерії та метрики оцінювання. Суттєвою перевагою такого представлення вимог є те, що вони можуть бути прямо використані при атестації та сертифікації ПС.

Література

1. ISO/IEC 25010. Software Engineering – product quality. Quality model.
2. Applying ISO/IEC 9126-1 Quality model to quality requirements./ Motoei Azuma// Proceedings ESCOM, 2001.
3. IEEE Computer Society, Software Engineering Body of Knowledge, IEEE CS, 2001.
4. IEEE Std 830-1993, IEEE Recommended Practice for Software Requirements Specifications (ANSI).
5. Технология разработки программного обеспечения./ Брауде Е.// СПб.: Питер, 2004. – 655 с.
6. Разработка требований к программному обеспечению/ Карл Вигерс//Пер. с англ. – М.: Издательско-торговый дом «Русская Редакция», 2004. -576с.
7. Requirements Engineerig/ Elizabeth Hull, Ken Jackson, Jeremy Dick. // Springer Science+Business Media, 2005. – 240 с.
8. Принципи побудови моделі якості у використанні програмних систем/ І.Е. Райчев, О.Г. Харченко// Збірник наукових праць ІПМЕ НАНУ, вип. 39, 2007.

Одержано 05.02.2009 р.