

Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

БАБИЧ ОЛЕКСАНДР ВІКТОРОВИЧ

УДК 004.272.34

МОДЕЛІ ТА МЕТОДИ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
ЯКОСТІ ПРОЕКТУВАННЯ КОМПОНЕНТНО-ОРІЄНТОВАНИХ
ПРОГРАМНИХ СИСТЕМ

05.13.06 – інформаційні технології

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата
технічних наук

Харків – 2017

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Національному аерокосмічному університеті ім. М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», Міністерство освіти і науки України.

Науковий керівник

доктор технічних наук, професор Федорович Олег Євгенович, Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», завідувач кафедри інформаційних управляючих систем.

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, професор Рубан Ігор Вікторович, Харківський національний університет радіоелектроніки, виконуючий обов'язки проректора з науково-методичної роботи;

доктор технічних наук, професор Гамаюн Ігор Петрович, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», декан факультету комп'ютерних наук і програмної інженерії.

Захист відбудеться «12» травня 2017 р. о 14⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.062.01 у Національному аерокосмічному університеті ім. М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут» за адресою: 61070, м. Харків, вул. Чкалова, 17, головний корпус, ауд. 307.

З дисертацією можна ознайомитись у науково-технічній бібліотеці Національного аерокосмічного університету ім. М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут» за адресою: 61070, м. Харків, вул. Чкалова, 17.

Автореферат розісланий «7» квітня 2017 р.

Учений секретар
спеціалізованої вченої ради

С. Ю. Даншина

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми досліджень. Останні десятиліття охарактеризувались підвищенням складності та наукоємності створюваних програмних продуктів, збільшенням чисельності команд, які ці продукти розробляють, зростанням обсягу часу, що відводиться на дослідження та проектування. При цьому, згідно висновкам експертів, чим складнішим є створюваний програмний продукт, тим вищою стає ймовірність невдачі, а більшість проблем, що виникають, спричинені або невдалими управлінськими рішеннями, або помилками, допущеними ще на ранніх етапах проектування. Тож, все більше уваги зараз приділяється питанням якості проектування програмних систем, розробці методів та інформаційних технологій забезпечення якості проектування.

Існуючі на даний момент методи, методології, підходи та технології проектування програмних систем не забезпечують в повній мірі необхідні передумови для створення якісних програмних продуктів. В існуючих стандартах якості (ISO/IEC25010:2011) містяться вимоги та показники якості, але не вказано якими методами забезпечується якість створюваних програмних продуктів. Говорячи про типові засоби керування проектами та проектування програмного забезпечення слід назвати методологію Microsoft Solutions Framework (MSF), графічну нотацію Unified Modeling Language (UML) і P-Modeling Framework (P-MF) – поки що маловідому надбудову над MSF, яка, проте, вже добре зарекомендувала себе на практиці, але потребує подальшого розвитку.

Незважаючи на наявність інструментарію та методологічної підтримки процесу проектування, відчувається брак формальних методів і технологій для забезпечення якості проектування програмних продуктів. P-Modeling Framework, в розробці якої брав участь автор дисертації, була спробою вирішити цю проблему, однак її розвиток і практичне впровадження значно сповільнились через відсутність надійних методів, моделей, критеріїв та технологій оцінки якості проектних артефактів.

Тому тема дисертації, у якій ставиться й вирішується науково-прикладне завдання розробки інформаційної технології для забезпечення якості проектування створюваних програмних продуктів та систем, є **актуальною**.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дослідження в напрямку розробки методів, моделей та інформаційної технології оцінки якості проектування програмного забезпечення тісно пов'язані з виконанням Національної програми інформатизації України, а також державної цільової програми «Розвиток індустрії програмної продукції України».

Дослідження було виконано на базі Полтавського політехнічного коледжу Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», а також Національного аерокосмічного університету ім. М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут» на кафедрі інформаційних управляючих систем відповідно до плану науково-дослідних робіт Міністерства освіти та науки України за держбюджетною темою «Розробка теоретичних основ розподіленого інтелектуального управління інвестиційними проектами і програмами

реформування та розвитку машинобудівного комплексу України» (ДР № 011U003328).

У зазначеній науково-дослідній роботі автор брав активну участь як виконавець. Особистий внесок автора як співвиконавця полягає в розробленні моделей та методів якісного проектування програмних систем, удосконаленні методології P-MF, формалізації процесу зворотного семантичного трасування.

Мета і задачі дослідження. Метою дисертаційного дослідження є забезпечення якості проектування програмних продуктів та систем, що створюються, шляхом розробки моделей, методів прикладної інформаційної технології, заснованої на використанні сучасної методології P-Modeling Framework.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- проаналізувати існуючі інформаційні технології, які пов'язані з проектуванням програмних продуктів;
- провести дослідження для удосконалення та формалізації технології проектування програмних продуктів P-Modeling Framework;
- провести системне моделювання компонентного проектування для забезпечення якості програмної системи, що створюється;
- розробити метод та моделі формування якісного складу програмної системи;
- розробити метод та моделі створення багаторівневої архітектури програмної системи;
- удосконалити метод зворотного семантичного трасування для забезпечення якості проектування програмної системи;
- розробити прикладну інформаційну технологію забезпечення якості проектування програмних продуктів та систем;
- впровадити результати дисертаційного дослідження в практику створення програмних систем, в навчальний процес підготовки фахівців з програмного забезпечення та тренінги для підвищення кваліфікації ІТ-спеціалістів, розробників програмних продуктів.

Об'єктом дослідження є процес проектування програмних продуктів та систем.

Предметом дослідження є моделі, методи та інформаційна технологія забезпечення якості проектування програмних продуктів та систем.

Методи дослідження. Для досягнення мети роботи було використано: теоретичні основи системного аналізу – для формування багаторівневої компонентної архітектури програмної системи; методи експертного оцінювання – для прогнозування та оцінювання якості створюваних програмних продуктів; методи оптимізації – для забезпечення якості проектування програмних продуктів та систем; методи теорії експериментів – для виділення істотних факторів, які впливають на якість; методи теорії прецедентів – для формування множини та вибору альтернативних варіантів програмної системи; методи імітаційного моделювання процесу створення програмних систем; методи проектування програмних продуктів з використанням P-Modeling Framework.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в такому:

– *вперше розроблено* метод створення програмної системи, який на відміну від існуючих, використовує формалізацію контролю проведених проектних дій за допомогою порівняння описів програмної системи, отриманих різними командами в ході розробки, та лексикографічного впорядкування експертних оцінок, що дозволяє забезпечити якість процесу проектування;

– *дістав подальшого розвитку* метод компонентного проектування, шляхом формування та використання бази прецедентів для вибору та оптимізації компонентного складу програмної системи з урахуванням вимог якості;

– *дістав подальшого розвитку* метод формування архітектури програмної системи шляхом створення багаторівневої компонентної структури, що забезпечує ефективність та якість процесу проектування на початковому етапі виконання проекту;

– *удосконалено* інформаційну технологію створення якісних програмних продуктів шляхом використання багаторівневого компонентного проектування, моделі оптимізації архітектури програмної системи з урахуванням вимог якості, багаторівневої бази прецедентів для вибору та використання перевірених програмних компонент, методу зворотного семантичного трасування, що дозволяє забезпечити якість проектування програмних систем;

– *удосконалено* технологію P-Modeling Framework шляхом подальшого розвитку методу зворотного семантичного трасування, який забезпечує ітеративний процес контролю якості в проектуванні програмних продуктів.

Практичне значення одержаних результатів. Розроблені моделі та методи інформаційної технології є науково-методичною основою для вирішення завдань забезпечення якості при створенні програмних продуктів та систем з використанням позитивного досвіду минулих розробках у вигляді компонент повторного використання.

Практичне значення результатів дослідження підтверджується актами впровадження розроблених моделей та методів, а також прикладною інформаційною технологією забезпечення якості проектування програмних продуктів та систем на підприємстві, компанії та в навчальному процесі:

– у Державному підприємстві «Науково-дослідний технологічний інститут приладобудування» (акт впровадження від 23.09.2016);

– у компанії «ТЕКЕКСПЕРТ» (акт впровадження від 25.08.2016);

– у навчальному процесі Полтавського політехнічного коледжу Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» (акт впровадження від 30.08.2016).

Особистий внесок здобувача. Всі наукові положення, висновки та рекомендації дисертаційної роботи отримані автором особисто та опубліковані в роботах [1-11]. В публікаціях, які написані у співавторстві, здобувачу належать такі результати: системне моделювання в компонентному проектуванні з використанням бази прецедентів для вибору та оптимізації компонентного складу програмної системи з урахуванням вимог якості [1]; оптимізація компонентного складу та багаторівневої структури для забезпечення якості програмної системи [2]; метод формування архітектури програмної системи шляхом створення багаторівневої компонентної

структури з використанням вимог якості [3, 10]; використання прецедентного підходу для створення програмної системи [4]; формалізація контролю проведених проектних дій розробників за допомогою порівняння описів програмної системи та лексикографічного впорядкування експертних оцінок [5]; розроблення інформаційної технології створення програмних продуктів з використанням багаторівневого компонентного проектування, моделі оптимізації архітектури програмної системи з урахуванням вимог якості, багаторівневої бази прецедентів та методу зворотного семантичного трасування [11]; застосування методу зворотного семантичного трасування у ітеративному процесі контролю якості в проектуванні програмних продуктів [7].

Роботу [6] виконано без співавторів.

Апробація результатів дисертації. Основні результати дисертаційної роботи доповідалися й обговорювалися на: XXIV Международной конференции «Новые технологии в машиностроении» (пос. Рыбачье, 2014); V Міжнародній науково-технічній конференції «Сучасні напрямки розвитку інформаційно-комунікаційних технологій і засобів управління» (Полтава – Баку – Кіровоград, 2016); Международной научно-практической конференции «Современные информационные технологии в экономике и управлении предприятиями, программами и проектами» (Одесса, 2016), 37th Annual Frontiers in Education Conference «Global Engineering: Knowledge Without Borders, Opportunities Without Passports» (Milwaukee, 2007); Современные информационные технологии и ИТ-образование (Москва, 2005).

Публікації. За темою дисертації опубліковано 11 наукових праць, з них 6 статей в наукових виданнях України, що входять у міжнародні науко метричні бази, а також 5 тез доповідей за матеріалами роботи наукових конференцій.

Структура та обсяг роботи. Дисертація складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг дисертації складає 162 сторінки, у тому числі 22 рисунки за текстом (з них 1 рисунок на 1 окремій сторінці); 6 таблиць за текстом; список з 150 найменувань літературних джерел на 17 сторінках; 2 додатка на 20 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертації, зазначено зв'язок роботи з науковими темами, сформульовано мету і задачі дослідження, визначено об'єкт, предмет і метод дослідження, розкрито наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, наведено інформацію про практичне використання, апробацію результатів та їх висвітлення у публікаціях.

У **першому розділі** проаналізовані сучасні інформаційні технології, які пов'язані з ефективністю та якістю проектування складних програмних систем. Проведено аналіз вимог та нормативних документів, які використовуються під час створення сучасних програмних продуктів. Констатується, що значна частина стандартів ЕСПД, яка використовується в країнах СНД морально застаріла. Тому потрібен перегляд комплексу нормативних документів на основі міжнародних

стандартів, наприклад ISO/IEC 12207-95 (стандартизація процесів життєвого циклу ПС).

Міжнародні стандарти ISO серії 9000 визначають і регламентують створення, розвиток, застосування і сертифікацію систем якості будь-яких підприємств, в тому числі – компаній розробників ПС.

В останні роки на основі стандартів ISO серії 9000 сформувалась комплексна система управління якістю продукції TQM (Totally Quality Management). Застосування цього комплексу може служити основою для систем забезпечення якості ПС, однак потребує коригування та адаптації у відповідності до специфіки галузі.

Сучасна методологія MSF (та надбудови над нею – P-Modeling Framework) та UML дозволяють забезпечити якість програмних систем, що створюються. MSF пропонує перевірені методики планування, проектування, розробки та впровадження успішних рішень в галузі інформаційних технологій (IT-рішень).

MSF пропонує ітеративний підхід до процесу розробки та вимагає гнучкості під час проектування та документування ПС. В рамках MSF пропонується ряд шаблонів стандартних документів, які можуть бути використані для планування і контролю процесу розробки.

В дисертації проводиться дослідження основних елементів MSF: модель процесів, у відповідності до якої оцінка якості моделі здійснюється в ході етапів розробки концепції та планування; модель проектної групи, оскільки незважаючи на провідну роль менеджера програми, в створенні архітектури програмного продукту задіяні всі рольові кластери; дисципліни керування ризиками, проектами і підготовкою, оскільки процес проектування має виконуватись керовано.

Проаналізувавши MSF, можна зробити висновок про застосовність більшості її елементів для забезпечення оцінки якості проектування програмних продуктів. На жаль, MSF не пропонує формальних методів, моделей та інформаційних технологій такої оцінки.

Розробка таких рекомендацій, критеріїв, методів, моделей в рамках удосконалення методології P-MF (точніше, зворотного семантичного трасування) є одним з основних завдань, розв'язаних в ході дисертаційного дослідження.

Виконаний аналіз в першому розділі дав наступні результати:

- складність програмних систем, яка постійно зростає, вимагає формування нових підходів до ефективної розробки програмних продуктів;
- існуючі методології створення ПС не в повній мірі відповідають зростаючим вимогам якості, та потребують подальшого розвитку та удосконалення;
- відсутні формалізовані представлення процесу забезпечення якості (у вигляді моделей та методів) в ході створення ПС;
- відсутня інформаційна технологія, яка за допомогою формальних моделей та методів буде спрямована на забезпечення якості складних багаторівневих ПС.

Основні результати розділу опубліковані в роботах [7, 8].

Другий розділ присвячено дослідженню технології P-Modeling Framework та її удосконалення в плані використання зворотного семантичного трасування. P-MF ґрунтується на використанні двох потужних технік – безмовних сесій моделювання

та зворотного семантичного трасування. Використання Р-МФ стимулює учасників чітко формулювати свої думки та припущення, піклуватись про адекватність тлумачення створених ними діаграм, й залишатись сфокусованими на виконуваному завданні протягом усієї сесії моделювання.

Зворотне семантичне трасування (Reverse Semantic Traceability – RST) дозволяє значно підвищити якість створюваних моделей. Після створення розробниками ПС UML-моделі, вона має бути переданою до іншої команди, члени якої повинні на її основі відтворити текстовий опис предметної області завдання (здійснити зворотне проектування, reverse engineering). Отриманий текст порівнюється з оригінальним описом предметної області, виконується оцінка обсягу втраченої або доданої інформації. Така перевірка дозволяє впевнитись, що створена модель містить усю необхідну інформацію. Тільки після успішного проходження контролю, модель починає використовуватись на наступних етапах (проектування програмного продукту, розробка).

Автор дисертації в результаті дослідження виявив, що причини підвищення продуктивності команди полягають в наступному: обмеження у спілкуванні стимулює творчість проектувальників; робота в «безмовному» режимі змушує ретельніше аналізувати вимоги до проекту; розробники починають нести більшу відповідальність за якість створених моделей. Як правило, найдорожчі помилки з'являються на початкових етапах аналізу і проектування. Тож автор рекомендує якомога швидше починати застосовувати зворотне семантичне трасування.

Результати дослідження та впровадження безмовних сесій моделювання і RST довели, що тривалість циклу розробки ПС скорочується; якість створюваного програмного забезпечення поліпшується; тривалість періоду інтеграції нових членів команди скорочується.

Процес зворотного семантичного трасування, подібно до моделі процесу MSF, можна розбити на окремі фази (рис. 1).

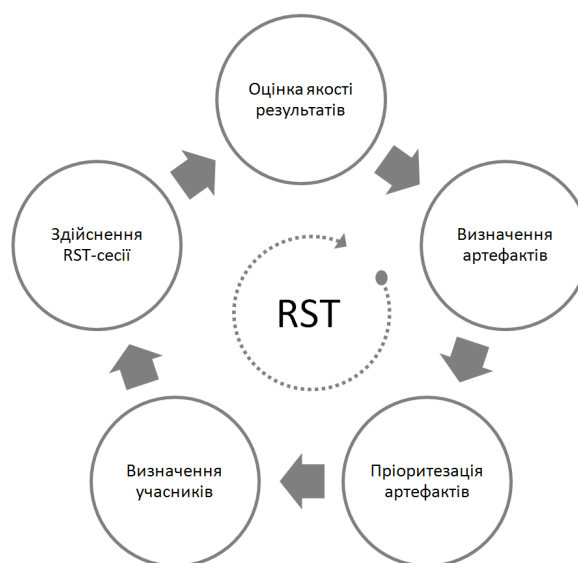


Рисунок 1 – Модель процесу зворотного семантичного трасування

Дослідження та впровадження «безмовних» сесій проектування показало, що кількість RST-сесій визначається важливістю артефактів, їх впливом на успіх проекту, та рівнем контролю якості для кожного артефакту. Кількість RST-сесій необхідно визначити на етапі планування проекту.

Рішення про переробку, доопрацювання і виправлення артефактів приймається на підставі експертних оцінок.

Експерти повинні мати уявлення про предметну область проекту і мати достатній практичний досвід проектування і розробки ПЗ, щоб оцінити якість артефакту.

Запропоновано критерії експертних оцінок та їх шкала.

В результаті досліджень другого розділу було удосконалено технологію R-Modeling Framework шляхом подальшого розвитку методу зворотного семантичного трасування, що забезпечує ітеративний процес контролю якості в проектуванні програмних продуктів.

Основні результати розділу опубліковано в роботі [6].

У **третьому розділі** досліджується компонентне проектування для забезпечення якості створення багаторівневої архітектури програмної системи.

В ході розробки програмних систем (ПС) широко використовується компонентний підхід, який дозволяє скоротити тривалість процесу за рахунок повторного використання компонент. Дисертант використовує компонентний підхід в своїй професійній діяльності під час виконання реальних проектів. Компонентний підхід чудово поєднується з R-MF та мовою проектування UML, яка є фактичним стандартом у галузі проектування ПС.

Сучасна складна архітектура ПС вимагає вдосконалення методів і моделей компонентного проектування для керування та якісного виконання проектів вчасно, у рамках бюджету та з належним рівнем функціональності. Цей підхід підтримується більшістю сучасних методологій зі створення програмних продуктів, зокрема MSF.

Сучасні ПС є складними багаторівневими системами. Метою проекту зі створення ПС є розробка складного продукту з архітектурою у вигляді ієрархії структурних елементів, в числі яких можна виділити як прості, так і складні компоненти.

Прості компоненти є елементами нижнього рівня деталізації ПС (наприклад, утиліти або бібліотеки), складні – елементами середніх і верхнього рівнів (системи, підсистеми, фреймворки).

Компоненти в інформаційному поданні є елементарними інформаційними складовими проекту. В дисертації виділені три типи компонент, які є елементами багаторівневої архітектури ПС (рис. 2): повторно використовувані компоненти (ПВК); нові компоненти (НК), які можуть забезпечити інноваційність проекту; складні компоненти (СК).

В реальному проекті багаторівневої інформаційної системи використовують усі типи перелічених компонент, а також їх комбінації. Як було вказано вище, наявність великої кількості нових компонент може вплинути на ризики та якість проектування, тобто на реалізованість IT-проекту.

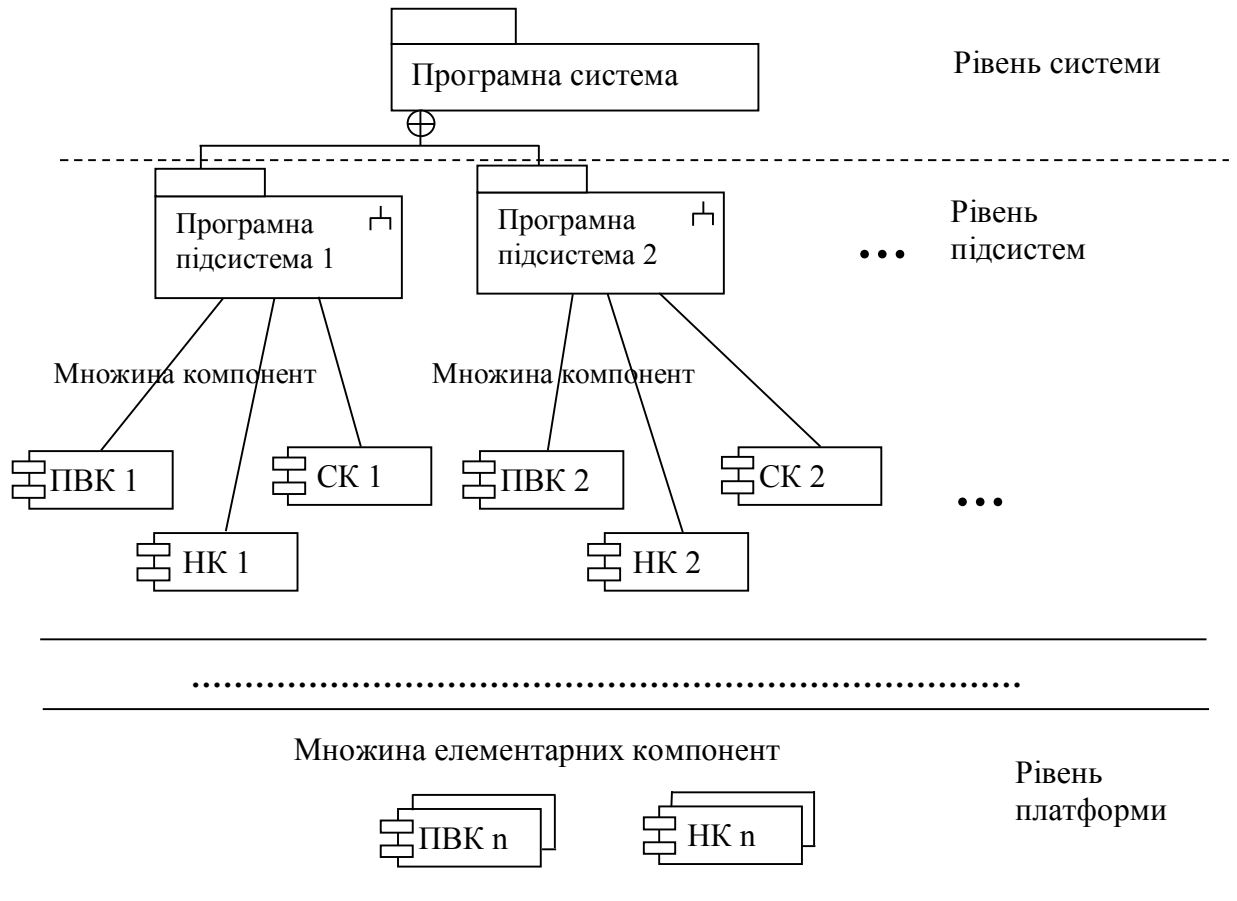


Рисунок 2 – Багаторівнева компонентна архітектура ПС

У роботі запропоновано системне уявлення про проектування ПС, в яке інтегровано представлену технологію P-MF для забезпечення якості, компонентну багаторівневу архітектуру ПС, та організаційну структуру управління проектом (рис. 3).



Рисунок 3 – Модель багаторівневого компонентного проектування ПС

Виділено два процеси проектування, в яких задіяні різні команди:

- процес створення базової архітектури ПС (верхній рівень);
- процес реалізації конкретного проекту ПС (нижній рівень).

Системну модель створення складної багаторівневої компонентної ПС з задоволенням вимог щодо забезпечення належного рівня якості можна представити у вигляді кортежу:

$$S = \{T, PK, NK, SK, A, B, KT, IP, VP, SV, Q\},$$

де T – вимоги замовника;

PK – множина ПВК на всіх рівнях архітектури ПС;

NK – множина нових (створюваних) компонент на всіх рівнях ПС;

SK – множина складних компонент ПС;

A – базова архітектура ПС;

B – архітектура нової ПС;

KT – компонентна технологія створення ПС; IP – інтеграційний процес формування ПС з врахуванням групування компонент;

VP – високорівневе технологічне проектування на базі P-MF задля забезпечення якості розробки ПС;

SV – організаційна структура керування проектом;

Q – задоволення вимог якості на кожному етапі розробки ПС.

Сформовано метод формування якісного компонентного складу ПС з використанням експертних оцінок. Для формування складу множини складу компонентів ПС та виділення суттєвих факторів, які впливають на якість проектування, використовується багатофакторне планування експерименту з використанням повнофакторного плану.

Враховуючи що складові показники вектору якості K , зазвичай носять суперечливий характер, виникає завдання вибору компромісного варіанту компонентного складу ПС. Для зручності спілкування з експертами, використано систему якісних оцінок, які позначаються літерами латинського алфавіту. Систему оцінки значень складових вектору якості K можна, наприклад, подати наступним чином:

$$K_1 = \begin{cases} A - \text{високий рівень якості,} \\ B - \text{достатній рівень,} \\ C - \text{задовільний рівень,} \\ D - \text{низький рівень.} \end{cases}$$

Множину варіантів компонентного складу представлено у вигляді списку «слів» (оцінок якості). Шляхом впорядкування усього списку (лексикографічне впорядкування) отримуємо новий список, на початку якого будуть міститись переважні варіанти для формування багатокомпонентного складу ПС, а в кінці –

найгірші варіанти. Остаточний вибір компромісного варіанту компонентного складу ПС здійснюють експерти, які виключають варіанти з поганими оцінками.

Запропоновано метод створення багаторівневої компонентної архітектури ПС, який використовує прецедентний підхід. Для цього сформовано багаторівневу базу прецедентів (БП) у вигляді перевірених проектних рішень та готових компонент, які відповідають рівням архітектури ПС. Пошук в БП компонент для нового проекту здійснюється «згори-донизу» за допомогою лексикографічного впорядкування вимог (якість, інноваційність, витрати, час тощо), з урахуванням «близькості» варіантів (прецедентів) до потрібних компонент проекту. Відсутність готових рішень у вигляді компонент в БП призводить до необхідності розробки нових компонент, що пов'язано з інноваційністю та можливими ризиками проекту.

Для складної багаторівневої архітектури запропоновано оптимізацію вибору варіантів з метою забезпечення якості ПС, що проектується. Використовується метод цілочисельного лінійного програмування з булевими змінними.

Введемо булеву змінну $x_{i_{je}} = 1$, якщо для i -го рівня архітектури нового проекту зі створення ПС та забезпечення j -ї функціональності з множини M_{ij} КПВ у БП взято e -й елемент зі своїми характеристиками, з врахуванням оцінки «близькості». В іншому випадку (якщо ми не зупинили вибір на e -му елементі) $x_{i_{je}} = 0$.

Цільова функція буде враховувати «близькість» (ступінь задоволення проектних вимог) і буде виглядати наступним чином:

$$F = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{n_i} \sum_{e=1}^{V_{ij}} \left(\alpha_1 P_{1_{i_{je}}} + \alpha_2 P_{2_{i_{je}}} + \alpha_3 P_{3_{i_{je}}} + \alpha_4 P_{4_{i_{je}}} + \alpha_5 P_{5_{i_{je}}} \right) x_{i_{je}},$$

де α_1 – ваговий коефіцієнт, який враховує важливість «близькості», пов'язаної з l -м показником нового проекту зі створення ПС;

n – число рівнів ієрархії нової створюваної ПС;

n_i – число функціональних компонент на i -му рівні ПС;

V_{ij} – кількість КПВ в БП ПС для використання в нових проектах;

$P_{1_{i_{je}}}$ – ступінь «близькості» (задоволення вимог) $r_{i_{je}}$ програмної компоненти,

взятої у вигляді КПВ;

$P_{2_{i_{je}}}$ – ступінь «близькості» $r_{i_{je}}$ значень технічних характеристик (ТХ);

$P_{3_{i_{je}}}$ – ступінь «близькості» вимог з використання $r_{i_{je}}$;

$P_{4_{i_{je}}}$ – ступінь «близькості» $r_{i_{je}}$ експлуатаційних вимог;

$P_{5_{i_{je}}}$ – ступінь «близькості» $r_{i_{je}}$ вимог з масштабованості.

Обмеження, в порядку їх значимості, будуть виглядати наступним чином:

Вимоги з забезпечення якості створюваної ПС:

$$Q = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{n_i} \sum_{e=1}^{V_{ij}} q_{i_{je}} x_{i_{je}}.$$

Обмеження стосовно витрат на адаптацію відібраних для нового проекту КПВ:

$$W = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{n_i} \sum_{e=1}^{V_{ij}} w_{i_{je}} x_{i_{je}}.$$

Вимоги стосовно термінів розробки ПС:

$$T = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{n_i} \sum_{e=1}^{V_{ij}} t_{i_{je}} x_{i_{je}}.$$

Вимоги стосовно ризиків, пов'язаних з розробкою ПС:

$$R = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{n_i} \sum_{e=1}^{V_{ij}} \mu_{i_{je}} x_{i_{je}},$$

де $q_{i_{je}}$ – експертна оцінка якості програмної $r_{i_{je}}$ КПВ;

$w_{i_{je}}$ – витрати на придбання та адаптацію $r_{i_{je}}$ КПВ;

$t_{i_{je}}$ – час, витрачений на адаптацію $r_{i_{je}}$ КПВ для конкретного проекту;

$\mu_{i_{je}}$ – ризики з адаптації $r_{i_{je}}$ КПВ для конкретного проекту.

Під час оптимізації, слід максимально задовольнити вимоги нового проекту зі створення ПС (тобто здійснити максимізацію «близкості» F): $\max F$ за умови виконання наступних обмежень:

$$Q \geq Q', W \leq W', T \leq T', R \leq R',$$

де Q', W', T', R' – допустимі значення показників якості, витрат, часу та ризиків проекту зі створення нової ПС.

У розділі дістав подальшого розвитку метод компонентного проектування, шляхом формування та використання бази прецедентів для вибору та оптимізації компонентного складу програмної системи з урахуванням вимог якості, та метод формування архітектури програмної системи шляхом створення багаторівневої компонентної структури, що забезпечує ефективність та якість процесу проектування на початковому етапі виконання проекту.

Основні результати розділу опубліковані в роботах [1, 2, 3, 4, 10].

У **четвертому розділі** досліджується забезпечення якості в ході проектування програмної системи. Сформована послідовність дій розробників при створенні багаторівневої архітектури програмної системи. Дії виконуються «згори-донизу» з пошуком в багаторівневій базі прецедентів (БПР) «близких» до потрібних в проекті ПС компонент починаючи з верхніх рівнів архітектури. На рис. 4 представлено схему формування багаторівневої компонентної архітектури ПС.

На кожному i -му рівні багаторівневої архітектури програмної системи проводиться аналіз наявності в базі прецедентів повторно використовуваних компонент. Відсутність їх приводить до необхідності розробки нових.

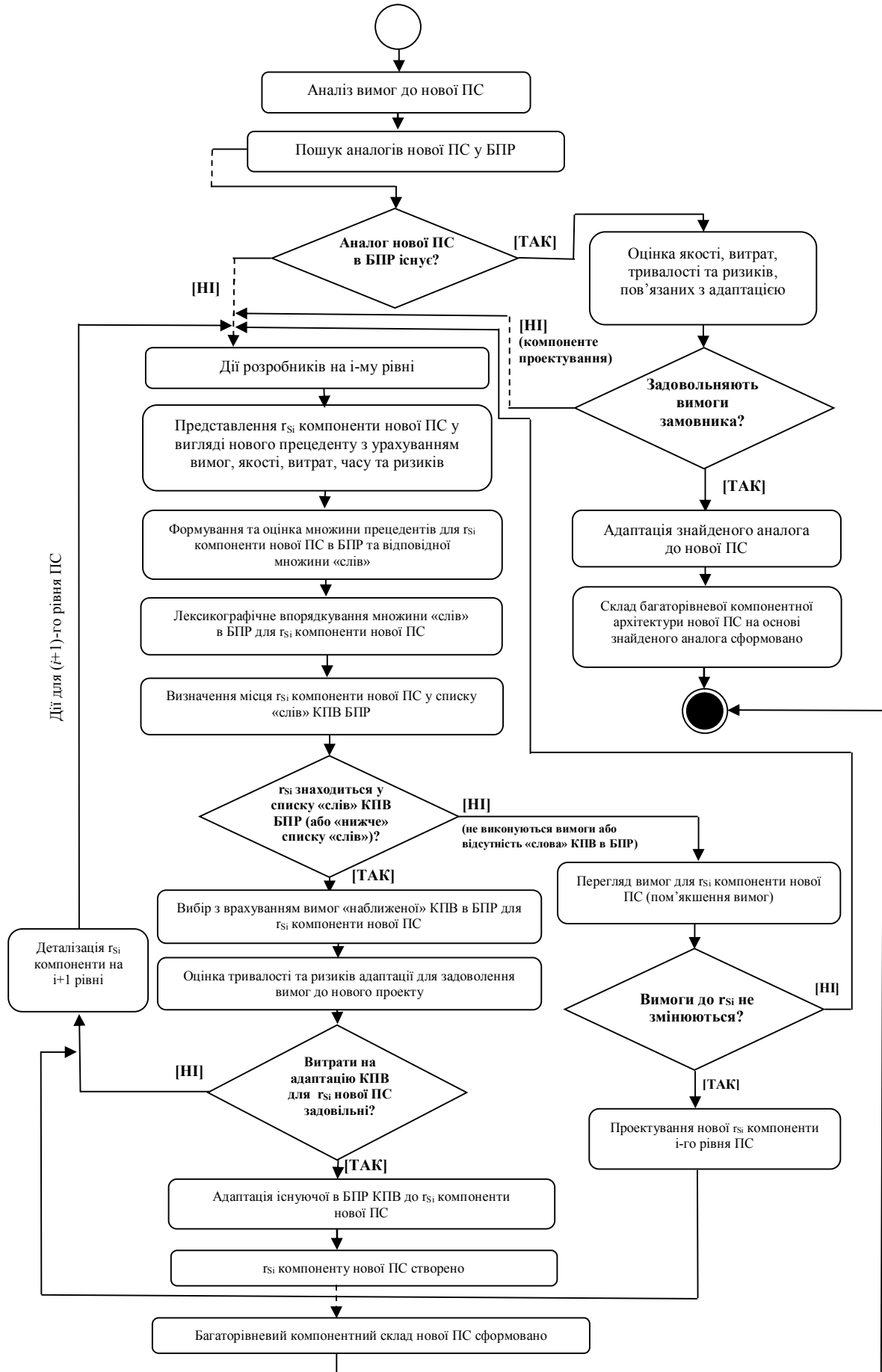


Рисунок 4 – Схема формування компонентної архітектури програмної системи

Далі проводиться прогнозування і оцінка якості ПС, що створюється. В загальному випадку, для компонентної архітектури нової ПС, багаторівневий склад якої сформовано за допомогою множини КПВ, можна отримати оцінку у вигляді прогнозу можливості задоволення вимог стосовно якості наступним чином:

$$P_s = \lambda_s \left[\prod_{v=1}^v \mu_v \cdot \prod_{w=1}^w P_w \right],$$

де μ_v – ймовірнісна оцінка експертів задоволення вимог, яка стосується підсистем, взятих у вигляді готових КПВ з БПР та, можливо, адаптованих до нової ПС;

P_w – стосується підсистем, які побудовані шляхом комплексування КПВ, починаючи з найнижчих рівнів деталізації нової ПС.

Для забезпечення якості при створенні нової ПС сформовано наступну послідовність дій проектувальників:

1. Використовуючи початковий опис (ПО) програмної системи, зусиллями команди розробників базової платформи (БП) створюється модель системи для нової ПС у вигляді множини діаграм (класів, прецедентів, послідовностей, тощо).

2. Далі використовується удосконалений метод RST – команда розробників (інша команда), члени якої детально не ознайомлені з вимогами та описом предметної області ПС, повинні на основі моделі, створеної під час першого етапу, відновити початковий опис системи (ВО) для нового проекту (НП).

3. Наступний етап – перевірка відповідності ПО та ВО, отриманих розробниками БП та НП. Якщо ступінь співпадання цих документів достатньо великий (вводиться критерій «близькості»), то у відповідності до RST приймається рішення про початок роботи над проектом командою виконавців НП.

В іншому випадку (відсутність близькості) ПО та ВО, здійснюється доопрацювання моделі системи командою розробників БП. Після цього процедура RST повторюється, і якщо відповідності ПО та ВО знову не спостерігається, уточнення моделі та процедура RST повторюються знову (чергова ітерація процесу), аж поки ми не отримаємо близькі документи.

Для оцінки близькості описів ПС, отриманих від розробників БП та НП, для кожної з ознак p_i користуємось як кількісними, так і якісними оцінками. При використанні якісних оцінок експертів формується лексикографічно упорядкований список «слів» для оцінки «близькості» описів різних команд розробників ПС до введеного «контрольного слова близькості».

У результаті дослідження у розділі вперше розроблено метод створення програмної системи, який на відміну від існуючих використовує формалізацію контролю виконаних проектних дій за допомогою порівняння описів програмної системи, отриманих різними командами в ході розробки, та лексикографічного впорядкування експертних оцінок експертів, що дозволяє забезпечити якість процесу проектування.

Основні результати розділу опубліковано в роботі [5].

У п'ятому розділі розроблені моделі та методи було використано як формальний математичний інструментарій для створення прикладної інформаційної технології забезпечення якості програмних систем (ПТЗЯПС), що створюються.

В ході створення прикладної ІТ використані основні теоретичні результати дисертаційного дослідження.

З використанням методології Р-МФ команда формує багаторівневий компонентний склад ПС з виконанням вимог до його якості.

При цьому використовується метод формування якісного компонентного складу ПС.

Далі за допомогою методу створення багаторівневої компонентної архітектури формується структура нової ПС.

При переході до стадії безпосередньої розробки програмного забезпечення, використовується метод забезпечення якості розробки ПС.

Для цього формується послідовність дій розробників, прогнозується якість ПС за допомогою лексикографічного впорядкування експертних оцінок.

Забезпечення якості в процесі розробки ПС здійснюється на основі удосконаленого зворотного семантичного трасування (RST) у формі інформаційної підтримки, що забезпечує ітеративний процес контролю діяльності команд проєктувальників.

ПТЗЯПС складається з таких компонент:

- блок файлового вводу-виводу;
- блок відсіювання незначущих слів в документах ПО та ВО;
- блок підрахунку кількості сутностей в ПО та ВО;
- блок прогнозування і оцінки якості для здійснення RST;
- блок візуалізації результатів оцінки якості проєктування.

На рис. 5 представлено схему прикладної інформаційної технології забезпечення якості проєктування ПС.

Розроблена структура багаторівневої бази прецедентів, яка містить інформацію про кращі розробки програмних компонент у минулому та забезпечує пошук та відбір «близьких» компонент у новому проєкті зі створення ПС.

Програмне забезпечення прикладної інформаційної технології є функціонально достатнім для підтримки процесів якісної розробки у нових проєктах створення ПС.

Прикладом розробки та обґрунтування якості ПС можуть слугувати проєкти компанії «ТЕКЕКСПЕРТ» з проєктування архітектури рішень на базі SharePoint 2013 (акт впровадження від 25.08.2016).

У розділі удосконалено інформаційну технологію створення якісних програмних продуктів шляхом використання багаторівневого компонентного проєктування, моделі оптимізації архітектури програмної системи з урахуванням вимог якості, багаторівневої бази прецедентів для вибору та використання перевірених програмних компонент, методу зворотного семантичного трасування, що дозволяє забезпечити якість проєктування програмних систем.

Основні результати розділу опубліковані в роботах [9, 11].

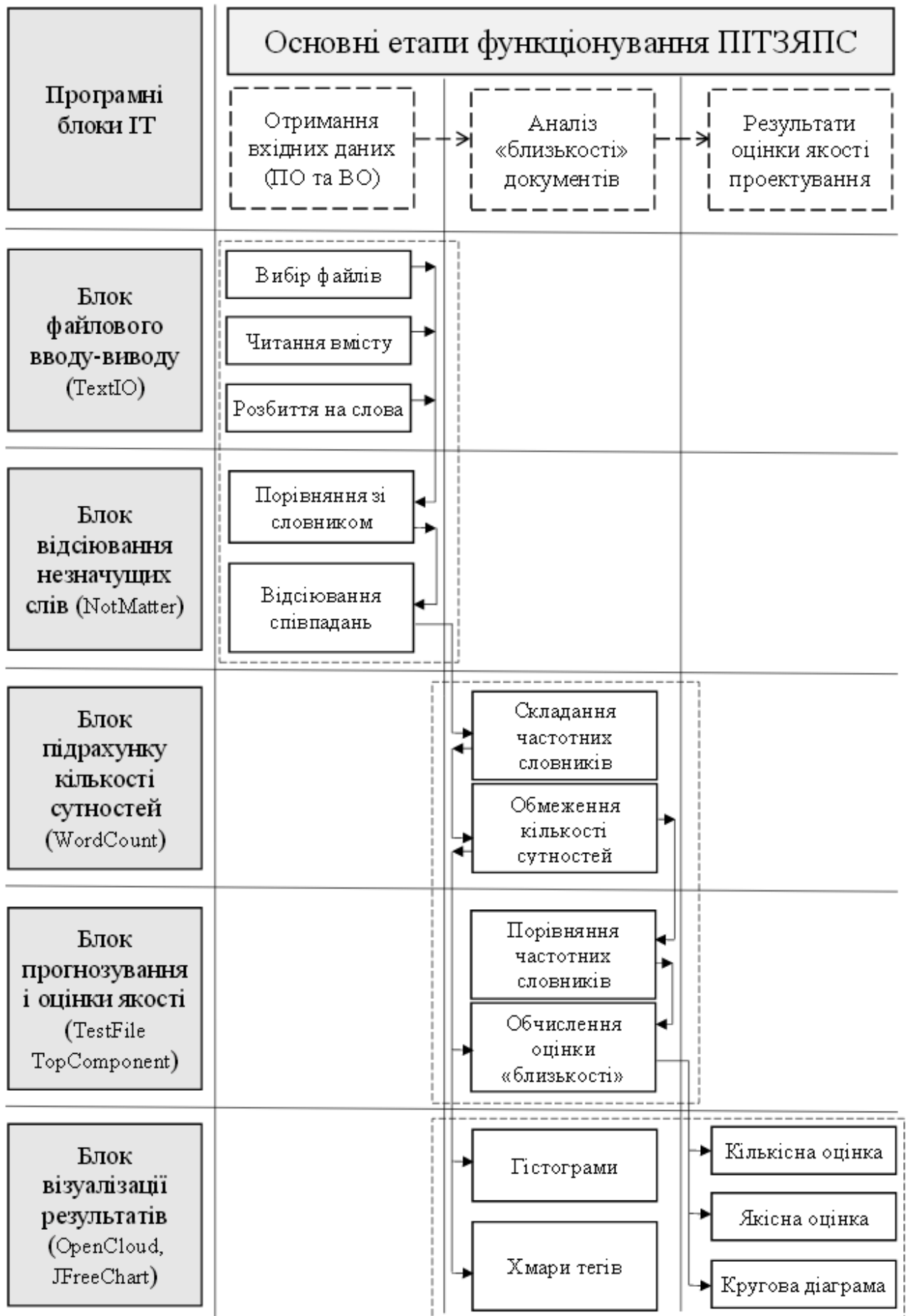


Рисунок 5 – Схема прикладної інформаційної технології забезпечення якості

ВИСНОВКИ

В дисертаційній роботі вирішено науково-прикладні завдання розробки інформаційної технології для забезпечення якості проектування створюваних програмних продуктів та систем. Вирішені завдання та наукові результати, які отримані в ході дослідження, дають можливість сформулювати основні висновки дисертаційної роботи:

1. Виконано аналіз існуючих вимог, стандартів та інформаційних технологій в напрямку забезпечення якості програмних продуктів та систем, які створюються.

2. Проведено дослідження сучасної технології P-Modeling Framework в напрямку удосконалення якості проектування програмних систем.

3. Проведено системне дослідження та сформовано системну модель компонентного проектування, яка забезпечує створення якісної програмної системи.

4. Розроблено методи та моделі для формування якісного складу компонентної архітектури багаторівневої програмної системи.

5. Створено формальне представлення удосконаленого методу зворотного семантичного трасування для планування та контролю дій проектувальників програмних систем з забезпечення якості програмних продуктів.

6. Розроблена прикладна інформаційна технологія оцінки якості проектування програмних продуктів та систем.

7. Здійснено апробацію розроблених моделей, методів та інформаційної технології в реальних проектах створення сучасних програмних систем.

8. Результати дисертаційного дослідження впроваджено в практику розробки програмних продуктів та систем для забезпечення якості процесу проектування та в навчальний процес підготовки висококваліфікованих ІТ-спеціалістів.

Результати роботи можуть використовуватись в ході створення якісних програмних продуктів та інформаційних систем для застосування в діяльності вітчизняних підприємств з різних галузей народного господарства.

В результаті використання наукових та прикладних результатів дослідження, якість програмного забезпечення, що створюються, зростає ~ 30% порівняно з існуючими методами проектування.

Подальший розвиток результатів дослідження та впровадження прикладної інформаційної технології, яка напрямлена на забезпечення якості програмних продуктів та систем, тісно пов'язаний з підвищенням конкурентоспроможності вітчизняних програмних розробок та використання їх не тільки в Україні, але й за кордоном.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ РОБІТ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Федорович, О. Є. Метод багаторівневого компонентного проектування для забезпечення якості створюваної програмної системи [Текст] / О. Є. Федорович, О. В. Бабич // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – 2016. – № 1(75). – С. 119–124.

2. Федорович, О. Є. Оптимізація багаторівневої компонентної архітектури програмної системи [Текст] / О. Є. Федорович, А. В. Бабич // Системи обробки

інформації : зб. наук. пр. / Харк. ун-т Повітряних Сил ім. І. Кожедуба. – Харків, 2016. – Вип. 5(142). – С. 175-177.

3. Федорович, О. Е. Обеспечение качества при создании программной системы с многоуровневой компонентной архитектурой [Текст] / О. Е. Федорович, А. В. Бабич // Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил : зб. наук. пр. / Харк. ун-т Повітряних Сил ім. І. Кожедуба. – Харків, 2016. – Вип. 2(47). – С. 139-142.

4. Федорович, О. Е. Метод обеспечения качества проектируемой многоуровневой программной системы с использованием компонентного и прецедентного подходов [Текст] / О. Е. Федорович, А. В. Бабич // Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил : зб. наук. пр. / Харк. ун-т Повітряних Сил ім. І. Кожедуба. – Харків, 2016. – Вип. 3(48). – С. 133-137.

5. Федорович, О. Е. Последовательность действий разработчиков при формировании качественного состава компонентной программной системы [Текст] / О. Е. Федорович, А. В. Бабич // Системи обробки інформації : зб. наук. пр. / Харк. ун-т Повітряних Сил ім. І. Кожедуба. – Харків, 2016. – Вип. 8(145). – С. 166-168.

6. Бабич, А. В. Управление процессом разработки программной системы с использованием методологии P-Modeling Framework и обратной семантической трассировки [Текст] / А. В. Бабич // Системи озброєння і військова техніка. – 2016. – № 3(47). – С. 112-115.

7. Applying Pantomime and Reverse Engineering Techniques in Software Engineering Education [Електронний ресурс] / Vladimir L Pavlov, Nikita Boyko, Alexander Babich, Oleksii Kuchaiev, Stanislav Busygin // Global Engineering: Knowledge Without Borders, Opportunities Without Passports: Proceedings 37th Annual Frontiers in Education Conference, 10 – 13 October 2007. – Milwaukee, 2007. – 1 електрон. опт. диск (CD-ROM).

8. Бабич, А. В. Комплексный подход к обучению студентов объектно-ориентированному проектированию и разработке ПО [Текст] / А. В. Бабич, П. Л. Цытович // Современные информационные технологии и ИТ-образование : материалы I Междунар. науч.-практ. конф., Москва, 19 – 23 сент. 2005 г. – М., 2005. – С. 464-479.

9. Федорович, О. Е. Моделирование кибератак при создании критического ПО [Текст] / О. Е. Федорович, А. В. Бабич // Новые технологии в машиностроении : материалы XXIV Междунар. науч.-техн. конф., пос. Рыбачье, 3 – 8 сент. 2014 г. – Х., 2014. – С. 33-34.

10. Федорович, О. Е. Использование компонентного подхода для формирования многоуровневой архитектуры программной системы [Текст] / О. Е. Федорович, А. В. Бабич, Е. В. Коновалова // Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління : матеріали. V Міжнар. наук.-техн. конф., Полтава – Баку – Кіровоград, 21 – 22 апр. 2016 р. – Х., 2016. – С. 62.

11. Федорович, О. Е. Методы и модели информационной поддержки при создании компонентной архитектуры многоуровневой программной системы [Текст] / О. Е. Федорович, А. В. Бабич // Современные информационные технологии

в экономике и управлении предприятиями, программами и проектами : материалы XIV Междунар. науч.-техн. конф., Одесса, 8 – 14 сент. 2016 г. – X., 2016. – С. 35-37.

АНОТАЦІЯ

Бабич О. В. Моделі та методи інформаційної технології забезпечення якості проектування компонентно-орієнтованих програмних систем. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.06 – інформаційні технології. – Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», Міністерство освіти і науки України, Харків, 2016.

Сформульовано й вирішено актуальне науково-прикладне завдання розробки інформаційної технології для забезпечення якості проектування створюваних програмних продуктів і систем.

Для проведення дослідження використано: теоретичні основи системного аналізу – для формування багаторівневої компонентної архітектури програмної системи; методи експертного оцінювання – для прогнозування та оцінювання якості створюваних програмних продуктів; методи оптимізації – для забезпечення якості проектування програмних продуктів та систем; методи теорії експериментів – для виділення істотних факторів, які впливають на якість; методи теорії прецедентів – для формування множини та вибору альтернативних варіантів програмної системи; методи імітаційного моделювання процесу створення програмних систем; методи проектування програмних продуктів з використанням P-Modeling Framework.

Розроблено метод розробки програмної системи шляхом формалізації контролю проектних дій за допомогою порівняння описів системи різних команд проектувальників, метод формування багаторівневої компонентної архітектури програмної системи, метод створення компонентного складу програмної системи з використанням бази прецедентів, метод зворотного семантичного трасування. Створена інформаційна технологія для забезпечення якості проектування компонентно-орієнтованих програмних систем.

Ключові слова: якість розроблення програмних продуктів, компонентна архітектура програмної системи, багаторівнева база компонент минулих розробок, P-Modeling Framework, зворотне семантичне трасування, оптимізація складу програмної системи.

АННОТАЦИЯ

Бабич А. В. Модели и методы информационной технологии обеспечения качества проектирования компонентно-ориентированных программных систем. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 – информационные технологии. – Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», Министерство образования и науки Украины, Харьков, 2016.

Сформулирована и решена актуальная научно-прикладная задача разработки информационной технологии для обеспечения качества проектирования создаваемых программных продуктов и систем. Для проведения исследования использовано: теоретические основы системного анализа – для формирования многоуровневой компонентной архитектуры программной системы; методы экспертного оценивания – для прогнозирования и оценивания качества создаваемых программных продуктов; методы оптимизации – для обеспечения качества проектирования программных продуктов и систем; методы теории экспериментов – для выделения существенных факторов, которые влияют на качество; методы теории прецедентов – для формирования множества и выбора альтернативных вариантов программной системы; методы имитационного моделирования процесса создания программных систем; методы проектирования программных продуктов с использованием P-Modeling Framework.

Созданы:

- метод создания программной системы, который использует формализацию контроля проведенных проектных действий с помощью сравнения описаний программной системы, полученных разными командами в ходе разработки и лексикографического упорядочивания экспертных оценок, что позволяет обеспечить качество процесса проектирования;

- метод компонентного проектирования, в котором используется база прецедентов для выбора и оптимизации компонентного состава программной системы с учетом требований качества;

- метод формирования архитектуры программной системы, с помощью которого создается многоуровневая компонентная структура, что обеспечивает эффективность и качество процесса проектирования на начальном этапе выполнения проекта.

Усовершенствована технология P-Modeling Framework путем дальнейшего развития метода обратного семантического трассирования, который обеспечивает итеративный процесс контроля качества в проектировании программных продуктов.

Разработана информационная технология создания качественных программных продуктов путем использования многоуровневого компонентного проектирования, модели оптимизации архитектуры программной системы с использованием требований качества, многоуровневой базы прецедентов для выбора и использования проверенных программных компонент, метода обратного семантического трассирования, что позволяет обеспечить качество проектирования программных систем. Построена архитектура прикладной информационной технологии обеспечения качества разрабатываемой программной системы, которая включает следующие составляющие: блок файлового ввода-вывода; блок отсеивания незначущих слов в документах, содержащих описания системы; блок подсчета количества сущностей; блок прогнозирования и оценки качества для осуществления обратной семантической трассировки; блок визуализации результатов оценки качества проектирования.

Результаты диссертационного исследования внедрены в практическую деятельность ИТ-предприятий и в учебный процесс для подготовки

высококвалифицированных специалистов по разработке программных продуктов и систем.

В результате использования научных и прикладных результатов исследования, качество программного обеспечения вырастает на 30% по сравнению с существующими методами проектирования.

Ключевые слова: качество разработки программных продуктов, компонентная архитектура программной системы, многоуровневая база компонент прошлых разработок, P-Modeling Framework, обратная семантическая трассировка, оптимизация состава программной системы.

ABSTRACT

Babich O. V. Models and methods of information technology to ensure the quality of component-oriented software system design. – Manuscript.

Dissertation for obtaining candidate scientific degree on speciality 05.13.06 – automated control systems and advanced information technologies. – National Aerospace University “Kharkiv Aviation Institute”, Ministry of Education and Science of Ukraine, Kharkiv, 2016.

The relevant scientific-applied problem to develop the information technology in order to ensure the quality of software and systems design is stated and solved.

In order to make the research the following technologies are used: the theoretical foundations of systems analysis to form a multi-component software system architecture; methods of expert assessment to forecast and evaluate the quality of the developed software; optimization techniques to ensure the design quality of software products and systems; methods of experiments theory to outline the main factors that affect the quality; methods of precedent theory to form a plurality and choice of alternative software systems; methods of simulation of software systems development process; methods of software design based on P-Modeling Framework.

The following methods were developed: the method to develop the software system by formalizing the control of project activities by comparing the system descriptions made by different design teams; method to create the multi-component software architecture; method to outline the components of software system using the precedents base; method of reverse semantic trace. The information technology to ensure the quality of component-oriented software systems design.

Keywords: quality of software development, component architecture of software system, multi-component basis of the previous developments, P-Modeling Framework, reverse semantic tracing, optimization of software systems composition.

Відповідальний за випуск С. Ю. Даншина

Підписано до друку 06.03.2017 р.

Формат 60x80 1/16. Папір офс. № 2. Офс. друк

Умовн. друк. арк. 1,0. Наклад 100 прим. Замовлення 305. Безкоштовно.

Національний аерокосмічний університет ім. М. С. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»,
61070, м. Харків, вул. Чкалова, 17
<http://www.khai.edu>
Видавничий центр «ХАІ»,
61070, м. Харків, вул. Чкалова, 17,
izdat@khai.edu