**Практична робота №6-5. Застосування моделей якості і надійності програмних систем**

**Мета:** навчитися обирати метрики якості та надійності для оцінювання програмного продукту.

**Завдання:**

1. Опрацювати лекцію №25 та теоретичні відомості, ознайомитися з матеріалами, наданими в списку додаткової літератури.
2. За цією інформацією визначте:

* метрики програмного продукту і їхні складові, а також які з цих метрик ви можете застосувати до вашого проекту;
* визначте стандарти з якості ПС.

1. Робота повинна бути виконана згідно критеріїв оформлення документації та повинна містити

* Назва практичної роботи.
* Прізвище, група
* Назва проекту.
* Письмові відповіді на п.2.

По закінченню практичну роботу потрібно здати на перевірку викладачеві, надіславши електронною поштою на адресу [**t.i.lumpova@gmail.com**](mailto:t.i.lumpova@gmail.com) . Якщо викладач знаходить помилки чи неточності, він може повернути роботу на доопрацювання.

Файл з роботою повинен мати назву в такому форматі:

**PI<Номер групи><Номер лекції / практичної / лабораторної>[-<Номер завдання>][літера позначення типу роботи L – лекція, P –практична, R – лабораторна]<Прізвище англійською>**.. Наприклад, **РІ4101Р**buts.doc.

Не копіюйте фрагментів з різних інформаційних джерел, подумайте і викладіть свою точку зору. При наявності робіт -"близнюків" відповідь буде зараховуватися першому за часом надсилання.

Тему в заголовку листа записати

**ОПІ <Номер групи>-ЛР<Номер лабораторної>-<Прізвищеанглійською>**

**Строк виконання цієї роботи ІПЗ-41 – 30.05.2023**

**Теоретичні відомості**

**Метрики якості**

На сьогодні у програмній інженерії діють різні підходи до визначення набору метрик якості та методів вимірювання. Система вимірювання містить у собі метрики й моделі вимірювань, які використовуються для кількісної оцінки якості ПС. При визначенні вимог до ПС задаються відповідні ним зовнішні характеристики і їхні атрибути (характеристики), що визначають різні аспекти керування продуктом у певному середовищі. Для набору характеристик якості ПС, наведених у вимогах, визначаються відповідні метрики, моделі їхньої оцінки й діапазон значень мір для вимірювання окремих атрибутів якості.

Відповідно до стандарту *ISO/IEC* 9126. Infofmation Technology. – Software Quality Characteristics and metrics. 1997 метрики визначаються за моделями виміру атрибутів ПС на всіх процесах ЖЦ (проміжна, внутрішня метрика) і особливо на процесі тестування або функціонування (зовнішні метрики) продукту. Наведемо  класифікацію метрик ПС, правил для проведення метричного аналізу й процесу їхнього виміру.

**Типи метрик***.* Існує три типи метрик:

- метрики програмного продукту, які використовуються для вимірювання його характеристик – властивостей;

- метрики процесу, які використовуються для вимірювання властивості процесу ЖЦ створення продукту;

- метрики використання.

**Метрики програмного продукту** містять у собі:

- зовнішні метрики, що визначають властивості продукту, видимі користувачеві;

- внутрішні метрики, що визначають властивості, видимі тільки команді розробників.

*Зовнішні метрики*продукту – це метрики:

- надійності продукту, які використовують для визначення числа дефектів;

- функціональності, за допомогою яких визначають наявність і правильність реалізації функцій у продукті;

- супроводу, за допомогою яких вимірюють ресурси продукту (швидкість, пам'ять, середовище);

- застосування продукту, які сприяють визначенню ступеня доступності для вивчення й використання;

- вартості створеного продукту.

*Внутрішні метрики*продукту вміщують:

- метрики розміру, необхідні для вимірювання продукту за допомогою його внутрішніх характеристик;

- метрики складності, необхідні для визначення складності продукту;

- метрики стилю, які використовуються для визначення підходів і технологій створення окремих компонентів продукту і його документів.

Внутрішні метрики дозволяють визначити продуктивність продукту і є релевантними відносно зовнішніх метрик.

Зовнішні й внутрішні метрики задають на процесі формування вимог до ПС і є предметом планування й керування досягненням якості кінцевого програмного продукту.

Метрики продукту часто описуються комплексом моделей для встановлення різних властивостей, значень моделі якості або прогнозування. Вимірювання виконують, як правило, після калібрування метрик на ранніх процесах проекту. Загальна міра – ступінь трасування, що визначають числом трас, які простежуються за моделями сценаріїв типу UML й оцінкою кількості:

– вимог;

– сценаріїв і дійових осіб;

– об'єктів, вміщених у сценарій, і локалізація вимог до кожного сценарію;

– параметрів й операцій об'єкта й ін.

Стандарт ISO/IEC 9126–2 визначає такі типи мір:

– міра розміру ПС в різних одиницях вимірювання (число функцій, рядків у програмі, розмір дискової пам'яті й ін.);

– міра часу (функціонування системи, виконання компонента й ін.);

– міра зусиль (продуктивність праці, трудомісткість й ін.);

– міра обліку (кількість помилок, число відмов, відповідей системи та ін.).

Спеціальною мірою може бути рівень використання повторних компонентів, яку вимірюють як відношення розміру продукту, виготовленого з готових компонентів, до розміру системи в цілому. Така міра використовується також при визначенні вартості і якості ПС. Приклади метрик:

- загальне число об'єктів і число повторно використовуваних;

- загальне число операцій, повторно використовуваних і нових операцій;

- число класів, що успадковують специфічні операції;

- число класів, від яких залежить певний клас;

- число користувачів класу або операцій та ін.

При оцінці загальної кількості певних величин часто використовують середньостатистичні метрики (середнє число операцій у класі,  класу нащадків або операцій класу й ін.).

Як правило, міри є суб'єктивними й залежать від знань експертів, що виконують кількісні оцінки атрибутів компонентів програмного продукту.

Прикладом широко використовуваних зовнішніх метрик програм є метрики Холстеда – це характеристики програм, виявлених на основі статичної структури програми конкретною мовою програмування: число входжень операндів й операторів, що найчастіше зустрічаються; довжина опису програми як сума числа входжень всіх операндів й операторів та ін.

На основі цих атрибутів можна обчислити час програмування, рівень програми (структурованість та якість) і мови програмування (абстракції засобів мови й орієнтація на проблему) та ін.

Як метрику процесу можна використовувати час розробки, число помилок, знайдених на процесі тестування та ін. Частіше застосовують такі метрики процесу:

- загальний час розробки й час окремо для кожної стадії;

- час модифікації моделей;

- час виконання робіт на процесі;

- число знайдених помилок при інспектуванні;

- вартість перевірки якості;

- вартість процесу розробки.

**Метрики використання**призначено для вимірювання ступеня задоволення потреб користувача для розв’язання задач. Вони допомагають оцінити не властивості самої програми, а результати її експлуатації – експлуатаційну якість. Як приклад – точність і повнота реалізації завдань користувача, а також витрачені ресурси (трудовитрати, продуктивність та ін.) на ефективне розв’язання задач користувача. Оцінка вимог користувача виконується за допомогою зовнішніх метрик.

**Стандартна оцінка показників якості**

Оцінка якості ПС згідно з чотирьохрівневою моделлю якості починається з нижнього рівня ієрархії, тобто з найелементарнішої властивості оцінюваного атрибута показника якості згідно з встановленими  мірами. При  проектуванні системи  визначають значення оцінних елементів з кожного атрибута показника аналізованого ПС, що відображений у  вимогах.

За визначенням стандарту ISO/IES 9126-2 метрика якості ПС являє собою «модель вимірювання атрибута, що зв'язує його з показником якості». При вимірюванні показників якості даний стандарт дає змогу визначати такі типи мір:

-  міри розміру в різних одиницях вимірювання (кількість функцій, розмір програми, обсяг ресурсів й ін.);

-  міри часу – періоди реального, процесорного або календарного часу (час функціонування системи, час виконання компонента, час використання й ін.);

-  міри зусиль – продуктивний час, витрачений на реалізацію проекту (продуктивність праці окремих учасників проекту, колективна трудомісткість та ін.);

-  міри інтервалів між подіями, наприклад, час між послідовними відмовами;

-  міри лічби – лічильники для визначення кількості виявлених помилок, структурної складності програми, числа несумісних елементів, числа змін (наприклад, число виявлених відмов та ін.).

Метрики якості, що використовують для оцінки ступеня простоти тестування за допомогою даних (безвідмовна робота, виконуваність функцій, зручність застосування інтерфейсів користувачів, БД і т.п.) після проведення випробувань ПС на множині тестів.

Напрацювання на відмову як атрибут надійності – це середній час між появою загроз, що порушують безпеку, складова вимірюваної оцінки збитку, завданого відповідними загрозами.

Дуже часто оцінка програми здійснюється за кількістю рядків. При зіставленні двох програм, що реалізують одне застосування, перевага надається короткій програмі, оскільки її створює більш кваліфікований персонал, в ній менше прихованих помилок, її легше модифікувати. За вартістю вона дорожче, хоча часу на налагодження й модифікацію витрачають більше. Отже, довжину програми можна використати як допоміжну властивість для порівняння програм з урахуванням однакової кваліфікації розробників, єдиного стилю розробки й спільного середовища.

Якщо у вимогах до ПС було зазначено отримання кількох показників, то обчислений після збирання даних показник множиться на відповідний ваговий коефіцієнт, а потім підсумовуються всі показники для отримання комплексної оцінки рівня якості ПС.

На основі вимірювання кількісних характеристик і проведення експертизи якісних показників із застосуванням вагових коефіцієнтів, що нівелюють різні показники, визначається підсумкова оцінка якості продукту шляхом підсумовування результатів за окремими показниками й порівняння їх з еталонними показниками ПС (вартість, час, ресурси й ін.).

Іншими словами, при проведенні оцінки окремого показника за допомогою оцінних елементів визначають ваговий коефіцієнт *k-метрики*, *j-показника*, *i-атрибута*. Наприклад, як *j-показник* візьмемо переносність. Цей показник буде обчислюватися за п'ятьма атрибутами (*i*= 1, ..., 5), причому кожний з них буде множитися на відповідний коефіцієнт *ki*.

Всі метрики *j-атрибута* підсумовують й утворюють *i-показник* якості. Коли всі атрибути оцінено за кожним з показників якості, виробляється сумарна оцінка окремого показника, а потім й інтегральна оцінка якості з урахуванням вагових коефіцієнтів всіх показників ПС.

В остаточному підсумку результат оцінки якості є критерієм ефективності й доцільності застосування методів проектування, інструментальних засобів і методик оцінювання результатів створення програмного продукту на процесах ЖЦ.

Для викладу оцінки значень показників якості використовують стандарт *ДСТУ* 3230–1995. Управление качеством и обеспечение качества. Термины и определения., у якому представлено такі методи: вимірювальний, реєстраційний, обчислювальний та експертний (а також комбінації цих методів).

*Вимірювальний метод*базується на використанні вимірювальних і спеціальних програмних засобів для отримання інформації про характеристики ПС, наприклад, визначення обсягу, числа рядків коду, операторів, кількості гілок у програмі, число точок входу (виходу), реактивність та ін.

*Реєстраційний метод* використовують для підрахунку часу, числа збоїв або відмов, початку й кінця роботи  системи у процесі його виконання.

*Розрахунковий метод* базується на статистичних даних, зібраних при проведенні випробувань, експлуатації й супроводі ПС. Розрахунковими методами оцінюються показники надійності, точності, стійкості, реактивності й ін.

*Експертний метод* здійснюється групою експертів – фахівців, компетентних у розв’язку  певної задачі або типу ПС. Їхня оцінка базується на досвіді й інтуїції, а не на безпосередніх результатах розрахунків або експериментів. Цей метод здійснюється шляхом перегляду програм, кодів, супровідних документів і сприяє якісному оцінюванню створеного продукту. Для цього встановлюють контрольовані ознаки, які корелюють з одним або декількома показниками якості й вміщені в карти опитування експертів. Метод використовується для оцінювання таких показників, як простота аналізу, документованість, структурованість ПС та ін.

Для оцінювання значень показників якості залежно від особливостей використаних ними властивостей, призначення, способів їхнього визначення застосовуються:

- шкала метрична (1.1 – абсолютна, 1.2 – відносна, 1.3 – інтегральна);

- шкала порядкова (рангова), що дозволяє визначати ранг характеристики шляхом порівняння з опорними;

- класифікаційна шкала, що характеризує наявність або відсутність розглянутої властивості в оцінюваному програмному забезпеченні.

Показники, які обчислюються за допомогою метричних шкал, називають кількісними, а визначені за допомогою порядкових і класифікаційних шкал – якісними.

Атрибути програмної системи, що характеризують її якість, вимірюють з використанням метрик якості. Метрика визначає міру атрибута, тобто змінну, якій привласнюється значення, отримане внаслідок вимірювання.

Для правильного використання результатів вимірювань кожна міра ідентифікується відповідною шкалою.

Стандарт ISO/IES 9126–2 рекомендує застосовувати п’ять  видів шкал вимірювання значень, які впорядковано від менш строгої до більш строгої:

- номінальна шкала відображає категорії властивостей оцінюваного об'єкта без їхнього впорядкування;

- порядкова шкала впорядковує характеристики за зростанням або спадання шляхом порівняння їх з базовими значеннями;

- інтервальна шкала задає істотні властивості об'єкта (наприклад, календарна дата);

- відносна шкала задає певне значення за вибраною одиницею;

- абсолютна шкала вказує на фактичне значення величини (наприклад, число помилок у програмі дорівнює 10).

**Класифікація моделей надійності**

На сьогодні розроблено велику кількість моделей надійності ПС та їхніх модифікацій. Кожна із цих моделей визначає функцію надійності, яку можна визначити при наданні їй відповідних даних, зібраних під час функціонування ПС. Основними параметрами є відмова й час, інші додаткові параметри пов'язано з типом ПС, умовами середовища й даних.

Через велику розмаїтість моделей надійності розроблено кілька підходів до класифікації цих моделей. Такі підходи в цілому ґрунтуються на історії помилок у ПС, що перевіряється й тестується на процесах ЖЦ. Однією з класифікацій моделей надійності ПС є класифікація Хетча, за якою  моделі розділяються на  прогнозні, вимірювальні й оцінні (рис. 1).

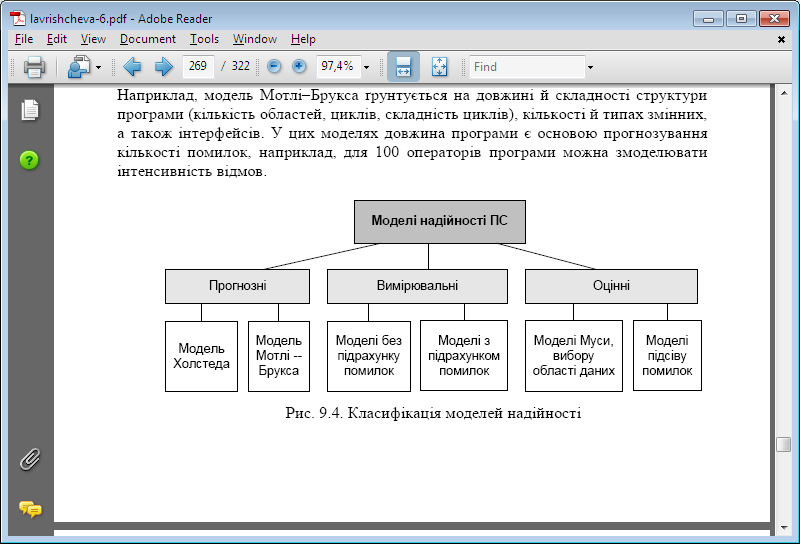


Рис. 1. Класифікація моделей надійності

*Прогнозні моделі* надійності ґрунтуються на вимірюванні технічних характеристик створюваної програми: довжина, складність, число циклів і ступінь їхньої складності, кількість помилок на сторінку операторів програми та ін. Наприклад, модель Мотлі–Брукса ґрунтується на довжині й складності структури програми (кількість областей, циклів, складність циклів), кількості й типах змінних, а також інтерфейсів. У цих моделях довжина програми є основою прогнозування кількості помилок, наприклад, для 100 операторів програми можна змоделювати інтенсивність відмов.

*Вимірювальні моделі* призначені для визначення надійності програмного забезпечення, що працює із певним зовнішнім середовищем. Вони мають такі обмеження:

- програмне забезпечення не модифікується під час періоду вимірювання властивостей надійності;

- виявлені помилки не виправляються;

- вимірювання надійності здійснюється для зафіксованої конфігурації програмного забезпечення.

*Оцінні моделі* ґрунтуються на серії тестових прогонів і здійснюються на процесах тестування ПC. У тестовому середовищі визначається ймовірність відмови програми при її виконанні або тестуванні.

Ці типи моделей можуть застосовуватися на процесах ЖЦ. Крім того, результати прогнозних моделей можуть використовуватися як вхідні дані для оцінної моделі. Існують моделі (наприклад, модель Муси), які можна розглядати і як оцінні, й  як вимірювальні моделі.

Інший вид класифікації моделей запропонував Гоєл, відповідно до якої моделі надійності базуються на відмовах і розділяються на чотири класи:

- без підрахунку помилок;

- з підрахунком відмов;

- з підсівом помилок;

- моделі з вибором областей вхідних значень.

*Моделі без підрахунку помилок* базуються на вимірюванні інтервалу часу між відмовами й дозволяють спрогнозувати кількість помилок, що залишилися в програмі. Після кожної відмови оцінюється надійність і визначається середній час до наступної відмови. До таких моделей належать моделі Джелінски й Моранді, Шику Вулвертона й Литвуда–Вералла.

*Моделі з підрахунком відмов*базуються на кількості помилок, виявлених на заданих інтервалах часу. Виникнення відмов залежно від часу є стохастичним процесом з безперервною інтенсивністю, а кількість відмов є випадковою величиною. Виявлені помилки, як правило, усуваються й тому кількість помилок в одиницю часу зменшується. До цього класу моделей належать моделі Шумана, Шика–Вулвертона, пуассонівська модель та ін.

*Моделі з підсівом помилок*базуються на кількості усунутих помилок і підсіві внесених у програму штучних помилок, тип і кількість яких заздалегідь є відомими. Потім визначається співвідношення кількості прогнозованих помилок, що залишилися, до кількості штучних помилок, що порівнюється зі співвідношенням кількості виявлених дійсних помилок до кількості виявлених штучних помилок. Результат порівняння використовується для оцінки надійності і якості програми. При внесенні змін у програму здійснюється повторне тестування й оцінка надійності. Цей підхід до організації тестування громіздкій і рідко використовується через додатковий обсяг робіт, пов'язаних з підбором, виконанням й усуненням штучних помилок.

*Моделі з вибором області* вхідних значень ґрунтуються на генерації множини тестових вибірок із вхідного розподілу, і оцінка надійності здійснюється, виходячи з отриманих відмов на основі тестових вибірок із вхідної області. До цього типу моделей належить модель Нельсона та ін.

Таким чином, класифікація моделей зростання надійності щодо процесу виявлення відмов, фактично поділяється на дві групи:

- моделі, які розглядають кількість відмов як марковський процес;

- моделі, які розглядають інтенсивність відмов як пуассонівський процес.

Чинник розподілу інтенсивності відмов розподіляє моделі на експонентні, логарифмічні, геометричні, байєсівські та ін.

**Марковські та пуассонівські моделі надійності**

У моделях, що базуються на процесі Маркова, передбачається, що кількість дефектів, виявлених у ПС, у певний момент часу залежить від поведінки системи й подається у вигляді стаціонарного ланцюга Маркова. При цьому кількість дефектів скінченна, але є невідомою величиною, що задається для моделі у вигляді сталої. Інтенсивність відмов у ПС або швидкість проходу ланцюгом залежить *лише від кількості дефектів,*які залишилися в ПС. До цієї групи  належать моделі: Джелинскі–Моранді, Шика–Вулвертона , Шантикумера та ін.

Існують моделі надійності, які  забезпечують зростання надійності ПС. Вони знаходять широке застосування при тестуванні й описують процес виявлення відмов за умови таких припущень:

-  всі помилки у ПС не залежать одна від одної з погляду локалізації відмов;

-  інтенсивність відмов пропорційна поточному числу помилок у ПС (убуває при тестуванні програмного забезпечення);

-  ймовірність локалізації відмов залишається сталою;

- локалізовані помилки усуваються до того, як буде продовжено тестування;

- при усуненні помилок нові помилки не вносяться.

**Процеси оцінки надійності**

Деякі типи систем реального часу, забезпечення безпеки та інші вимагають високої надійності (неприпустимість помилок, точність, вірогідність й ін.), що значною мірою залежить від кількості, яка залишилися, і не усунутих помилок у процесі її розроблення на процесах ЖЦ. У процесі експлуатації помилки також можуть виявлятися й усуватися. Якщо при їхньому виправленні не вносяться нові помилки або їх вноситься  менше, ніж усувається, то в ході експлуатації надійність системи безперервно зростає. Чим інтенсивніше здійснюється експлуатація, тим інтенсивніше виявляються помилки й швидше зростає надійність.

На надійність ПС впливають, з одного боку, загрози, що призводять до несприятливих наслідків, ризику порушення безпеки системи, а з іншого –, здатність сукупності компонентів системи зберігати стійкість у процесі її експлуатації. Ризик зменшує властивості надійності, особливо, якщо виявлені помилки можуть бути результатом виявлення прояву загрози ззовні.

Методи й моделі постійно розвиваються, оскільки надійність є однією з ключових проблем сучасних ПС. З'явився новий напрямок ­­- інженерія надійності ПС (Software reliability engineering – SRE), що орієнтується на кількісне вивчення операційної поведінки компонентів ПС відносно користувача, який очікує надійну роботу системи, і містить у собі:

1) вимірювання надійності, тобто проведення кількісної оцінки методами передбачення, збирання даних про поведінку системи в процесі тестування й експлуатації ПС;

2) оцінку стратегії й метрик конструювання й вибору готових компонентів у процесі розроблення  системи, а також середовища функціонування, що впливає на надійність роботи системи;

3) сучасні методи інспектування, верифікації, валідації та тестування при розробленні окремих компонентів і системи в цілому.

В інженерії надійності визначено новий термін dependability, що означає залежність, тобто надійність у широкому сенсі, тобто  порівняння з терміном reliability новий термін визначає здатність системи мати властивості, бажані для користувача й такі, що дають йому впевненість у якісному виконанні функцій, наданих у вимогах до системи. Dependability додає додаткові атрибути, які повинна володіти ПС, а саме:

 – готовність до використання (availability);

 – готовністю до безперервного функціонування (reliability);

 – безпека для навколишнього середовища, тобто здатність системи не викликати катастрофічних наслідків у випадку відмови (safety);

 – таємність і схоронність інформації (сonfidential);

 – здатність до збереження системи й стійкості до довільної її зміни (integrity);

 – здатність до експлуатації ПС, простота виконання операцій обслуговування, а також усунення помилок, відновлення системи після їхнього усунення й т.п.(maintainability);

 – готовність і схоронність інформації (security) і ін.

Досягнення необхідної надійності системи забезпечується шляхом запобігання відмов (fault prevention), їх усунення (removal fault), можливого виконання системи при їх наявності й оцінки можливості появи нових відмов і засобів боротьби з ними. Відмови мають випадковий характер, аналіз яких ґрунтується на методах теорії ймовірностей і випадкових процесів. З урахуванням цього й розроблено велику кількість моделей надійності.

Для отримання високої надійності ПС потрібно спостерігати за значенням цього показника якості на всіх процесах ЖЦ, про що свідчать рекомендації стандарту ISO/IEC 12207. У ньому керування якістю (а це означає і керування основним показником якості – надійністю) визначено як новий обов'язковий процес ЖЦ в організації виконання основних процесів реалізації ПС. Мета й завдання забезпечення надійності полягають у можливості передбачити виникнення відмов і помилок у ПС і зібрати статистику їхньої появи й виправлення на основних процесах ЖЦ:

 – специфікація вимог,

 – проектування,

 – реалізація,

 – тестування,

 – випробування,

 – супровід.

З організаційного характеру процесу керування якістю випливає, що забезпечення надійності припускає складання плану-графіка, у якому відображаються такі види дій:

 – виділення керованих і некерованих чинників процесу розроблення, що впливають на надійність (керовані чинники – розв’язки  інспекції, обсяги всіх видів ресурсів при тестуванні, некеровані чинники – параметри середовища функціонування, досвід обслуговуючого персоналу, об’єм продукту, можливість зміни вихідних вимог до ПС та ін.);

 – вибір необхідних значень керованих чинників для оцінки досягнення цільових вимог до інтенсивності відмов і прийняття необхідних обмежень;

 – аналіз чинників, що впливають на інтенсивність відмов;

– розроблення планів тестування й випробування продукту для оцінки надійності ПС, у тому числі при специфікації вимог, відповідності їхнім вимогам стандарту й проведення робіт з перевірки й атестації готового продукту.

**Забезпечення надійності на процесах ЖЦ.**

На процесі специфікації вимог визначаються завдання й зовнішні специфікації основних (цільових) вимог до системи й ПС із поданням кількісних метрик для оцінки надійності у термінах інтенсивності відмов або ймовірності безвідмовного його функціонування.

Визначення цих подань проводиться шляхом інтерв'ю розробника з користувачем для формування:

 – пріоритетів функцій за критерієм важливості їхньої реалізації в ПС;

 – сценаріїв виконання функцій;

 – параметрів середовища й інтенсивності використання функцій програм та їхніх відмов;

 – характеристик моделі (вхідні й вихідні дані) і вхідного простору для кожної функції;

 – категорій відмов та їхньої інтенсивності при виконанні функції в заданому сценарії із числом відмов у одиницю календарного часу.

Результатом роботи з користувачем над аналізом проекту є:

 – класифікація відмов програмного забезпечення (за ступенем серйозності);

 – обґрунтування вимог до інтенсивності відмов на основі компромісу між надійністю, вартістю й зусиллями, затрачуваними на випуск продукту;

 – визначення ставлення замовника до відмов різного ступеня серйозності і його готовності сплачувати за зниження інтенсивності відмов за кожним категорією серйозності;

 – побудова функціональної конфігурації програмного забезпечення із зазначенням частоти використання кожної функції;

 – розбивка вхідного простору кожної функції на категорії даних для наступного функціонального тестування програм на процесі випробувань;

 – оцінка календарного часу роботи із процесором ПС.

*На процесі проектування*визначаються:

 – розміри, тобто інформаційна й алгоритмічна складність всіх типів проектованих компонентів;

 – категорії дефектів, властиві всім типам компонентів ПC;

 – стратегії функціонального тестування компонент за принципом «чорної скриньки» за допомогою тестів для тестування й виявлення дефектів у класі категорії даних.

Для компонентів ПС, що виконують різні функції, здійснюється:

 – класифікація можливих дефектів і ступеня їхнього поширення в ПС;

 – визначення середовища й інтенсивності використання компонента;

 – оцінка ризику використання певного компонента в заданому контексті системи;

 – оцінка впливів відмов компонента на стійкість всієї системи та ін.

Для досягнення надійного продукту аналізуються:

 – варіанти архітектури ПС на відповідність поставленим вимогам до надійності;

 – види технологій аналізу ризику, режимів відмов, дерев помилок і перелік критичних компонентів для забезпечення властивостей відмовостійкості та відновлюваності ПС;

 – прогнозування показників розміру ПС, чутливості до помилок, ступеня простоти тестування, оцінки ризику й складності системи.

В разі необхідності для покращання надійності ПС здійснюється перерозподіл певних задач між виконавцями для перепроектування, підбору нових повторно використовуваних компонентів та ін.

*На процесі реалізації ПС* проектні специфікації переводяться в тексти мови програмування і підготовлюються набори тестів для автономного й комплексного його тестування.

При проведенні автономного тестування забезпечення надійності полягає в попередженні появи дефектів в окремих компонентах і створенні ефективних методів захисту від них. Всі наступні етапи розроблення не можуть забезпечити надійність ПС, а лише сприяють підвищенню рівня надійності за рахунок виявлення помилок, що залишилися, за допомогою тестів різних категорій.

Забезпечення надійності на цьому процесі досягається за рахунок:

 – застосовуваної методології збирання й аналізу інформації про аномалії, дефекти й відмови;

 – методології виявлення й локалізації дефектів різних категорій;

 – формування критеріїв завершення тестування, визначення строків завершення тестування й вартості ресурсів тестування.

*На процесі випробувань*створюється план випробувань ПС, за яким проводиться тестування на відповідність зовнішнім специфікаціям функцій і цілям проекту.

Випробування програмного продукту повинно здійснюватися групою фахівців або користувачів у навколишньому середовищі функціонування або на іспитовому стенді для імітації функцій компонентів відповідно до планів випробувань. При підготовці до випробувань вивчається історія тестування на стадіях ЖЦ з метою безпосереднього використання раніше розроблених тестів, а також складання спеціальних тестів випробувань.

При  випробуванні відповідно з плану здійснюють:

 – оцінку надійності за результатами системного тестування й польових випробувань за відповідними моделями надійності;

 – керування зростанням надійності шляхом кількаразового виправлення й регресійного тестування ПС;

 – прийняття рішення про ступінь готовності ПС і можливості його передачі в експлуатацію.

*На процесі супроводу* оцінка надійності ПС здійснюється за моделями надійності, що відповідають типу ПС. Якщо виявлено помилки й внесені необхідні зміни в ПС, здійснюють такі заходи:

 – протоколювання відмов у ході функціонування ПС і вимірювання надійності функціонування, а також використання результатів вимірювань при визначенні втрат надійності в період часу експлуатації;

 – аналіз частоти й серйозності відмов для визначення порядку усунення відповідних помилок;

 – оцінка впливу функціонування ПС на надійність в умовах удосконалення технології або використання нових інструментів розробки ПС.