

Упорядковуючи характеристики та підхарактеристики якості за важливістю, можна також встановлювати для кожної з них коефіцієнт вагомості, що дозволить за обмежених ресурсів розроблення приділяти більше уваги тим характеристикам, які мають найбільшу вагу. Коефіцієнти вагомості кожної характеристики визначаються експертним шляхом за визначеною шкалою.

Стандарт ДСТУ 2850–94 [44] рекомендує порядкову шкалу з 5 значень: 5 — «украй важливо» (високе значення характеристики), 4 — «дуже важливо», 3 — «важливо», 2 — «бажано», 1 — «неважливо».

### **2.2.2. Оцінювання інтегрального показника якості**

У тому випадку, якщо мета оцінювання якості ПЗ полягає у визначенні загального рівня якості ПЗ, а не окремих характеристик чи підхарактеристик, обчислюється інтегральний показник якості. Природно, що інтегральний показник можна використовувати тільки за умови досягнення кожним з частинних показників задовільного рівня якості (умова задоволення кожного показника обмеженням, заданим під час формування вимог до якості).

Оскільки всі підхарактеристики якості мають різні метрики (методи і шкали вимірювання), вони не можуть безпосередньо порівнюватися або поєднуватися. Механізм їх об'єднання полягає в тому, що для всіх елементів на всіх рівнях моделі якості упроваджується єдина шкала оцінювання — від 0 до 1.

Інтегральний показник якості визначається як функція (середньозважене арифметичне середнє) від декількох характеристик (підхарактеристик) якості та коефіцієнтів їх вагомості [44]:

$$U = \sum_{i=1}^N Q_i W_i,$$

де  $U$  — рівень якості;  $Q_i$  — відносне значення  $i$ -ї характеристики якості;  $W_i$  — параметр вагомості;  $N$  — кількість характеристик.

Відносне значення характеристики — це відношення її обчисленого (фактичного) значення до базового (еталонного) значення. Еталонне значення відповідає значенню цієї характеристики кращого зразка ПС з аналогів (до аналогів належать раніше створені ПС того самого класу, що й оцінювана ПС, а також подібні за функціональним призначенням й умовами застосування ПС, що відповідають сучасному рівню розвитку систем цього класу).

Якщо модель якості багаторівнева, то результат оцінювання показника якості визначається результатом оцінювання характеристик, а результат оцінювання кожної характеристики — результатом оцінювання її підхарактеристик і так далі знизу вгору за рівнями моделі якості.

### **2.3. Оцінювання процесів життєвого циклу програмного продукту**

#### **2.3.1. Еталонна модель оцінювання**

Оцінювання процесів ЖЦ може бути потрібним для оцінювання стану процесів розроблення з метою їх подальшого вдосконалення; установлення відповідності власних процесів організації певним вимогам.

Оцінювання процесів ЖЦ регламентується стандартом ISO/IEC 15504:1998, який пропонує двоетапну модель оцінювання. На першому етапі встановлюється відповідність оцінюваного процесу певним вимогам, зафіксованим в еталонній моделі цього процесу, на другому — визначається ступінь точності його організованості, стійкості і керованості.

Еталонні процеси ЖЦ визначено у стандарті ISO/IEC 12207 [1]. Кожен процес в еталонній моделі описується у вигляді формулювання мети (призначення) процесу і переліку тверджень, що констатують успішне здійснення процесу. Відповідно до того, чи має процес ці особливості, оцінюють, чи процес виконує дії, які вважаються нормою [2].

Вимірювання процесів у проекті (за їх діями і конкретними напрацюваннями) створює першу міру у двовимірній моделі оцінювання, яка використовується для підтвердження наявності оцінюваного процесу і досягнення результату. Однак факт досягнення процесом кінцевого результату ще не свідчить про те, що він не «пущений на самоплив».

Друга міра моделі оцінювання використовується для вимірювання властивостей (атрибутів) процесу, за якими визначають потужність керувальної складової процесу — керівної практики. Її називають *мірою потужності* процесу, що характеризує ступінь досконалості керівної практики. У стандарті ISO/IEC 15504 [138–146] виділено 9 атрибутів потужності процесу на 6 рівнях потужності (зрілості) процесу.

Коротка характеристика рівнів потужності (зрілості) процесу:

**Рівень 0. Незавершений процес.** Відбувається «провал» під час виконання процесу або збій у досягненні його цілей — немає або дуже мало робочих продуктів або результатів процесу, які свідчать про те, що процес виконується.

**Рівень 1. Виконуваний процес.** Призначення процесу в цілому досягається. Співробітники організації визнають, що діяльність, яка відповідає призначенню процесу, потрібно провадити. Існує загальна домовленість про те, що ця діяльність провадиться так, як потрібно, і тоді, коли потрібно.

Робочі продукти процесу ідентифіковані, і за ними можна оцінювати досягнення його цілей. Результати процесу можуть не бути заздалегідь строго заплановані.

**Рівень 2. Керований процес.** Робочі продукти виробляються відповідно до встановлених процедур. Процес планується і контролюється. Робочі продукти узгоджуються з певними стандартами та вимогами.

Основна відмінність від рівня виконуваного процесу полягає в тому, що хід процесу тепер приводить до випуску робочих продуктів, що повністю відповідають вимогам до якості в межах заданих строків і ресурсів.

**Рівень 3. Сталий процес.** Існує базове визначення процесу, розроблене з урахуванням провідних принципів і передової практики програмної інженерії, що забезпечує досягнення очікуваних результатів у разі його належного використання. Базовий процес інституалізується (упроваджується) в організації. Далі він адаптується до умов певного проекту («налаштовується» на конкретні робочі продукти, строки і т. ін.).

Для реалізації адаптованого процесу, поданого його визначенням, виділяються всі необхідні ресурси. Основна відмінність від рівня керованого процесу полягає в тому, що процес на рівні сталого процесу використовує базовий процес як такий, який дійсно здатний досягти результатів, властивих базовому процесу, і є гарантією досягнення результатів.

**Рівень 4. Передбачуваний процес.** Цей процес на практиці виконується в умовах постійного кількісного контролю досягнення цілей базового процесу. Продукти й ресурси процесу детально вимірюються, а результати вимірювань збираються й аналізуються.

Це дозволяє ефективно керувати процесом, передбачати його стан в ході ЖЦ, а також оцінювати якість продуктів у кількісному обчисленні.

Основна відмінність від сталого процесу полягає в тому, що адаптований процес виконується постійно і завжди можна передбачити, на якому етапі він буде перебувати в певний момент часу.

**Рівень 5. Процес, що оптимізується.** Виконання процесу оптимізується відповідно до поточних й майбутніх виробничих цілей організації. Існують кількісні цільові показники економічної ефективності та продуктивності виконання процесу.

Установлено зворотний зв'язок у процесі, завдяки якому здійснюється постійний моніторинг відповідності процесу цілям організації і поліпшення процесу.

Процес, що оптимізується, припускає вирішення пілотних завдань (апробації нових ідей і технологій) і модернізації (зміни) неефективних дій для досягнення певних цілей або показників. Основна відмінність від рівня передбачуваного процесу полягає в тому, що не тільки діючий адаптований процес, але й базовий процес організації динамічно змінюються й поліпшуються з метою ефективного досягнення поточних і майбутніх виробничих цілей.

Еволюція потужності будь-якого процесу позначається на його властивостях (атрибутах). Атрибут процесу описує деякий аспект загальної можливості керування й удосконалення процесу.

Певна множина атрибутів характеризує рівень потужності процесу, причому кожний наступний рівень потужності включає не тільки атрибути, властиві процесу на цьому рівні, але й атрибути процесу для всіх попередніх рівнів (табл. 2.2).

Ці атрибути в сукупності вказують на основний приріст потужності керування процесом.

Перший атрибут АП 1.1 характеризує не стільки потужність процесу, скільки його наявність, а всі інші — ступінь керування процесом у різних аспектах його виконання.

Для кожного атрибута існують рейтинги досягнення («повністю», «істотно», «частково», «недосягнуто») у певному контексті досягнення конкретної поставленої мети оцінювання (табл. 2.3).

Таблиця 2.2

## Атрибути потужності процесу

Рівень потужності	Атрибут	Визначення атрибута
1. Виконуваний процес	АП 1.1 Виконуваність процесу	Ступінь, у якому процес досягає результатів шляхом перетворення ідентифікованих вхідних робочих продуктів на ідентифіковані вихідні робочі продукти
2. Керований процес	АП 2.1 Керованість виконанням	Ступінь, у якому виконання процесу спрямовується на вироблення робочих продуктів, що відповідають установленим цільовим показникам процесу (параметрам керування)
	АП 2.2 Керованість робочими продуктами	Ступінь, у якому виконання процесу спрямовується на створення таких робочих продуктів, які належним чином документовані й верифіковані
3. Сталий процес	АП 3.1 Визначеність	Ступінь, у якому виконання процесу використовує визначення процесу (засноване на базовому) для досягнення результатів процесу
	АП 3.2 Використовуваність ресурсів	Ступінь, у якому процес використовує наявні ресурси (наприклад, трудові ресурси й інфраструктуру процесу), виділені для розгортання процесу
4. Передбачуваний процес	АП 4.1 Вимірність	Ступінь, у якому цілі й міри продукту та процесу використовуються для гарантування того, що виконання процесу сприяє досягненню поставлених цілей

Рівень потужності	Атрибут	Визначення атрибута
	АП 4.2 Контрольованість виконання	Ступінь, у якому процес контролюється (через збирання, аналіз і використання мір продукту та процесу), що забезпечує коригування його виконання для досягнення певних цілей (щодо продукту та процесу)
5. Процес, що оптимізується	АП 5.1 Контрольованість модифікації	Ступінь, у якому зміни у визначенні, керуванні й виконанні процесу перебувають під постійним контролем у контексті досягнення відповідних виробничих цілей організації
	АП 5.2 Безперервність досконалення	Ступінь, у якому зміни у процесі ідентифікуються та впроваджуються таким чином, що існує гарантія безупинного вдосконалення, що сприяє досягненню відповідних виробничих цілей організації

Таблиця 2.3

## Еталонна шкала рейтингів атрибутів процесу

Не досягнутий (Н)	Частково досягнутий (Ч)	Істотно досягнутий (І)	Повністю досягнутий (П)
0–15 %	50 %	85 %	100 %

Процеси завжди потрібно оцінювати з урахуванням певного контексту оцінювання — адже для одних цілей оцінювані процеси можуть бути придатні, для інших — ні.

Описана двовимірна модель оцінювання є еталонною моделлю і не може бути безпосередньо застосована для оцінювання, оскільки не існує «універсального» контексту оцінювання (не зрозуміло, за якими саме показниками проводити оцінювання).

### 2.3.2. Сумісна модель оцінювання

Сумісна модель повинна охоплювати принаймні ті процеси, які *потрібно* оцінювати (один або декілька). У ній мають бути детально описані конкретні практичні прийоми, які забезпечують реалізацію *призначення процесу* та досягнення зазначених в еталонній моделі *результатів процесу*. Їх називають *базовими практичними прийомами*.

Потрібно також чітко визначати *робочі продукти*, які використовуються на вході процесу або з'являються на його виході.

В описі кожного робочого продукту необхідно вказувати *характеристики*, за якими можна його оцінювати.

Крім того, у сумісній моделі (рис. 2.8) мають бути уточнені описи *атрибутів процесу*, що задовольняють такі вимоги:

- 1) визначити конкретні *практичні прийняття керування* процесом;
- 2) для кожного прийому керування вказувати *характеристики його виконання* (за якими можна виявляти керування), *характеристики ресурсів і інфраструктури* (застосовувані методи, інструменти), а також ті процеси, з якими може асоціюватися такий прийом керування.

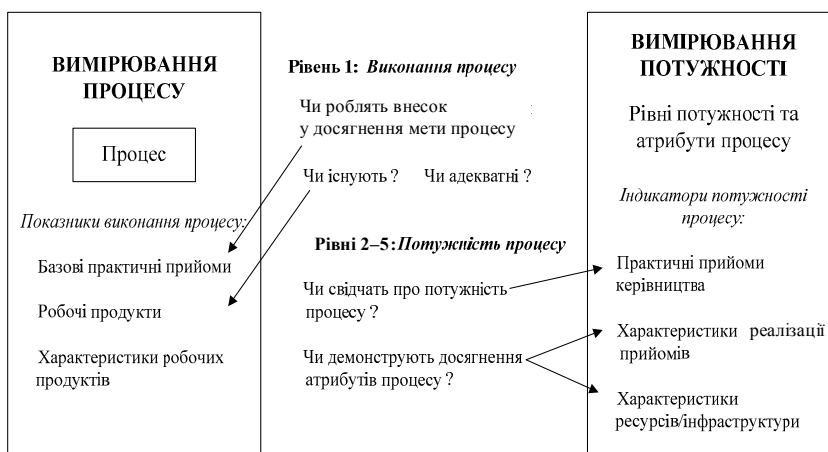


Рис. 2.8. Сумісна модель оцінювання

### 2.3.3. Етапи процесу оцінювання

У стандарті ISO/IEC 12207 організаційний процес «оцінювання процесу» визначений як компонент процесу «удосконалення процесу».

Його призначення полягає в тому, щоб визначити ступінь, у якому базові процеси ЖЦ в організації роблять внесок у досягнення її виробничих цілей, і допомогти організації зосередитися на проблемі безперервного удосконалення процесу. У результаті успішного здійснення процесу:

- 1) буде сформований ефективний метод оцінювання процесу, призначений для визначення здатності організації та виробничих процесів у ній виробляти продукти і послуги, що відповідають цілям;
- 2) стануть зрозумілими відносні переваги й недоліки базових процесів ЖЦ в організації;
- 3) будуть зберігатися та супроводжуватися ретельно підготовлені і доступні для використання обліковозвітні документи оцінювання;
- 4) перевірятимуться базові процеси організації через належні проміжки часу для забезпечення їх постійної придатності та ефективності для досягнення результатів оцінювання.

Відповідно до ISO/IEC 15504-3 процес оцінювання повинен включати етапи та види діяльності.

**Планування.** Для проведення оцінювання розробляється й документується план, що визначає необхідні вхідні дані; виконувані дії для оцінювання; ресурси та час, виділений для виконання цих дій; склад і обов'язки оцінювачів; критерії для перевірки виконання вимог до оцінювання; опис продуктів, оцінювання яких заплановано.

**Збирання даних.** Кожен процес, обраний для оцінювання, оцінюється на підставі об'єктивних відомостей про його атрибути. Щоб забезпечити підстави для верифікації рейтингів, об'єктивні відомості, що підтримують думку оцінювача про рейтинги атрибута процесу, протоколюються й зберігаються (табл. 2.4).

Таблиця 2.4

Рейтинги рівня потужності

Процес		Рівні потужності процесу				
ID	Назва атрибута процесу	1	2	3	4	5
АП 1.1	Виконуваність процесу	I/П	П	П	П	П
АП 2.1	Керованість виконанням		I/П	П	П	П
АП 2.2	Керованість робочими продуктами		I/П	П	П	П
АП 3.1	Визначеність			I/П	П	П
АП 3.2	Використовуваність ресурсів			I/П	П	П
АП 4.1	Вимірність				I/П	П
АП 4.2	Контрольованість виконання				I/П	П
АП 5.1	Контрольованість модифікації					I/П
АП 5.2	Безперервність удосконалення					I/П
		Профіль				



**Валідація даних.** Усі зібрані дані, необхідні для охоплення сфери оцінювання, перевіряються і затверджуються.

**Визначення рейтингу процесу.** На підставі затверджених даних кожному атрибуту процесу присвоюється оцінений рейтинг. Множина рейтингів атрибута процесу протоколюється як профіль потужності процесу для певного організаційного підрозділу (табл. 2.4). Якщо оцінений рейтинг збігається з цільовим, робиться висновок про те, що за відповідним аспектом керування процес буде позбавлений недоліків. Якщо є розбіжності, то існує ризик не досягти цілі процесу через нечіткість керування процесом (табл. 2.5).

Таблиця 2.5

**Цільова потужність разом з оціненою потужністю**

Вид процесу		Атрибути процесу									
Процес	Тип	1,1	2,1	2,2	3,1	3,2	4,1	4,2	5,1	5,2	
Виявлення вимог	Цільовий	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
	Оцінений	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
Підтримання споживача	Цільовий	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
	Оцінений	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
Проектування ПЗ	Цільовий	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
	Оцінений	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
Побудова ПЗ	Цільовий	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
	Оцінений	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
Випробування ПЗ	Цільовий	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
	Оцінений	■	■	■	■	■	■	■	■	■	

Для того, щоб оцінити розбіжності за кожним атрибутом і сукупністю атрибутів, що становлять потужність процесу в цілому, стандарт ISO/IEC 15504 [138–146, 147–151] пропонує відповідні таблиці (табл. 2.6 і 2.7).

Таблиця 2.6

**Розбіжність за атрибутом процесу**

Цільовий рейтинг	Оцінений рейтинг	Розбіжність
Повністю досягнутий (П)	Повністю досягнутий (П)	Немає
	Істотно досягнутий (І)	Мала
	Частково досягнутий (Ч)	Велика
	Не досягнутий (Н)	Велика
Істотно досягнутий (І)	Повністю досягнутий (П)	Немає
	Істотно досягнутий (І)	Немає
	Частково досягнутий (Ч)	Велика
	Не досягнутий (Н)	Велика

Таблиця 2.7

**Розбіжність на рівні потужності**

Кількість розбіжностей атрибутів процесу	Розбіжність
Немає великих або малих розбіжностей	Немає
Тільки малі розбіжності	Незначна
Єдина але велика розбіжність на рівнях потужності 2–5	Значна
Єдина але велика розбіжність на рівні потужності 1, або більше за одну велику розбіжність на рівнях потужності 2–5	Істотна

Чим більша розбіжність між цільовою і оціненою потужністю, тим більша ймовірність того, що процес нестійкий і може не відповідати тим цілям, для яких його хочуть застосувати. З іншого боку, чим на більш низькому рівні потужності перебуває процес і чим більша розбіжність між цільовою і очікуваною потужностями, тим більшими можуть бути втрати через неефективність процесу щодо досягнення тих цілей, для яких його обрано (табл. 2.8).

Таблиця 2.8

**Повний процесо-орієнтований ризик**

Рівні потужності процесу (вплив)	Розбіжність на рівні потужності (імовірність)			
	Немає	Незначна	Значна	Істотна
Оптимізований	Ризику не виявлено	Низький ризик	Низький ризик	Низький ризик
Передбачуваний	Те саме	Низький ризик	Низький ризик	Середній ризик
Сталий	—” —	Низький ризик	Середній ризик	Середній ризик
Керований	—” —	Середній ризик	Середній ризик	Високий ризик
Виконуваний	—” —	Середній ризик	Високий ризик	Високий ризик

Якщо оцінюваний процес перебуває на високому рівні потужності, невеликі відхилення в потужності не є істотними, ризик низький (табл. 2.8).

**Складання звіту.** Звіт про результати оцінювання містить опис вхідних даних для оцінювання, зібраних об’єктивних даних, використаного підходу до оцінювання, а також множину профілів потужності процесів (по одному для кожного оціненого процесу). Після завершення процесу оцінювання цей звіт направляється ініціатору оцінювання.

## 2.4. Сертифікація систем управління якістю

### 2.4.1. Стандарти для побудови та перевірки систем управління якістю

Під системою якості будь-якого підприємства (організації) розуміють сукупність організаційної структури, відповідальності, методик, процесів і ресурсів, що необхідні для поліпшення якості виробленої продукції та надаваних послуг [44; 45]. Спонукальні причини створення системи якості:

1) **фактори державного регулювання** (необхідність ліцензування, підтвердження виробником сучасного науково-технічного рівня);

2) **фактори цивільно-правових відносин** (необхідність отримання держзамовлення, субпідрядів і відповідності умовам тендерів);

3) **фактори ринкового регулювання** (вимоги сертифікації системи якості, необхідність забезпечення стабільності поставок, підтвердження стійкості організації (насамперед щодо ризиків, пов'язаних з якістю та безпекою продукції));

4) **бажання вдосконалити модель бізнесу** (усунути «приховане» виробництво (перероблення продуктів), попередити надходження претензій і скарг споживачів, реструктурувати управління організацією (поліпшити керованість, змінити роль вищого керівництва, залучити персонал у діяльність із забезпечення якості всіх процесів та ін.);

5) **необхідність продемонструвати фінансову привабливість і надійність** (одержати кредити, створити спільні підприємства тощо).

Сфера дії системи якості визначається її моделлю. Система якості організації може охоплювати всі стадії ЖЦ продукції або тільки їх частину. Модель системи якості потрібно вибирати на основі рекомендацій стандартів серії ISO 9000. Ці стандарти згруповані таким чином, що підтримують побудову трьох різних моделей системи якості і відповідно трьох схем їх сертифікації.

**Стандарт ISO 9001** використовується в тих випадках, коли відповідність установленим вимогам до якості повинна забезпечуватися у процесах проектування, розроблення, виробництва, монтажу й обслуговування (тобто у всіх основних процесах ЖЦ). Стандарт містить базову модель системи якості.

**Стандарт ISO 9002** використовується в ситуаціях, коли відповідність установленим вимогам до якості повинна підтримуватися тільки в процесах виробництва, монтажу й обслуговування продукції. Він подає модель системи якості, що забезпечує якість під час виробництва та випробування продукції, а також її встановлення у споживача.

**Стандарт ISO 9003** можна використовувати тоді, коли достатньо забезпечити відповідність установленим вимогам до якості лише в процесі випробувань готової продукції у споживача.

Таким чином, стандарт ISO 9001 найбільш повний і фактично містить вимоги стандарту ISO 9002, а той, у свою чергу, вимоги стандарту ISO 9003 [17].

**Стандарт ISO 9004** може використовуватися як методична допомога у побудові систем якості, оскільки містить рекомендовану структуру, системи якості, характеристики її основних функціональних елементів, певні вимоги до організаційної структури, складу й змісту даних, які повинні або можуть застосовуватися в системі якості. У ньому також розглядаються економічні аспекти якості, різні види витрат і статті витрат на якість, а також даються вказівки з проведення внутрішніх перевірок якості, що дозволяють керівництву організації оцінити ступінь готовності своїх підрозділів до стабільного постачання продукції, яка відповідає вимогам специфікацій, стандартів і очікуванням споживачів. Але цей стандарт застосовується, насамперед, для вирішення завдань щодо внутрішнього забезпечення якості і не використовується для цілей сертифікації.

Усі згадані вище стандарти були прийняті ISO ще в 1994 р., частково застаріли, однак продовжували діяти до 2004 р.

Замість сукупності стандартів ISO 9001, ISO 9002 і ISO 9003 прийнято нову редакцію стандарту ISO 9001 2000 р. (і відповідно нову редакцію стандарту ДСТУ ISO 9001 (2001 р.)), яким і повинні керуватися організації, що не мають раніше сертифікованих систем менеджменту якості [71; 76].

Це стосується також стандарту ISO 9004 і гармонізованого з ним ДСТУ ISO 9004 [72; 78]. Основні положення та словник з менеджменту якості задають стандарти [60; 75].

Потрібно відзначити, що ISO не тільки реструктурувала серію стандартів 9000, але й переглянула загальну частину їх назви.

Тепер це стандарти не для систем якості (*quality systems*), а для систем управління якістю (*quality management systems*). Це вказує на важливість такого аспекту якості, як досягнення вищих цілей організації — задоволення потреб споживача щодо якості продукції, а не просте забезпечення відповідності продукції встановленим вимогам до якості.

Стандарти ISO 9001:2000 і ISO 9004:2000 [71; 72] розроблені як погоджена пара стандартів на системи менеджменту якості, що доповнюють один одного.

**ISO 9001:2000** [71] встановлює вимоги до *системи управління якістю*, які призначені для внутрішнього застосування організаціями з метою сертифікації або укладання договорів (контрактів). Він формулює мінімальний набір умов, який повинна задовольняти система управління якістю, що забезпечує гарантії випуску продукції, що відповідає встановленим вимогам і сподіванням споживачів.

**ISO 9004:2000** [72] надає інструкції з упровадження та застосування *системи управління якістю* для вдосконалення роботи організації в цілому.

Методичні вказівки охоплюють створення, функціонування, підтримання в робочому стані та постійне поліпшення системи управління якістю.

Структуру і зміст нових стандартів змінено. Тепер вони відповідають сучасному загальноприйнятому *процесо-орієнтованому підходу* до створення продукції.

Крім процесів, що безпосередньо стосуються випуску продукції, у стандартах чітко виділені процеси вимірювання, перевірки (аналізу, аудита) і вдосконалення як продукції, так і самої системи управління якістю, а також процеси управління ресурсами, включаючи трудові ресурси. Крім того, відзначається посилення ролі вищого керівництва організації в розвитку та поліпшенні системи управління якістю.

Під час побудови систем управління якістю ПЗ організації-розробники повинні керуватися стандартами ДСТУ ISO 9001:2001 і ДСТУ ISO 9004:2001 [76; 78], а також можуть використовувати ДСТУ ISO 9000-3:1998 [77], що містить посібник із застосування стандарту ДСТУ ISO 9001:1995 (відповідає ISO 9001:1994 [73]) під час розроблення, постачання й обслуговування ПЗ.

*Стандарт ISO 9000-3:1997* [74] має перехресні посилання на ISO/IEC 12207:1995 [1], що дозволяє спільно використовувати ДСТУ ISO 9000-3:1998 [77] і ДСТУ 3918 [2] (гармонізований з ISO/IEC 12207:1995 [1]). Перевірка систем якості регулюється стандартами ДСТУ ISO 10011:1997 (частини 1, 2, 3) [125; 126; 127]. У них містяться вимоги до процедур перевірки, кваліфікації аудиторів систем якості, а також управління програмою перевірок.

#### **2.4.2. Сертифікація програмних продуктів і систем управління якістю в Україні**

Програмно-інформаційна продукція — це невід’ємна частина будь-якої інформаційної системи та інформаційної технології.

У 1993–1995 рр. у межах приблизно 6000 проектів державних науково-технічних програм (ДНТП) розроблялися понад 1000 програмних засобів. Однак, на думку фахівців, не було створено жодного ПП, придатного для постачання користувачам. Наказ Державного комітету з науки і техніки (ДКНТ) № 47 від 17.03.94 р. передбачав певні заходи щодо забезпечення необхідного рівня якості ПЗ, що розроблялися у межах ДНТП. Затверджено тимчасовий порядок організації розроблення, випробування, постачання та супроводження ПП. Передбачалася реєстрація всіх ПП, що успішно пройшли приймальні випробування, а також організація незалежних випробувань ПЗ (третьою стороною) за заявками керівників проектів з виділенням для цих цілей додаткових засобів та ресурсів.

Однак в 1994–1995 рр. жодної заявки на такі випробування не надійшло, як і ніяких даних про успішні приймальні випробування будь-якого ПП не надійшло, а спеціально проведена нарада-семинар з активом керівників проектів остаточно розвіяла ілюзії щодо можливості успішного доведення до завершення будь-якого з виконуваних проектів.

Починаючи із середини 1995 р., почалася перманентна організаційно-штатна перебудова управлінських структур ДНТП (тобто ДКНТ як Державного комітету Міністерства науки), а з нею завершилися спроби впорядкування і підвищення ефективності робіт зі створення програмної продукції в межах ДНТП. Причини такого стану полягають навіть не в недостатньому фінансуванні, а у відсутності належної організації робіт в індустрії ПЗ, подібної до прийнятої на Заході. Чи можна, наприклад, очікувати конкуренто-

спроможний багатофункціональний ПП, що має необхідні споживчі властивості, якщо на початку його розроблення не встановлені:

- повні й однозначні вимоги до ПЗ, що відображають його споживчі властивості;
- план забезпечення якості ПЗ, включаючи методи та критерії контролю якості продуктів на всіх етапах розроблення;
- часові й інші ресурси для підготовки і проведення випробувань кінцевого продукту та його компонентів.

Негативна відповідь очевидна. Однак у жодному з п'ятдесятьох (зі згаданої 1000), перевірених за завданням ДКНТ проектів, цих документів не виявилося. Результати проектування відповідні. Такими будуть очевидно і всі наступні результати доти, доки організації, що займаються програмуванням, не впровадять сучасну концепцію забезпечення якості ПЗ, відображену в декількох серіях актуальних міжнародних стандартів [49–52; 82–87; 94–111; 125–127; 133; 136–151].

#### ***2.4.3. Сучасна концепція забезпечення якості ПЗ***

Для забезпечення необхідного рівня якості ПЗ у міжнародній практиці знайшли застосування два підходи: продукто-орієнтований і процесо-орієнтований. Обидва підходи потребують системи менеджменту якістю. Така система визначає зобов'язання управління стосовно якості, встановлює його політику і деталізує необхідні дії.

За першого підходу акцент робиться на контролюванні якості шляхом випробування готового ПП. Цей підхід базується на припущенні, що чим більше виявлено й усунуто помилок у ПЗ під час випробувань, тим вища його якість. Недоліки такого підходу:

- 1) усунення помилок у готовому продукті на етапі випробувань обходиться в десятки разів дорожче, ніж якби ці помилки були відвернені або усунуті вчасно на ранніх етапах ЖЦ ПЗ;
- 2) відсутні методи й засоби випробування ПЗ, що гарантують повне виявлення у випробуваних ПЗ помилок і недоліків.

За другого підходу акцент робиться на вживання заходів щодо запобігання, оперативного виявлення й усунення помилок у ПЗ шляхом завчасного визначення відповідальності, планів забезпечення, основних процедур із забезпечення якості розроблюваних ПП і проведення відповідних заходів неухильно й послідовно, по-

чинаючи із найбільш ранніх етапів ЖЦ. Такий підхід натеper можна вважати загальноприйнятим. Його покладено в основу концепції якості ПЗ Міжнародних організацій зі стандартизації ISO/IEC і він реалізується в численних міжнародних стандартах, проектах стандартів і робочих матеріалах цих організацій.

Розглянемо коротко напрями міжнародної стандартизації в галузі інженерії якості ПЗ.

#### **2.4.4. Стандартизація в інженерії якості ПЗ**

У міжнародному масштабі спеціалізовані системи стандартів формують ISO (Міжнародна організація зі стандартизації) і IEC (Міжнародна електротехнічна комісія).

Для створення системи стандартизації у галузі інформаційних технологій (ІТ) цими організаціями був сформований спільний технічний комітет ISO/IEC JTC1, до складу національних груп якого з 1994 р. входить і Україна.

До складу JTC1 входять близько 30 підкомітетів (SC), що охоплюють всі основні компоненти ІТ, зокрема SC7 «Програмна інженерія». Підкомітет SC7 складається із групи планування і робочих груп (WG) за такою тематикою:

WG2: Документація системних ПП;

WG4: Інструменти і CASE-засоби;

WG6: Оцінювання ПП і метрики;

WG7: Управління ЖЦ;

WG8: Підтримання процесів ЖЦ;

WG9: Забезпечення гарантій і цілісність ПЗ;

WG10: Оцінювання і контроль процесів ЖЦ;

WG11: Подання і визначення даних в інженерії ПЗ;

WG12: Функціональні вимірювання ПЗ;

WG19: Мови моделювання, метадані, схема та компоненти відкритого розподіленого оброблення;

WG20: Ядро знань у сфері програмної інженерії;

WG21: Процес управління напрацюванням у галузі ПЗ;

WG23: Управління якістю систем;

WG24: Життєві цикли ПЗ для малих підприємств.

В Україні під егідою Держстандарту створено технічний комітет 22 (ТК22) «Інформаційні технології».



До його складу входить підкомітет 7 «Інженерія програмних засобів» з робочими групами, що намагаються у найгіршому разі хоча б стежити за роботою груп JTC1/SC7. Робоча група з інженерії якості ПЗ у 1997 р. підготувала пропозиції до голосування за чотирима проектами стандартів і направила їх у Держстандарт України. У Держстандарті України роботу ТК22 курирує відділ з IT. Комітет JTC1/SC7 сформував загальні принципи розроблення стандартів у галузі інженерії якості та вимоги до них (документ JTC1/SC7 № 1345 від 24.03.95 р.). У ньому зокрема визначено, що документи повинні:

- орієнтуватися на процеси, продукти та ресурси;
- сприяти забезпеченню необхідного рівня якості ПЗ;
- сприяти підвищенню продуктивності праці програмістів;
- бути гнучкими стосовно об'єктивних можливостей;
- сприяти відтворюваності процесів ЖЦ ПЗ;
- захищати суспільну безпеку, здоров'я людей і економіку;
- базуватися на реаліях, а не на неперевірених теоріях;
- ініціювати або мотивувати забезпечення інструментального підтримання;
- бути актуальними.

**Розроблено, обговорено і введено в дію стандарт. ISO/IEC 9126-1991** «Оцінювання програмного продукту. Характеристики якості та посібник з їх застосування» [79]. Документ специфікує модель якості у вигляді ієрархії, на верхньому рівні якої задано шість групових характеристик (функціональність, надійність, зручність використання, ефективність, супроводження і мобільність), що розкладаються надалі на підхарактеристики. Стандарт, таким чином, започаткував розвиток робіт зі встановлення і стандартизації повної номенклатури показників якості (включно до одиничних) та показників (метрики), що підлягають вимірюванню.

**Розроблені і пройшли всі стадії узгодження стандарти. ISO/IEC 9126-1** «Програмна інженерія — Якість продукту — Характеристики й метрики якості програмних засобів — Частина 1. Модель якості»; **ISO/IEC 9126-2** «Програмна інженерія — Якість продукту — Частина 2. Зовнішні метрики»; **ISO/IEC 9126-3** «Програмна інженерія — Якість продукту — Частина 3. Внутрішні метрики» [49; 50; 51].

Під метрикою розуміють шкалу оцінювання та метод вимірювання кінцевої одиничної властивості ПЗ. Для характеристики споживчих властивостей ПЗ вводиться поняття «зовнішня метрика», а для характеристики властивостей проміжних продуктів розроблення ПЗ із погляду задоволення ними вимог до кінцевого ПП — «внутрішня метрика». У стандартах цієї серії вводяться й інші нові поняття, орієнтовані на інтерпретацію поняття «якість» залежно від фази ЖЦ ПЗ:

1) *якість (Quality)*: сукупність характеристик деякої сутності, що впливає на її здатність задовольняти сформульовані і передбачувані потреби;

2) *цільова якість (Goal Quality)*: необхідна і достатня якість, що відображає реальні потреби користувача;

3) *необхідна якість продукту (Required Product Quality)* — набір характеристик, що відображають якість, реально встановлену в специфікації вимог;

4) *проектна якість (Design Quality)* — якість, відображена в основі проекту або його частинах (архітектурі, коді програм);

5) *прогнозована якість продукту (Estimated Product Quality)*: орієнтовна або попередня оцінка якості кінцевого продукту, що прогнозується на основі аналізу результатів, отриманих на певному етапі розроблення;

6) *якість продукту, що поставляється (Delivered Product Quality)*: якість продукту, що поставляється, і який випробуваний у проімітованому середовищі функціонування;

7) *якість у використанні (Quality in use)*: якість, що сприймається користувачами ПП під час використання в реальному середовищі.

В *ISO/IEC 9126-2* [50] розглянуто понад 100 базових зовнішніх метрик ПЗ і подано детальні рекомендації щодо їх використання. Однак, оскільки авторам не вдалося досягти повноти й однозначності запропонованих характеристик, стандарти *ISO/IEC 9126-2* і *ISO/IEC 9126-3* [51] були введені зі статусом «Технічний звіт» (TR) для подальшої експериментальної апробації.

*ISO/IEC 12119:1994* «Інформаційна технологія — Пакети прикладних програм — Вимоги до якості і тестування» [80]. У стандарті встановлюються загальні вимоги до програмних продуктів.

*ISO/IEC 12207:1995* «Інформаційна технологія — Процеси життєвого циклу програмного засобу» [1]. Визначаються процеси,

що виникають на кожній фазі ЖЦ ПЗ, та встановлюється максимальний обов'язковий перелік дій і завдань, що виконуються під час реалізації кожного процесу [1; 2].

*ISO/IEC 14102:1995* «Інформаційна технологія Оцінювання й відбір CASE-засобів» [28]. Під CASE (*Computer Aided Software Engineering*) мають на увазі автоматизоване проектування програм. CASE-засоби — це будь-які, реалізовані на комп'ютері, інструментальні засоби, що використовуються у процесах ЖЦ ПЗ, під час збору та аналізу вимог проектування, кодування, тестування, документування тощо.

Стандарт ISO/IEC 14102:1995 [28] деталізує різноманітні функціональні характеристики CASE-засобів, що має сприяти вибору користувачем найбільш придатних інструментальних засобів із запропонованої сукупності, або сформулювати вимоги до них.

*Серія стандартів ISO/IEC 14958* — частини 1, 2, 3, 4, 5, 6 — «Оцінювання програмного продукту» [82–87]:

Частина 1. Загальні положення [82].

Частина 2. Планування й управління [83].

Частина 3. Процес для розробників [84].

Частина 4. Процес для покупців [85].

Частина 5. Процес для оцінювачів [86].

Частина 6. Документування модулів оцінювання [87].

Відповідно до стандарту ISO 8402 [36] під оцінюванням розуміють систематичну перевірку ступеня здатності контролюваного об'єкта виконувати заздалегідь установлені вимоги. Такими об'єктами можуть бути як кінцевий програмний продукт, так і проміжні продукти процесу розроблення ПП або його компонентів.

*Серія стандартів ISO/IEC 15504: частини 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9* — «Оцінювання процесів ЖЦ програмних засобів» [138–146]:

Частина 1. Концепції та вступна настанова (інформаційна частина).

Частина 2. Еталонна модель процесів та потужності процесу (нормативна).

Частина 3. Виконання оцінювання (нормативна).

Частина 4. Настанови щодо виконання оцінювання (інформаційна).

Частина 5. Модель оцінювання та настанови з показників (інформаційна).

Частина 6. Настанови щодо визначення компетенції оцінювачів (інформаційна).

Частина 7. Настанови щодо удосконалення процесу (інформаційна).

Частина 8. Настанови щодо визначання потужності процесу постачальника (інформаційна).

Частина 9. Словник термінів (інформаційна).

Ці стандарти реалізують концепцію *процесо-орієнтованого методу забезпечення якості ПЗ*, установлюючи критерії та методи оцінювання процесів ЖЦ ПЗ для визначення їх здатності забезпечити необхідний рівень якості ПЗ. Спочатку вони мали вигляд технічних звітів з метою нагромадження досвіду, а тепер переведені в ранг стандартів [147–151].

У системі Державної стандартизації України в частині інженерії якості ПЗ розроблено і введено в дію з 01.01.96 р. такі стандарти:

*ДСТУ 2844–94* «Програмні засоби ЕОМ. Забезпечення якості. Терміни й визначення» [45].

*ДСТУ 2850–94* «Програмні засоби ЕОМ. Показники та методи оцінювання якості» [44].

*ДСТУ 2851–94* «Програмні засоби ЕОМ. Документування результатів випробувань» [48].

*ДСТУ 2853–94* «Програмні засоби ЕОМ. Підготовки і проведення випробувань» [47].

*ДСТУ 2462–94*. «Сертифікація. Основні поняття. Терміни та визначення» [46].

Ці стандарти гармонізовані з ISO/IEC 9126:1991 [79]. Однак з огляду на революційні зміни, що відбулися за останні роки у галузі інженерії якості ці документи мають потребу в коригуванні. Оперативне й ефективне інформаційне забезпечення розробників і користувачів програмної продукції можна здійснити тільки шляхом прискореного упровадження в дію найбільш конструктивних міжнародних стандартів, передусім: ISO/IEC 9126-1 [49], ISO/IEC 12119 [80], ISO/IEC 12207[1], а також серії стандартів SQuaRE [94–111].

Згадані вище стандарти належать до категорії базових. Однак у міжнародній практиці стандартизації інформаційних технологій поряд з розробленням базових стандартів інтенсивного розвитку набув напрям функціональної стандартизації, що дозволяє на основі конкретних сценаріїв реалізації однієї або декількох функцій з передавання, оброблення, зберігання й подання інформації здійснити нормування параметрів, вимог і процедур через створення лаконічних документів, що розуміються однозначно, і які називаються

стандартизованими профілями (функціональними стандартами), і розроблення на їх основі необхідних методик, засобів випробувань і еталонного тестування компонентів та систем інформатизації на відповідність цим профілям. Такий шлях обирають майже всі основні технічні комітети зі стандартизації ISO і IEC, сфера діяльності яких торкається проблем інформатики й телекомунікацій (JTC1 ISO/IEC, ISO TC 68, ISO TC 184, ITU-T, IEC TC 65).

У 1982 р. фірма «General Motors» (США) поклала початок великомасштабному проекту зі стандартизації відкритих комунікаційних систем промислових підприємств за назвою «Протокол автоматизації виробництва» MAP (*Manufacturing Automation Protocol*), а пізніше до цього розроблення долучилася фірма «Boeing», що почала створювати серію стандартів за назвою «Протокол технічної й адміністративної установи» TOP (*Technical and Office Protocol*) для локальних обчислювальних мереж конструкторських бюро й установ.

Профіль MAP/TOP став основою для формування методології функціональної стандартизації в JTC1 ISO/IEC «Інформаційні технології» у межах запропонованої JTC1 ISO/IEC *еталонної моделі взаємозв'язку відкритих систем OSI (Open System Interconnection)* відповідно до стандартів ISO 7498-1:1984 та ISO 7498-2,3:1989.

Методологія функціональної стандартизації широко використовується для формування нормативного підтримання національних і глобальних інформаційних інфраструктур, що використовують Internet.

Створення, функціонування і взаємозв'язок відкритих систем здійснюються лише на основі функціональних стандартів, що регламентують взаємозв'язок між програмними системами та даними, передавання, доступ і керування файлами, доступ до віддалених баз даних, оброблення транзакцій і багато інших операцій.

Таким чином, функціонування прикладних програм у відкритих системах, розширення їх мобільності щодо різних середовищ функціонування, взаємодія з розподіленими базами даних стають можливими нині тільки за умови дотримання вимог протоколів відкритих систем.

Наведений вище далеко невичерпний перелік основних міжнародних стандартів з інженерії якості ПЗ демонструє необхідність прискорення прямого введення в практику розроблення ПЗ в Україні таких стандартів, як ISO/IEC 12119 [80; 81], ISO/IEC 9126 [79],

ISO/IEC 9126-1,2,3,4 [49–52], ISO/IEC 12207 [1; 2], ISO 9000-3 [74; 77] і розроблення на основі стандартів і технічних звітів стандартів серій ISO/IEC 9126-2,3 [50; 51], ISO/IEC 14598-1,2,3,4,5,6 [82–87] і ISO/IEC 15504-1,2,3,4,5,6,7,8,9 [138–146] та порівняльних методичних матеріалів.

Об'єктом стандартизації всіх розглянутих документів є програма продукція. Але в інженерії якості ПЗ мають широко використовуватися також загальні основні стандарти із систем забезпечення якості продукції. Насамперед, це загальноновизнані у світі стандарти серії 9000. Серія стандартів *ISO 9000* була підготовлена ТК176 ISO і видана у 1987 р.

До складу серії ввійшли такі стандарти:

*ISO 9000–87* «Стандарти у сфері адміністративного управління якістю і забезпечення якості. Керівні вказівки щодо вибору і застосування».

*ISO 9001–87* «Системи якості. Модель для забезпечення якості під час проектування і/або розроблення, виробництва, монтажу й обслуговування».

*ISO 9002–87* «Системи якості. Модель для забезпечення якості під час виробництва, монтажу й обслуговування».

*ISO 9003–87* «Системи якості. Модель для забезпечення якості під час контролю готової продукції та заключних випробувань».

*ISO 9004–87* «Адміністративне управління якістю й елементи системи якості».

Безпосередньо серії стандартів *ISO 9000* стосується стандарт *ISO 8402–94* «Керування якістю та забезпечення якості. Словник» [36]. У 1994 р. з урахуванням нагромадженого досвіду в стандарти серії *ISO 9000* були внесені зміни і вони були перевидані. У 1995 р. Держстандарт України прийняв рішення щодо введення в дію основних стандартів цієї серії, а також їм були надані номери ДСТУ ISO 9001–95, ДСТУ ISO 9002–95, ДСТУ ISO 9003–95. У наступні роки серія цих стандартів поповнюється такими стандартами:

*ISO 9004-1* «Адміністративне управління якістю й елементи системи якості. Частина 1. Керівні положення».

*ISO 9004-2* «Адміністративне управління якістю й елементи системи якості. Частина 2. Провідні вказівки щодо послуг».

*ISO 9000-2* «Стандарти у сфері адміністративного управління якістю і забезпечення якості. Частина 2. Загальні керівні інструкції з застосування ISO 9001, 9002 і 9003».

*ISO 9000-4* «Стандарти у сфері адміністративного управління якістю і забезпечення якості. Частина 4. Керівні положення з адміністративного управління програмою загальної надійності».

Особливу увагу варто звернути на стандарт *ДСТУ ISO 9000-3* «Настанови щодо застосування ДСТУ ISO 9001–95 під час розроблення, постачання та супроводження програмних засобів» [77]. У цьому стандарті даються рекомендації щодо застосування ISO 9001 у процесах розроблення ПЗ з урахуванням специфіки програмної продукції.

Одночасно зі стандартами серії 9000 розробляються і вводяться в дію стандарти серії 10000 [119–132], орієнтовані на підтримання систем якості та їх сертифікацію. У 1997 р. в Україні введено в дію такі стандарти:

*ДСТУ ISO 10011-1* «Настанови з перевірки систем якості. Частина 1. Перевірка» [125].

*ДСТУ ISO 10011-2* «Настанови з перевірки систем якості. Частина 2. Кваліфікаційні вимоги до аудиторів з систем якості» [126].

*ДСТУ ISO 10011-3* «Настанови з перевірки систем якості. Частина 3. Управління програмами перевірок» [127].

Стандарти серії ISO 9000 показують, що в організаціях-розробниках необхідно створювати системи якості (ISO 8402:1994) — *сукупність організаційної структури, методик, процесів і ресурсів, необхідних для здійснення загального управління якістю*.

Система якості організації ґрунтується на припущенні, що для досягнення вказаних цілей необхідно організувати діяльність так, щоб тримати під контролем всі технічні, адміністративні та людські фактори (ресурси), що впливають на якість виробленої продукції і послуг. Управління якістю в організації має бути орієнтоване на виявлення, скорочення, усунення, а головне — своєчасне запобігання випуску продукції незадовільної якості.

***Система якості повинна документально визначати:***

- політику і цілі адміністрації у сфері якості продукції та послуг;
- відповідальність і повноваження на кожен вид діяльності, що впливає на якість;
- організаційну структуру, ієрархію повноважень і взаємозв'язків;
- заходи щодо виявлення і запобігання проблемам (невідповідностям);

- ресурси, що забезпечують проведення політики у сфері якості та досягнення поставлених цілей;
- робочі процедури, що визначають і координують різні види діяльності, які впливають на якість (проектування, розроблення, тиражування, випробування, постачання і супроводження ПЗ) і які забезпечують ефективне функціонування системи якості [17].

Слід зазначити, що в останньому десятилітті введено в дію сучасні стандарти серії ISO 9000 [60; 71; 72], яким відповідають державні стандарти України [75; 76; 78]. Система якості організації, що відповідає стандартам ISO серії 9000, є доказом здатності цієї організації створювати відповідну продукцію необхідної якості.

#### **2.4.5. Сертифікація відповідності програмного забезпечення**

Під сертифікацією відповідності ПЗ розуміють дії *третьої сторони*, які доводять забезпеченість необхідної впевненості у тому, що належним чином ідентифікована продукція, процес або послуга відповідають конкретному стандарту або іншому нормативному документу [46].

*Сертифікат* на продукцію свідчить про відповідність якості цієї продукції певним вимогам, і в умовах ринкової економіки підвищує конкурентоспроможність продукції і використовується виробником (постачальником) продукції як засіб завоювання ринку, захищаючи при цьому користувачів (покупців, споживачів) від недоброякісної продукції. Декретом Кабінету Міністрів України «Про стандартизацію й сертифікацію» передбачено два види сертифікації: *обов'язкова* та *добровільна*.

*Обов'язкова сертифікація* здійснюється винятково в Державній системі сертифікації. При цьому перевіряється відповідність реальних властивостей продукції, що сертифікується, вимогам, установленим державними нормативними документами. Програмні засоби в переліку продукції, яка підлягає обов'язковій сертифікації, затвердженому Кабінетом Міністрів України, відсутні. Але це не означає, що немає програмних систем, критичних щодо безпеки, які потребують сертифікації. Відсутні державні нормативні документи, що визначають вимоги до таких ПС.

*Добровільна сертифікація* — це сертифікація на відповідність вимогам, установленим заявником і погодженим із постачальником та споживачем (покупцем, користувачем). Формально ця умова



істотно спрощує процедуру сертифікації ПЗ, оскільки розробити специфікацію вимог «локального» рівня легше, ніж державного. Але для успішного та плідного розвитку добровільної сертифікації необхідні певні умови і передумови, насамперед:

1) власний насичений ринок ПЗ в Україні, а отже, конкуренція розробників і постачальників, які прагнуть отримати повноцінний сертифікат відповідності, що дає на ринку відчутні переваги перед конкурентами;

2) випробувальні центри (лабораторії), які мають у своєму розпорядженні кваліфіковані кадри професійних програмістів-випробувачів, сучасну методичну, технічну і програмно-інструментальну базу.

Для забезпечення якості програмної продукції в більшості країн світу акцент ставиться на створенні та сертифікації систем якості підприємств, оскільки ефективна система якості організації-розробника — це гарант високоякісної продукції.

#### ***2.4.6. Сертифікація систем якості***

Крім сертифікації продукції, передбачається також сертифікація систем якості. Порядок сертифікації визначається ДСТУ 3419–96 [92]. Сертифікація систем якості здійснюється на відповідність стандартам або іншим документам, відповідно до яких виробляється продукція або послуга. Перелік цих документів визначає заявник і вказує в заявці на проведення сертифікації. Основними документами є ISO 9001-94 [73], ISO 9000-3 [74] та ДСТУ ISO 9000-3 [77].

У сертифікації систем якості розробників і постачальників ПЗ також є проблеми, зумовлені специфікою цієї продукції:

1) обмеженість нормативної бази. Із тринадцяти згаданих вище стандартів ISO серії 9000 і 10000 в Україні введено менше половини;

2) неавтентичний англо-український (російський) переклад, у результаті якого з'являються терміни «дублювання» замість «тиражування», «установка з настроюванням» замість «інсталяції», «протокол» замість просто «запису», що спричиняє шкідливі наслідки;

3) відсутність досвіду створення систем якості в організаціях, що займаються програмуванням.

Узагальнення наявного досвіду, створення базового комплексу типових елементів системи якості та вирішення зазначених у роботі проблем, на думку авторів, варто було б провести в межах Національної програми інформатизації.

## 2.5. Оцінювання зрілості організацій-розробників програмного продукту

П'ять рівнів зрілості CMM, асоційованих із процесом КРА (Key Process Areas), показано на рис. 2.9.

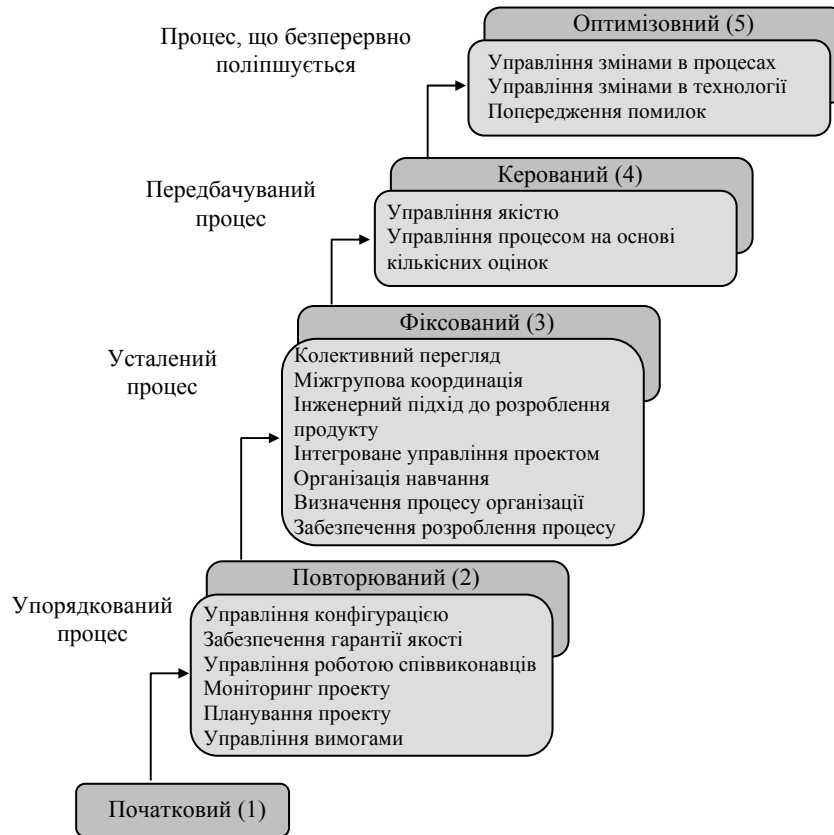


Рис. 2.9. Рівні зрілості в моделі CMM

Напис на стрілці показує рівень досягнутої потужності процесу, що офіційно затверджується організацією на кожному щаблі моделі зрілості. Назви рівнів зрілості відображують сутність змін в *основному процесі* програмної інженерії.

Рівень зрілості визначає проблеми, які переважають на цьому рівні. Наприклад, на рівні 1 основна проблема стосується управління, а інші проблеми приховані через складність планування й управління програмними проектами. Кожний рівень створює фундамент для ефективної реалізації процесів на наступних рівнях.

Найбільш відомою є сім'я моделей зрілості CMM (*Capability Maturity Models*). Тут розглядаємо модель SW-CMM (CMM for SoftWare — модель зрілості процесу розроблення ПП). Модель CMM може використовуватися для оцінювання й удосконалення процесу програмної інженерії (у цілому) в організації (тому її називають моделлю зрілості чи досконалості організації, а не окремих процесів ЖЦ). Модель виділяє і чітко описує 18 ключових напрямів (сфер, ділянок) процесу КРА програмної інженерії (схожих за призначенням із підтримувальними й організаційними процесами ЖЦ в ISO/IEC 15504).

Ділянки «розподілені» за рівнями зрілості від 2 до 5 (рис. 2.9). Для того щоб організація досягла певного рівня зрілості, вона повинна впровадити (інституціалізувати) відповідну множину КРА і подати експертам (які мають право оцінювання і володіють методами експертного оцінювання) документальне підтвердження впровадження КРА в процес програмної інженерії. Результат оцінювання — сертифікат рівня зрілості і/або рекомендації з подальшого вдосконалення процесу [17].

Напрями КРА згруповані за рівнями зрілості таким чином, що кожний КРА завжди стосується тільки одного рівня CMM. Хоча в організації, що перебуває на певному рівні зрілості, можуть виконуватися процедури в межах напрямів, які належать до інших рівнів зрілості — висновок про те, який рівень зрілості займає організація, робиться тільки за КРА, що відповідає цьому рівню.

Кожен рівень зрілості, за винятком першого, може бути декомпозований на складові частини (рис. 2.10).

Кожен напрям подано п'ятьма розділами, причому кожний розділ визначає перелік рекомендованих практичних дій (прийомів, процедур) [17].

Під час виконання всіх рекомендованих дій досягаються цілі, які є пріоритетними для відповідного ключового напрямку процесу (вважаються важливими для розширення можливостей процесу). Розділ КРА стосується одного аспекту проблем, пов'язаних із виконанням відповідної ділянки процесу.

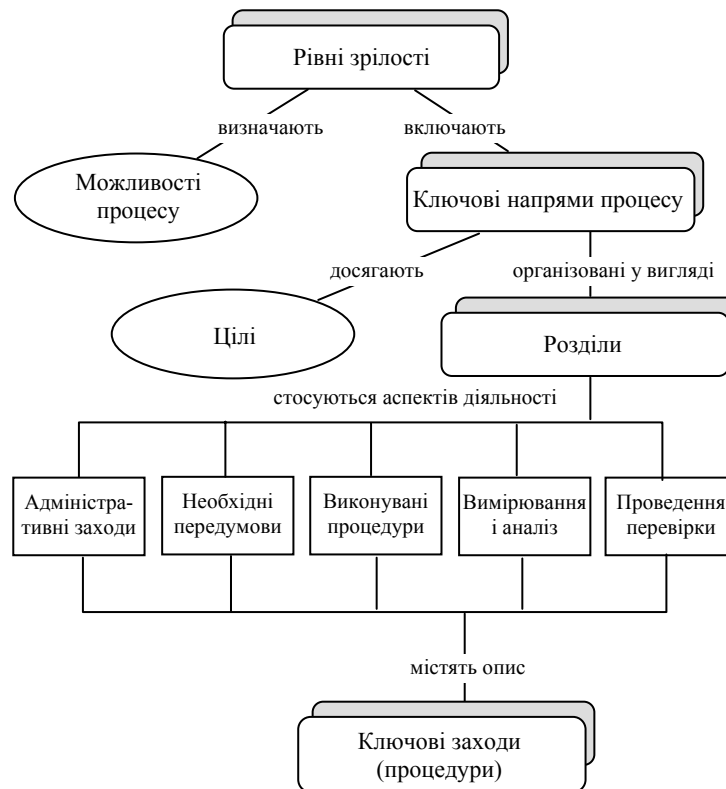


Рис. 2.10. Структура рівнів зрілості в моделі CMM

У CMM виділено п'ять розділів КРА:

1. **Адміністративні заходи.** Описано дії, які повинна почати організація для забезпечення пуску процесу і його стабільності. Адміністративні заходи зазвичай стосуються формування політики та забезпечення фінансової підтримки;
2. **Необхідні передумови.** Описано умови, які повинні бути створені в межах організації або проекту для забезпечення готовності процесу (необхідні ресурси, організаційні структури та система навчання);
3. **Виконувані процедури.** Описано правила та процедури, яких необхідно дотримуватися для успішної реалізації відповідної

ділянки процесу. Такими процедурами, як правило, є розроблення планів і процедур, виконання технологічних операцій, а також дії з перевірки та необхідного коригування;

4. **Вимірювання і аналіз.** Описано вимоги до проведення вимірювань у ході процесу й аналізу отриманих результатів вимірювань, а також наведено приклади даних, які зазвичай збираються (показників), що необхідно для визначення стану й ефективності процесу.

Ключові процедури цього розділу містять основні прийоми вимірювань, необхідні для визначення стану робіт з ключових процедур, наведених у розділі «Виконувані процедури». Приклади запропонованих метрик наводяться як додаткова інформація, оскільки в різних середовищах проектів можуть використовуватися різні метрики та підходи до вимірювання;

5. **Проведення перевірки.** Описано заходи, що вживаються для перевірки відповідності виконуваних дій вимогам існуючого процесу. До методів перевірки зазвичай належать огляди й аудиторські перевірки (ревізії) у ході управління та забезпечення гарантій якості ПЗ. У цей розділ входять ключові процедури, що стосуються контролю з боку керівництва організації та керівництва проекту, а також будь-яких дій з перевірки належного виконання ключових процедур з боку групи якості або інших груп.

Запропоновані СММ ключові процедури процесу не ставлять будь-яких вимог до моделі ЖЦ ПЗ, організаційної структури, розподілу обов'язків і відповідальностей, підходів до управління та розроблення ПЗ. Вони лише акцентують увагу на описанні істотних елементів ефективного процесу.

#### **2.5.1. Методи оцінювання зрілості**

Модель СММ пропонує критерії, що дозволяють оцінити зрілість організацій-розробників. Ці критерії можуть використовуватися організаціями-розробниками для поліпшення процесів розроблення і супроводження ПЗ, а також державними й комерційними організаціями-замовниками для оцінювання ризиків укладення договорів на розроблення програмних проектів з певними організаціями-виконавцями.

На базі СММ SEI (*Software Engineering Institute*) розробив два методи оцінювання зрілості процесу: SPA і SCE.

**Метод SPA** (*Software Process Assessment*) — оцінювання поточного стану процесу. Використовується для дослідження процесу програмної інженерії в організації, визначення його поточного стану, виявлення існуючих проблем, вибір високопріоритетних цілей для поліпшення процесу розроблення, вироблення відповідної стратегії поліпшення та підтримання з боку керівництва.

**Метод SCE** (*Software Capability Evaluation*) — оцінювання спроможностей бюджету організації-розробника ПЗ. Може використовуватися при визначенні потенційних організацій-виконавців програмних проектів або для управління ефективністю процесу в організаціях-виконавцях, що мають у своєму розпорядженні певні ресурси розроблення.

Методи SPA і SCE розрізняються мотивацією, цілями, структурою результуючих даних і способами інтерпретації результатів. А це, у свою чергу, визначає застосовувані процедури оцінювання, умови проведення дослідження, динаміку інтерв'ювання, спектр питань, що задаються, характер і обсяг інформації, яка збирається, а також принципи підготовки фахівців для груп оцінювання.

Дослідження методом SPA з метою поліпшення процесу в організації виконується регулярно (з періодичністю 18–36 місяців) в умовах відкритості та співпраці з керівництвом і колективом розробників.

Оцінювання методом SCE виконується в умовах, наближених до умов проведення ревізій.

Рекомендації експертів допомагають вибрати найбільш надійних виконавців проектів. Основні кроки виконання оцінок за СММ методами SPA і SCE [17]:

**Крок 1.** Вибір групи експертів, навчених основ СММ і специфіки методів оцінювання поточного стану або потенційних можливостей організації. Члени групи повинні бути професіоналами в програмній інженерії та менеджменті.

**Крок 2.** Отримання від оцінюваної організації відповідей на питання контрольного опитного листа, що буде використовуватися під час проведення оцінювання.

**Крок 3.** Аналіз відповідей та ідентифікація тих ділянок процесу, які потребують подальшого дослідження. Ці ділянки відповідають КРА в моделі СММ.

**Крок 4.** Відвідування організації. Його мета — виконати інтерв'ювання розробників, оглянути документацію та зіставити отримані результати з результатами аналізу за опитним листом.

Керівними матеріалами в цьому процесі є опис КРА і практичних прийомів СММ.

У своїй роботі група використовує методи проведення експертизи, що дає їй можливість оцінити, якою мірою КРА задовольняють цілі процесу за кожним напрямом. У тому випадку, якщо виявляються розбіжності між ключовими процедурами СММ і діючою практикою в організації, група повинна документувати обґрунтування своїх рішень за кожним напрямом.

**Крок 5.** По завершенні роботи в організації група формує перелік «знахідок» (виявлених відхилень), які ідентифікують сильні та слабкі сторони процесу в організації.

Якщо метою роботи групи є оцінювання поточного стану та можливостей поліпшення процесу в організації, вона дає керівництву організації відповідні рекомендації, якщо ж мета — оцінювання здатності організації виконувати контракти на розроблення, «знахідки» використовуються для аналізу ризику відповідною інстанцією.

**Крок 6.** Група готує звіт, у якому в розрізі КРА показує, у яких напрямках і якою мірою організація досягає або не досягає цілей КРА. Цілі можуть вважатися досягнутими й у тому випадку, коли відзначено окремі недоліки, але вони не впливають на основні рішення, відповідно до яких оцінюється досяжність цілей.

Для отримання достовірної інформації про хід виконання плану заходів щодо поліпшення процесу в проміжках часу між обстеженнями за методом SPA інститутом SEI був запропонований метод IP (*Interim Profile*) — метод швидкого проміжного оцінювання стану процесу за контрольним опитним листом з мінімальною додатковою інформацією з боку виконавців проектів.

Умовою застосування цього методу є попереднє оцінювання за методом SPA і наявність офіційно затвердженого плану заходів щодо поліпшення процесів в організації.

Організація-замовник складає проект паспорта ПП відповідно до форми, показаної на рис. 2.11 [17].

## ПАСПОРТ ПРОГРАМНОГО ПРОДУКТУ

(назва )  
 розробленого в \_\_\_\_\_  
 (назва організації)

Клас системи	
Предметна галузь	
Масштабність: тривалість (у місяцях)  кількість виконавців  обсяг (розмір) продукту  ступінь повторного вико- ристання	Обсяг ПЗ у рядках вихідного коду  Відсоток вихідного коду, _____ % модифікованого коду, % повторно ви- користовуваного коду
Участь у роботі	Головний виконавець, інші види робіт
Організаційний підхід	Тимчасовий трудовий колектив, інтег- рована група або інше
Мови й середовища про- грамування	Мови та середовища програмування, які використовуються
Замовник	Найменування організації-замовника
Застосовувані стандарти	Групи вітчизняних і міжнародних стандартів
Наявність співвиконавців	Так/ні, кількість організацій- співвиконавців
Новизна	
Платформа функціону- вання	Характеристика апаратного, програм- ного і телекомунікаційного середовищ
Інші вимоги	

**Відповідальний виконавець проекту:** \_\_\_\_\_ **Підпис**  
**Телефон** \_\_\_\_\_ **Дата** \_\_\_\_\_

Рис. 2.11. Структура паспорту програмного продукту



Оброблення контрольних опитних листів для отримання оцінок включає виконання таких дій:

1. Кожній оцінці присвоюється еквівалентний числовий коефіцієнт (табл. 2.9).

Таблиця 2.9

Коефіцієнти для оцінки відповідей на питання

Оцінка частоти виконання процедур	Коефіцієнт
Майже завжди	1
Часто	0,75
Іноді	0,5
Рідко	0,25
Ніколи	0

2. Обробляється *один* опитний лист для *одного проекту*: підраховується кількість відповідей за кожною оцінкою одного напрямку процесу (кількість оцінок «+» або «1» у стовпчику). Ця кількість відповідей множиться на відповідний коефіцієнт і обчислюється їх сума. Потім ця сума ділиться на кількість питань, що стосуються даного напрямку, і множиться на 100 % (для отримання оцінки досяжності цілей напрямку у відсотках). Нижче наведено приклад заповнення опитного листа за напрямом «Управління вимогами» і оцінка рівня досяжності цілей за цим напрямом. Відповідний опитний лист містить шість питань. Приклад заповнення опитного листа наведено у табл. 2.10. Обчислена оцінка КРА за відповідями на питання за даним напрямом становить  $(2 \cdot 1 + 1 \cdot 0,75 + 1 \cdot 0,5 + 2 \cdot 0) / 6 = 0,54$  або у відсотковому вираженні —  $0,54 \cdot 100 = 54\%$ .

Процедура повторюється за всіма шістьма напрямками, поданими в опитному листі.

3. Подібним чином обробляються відповіді на питання за всіма проектами;

4. По завершенні оброблення опитних листів оцінки за кожним напрямком для всіх проектів усереднюються.

Усереднена оцінка напрямку за всіма проектами обчислюється як медіана часткових оцінок. Наприклад, якщо в результаті оброблення питань за першим напрямком для п'яти проектів отримано оцінки 54, 58, 75, 79, 80, то медіаною ряду є значення 75 і це буде середня оцінка напрямку за цими проектами.

## Приклад заповнення опитного листа

Управління вимогами	Майже завжди	Часто	Іноді	Рідко	Ніколи	Не використовується
1. Чи використовуються системні вимоги, делеговані ПЗ, як основа для виконання розроблення й управління процесом розроблення?	+					
2 Чи виконується коригування планів ПЗ, робочих продуктів і дій у разі зміни системних вимог, делегованих ПЗ?	+					
3. Чи керується проект прийнятою в організації політикою в частині управління системними вимогами, делегованими ПЗ?		+				
4. Чи пройшли особи, яким доручено управління делегованими вимогами, навчання прийомів управління вимогами?			+			
5. Чи виконується вимірювання з метою визначення адекватності дій з управління делегованими вимогами (наприклад, чи є облік загальної кількості запропонованих змін у вимогах, кількості прийнятих пропозицій щодо змін, кількості виконаних коригувань у базовій версії та ін.)?					+	
6. Чи підлягають дії з управління вимогами в проекті ревізіям з метою забезпечення гарантії якості ПЗ?					+	

Отримані сумарні оцінки проектів у відсотках за кожним напрямом записуються в підсумковий звіт за формою, поданою у табл. 2.11. Для розрахунку рівня зрілості  $L_{зр}$  організації застосовується формула:

$$L_{\text{зр}} = 2/6 \sum_{i=1}^6 (KPA \%_i / 100),$$

де  $KPA \%_i$  — отримані сумарні оцінки  $i$ -го проекту у відсотках.

Таблиця 2.11

**Оцінка рівня зрілості за КРА**

КРА	Майже завжди > 90 % випадків	Часто 60–90 % випадків	Майже порівну 40–60 % випадків	Інколи 10–40 %	Украй рідко < 10 %
Управління вимогами					
Планування проекту					
Моніторинг проекту					
Управління роботою співвиконавців					
Забезпечення гарантії якості					
Управління конфігурацією					

**2.6. Концепція побудови сертифікаційної моделі якості програмних систем**

Під час сертифікації ПС оцінюється ступінь відповідності властивостей розробленої системи вимогам до неї [46; 45; 48; 47]. Для цього на першому етапі необхідно подати сертифікаційні вимоги до ПС у загальноприйнятому формалізованому вигляді. Вимоги, що сформульовані у процесі розроблення ПС, для цього не можуть бути використані, бо вони, як правило, недостатньо формалізовані і мають суб'єктивний характер. Деяку стандартизовану форму вираження вимог на основі моделі якості ПС, побудованої відповідно до стандарту з якості ISO/IEC 9126:2001, запропоновано у праці [69]. Другим етапом є розроблення моделей, методів та алгоритмів визначення характеристик, які ввійшли в сертифікаційну модель якості, побудовану на попередньому етапі.

Оскільки під час сертифікації ПС зазвичай необхідно виконувати комплексну оцінку якості за широким спектром властивостей, то використання для цього моделі якості, побудованої на основі множини стандартизованих характеристик із застосуванням вибору метрик та мір, є обґрунтованим. У тих методах сертифікації, що орієнтовані на оцінювання окремих характеристик якості, використовується різна аксіоматика при відображенні вимог на множині показників якості, що може призвести до некоректних результатів [11; 17; 18; 152; 153]. Тому використати ці результати для побудови комплексної сертифікаційної моделі якості ПС неможливо.

Необхідно створити концепцію побудови сертифікаційної моделі ПС, яка спирається на єдину аксіоматику при відображенні вимог на характеристики ПС. У моделі мають використовуватися рекомендації стандарту з якості ISO/IEC 9126 при уніфікації вимог і виборі метрик та мір.

### **2.6.1. Аналіз вимог до програмних систем**

У програмній інженерії натеper використовується декілька підходів до подання вимог. Так, у специфікаціях SEI (*Software Engineering Institute*) [154] пропонується поділити вимоги до ПС на *S*-вимоги, або вимоги замовника, та *D*-вимоги, або вимоги розробника. Але чіткого поділу та класифікації вимог на формалізовані групи не подається. У праці [18] пропонується поділити *D*-вимоги на типи, такі як функціональні, нефункціональні та зворотні, але не наводяться чіткі правила поділу, а тому можуть виникати колізії, такі як змішування вимог, необґрунтоване їх об'єднання та ін. У праці [13] для більшої формалізації пропонується відобразити типи вимог на розділи стандарту IEEE Std 830:1993 [12]. Однак багато розділів цього стандарту носять досить загальний характер і не можуть бути використані для сертифікації.

Досить повний перелік властивостей містить документація на готову ПС, підготовлена відповідно до стандарту ISO/IEC 12119 [80] або ДСТУ ISO/IEC 12119 [81]. Однак ця інформація може бути використана лише як проміжна під час формалізації вимог.

Тому найбільш прийнятним, на погляд авторів, є використання підходу, який запропоновано у праці [69]. Викладемо його сутність, використовуючи формальні методи специфікацій.

Множина вимог  $V$  до ПС формується користувачем та розробником і складається з функціональних вимог  $x_i, x_i \in X, i \in I_1$  та нефункціональних  $y_j, y_j \in Y, j \in I_2$ , де  $V, X, Y, I_1, I_2, \dots$  — скінченні множини. Функціональні вимоги описують поведінку системи та її функції. Якщо їх записав користувач, то вони описують поведінку системи в загальному вигляді, тоді як розробник описує їх максимально детально, включаючи вхідні та вихідні дані і специфікації. Нефункціональні вимоги пов'язані здебільшого з інтеграційними характеристиками, такими, як надійність, реактивність, розмір системи, і відображають більшою мірою потреби користувача.

Таким чином,  $V = X \cup Y$ . Але вимоги, як правило, містять обмеження на функціональні характеристики  $B_{x_k}, B_{x_k} \in B, k \in I_3$ , а вимоги предметного середовища можуть задати нові функціональні вимоги  $x_i, x_i \in X, i \in J_1$ , нові обмеження  $B_{x_k}, B_{x_k} \in B, k \in J_2$ , а також інструкції з виконання деяких операцій  $u_\alpha, u_\alpha \in U, \alpha \in J_3$ .

Замовники сертифікації, якими можуть бути розробники та користувачі ПЗ, через відсутність уніфікованої форми класифікації формують вимоги до ПЗ, виходячи зі своїх суб'єктивних уявлень. Це призводить до ряду некоректностей та нечіткого формулювання вимог.

Наприклад, у процесі виконання операції об'єднання вимог можуть виникнути ускладнення, спричинені тим, що під час записування вимог користувача може відбуватись:

- змішування вимог, коли немає чіткого поділу на функціональні та нефункціональні вимоги;
- об'єднання вимог, коли різні вимоги описуються як єдина вимога та ін.

Для уникнення цього недоліку у праці [18] пропонується розробити стандартну форму запису і класифікації вимог та неухильно її дотримуватись. Однак вплив суб'єктивного фактора може призвести до того, що кожний розробник буде мати свій варіант такої форми, що дезорієнтує як замовників, так і користувачів.

Така обставина може спричинити некоректні висновки про результати перевірки відповідності, які можуть бути як підтвержені, так і спростовані, або не визнані якоюсь із сторін.

Для вирішення цієї проблеми пропонуємо проводити первинний аналіз вимог, який дає змогу видалити явні некоректності та побудувати нормативну модель вимог. На підставі аналізу вимог замовника сертифікації та нормативних документів, об'єднавши зазначені вимоги та обмеження, запишемо нормативну модель вимог як множину в загальному вигляді:

$$Q_N = \{(x_i, y_j, B_{x_k}, u_\alpha), i \in I_1 \cup J_1, j \in I_2, k \in I_3 \cup J_2, \alpha \in J_3\}. \quad (2.1)$$

Але користуватися моделлю (2.1) для перевірки відповідності під час сертифікації складно. Справді, модель (2.1) не є конструктивною, оскільки наявні в ній вимоги  $x_i, y_i$  зазнали впливу суб'єктивних факторів, неформалізовані, а тому неможливо обрати обґрунтовані метрики та міри для вимірювання ступеня досягнення властивостей.

Для проведення сертифікаційних випробувань ПЗ потрібно мати:

- записаний у формалізованому вигляді перелік характеристик  $C_i$  та підхарактеристик  $S_i$ , до яких ставляться вимоги;
- перелік атрибутів (показників)  $A_i$ , які показують ступінь досягнення властивості кожної характеристики;
- метрики  $M_i$ , у яких вимірюються  $A_i$ , і множини припустимих значень атрибутів  $P_i$ .

### **2.6.2. Концепція побудови сертифікаційної моделі якості**

На підставі аналізу існуючих формалізацій, що містяться у стандартах, авторами вибрано найбільш повний класифікатор, запропонований у серії стандартів [49–52]. Справді, більш логічним та економічним підходом до розроблення стандартної форми запису вимог є використання класифікації характеристик ПЗ, що викладена в стандарті якості ISO/IEC 9126-1 [49]. У цьому стандарті подано вичерпну класифікацію характеристик, що налічує 27 підхарактеристик. Як ознаки класів сертифікаційної моделі оберемо характеристики, атрибути, метрики та обмеження.

Однак стандарти визначають загальні поняття й рекомендації, які не можна безпосередньо використати для конкретних обчислень рівня якості ПЗ. Тому для кожного класу ПЗ необхідно будувати модель якості з огляду на предметну галузь і специфіку використання ПЗ. Відзначимо, що в концепції аналітичного оцінювання

характеристик якості [155], яка базується на загальній моделі [49], не враховується специфіка класів ПЗ і в галузевому розумінні вона надто широка.

Тому пропонується відображати галузеві нормативні вимоги на характеристики загальної моделі, звужуючи її. У такий спосіб отримаємо шукану модель сертифікації, у якій вагові множники при атрибутах якості будуть відповідати за специфіку предметної галузі [69; 70]. Наприклад, для ПЗ автоматизованих систем контролю польотів (АСКП), яке розглянемо як ілюстрацію, функціональна повнота і точність важливіші ніж мобільність.

Такий загальний підхід пропонується використати для створення концепції побудови моделі якості ПЗ, що функціонують у різних галузях. Основою концепції може бути принцип доцільної повноти моделі для кожного класу ПЗ. Справді, різні класи ПЗ мають різний пріоритетний набір розв'язуваних завдань, який залежить від специфіки використання ПЗ, що зумовлює потребу в розробленні концепції побудови моделі якості галузевого ПЗ, яка придатна для сертифікації.

Концепція визначає систему відображень для переходу від моделі вимог до стандартизованої моделі якості, яку можна використати для сертифікації ПЗ. Будуючи концепцію, слід враховувати вимоги замовника сертифікації, галузевих нормативних документів, вимоги користувача, а також рекомендації державних стандартів, після чого відобразити отриману множину вимог на характеристики якості, вказані у стандарті [49].

Концепція побудови сертифікаційної моделі якості складається з декількох етапів:

1. Грунтуючись на сертифікаційних вимогах до ПЗ, будуємо нормативну модель вимог шляхом об'єднання функціональних і нефункціональних вимог та обмежень. Нормативна модель вимог, у першу чергу, залежить від набору вимог замовника сертифікації та галузевих вимог до ПЗ. У цій моделі можуть виникати і конфліктні вимоги, що впливає із суперечливості деяких вимог замовника і вимог галузевих та міжнародних стандартів.

2. Нормативна модель вимог не є конструктивною, оскільки вимоги до ПЗ не стандартизовані (не задані атрибути та метрики для їх вимірювання). Для зведення вимог до формалізованого вигляду пропонуємо виразити їх за допомогою уніфікованих

характеристик. Тому на другому етапі концепція передбачає побудову загальної моделі якості на основі рекомендацій ISO/IEC 9126-1. Ґрунтуючись на базових програмних комплексах ПЗ, поділяємо характеристики загальної моделі на критичні та другорядні.

3. Відображаємо вимоги з нормативної моделі на загальну модель якості з вибіркою характеристик та сполученням атрибутів. Для вимог, які не мають відповідності у загальній моделі за назвою, шукаємо аналог за змістом. Конфліктні характеристики узгоджуємо. Сукупність вибраних елементів загальної і нормативної моделей складе сертифікаційну модель якості, у якій відповідність показників атрибутів вимогам залежить від обмежень.

Перший етап розглянуто у п. 2.6.1. На другому етапі будуюмо загальну ієрархічну модель якості, що запишеться у вигляді множини:

$$Q_G = \left\{ C_i \left\{ S_{ij} \left\{ A_{ijk} \left\{ E_{ijkl}, M_{ijkl}, W_{ijkl} \right\}_{l=1}^{L_{jk}} \right\}_{k=1}^{K_{ij}} \right\}_{j=1}^{J_i} \right\}_{i=1}^I, \quad (2.2)$$

де  $C_i$  —  $i$ -а характеристика;  $S_{ij}$  —  $j$ -а підхарактеристика  $i$ -ї характеристики;  $A_{ijk}$  —  $k$ -й атрибут  $j$ -ї підхарактеристики  $i$ -ї характеристики якості.

Для того щоб модель (2.2) була завершеною, необхідно обрати метрики  $M_{ijkl}$  вимірювання елементів атрибутів підхарактеристик  $E_{ijkl}$  та вагові коефіцієнти  $W_{ijkl}$ . Для спрощення моделі, запропоновано, по-перше, увести в модель лише критичні характеристики (функціональність, надійність і відображення необхідних вимог замовника та галузевих характеристик), а, по-друге, — потрібні другорядні характеристики.

Зрештою, для деталізації моделі необхідно визначити атрибути підхарактеристик. Атрибути й елементи атрибутів пропонується виділяти з галузевих стандартів і нормативних документів, а для підхарактеристик, що залишилися, — із загальних стандартів якості, оскільки галузеві документи задають базові вимоги до ПЗ, що функціонує в заданій предметній галузі. Якщо галузеві нормативні документи відсутні, то вибір атрибутів варто залишити на розсуд експертів з лабораторії сертифікації, які повинні керуватися загальними стандартами якості ПЗ, а також вимогами ТЗ на розроблення ПЗ.



Зауважимо, що з погляду користувача вимоги до властивостей ПЗ виділяються з галузевих стандартів і нормативних документів, а з точки зору органів, що перевіряють (орган сертифікації), і сторони, що проводить сертифікаційні випробування (акредитована лабораторія сертифікації), ці показники мають бути уніфікованими і вибиратися із загальних стандартів якості ПЗ. Нарешті розробник ПЗ може користуватися власною системою оцінювання якості, що може ґрунтуватися на контролі ряду згаданих показників, а також деяких внутрішніх характеристик якості [17]. Таким чином, на черзі тепер відображення вимог галузевих стандартів на множину показників загальних стандартів і визначення нормативних показників.

На третьому етапі концепція передбачає відображення моделі (2.1) на модель (2.2), що потребує врахування специфіки застосування ПЗ. Таке відображення не є тривіальним, бо являє собою розв'язок задачі логічної класифікації вимог на множині характеристик якості і включає класифікацію кожної вимоги  $V_i$  із формули (2.1) шляхом аналізу внутрішнього змісту відповідної властивості та вибору адекватної характеристики  $C_{V_i}$  і підхарактеристики у виразі (2.2) із подальшим поєднанням з нею атрибута. При цьому метрики  $M_{ijkl}$  вимірювання елементів вибираємо з урахуванням рекомендацій стандарту ISO/IEC 9126-2, а також особливостей галузі застосування ПЗ. Під час відображення за рахунок використання атрибутів та їх елементів усувається нечітке формулювання вимог. Після цього залежно від специфіки предметної галузі поділяємо елементи на критичні та другорядні, назначаючи вагові коефіцієнти  $W_{ijkl}$ . Сукупність вибраних характеристик загальної моделі складе сертифікаційну модель, яка має вигляд

$$Q_{Ce} = \left\{ C_{V_i} \left\{ S_{ij} \left\{ A_{ijk} \left\{ E_{ijkl}, M_{ijkl}, B_{Ce_{ijk}}, W_{ijkl} \right\}_{l=1}^{I_{ijk}^{Ce}}, A_{ijk} \in P_{ijk} \right\}_{k=1}^{K_j^{Ce}} \right\}_{j=1}^{J_i^{Ce}} \right\}_{i=1}^{I^{Ce}}, \quad (2.3)$$

де атрибути  $A_{ijk}$  повинні належати множині допустимих атрибутів  $P_{ijk}$  (критерій — задоволення елементів  $E_{ijkl}$  обмеженням сертифікації  $B_{Ce_{ijk}}$ ), а кожна з інструкцій  $u_\alpha$  відповідає своєму елементу атрибута  $E_{ijkl}$ .

Сертифікація полягає у перевірці належності значень атрибутів моделі до допустимої множини [формула (2.3)]. Ця перевірка здійснюється шляхом сертифікаційних випробувань. Подібний підхід (відображення вимог на множини уніфікованих характеристик якості загальних стандартів) можна застосувати для будь-яких класів ПЗ. Діаграму побудови сертифікаційної моделі якості ПЗ показано на рис. 2.12.

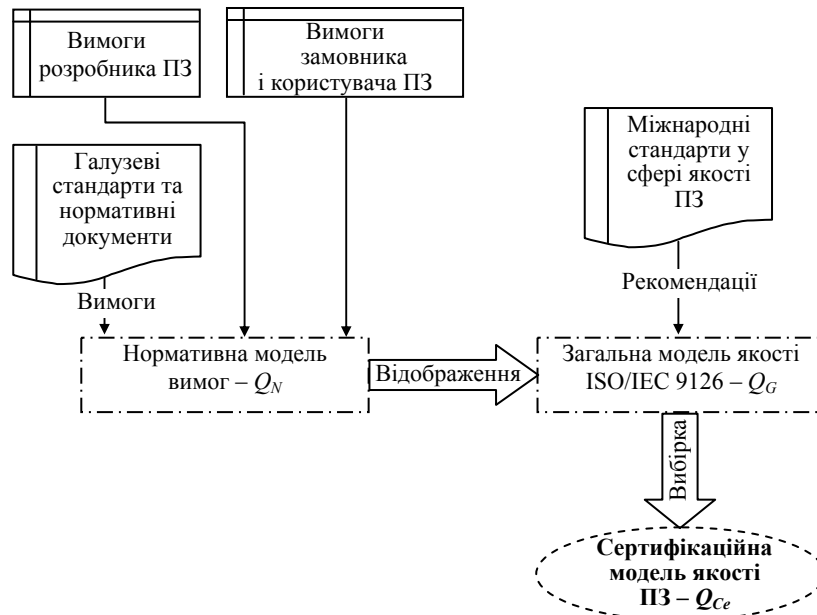


Рис. 2.12. Структурна схема побудови сертифікаційної моделі якості ПЗ

### 2.6.3. Побудова моделі якості ПЗ АСКП

Використаємо розроблену концепцію для побудови сертифікаційної моделі якості ПЗ АСКП. У сертифікаційній моделі мають враховуватися, з одного боку, вимоги замовника ПЗ та галузевих нормативних документів, а з другого — максимально задовольнятися рекомендації міжнародних та національних стандартів у сфері якості ПЗ. Модель якості насамперед складатиметься з показників якості, які пропонується класифікувати згідно з наявними базовими програмними комплексами цих систем, що показано на рис. 2.13.



Рис. 2.13. Класифікація показників якості ПЗ АСКП

Обрані показники якості є характерними, бо вони є типовими для будь-яких автоматизованих систем контролю об'єктів за вимірною інформацією, бо ці системи обов'язково містять наведені вище комплекси і програми. Можливо, що з огляду на специфіку предметної галузі і класів розв'язуваних задач, для деяких систем будуть додаватися й інші показники, однак обрані показники якості залишаться основними. Ці показники є загальними, бо характеризують якість відтворення, виявлення подій контролю та якість функціонування об'єкта контролю. Пропонуємо співвіднести ці показники з уніфікованими показниками якості загальних стандартів якості ПЗ. Обмеження для атрибутів характеристик формуємо на підставі аналізу нормативних документів для ПЗ цього типу.

Отже, введені в розгляд характеристики якості є універсальними для ПЗ цього класу, бо характеризують якість основних комплексів програм, із яких складаються ці системи.

Властиві ПЗ АСКП характеристики точності відтворення параметрів і контролю допусків при виявленні подій визначаються із залученням метрик, заданих у числовому вигляді. Тому пропонується виділити функціональність як базовий показник якості критичних систем цільового призначення [18], до яких належить клас ПЗ автоматизованих систем контролю. Висока вага показника забезпечить готовність ПЗ до виконання очікуваних дій у зв'язку з призначенням у процесі експлуатації.

Таким чином, показники функціональності та надійності [11; 113; 153] є базовими показниками якості ПС, що оцінюють стан об'єктів контролю.

Після визначення всіх елементів моделі (2.3) переходять до сертифікаційних випробувань, у ході яких обчислюють фактичні значення атрибутів підхарактеристик якості. Для критичних елементів атрибутів їх порівнюють з нормативними обмеженнями [46; 47].

Програмне забезпечення АСКП будемо вважати придатним до застосування, якщо воно задовольняє вимоги, викладені в державному стандарті України [156] і нормативних документах [157; 158; 159]. У створенні документів [158; 159], а також стандарту [156], провідна роль належить фахівцям кафедри комп'ютерних інформаційних технологій НАУ. Ці документи затверджені Державним департаментом авіаційного транспорту України, а нормативний документ [157] затверджений міждержавним авіаційним комітетом країн СНД.

Документи і стандарти включають вимоги до ПЗ у частині інформаційного і ПЗ та переліку обов'язкових завдань. Для визначення факту відповідності ПЗ АСКП вимогам стандарту і нормативних документів необхідно проводити сертифікаційні випробування, загальну методику яких викладено в документі [159]. Сертифікаційні випробування ПЗ АСКП являють собою встановлену процедуру, за допомогою якої експериментальним шляхом установлюється відповідність якісних і кількісних характеристик ПЗ вимогам вказаних нормативних документів [157–159]. Нормованими вимогами згідно з ДСТУ 3275–95 [156] є:

- вирішення переліку обов'язкових завдань;
- інформаційне забезпечення;
- точність відтворення зареєстрованих параметрів;
- достовірність результатів контролю з метою виявлення небезпечних відхилень;
- загальні вимоги до ПЗ, що зводяться до вирішення в повному обсязі переліку обов'язкових завдань і властивостей мобільності, інтероперабельності, підтримання національного алфавіту, задоволення вимог відкритих систем;
- вимоги до документації на ПП, яка повинна бути достатньою для установлення, експлуатації і супроводження ПЗ.

Використовуючи характеристики якості з ISO/IEC 9126-1, установимо таке відображення:

- 1) вирішення переліку обов'язкових завдань — характеристика якості, функціональність, підхарактеристика повнота функцій;
- 2) інформаційне забезпечення — функціональність, повнота функцій;
- 3) точність відтворення параметрів — функціональність, точність;
- 4) достовірність результатів контролю — функціональність, точність.

Відображення пп. 1, 3 і 4 очевидні, а для п. 2 зазначимо, що в контексті стандарту [156] під інформаційним забезпеченням розуміється наявність ряду спеціальних файлів даних (що перевіряється простим порівнянням) і працездатність ПЗ АСКП в даній предметній галузі, тобто обробляти ці формати даних очікуваним від нього способом, що стосується до функціональності.

Загальні вимоги до ПЗ добре узгоджуються з характеристикою «функціональність», підхарактеристикою «повнота функцій». Наявність у повному обсязі властивостей мобільності, інтероперабельності, підтримання національного алфавіту та задоволення вимог відкритих систем не впливає на безпеку життєдіяльності об'єкта контролю, який контролюється розглянутим ПЗ. Тому ця група характеристик буде належати до другорядних показників. Вимоги до документації також є загальними і перевіряються простим порівнянням.

На підставі аналізу вимог до ПЗ АСКП обираємо показники якості. Ураховуючи викладене пропонуємо класифікувати нормовані галузеві вимоги [156], відображаючи їх на характеристики моделі якості ISO/IEC 9126-1, як показано на рис. 2.14.

Запропоновану концепцію використано авторами для побудови моделі якості ПЗ АСКП і числового розрахунку рівня його якості. У цю модель уведено 5 характеристик, 10 підхарактеристик і 14 атрибутів, що містять у цілому 48 елементів. З них 36 елементів атрибутів є критичними, а 12 — другорядними. Цим способом отримано цільову модель якості для заданої предметної галузі.

Таким чином, побудовано шукану модель якості, для якої необхідно тепер визначити методику розрахунку елементів атрибутів. Отримані результати можуть бути застосовані також розробниками для створення власної системи управління якістю ПС.

Вимога	Атрибут вимоги	Інструкція	Обмеження
Виконання переліку обов'язкових завдань $x_1$	Відтворення параметричної інформації $x_{11}$	Графічне зображення АП і РК $u_{15}$	Синхронізація відображення $V_{e11}$
...	...	...	...
Точність відтворення параметрів $x_7$	Інформація не менше ніж для 12 АП і 12 РК $x_{71}$	Урахування дискретності опитування $u_{71}$	Реєстраційний метод (так/ні) $V_{e71}$
Достовірність результатів контролю $x_8$	Оцінка помилок I-го роду $x_{81}$	Критерій Неймана-Пірсона $u_8$	Розрахунковий метод $E1 < 0,01$ $V_{e81}$
...	...	...	...

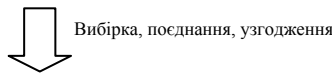
Нормативна модель вимог ПЗ АСКП (ДСТУ 3275-95)



**Характеристика Підхарактеристика Атрибут Елемент атрибута Метрика**

Функціональність $C_1$	Функціональна повнота $S_{11}$	?	?	?
Функціональність $C_1$	Точність $S_{12}$	...	...	...
...	...	...	...	...
Функціональність $C_1$	Захищеність $S_{14}$	...	...	...
...	...	...	...	...
Надійність $C_2$ або $y_9$	Безвідмовність $S_{21}$ або $y_{91}$	...	...	...
...	...	...	...	...

Загальна модель якості ISO/IEC 9126



**Характеристика Підхарактеристика Атрибут Елемент атрибута Метрика Обмеження**

Функціональність $C_1$	Функціональна повнота $S_{11}$	Відтворення параметричної інформації $Ax_{111}$	Графічне зображення АП і РК $E_{1115}$	Зовнішня номінальна метрика $M_{1115}$	Синхронізація відображення $V_{ce11}$
...	...	...	...	...	...
Функціональність $C_1$	Точність $S_{12}$	Точність відтворення параметрів $A_{121}$	Інформація не менше ніж для 12 АП і 12 РК $E_{1211}$	Номінальна метрика $M_{1211}$	Реєстраційний метод (так/ні) $V_{ce71}$
...	...	...	...	...	...
Функціональність $C_1$	Захищеність $S_{12}$	Достовірність результатів контролю $A_{121}$	Оцінка помилок I-го роду $E_{1221}$	Метрична абсолютна шкала $M_{1221}$	Розрахунковий метод $E1 < 0,01$ $V_{ce81}$
...	...	...	...	...	...
Надійність $C_2$	Безвідмовність $S_{21}$	Частота відмов $A_{211}$	Модель Шика-Волвертона $E_{2111}$	Абсолютна шкала $M_{2111}$	Статистичні дані $X =  A1 - A2 /B$ $V_{ce91}$
...	...	...	...	...	...

Сертифікаційна модель якості ПЗ АСКП

**Примітка:** АП — аналоговий параметр; РК — разова команда.

Рис. 2.14. Побудова сертифікаційної моделі якості ПЗ АСКП

## ВИСНОВКИ

Отримано такі результати:

1. Розроблено концепцію побудови сертифікаційної моделі якості, суть якої полягає у відображенні вимог до ПС на характеристики загальної моделі якості, сформованої на підставі рекомендацій стандартів серії ISO/IEC 9126 [160]. Концепція дає можливість отримати уніфіковані методи оцінювання атрибутів якості.

2. За допомогою створеної концепції побудовано сертифікаційну модель якості ПЗ АСКП.

### ЗАВДАННЯ НА ДОМАШНЮ РОБОТУ

Для заданої ПС виконати таке:

1. Описати призначення та функціональні характеристики системи (2–3 с.).

2. Побудувати модель якості відповідно до формули (1.1). Вибрати й обґрунтувати вибір потрібних характеристик та підхарактеристик якості (3–4 с.). Узгодити можливі конфлікти.

3. За формулою (1.2) виконати загальну інтегральну оцінку рівня якості ПС, для чого визначити вагові коефіцієнти  $W_i$  і розрахувати рівень якості кожного атрибута  $A_i$  за відповідною зовнішньою метрикою згідно зі стандартом ISO/IEC 9126-2 (4–5 с.).

4. Побудувати шкалу оцінювання якості, рівні ранжування і визначити загальний бальний показник якості (3–4 с.).

5. Зробити висновки (1–2 с.).



### Контрольні запитання та завдання

1. Зв'язок понять у парадигмі якості ПС. Розкрити описи процесів контролю якості згідно зі стандартами CMM (*Capability Maturity Model*) та ДСТУ 2844 — Програмні засоби ЕОМ. Забезпечення якості. Терміни та визначення.

2. Концепція інженерії якості ПС. Процеси інженерії якості ПС та їх гарантії. Що таке SQA?

3. Метрики якості ПС. Які існують типи метрик та види шкал їх вимірювання згідно з рекомендаціями стандарту ISO/IEC 9126-2?

4. Стандарти якості серії ISO/IEC 9126 (1–4). Дати повну назву та стислу характеристику кожного із стандартів.

5. Класифікація мір якості згідно зі стандартом ISO/IEC 9126-2. Класифікація метрик якості згідно зі стандартом ISO/IEC 9126-2. Яка відмінність між мірою та метрикою якості?

6. Моделі якості ПС. Еталонна ієрархічна модель якості запропонована в стандарті ISO/IEC 9126-1. Базові характеристики якості та їх підхарактеристики. Навести опис.
7. Єдина серія стандартів якості програмних продуктів — SQuaRE. Повна назва англійською та українською мовами. Принципи організації та зміст серії стандартів. Навести опис стандартів, що входять до SQuaRE з поясненнями мети кожного із стандартів.
8. Визначення характеристик моделі якості у використанні (експлуатаційна якість ПС). Рекомендації стандарту ISO/IEC 9126-4 стосовно Quality in use metrics. Як описуються метрики в узагальненій моделі якості ПС?
9. Аспекти визначення якості ПС. Характеристики якості ПС. Які існують три типи якості? Дати їм стислу характеристику.
10. Основні стандарти з якості. Цілі моделювання якості ПС. Модель якості ПС. Опишіть шляхи побудови моделі якості.
11. Визначення сертифікації ПЗ. Настанови стандарту ДСТУ 2462–94 щодо сертифікації. Яке призначення органу із сертифікації та випробувальної лабораторії?
12. Хто і як оцінює показники якості ПС під час сертифікаційних випробувань? Що таке сертифікат відповідності?
13. Міжнародні та національні органи стандартизації (навести назви). Що таке JTC1 та SC7?
14. Типи шкал та рівні ранжування метрик та мір якості ПС. Які метрики вважаються зовнішніми, а які — внутрішніми? Навести приклади.
15. Про що йдеться в стандартах ISO/IEC 9126-2 та ISO/IEC 9126-3? Навести опис.
16. Визначення тестування. Методи тестування програм та ПС. Статичні та динамічні методи тестування. Яке місце займають процеси верифікації та валідації серед етапів ЖЦ ПС?
17. Наведіть характеристику методів тестування ПС. Що таке статичні та динамічні методи тестування, методи «чорного ящика» та методи «скляного ящика», а також функціональне тестування?
18. Сертифікація в Україні. Визначення процесу сертифікації. Навести стислу характеристику організацій УкрСЕПРО, УкрСертСофт, Софт-Рейтинг, Укрметртестстандарт. Чим займається кожна з цих установ?
19. Ким та як акредитується орган сертифікації ПЗ та лабораторія сертифікації ПЗ (випробувальна лабораторія)?
20. Які основні принципи організації системи управління якістю в організації-розробнику ПЗ?
21. Як оцінюється зрілість організацій-розробників ПС?
22. Навести стислу характеристику відомих технологій формулювання вимог до ПС.
23. З яких етапів складається концепція побудови сертифікаційної моделі якості ПС? Навести формулу моделі.
24. Навести визначення рівнів потужності процесів ЖЦ ПЗ.
25. Які принципи побудови моделі якості ПЗ АСКП?





## Завдання і вправи

**I.** Користуючись рекомендаціями стандарту ISO/IEC 9126-1 побудувати ієрархічну модель якості ПП, яка складається з характеристик та підхарактеристик якості. Обґрунтувати вибір та вилучення характеристик і підхарактеристик у процесі створення моделі якості ПП.

Варіанти ПП:

1. MS Word 2007 та MS Word 2010.
2. MS Access 2007 та MS Access 2010.
3. MS Exel 2007 та MS Exel 2010.
4. MS PowerPoint 2007 та MS PowerPoint 2010.
5. MS Outlook 2007 та MS Outlook 2010.
6. WinRAR v.3.5.
7. MS Visio 2010.
8. ISQ 5.2.
9. Adobe Photoshop CS4.
10. Windows XP Media Player.
11. Adobe Acrobat Reader v.7 та v.8.
12. Fine Reader v.8.0.
13. MathCad v.12.
14. Corel Draw v.14.

**II.** Для кожного із варіантів ПП у пп. 1–14 завдання I вибрати відповідні атрибути та метрики для кожної обраної підхарактеристики якості, користуючись стандартами ISO/IEC 9126 (частини 2 і 3). Виконати оцінку якості кожного ПП відповідно до інтегральної моделі якості, попередньо узгодивши всі конфліктуючі властивості ПП. Обрати вагові коефіцієнти відповідно до ступеня важливості кожного атрибута підхарактеристики якості.

**III.** Для кожного із варіантів ПП у пп. 1–14 завдання I побудувати експлуатаційну модель якості, користуючись рекомендаціями стандарту ISO/IEC 9126-4. Для цього необхідно вибрати характеристики та метрики якості, запропоновані в ISO/IEC 9126-4, і виконати оцінювання якості. З цією метою потрібно обрати вагові коефіцієнти для кожної характеристики якості.