

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

О.С. Андріанова, К.Б. Трофимов

СИСТЕМНИЙ ПІДХІД В УПРАВЛІННІ ЯКІСТЮ

Навчальний посібник

Харків «ХАІ» 2007

УДК 658.5621 (075.8)

Системний підхід в управлінні якістю / О.С. Андріанова, К.Б. Трофимов. – Навч. посібник. – Харків: Нац. аерокосм. ун-т «Харк. авіац. ін-т», 2007. – 70 с.

Розглянуто основні принципи, терміни та визначення системного підходу в управлінні якістю. Описано класифікацію систем, їх моделі, а також методи їхньої побудови. Викладено аспекти системного підходу. Розглянуто структурно-функціональний і функціонально-структурний підходи до проектування систем, правила застосування системного підходу.

Для студентів і фахівців, що вивчають системи управління якістю з метою підвищення їхньої ефективності.

Іл. 15. Табл. 3. Бібліогр.: 8 назв

Рецензенти: В.М. Горбенко, О.Т. Дорошин

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1 ВИЗНАЧЕННЯ Й СУТЬ СИСТЕМНОГО ПІДХОДУ В УПРАВЛІННІ.....	5
1.1 Системний аналіз.....	5
1.2 Цілі, методи та проблеми системного аналізу.....	5
1.3 Системний підхід. Основні принципи і аспекти.....	6
2 ВИЗНАЧЕННЯ СИСТЕМИ	7
2.1 Система й середовище, складна й велика системи.....	7
2.2 Властивості систем.....	11
2.3 Система та проблема.....	14
3 КЛАСИФІКАЦІЯ СИСТЕМ	16
3.1 Принципи класифікації систем.....	16
3.2 Класи й підкласи систем.....	17
4 ПОЧАТКОВІ ЕТАПИ СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ.....	28
4.1 Формалізовані процедури і алгоритми системного аналізу.....	28
4.2 Формування цілей аналізу, позиції та контексту розгляду системи.....	30
4.3 Опис системи на вербальному рівні.....	33
5 МОДЕЛІ СИСТЕМ.....	34
5.1 Формальні та змістовні моделі.....	34
5.2 Модель «чорний ящик».....	36
5.3 Модель «склад системи».....	39
5.4 Модель «структура системи».....	42
5.5 Модель «структурна схема системи».....	45
5.6 Динамічні моделі.....	46
6 ПРОЦЕДУРИ СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ.....	47
6.1 Аналіз і синтез	47
6.2 Декомпозиція і агрегація.....	47
6.3 Процедура і алгоритм декомпозиції.....	48
6.4 Агрегування.....	49
7 СИСТЕМНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ В ПРОЕКТУВАННІ.....	50
7.1 Структурно-функціональний підхід.....	50
7.2 Функціонально-структурний підхід.....	51
7.3 Системна концепція проектування.....	51
7.4 Системний аналіз функцій.....	53
8 ІНФОРМАЦІЯ ТА СИСТЕМА. ІНФОРМАЦІЙНІ МОДЕЛІ СИСТЕМ....	58
8.1 Поняття інформації. Роль інформації в системі.....	58
8.2 Вивчення інформаційної сторони системи. Інформаційні моделі системи.....	61
8.3 Поняття інформаційної системи.....	62
8.4 Моделі даних «сутність - зв'язок» (ERD - моделі).....	63
9 ПРАВИЛА ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМНОГО ПІДХОДУ В УПРАВЛІННІ.....	65
Бібліографічний список.....	70

ВСТУП

Система – це сукупність взаємозалежних або взаємодіючих елементів.

Виникнення теорії систем слід віднести до періоду появи військового мистецтва, виробництва, торгівлі. В міру розвитку суспільства виникає необхідність всебічного вирішення практичних задач, потреба в спеціалістах «широкого профілю», які мають знання не тільки в своїй галузі, але й в суміжних, які можуть узагальнити проблему, розв'язати її з урахуванням різних аспектів. Становлення дисципліни теорії систем слід віднести до кінця ХІХ – початку ХХ ст., коли були визначені загальні закономірності, що виявились у великих системах, з'явилися роботи з теорії управління, теорії прийняття рішень. У наш час дисципліна «Теорія систем і системний аналіз» має синтетичний характер, об'єднує широке коло питань від теоретичних аспектів функціонування і управління складними системами до практичних методів аналізу систем, їх моделювання й прийняття рішень у конкретних умовах [1].

Сьогодні існують три системних поняття: «теорія систем», «системний аналіз», «системний підхід». «Теорія систем» досліджує загальні властивості будь-яких складних систем незалежно від їх природи (фізичної, біологічної, соціальної та ін.). Початок теорії систем закладено у працях О. О. Богданова – російського вченого-медика, філософа та Людвіга фон Берталанфі – австрійського біолога-теоретика. Подальшого розвитку теорія систем набула в працях М. Месаровича, І. Такахарі, Р. Директора, Р. Рорера та ін. [1]. «Системний аналіз» – це в основному прикладна наукова дисципліна, яка дозволяє розробляти методи вирішення проблем, що виникають у складних системах. Це методологічна дисципліна, основними результатами застосування якої є розробка й класифікація методів аналізу систем і вирішення проблеми. «Системний підхід» – це поняття, яке полягає у тому, що до вирішення будь-якої проблеми треба підходити системно, тобто розглядати в цілому систему, в якій виникла конкретна проблема. При цьому слід урахувувати цілі та функції системи, її структуру, всі зовнішні та внутрішні зв'язки [1].

Встановлено вісім принципів управління якістю, які можна використовувати для поліпшення показників діяльності підприємства. Одним із цих принципів є системний підхід – ідентифікація, розуміння взаємозалежних процесів та управління ними як системою. Це сприяє більш результативному й ефективному досягненню цілей підприємства [2].

1 ВИЗНАЧЕННЯ Й СУТЬ СИСТЕМНОГО ПІДХОДУ В УПРАВЛІННІ

1.1 Системний аналіз

Системний аналіз – це методологічна дисципліна, основана на системному підході. Вона об'єднує методи вивчення систем різної складності й призначення. За її допомогою ці методи розробляють, узагальнюють, дають практичні рекомендації щодо їх використання. Системний аналіз застосовують для підготовки й обґрунтування шляхів вирішення складних проблем політичного, соціального, економічного, технічного, військового характеру. Системний аналіз – це прикладна діалектика.

Головна процедура системного аналізу – побудова узагальнених моделей, в яких відбито закономірності реальної ситуації. Моделі системного аналізу відображають структуру, взаємозв'язки у складних системах, реальну ситуацію та проблеми, які в них виникають. За допомогою створених моделей досліджують системи й знаходять шляхи вирішення складних проблем, що виникають у практичній діяльності людини.

Технічна основа системного аналізу – інформаційні системи, обчислювальна техніка й сучасні методи управління.

Системний аналіз вивчає такі питання:

- утворення цілого;
- побудова цілого;
- збільшення й розвиток цілого;
- відношення між цілісною системою та іншими системами;
- відношення між системою та метасистемою, тобто великою зовнішньою системою, до складу якої вона входить.

1.2 Цілі, методи та проблеми системного аналізу

Цілями системного аналізу є вивчення загальних закономірностей складних систем, різних за природою й характером. Практична спрямованість системного аналізу полягає у вирішенні складних проблем, що виникають у результаті діяльності людини.

Спеціалісти з системного аналізу вивчають процеси у складних системах, аналізують результати цих процесів, оцінюють перспективи розвитку систем; їх завданням є прогнозування можливих сценаріїв розвитку, запобігання небажаним явищам і катастрофам, які можуть виникнути під час діяльності людини, а також внаслідок природних процесів розвитку систем та їх взаємодії. Системний аналіз є основою

прийняття рішень у складних ситуаціях, коли ефективність цих рішень неоднозначна і оцінити її важко. Отже, системний аналіз дозволяє розробляти наукові методи розв'язання складних проблем у системах навколишнього світу. Він виступає як каркас, що об'єднує методи й знання для вирішення проблем. Головними методами системного аналізу є побудова моделей систем різного рівня та складності і аналіз систем за допомогою побудованих моделей [1].

Проблеми системного аналізу прийнято поділяти на глобальні і універсальні. Глобальні проблеми мають загальнопланетний, загальнолюдський характер, універсальні – це проблеми локальних систем або мікросистем, таких, як проблеми розвитку міст, крупних підприємств, окремих галузей промисловості тощо. Зростання населення у світі, збільшення кількості великих міст та їх розмірів, прискорення темпів розвитку науки й техніки ведуть не тільки до поширення впливу людини на середовище, в якому вона проживає, але й до змінювань форм втручання людини в природні процеси. Діяння людини на природу сьогодні досягло рівня, який за масштабами можна порівняти з дією найбільш могутніх сил самої природи. Існує загроза незворотних змінювань у земній атмосфері, порушень у головному механізмі підтримання та забезпечення життя на планеті, повного вичерпання мінеральних ресурсів, невідновних втрат природних умов життя майбутніх поколінь.

Системний аналіз ґрунтується на системному підході, а також на ряді математичних дисциплін і сучасних методах управління.

1.3 Системний підхід. Основні принципи і аспекти

Системний підхід – це напрямок дослідження, вивчення світу, в основі якого лежить принцип розгляду об'єктів як систем, орієнтація на розкриття цілісності об'єкта, виявлення різноманітності зв'язків у ньому й приведення їх до єдиної теоретичної картини.

Системний підхід у сучасній інтерпретації (поряд з методами дослідження операцій, функціонально-вартісним аналізом та ін.) стосовно економіки є винаходом ХХ століття, що дозволяє підвищити організованість, якість та ефективність управління об'єктами. Однак через складність в економіці він застосовується рідко. Системний підхід – це філософія управління, метод виживання на ринку, метод перетворення складного у просте, сходження від абстрактного до конкретного.

Системний підхід – це методологія дослідження об'єктів як систем [3].

Системний підхід характеризується такими основними принципами:

– взаємозв'язку – система вивчається як частина певної макро-системи. Вона має безліч зв'язків з іншими системами, взаємодіє і існує в єдності з ними;

– багатоплановості – система зі своїми особливостями як деяка самостійна одиниця аналізується з різних сторін;

– багатовимірності – вивчаються різні характеристики систем, які об'єднують в групи (кластери): об'єкт описується як сукупність деяких характеристик та їх взаємозв'язків;

– ієрархічності – система досліджується як складна структура з різними рівнями, між якими встановлюються певні зв'язки;

– різнопорядковості – різні ієрархічні рівні системи породжують закономірності різного порядку. Одні закономірності властиві всім елементам або деякій групі елементів, а інші – тільки окремим елементам;

– динамічності – розглядається рухома система, що розвивається.

Відповідно до системного підходу всякий об'єкт виникає і існує в межах деякої великої системи. Зв'язки між об'єктами та системою є суттєвими основами виникнення, існування та розвитку об'єкта й системи в цілому.

Визначають ряд взаємозалежних аспектів, які у сукупності і єдності складають такі системні підходи [5]:

– системно-елементний визначає компоненти, з яких утворено систему;

– системно-структурний розкриває внутрішню організацію системи, спосіб взаємодії компонентів, які її утворюють;

– системно-функціональний вказує функції, що виконує система і компоненти, що її утворюють;

– системно-комунікаційний розкриває взаємозв'язок конкретної системи з іншими як за горизонталлю, так і за вертикаллю;

– системно-інтегративний визначає механізми, фактори збереження, вдосконалення й розвитку системи;

– системно-історичний розкриває аспекти виникнення системи, етапи її розвитку, історичні перспективи.

2 ВИЗНАЧЕННЯ СИСТЕМИ

2.1 Система й середовище, складна й велика системи

Термін «система» використовується у тих випадках, коли треба охарактеризувати об'єкт, що досліджується або проектується, як дещо ціле, складне, про який неможливо одразу отримати просте уявлення.

Існує понад 30 визначень системи. В енциклопедії поняття «система» визначається прямим перекладом з грецької мови як об'єднання пов'язаних частин.

Система – це велика кількість елементів, що знаходяться в певних співвідношеннях і зв'язках один з одним, утворюють певну цілісність, як ціле взаємодіють з навколишнім середовищем. Система має нові властивості, які відсутні у кожного елемента.

Система – це сукупність засобів вирішення проблеми [1], а також сукупність взаємозалежних або взаємодіючих елементів [2].

Система управління якістю містить п'ять взаємозалежних і взаємодіючих елементів, таких, як документація, відповідальність керівництва, управління ресурсами, випуск продукції, моніторинг і вимірювання.

Елемент – це об'єкт, що входить до складу системи, але не підлягає поділенню на частини в межах конкретного дослідження.

Визначення системи дають змогу виділити найбільш істотні її риси – цілісність, можливість поділення на складові елементи й головне – виникнення при об'єднанні цих елементів у систему нових властивостей, якими ці елементи не володіють (властивість емерджентності).

Підсистемою деякої системи називається сукупність її елементів, які самі можуть бути системою (рис.1). Наприклад, підсистемами системи управління якістю можуть бути відповідальність керівництва, управління ресурсами, планування випуску продукції, закупівля та ін.

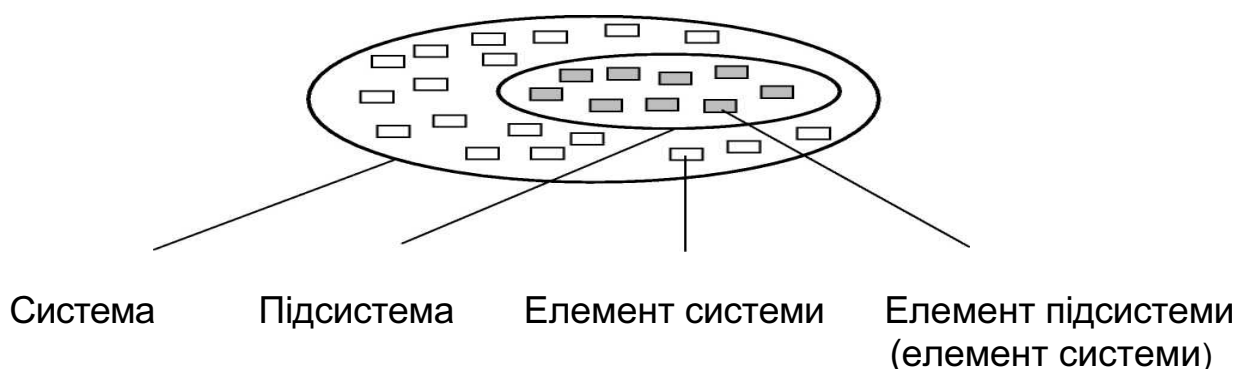


Рисунок 1 – Побудова системи й підсистем

Середовище – це сукупність оточуючих систему елементів зовнішнього світу, що не входять до її складу, але які впливають на неї або підпадають під її вплив (рис. 2). Для системи управління якістю середовищем є організація (підприємство) та процеси, в яких функціонує система.

Істотними рисами взаємодії системи та середовища є: спрямованість взаємодії «система – середовище» або «середовище – система», а також її природа – інформаційна, речовинна або енергетична. За наявності взаємодії система називається *відкритою*. Якщо взаємодія відсутня або її припустимо не враховувати, система вважається *закритою* (замкнутою).

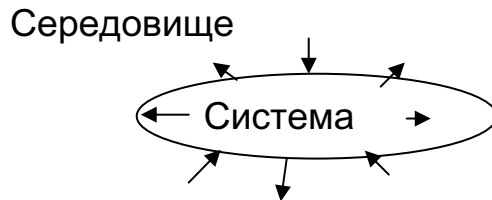


Рисунок 2 – Взаємодія середовища й системи

Система називається *складною*, якщо елементи, що її утворюють, також є системами.

Поняття складності узгоджується з задачами, що ставить перед собою дослідник при вивченні системи. Залежно від цілей дослідження та ж сама система може розглядатися і як складна, і як проста.

Складна система допускає поділ (може бути уявним) на підсистеми, які можуть виявитися складними і їх також можна поділити. В результаті такого поділу виділяються підсистеми одного рівня. Сукупність послідовних етапів поділення підсистем на кожному рівні утворює *ієрархічну структуру* системи (рис. 3), яка є сукупністю взаємозалежних рівнів, кожний з яких являє собою однакові за яким-небудь параметром підсистеми.

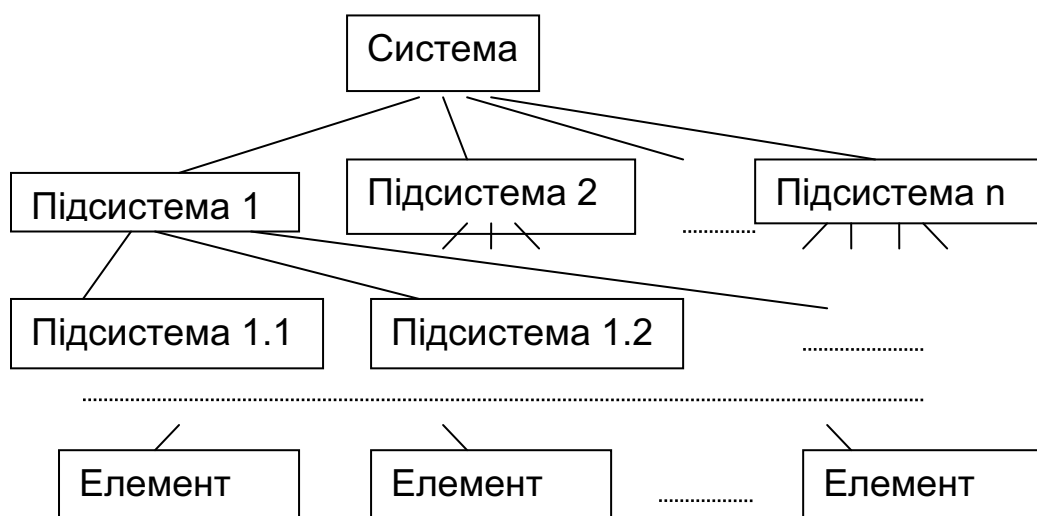


Рисунок 3 – Ієрархічна структура системи (комплексна декомпозиція)

Процес послідовного поділу системи на підсистеми, що її утворюють, називається *декомпозицією*. Ієрархічна структура припускає одночасне застосування двох схем декомпозиції – вертикальну й горизонтальну, тобто комплексну декомпозицію системи.

Вертикальна декомпозиція (рис. 4) дозволяє уявити вихідну систему як ієрархію взаємозалежних підсистем, у результаті такої декомпозиції визначається кількість рівнів ієрархічної структури.

Горизонтальна декомпозиція (рис. 5) означає виділення різнорівневних підсистем на вибраному рівні ієрархії й виявлення зв'язків між ними (істотних стосовно задачі, що розв'язується) (див. на рис. 5 другий рівень ієрархії системи). Таким чином, комплексна декомпозиція (див. рис. 3) є результатом вертикальної (див. рис. 4) та горизонтальної декомпозицій.

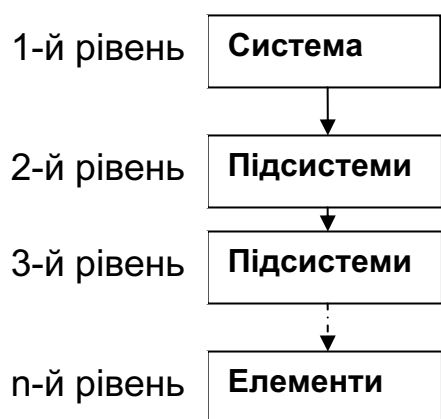


Рисунок 4 – Вертикальна декомпозиція

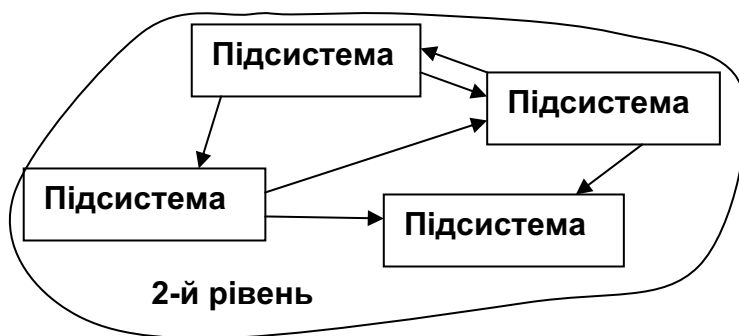


Рисунок 5 – Горизонтальна декомпозиція

Графічне зображення горизонтальної декомпозиції, тобто підсистем одного рівня і їхніх взаємозв'язків, називається *графом відношень між підсистемами*. На рис. 5 показано граф відношень між підсистемами другого рівня. Графічне зображення комплексної декомпозиції (див. рис. 3) називається *орієнтованим деревоподібним графом*. Зворотний процес об'єднання окремих підсистем у систему називається *агрегуванням*.

Для будь-якої системи нижчого рівня система вищого рівня є надсистемою або суперсистемою.

Будь-яка підсистема може вивчатися докладніше, ніж інші підсистеми, що входять до складу системи. У цьому випадку вона є системою, а всі інші підсистеми та їхні взаємозв'язки будуть середовищем для цієї системи (рис. 6).

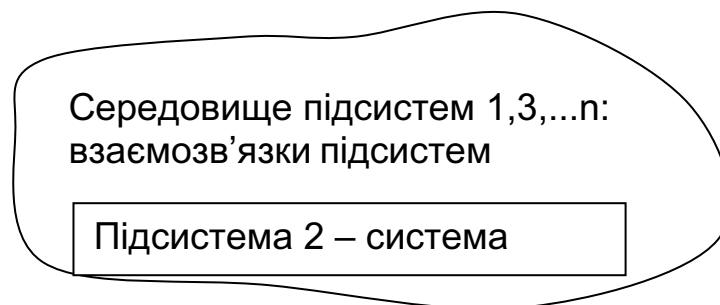


Рисунок 6 – Система і середовище

Будь-яка система є підсистемою системи вищого рівня.

Система називається *великою*, якщо в її описі істотне значення мають просторові (географічні) фактори.

Розрізняють матеріальні і абстрактні (ідеальні) системи.

Матеріальні – це системи, створені засобами матеріального світу. Це – системи неживої природи (природні утворення: атоми, молекули, астрономічні об'єкти, хімічні сполуки та системи, що створені людиною), системи живої природи (біологічні організми, популяції, екосистеми) та соціальні системи (етнос, нація, держава, партії та ін.).

Матеріальні системи можуть бути природними утвореннями, які існують незалежно від людини, або створеними людьми. Перші системи називають природними, другі – штучними. Проміжне положення займають змішані системи.

Абстрактні (ідеальні) системи створено нашим мисленням, тобто вони є продуктом розумової діяльності. До них відносять мови, знакові системи, наукові й релігійні теорії тощо [1].

2.2 Властивості систем

Поняття «система» найкраще конкретизується у процесі розгляду її властивостей. Виділяють чотири основні властивості системи [1]:

- система перш за все є сукупністю елементів. При певних умовах елементи можуть розглядатись як системи;

- між елементами існують суттєві зв'язки (або вони мають властивості), які за силою дії перевищують зв'язки між елементами системи і елементами, що не входять у систему. Під суттєвими зв'язками розуміють такі, які закономірно за необхідності визначають інтегровані властивості системи. Ці суттєві зв'язки визначають систему, відокремлюючи від простої сукупності (конгломерату), й виділяють її з навколишнього середовища у вигляді цілого об'єкта;

- системі властива певна організація, що виявляється у змен-

шенні ентропії порівняно з ентропією сукупності елементів, які складають систему. Поняття ентропії визначає ступінь неорганізованості, безлад, хаотичність. Організація системи приводить до зменшення неладу, скорочення кількості можливих станів системи;

– існують інтеграційні властивості, які притаманні системі в цілому й відсутні у її елементів. Тобто характерні риси системи не зводяться тільки до властивостей її складових частин.

Системи мають такі основні ознаки:

- цілісність;
- якісна визначеність;
- відмежованість від середовища;
- гетерогенність і структурованість;
- взаємодія частин системи;
- взаємодія й зв'язок з навколишнім середовищем;
- наявність інтегральних характеристик;
- емерджентність;
- наявність цілей, цілеспрямованість.

Наведемо короткі характеристики ознак системи.

Цілісність означає, що система – це об'єднання частин, яке щодо навколишнього оточення виступає як одне ціле.

Під **якісною визначеністю** розуміють, що система – це сукупність елементів, яка має якісні ознаки, що характерні тільки для цієї системи, проявляються тільки в ній і відсутні в інших. Вони визначають відношення до інших систем. Наприклад, система «автомобіль» має якісні ознаки, які характеризують її в цілому. Це – маса, потужність, швидкість, габаритні розміри, комфортність, естетичність і багато інших. Якісні ознаки іншої системи можуть бути зовсім інакшими, тобто система є цілісністю, що має властиві тільки їй якісні ознаки, за якими вона відрізняється від інших систем. Наявність кількісного визначення не обов'язкова, наприклад, якісну ознаку естетичності виразити кількісно неможливо.

Відмежованість від середовища означає, що всяка система має свої межі, що відокремлюють систему від навколишнього середовища. Вони визначають, що входить до системи, а що є зовнішнім відносно неї. Переважна більшість систем має чіткі межі. Проте межі системи не завжди визначаються однозначно. Інколи зробити це дуже складно. Наприклад, визначення меж системи «річка»: входять у систему її береги чи «річка» закінчується там, де протікає вода? Якщо берег входить до системи, то на якій відстані від води проходить межа системи «річка»? На відстані 1, 10 або 100 м? А заплава річки входить до системи? Де її межа? Отже, навіть така проста дія, як визначення меж системи має особливості і їх необхідно враховувати при визна-

ченні та дослідженні систем. Це стосується й інших характеристик.

Гетерогенність і структурованість. Під гетерогенністю розуміють неоднорідність, оскільки система складається з різних частин. У визначенні системи вказано, що це сукупність елементів, але це не проста сукупність. Структурованість означає, що система є певним чином організованою сукупністю, має певну структуру. Всяка система також має визначену структуру, яка забезпечує об'єднання елементів системи так, щоб воно мало свою якісну визначеність, цілісність. Гетерогенність – поняття більш вузьке й означає неоднорідність складу, наявність складових частин. Наприклад, система управління якістю має такі частини, як документація, ресурси, відповідальність тощо, які складаються з окремих частин, а кожна частина – з окремих часток. Така будова системи відповідає поняттю структурованості.

Взаємодія частин системи означає, що вони перебувають у взаємовідношеннях й тільки за цієї умови створюють певну систему. Система управління якістю буде системою тоді, коли складові її частини (документація, ресурси, відповідальність) певним чином співвідносяться між собою. Причому ця взаємодія однозначна, визначена, обумовлена в найдрібніших деталях.

Взаємодія й зв'язок з навколишнім середовищем означає, що система як ціле взаємодіє з іншими системами. Це зумовлено цілісністю системи, її якісною визначеністю. Під час взаємодії з навколишнім середовищем виявляються властивості системи. За характером взаємодії розрізняють відкриті й закриті системи. Поняття відкритості має велике значення при вивченні розвитку й життєвого циклу системи. Для закритих систем характерні процеси старіння. Ентропія – це характеристика, яка показує ступінь невпорядкованості системи, її безлад, хаотичність. Відповідно до другого начала термодинаміки в усіх закритих системах ентропія може тільки зростати. В результаті цього закриті системи прагнуть до дифузного, невпорядкованого стану. У них зникає будь-яка структурованість, припиняються будь-які процеси передачі енергії, матерії. Зростання ентропії – універсальний закон природи, яким зумовлено процеси старіння, розпаду, загибелі замкнених систем. У відкритих системах крім процесів, які обумовлюють збільшення ентропії є й такі, що приводять до її зменшення, до зростання організованості та впорядкованості системи.

Наявність інтегральних характеристик означає, що властивості окремих елементів системи об'єднуються й виступають разом у новій якості.

Емерджентність – це поява нових якостей, які не властиві елементам, що складають систему. Кожна система є сукупністю певних частин, певних елементів. Особливістю є те, що в результаті об'єд-

нання декількох елементів та утворення системи з'являються нові властивості, яких не має жоден елемент до створення системи. Ця властивість системи називається емерджентністю (від англ. emergent – несподіване виникнення) і означає, що характерні риси системи не зводяться до властивостей елементів, з яких вона складається. Емерджентність системи може характеризувати ступінь її організованості. Чим більше характеристики системи відрізняються від характеристик елементів, з яких вона створена, тим більш організованою є система. Величина емерджентності не має числового вираження й характеристика може бути тільки якісною. Наприклад, система управління якістю є досить високоорганізованою, її властивості суттєво відрізняються від властивостей елементів, що входять до її складу (документації, ресурсів, відповідальності тощо).

Наявність цілей, цілеспрямованість – одна з головних ознак системи. Кожна система має певну мету існування або створена для досягнення певної мети. У системи може бути одна мета або сукупність цілей, в цьому випадку всі вони утворюють певну ієрархію, в якій є головні, першочергові цілі й другорядні, підпорядковані головним. Визначення цілей системи є задачею, що має свої особливості. Порізноmu визначаються цілі систем штучного походження й природних систем.

Штучні системи, створені людиною, завжди мають суб'єктивні цілі, що поставлені суб'єктом, який створив систему. Визначити цілі таких систем, як правило, неважко. Наприклад, телевізор створено для прийому та відображення інформації, система управління якістю – для координації робіт в сфері якості в установі. Досить точно і однозначно сформулювати мету штучних систем інколи буває важко.

Природні системи мають об'єктивні цілі, зрозуміти які не завжди просто. Ще важче їх сформулювати. Наприклад, як сформулювати мету існування людини? Під час визначення цілей системи допомагає поділ їх на суб'єктивні і об'єктивні. Суб'єктивні цілі – це ті, для досягнення яких створено систему певним суб'єктом. Об'єктивні – це стан ідеального майбутнього, до якого прагне система в своєму життєвому циклі. Як правило, таким майбутнім є продовження роду, зростання, розвиток системи. Структура системи, її склад, взаємодія частин завжди визначаються метою системи [1].

2.3 Система та проблема

Системний аналіз являє собою методологію, тобто сукупність методів та алгоритмів вирішення проблеми, що основані на концепції системи й системному підході.

Це визначення досить категоричне. Якби існувала така сукупність методів та алгоритмів, то, напевно, не було б і проблем. Той, хто володів би такими методами вирішення будь-якої проблеми, міг би претендувати на роль людини, яка може все це виконати. На жаль, це далеко не так, все набагато складніше.

Проблема – це складна теоретична або практична задача, що потребує розв'язання, але наявних у конкретній системі засобів для цього недостатньо. У науці – це ситуація, яка складається у вигляді протилежних позицій, будь-яких явищ, об'єктів, процесів, адекватної теорії вирішення якої немає.

Проблема виникає не одразу. Спочатку вона з'являється як неусвідомлене незадоволення станом речей, а в науці це – незадовільне пояснення явищ, одержання неоднозначних, незрозумілих результатів. Пізніше це незадоволення усвідомлюється, стає зрозумілим, що саме й чому в цій ситуації нас не влаштовує. Проблема формується тоді, коли повністю усвідомлюється ситуація, але засоби для її вирішення відсутні.

Важливим етапом розв'язання проблеми є формулювання цілей діяльності, які дозволяють зрозуміти, що треба зробити для їх досягнення. Якщо цілі вірно сформульовано, це є значним кроком у вирішенні проблеми. Але якраз цілі діяльності не завжди можна чітко сформулювати. Одні цілі можуть обумовлювати розв'язання проблеми, інші – її загострення. Оскільки прямого шляху вирішення проблеми не існує, а інколи виникають труднощі в її формулюванні, то слід детальніше розглянути це питання.

Перш за все проблема завжди виникає у певній системі. Будемо вважати, що система С1 містить проблему П1. Взагалі всяка система може містити багато проблем, тому часто говорять про проблематику системи. Необхідно вирішити одну з проблем системи, а саме П1. Діалектика вирішення полягає в тому, що розв'язавши одну проблему, можна змінити систему. Нова система С2 містить вже іншу проблему. Оскільки ця проблема не є суттєвою, можна вважати, що система С2 «вирішує» проблему П1 системи С1. Подальші кроки спрямовані на розв'язання проблеми С2, тобто відбувається перехід до нової системи.

Отже, поняття проблеми нерозривно пов'язано з поняттям системи. Практичне вирішення проблеми суттєво залежить від системи, в межах якої проблема розв'язується.

Можна навести одне з багатьох визначень: система – це сукупність засобів вирішення проблеми.

3 КЛАСИФІКАЦІЯ СИСТЕМ

3.1 Принципи класифікації систем

Питання систематизації у всякій науковій дисципліні за своїм значенням завжди стоїть на одному з перших місць, оскільки воно визначає характеристики об'єкта наукової дисципліни, порядок її вивчення, взаємозв'язок окремих розділів і зв'язок з іншими науковими дисциплінами [1].

Слід зауважити, що класифікацію часто розуміють як операцію розподілу об'єктів за різними групами, однак класифікація є операцією об'єднання, а саме велику кількість об'єктів, що підлягають систематизації, об'єднують у певні групи за характерними ознаками. Групування проводиться тільки тоді, коли є велика кількість об'єктів і необхідно серед них встановити певний порядок, об'єднати їх у певні групи за певними ознаками.

Класифікацію систем виконують, як правило, за ієрархічним принципом, який означає, що існує декілька рівнів класифікації, розміщених один вище одного. Наприклад, поділ систем на природні, штучні й змішані є загальним й оскільки він не завжди задовольняє потреби аналізу, то вводять нижчий рівень класифікації, тобто на другому рівні деталізують системи кожної групи. Як правило, верхні рівні класифікації мають бути замкненими і охоплювати всі існуючі системи. Нижній рівень може бути й незакінченим. Це зумовлюється цілями класифікації і її постійним розвитком, у процесі якого поглиблюються знання про предмет класифікації, відбувається диференціація класів і підкласів.

Слід зауважити, що всяка класифікація завжди має абсолютну й відносну сторони. Абсолютна сторона означає, що система, яка віднесена до певного класу, має ті ж характеристики, що й інші системи цього класу, й підпорядковується тим же закономірностям.

Відносність класифікації полягає в тому, що крім чітко визначеного поділу існують системи, які займають проміжне місце. Відносність означає також те, що система може бути віднесена до тієї або іншої групи залежно від того, з якої позиції розглядають систему, які її властивості можуть зацікавити при аналізі, які проблеми вирішують за її допомогою. Втім всяка класифікація завжди є відотною, служить певним цілям. В кожний з класів входить безліч різноманітних систем, які відрізняються великою кількістю характеристик.

Класифікацію виконують за *класифікаційними ознаками*, які на думку того, хто цим займається, є визначальними для даного класу об'єктів. Поняття «система» охоплює всі об'єкти навколишнього світу.

Тому існує велика різноманітність класифікацій систем за різними ознаками. Кожна класифікація виконується спеціалістами, що займаються певним колом проблем, і відображає суб'єктивний підхід до класифікації з точки зору саме цих спеціалістів. Тому єдиної класифікації систем до цього часу не існує. Одну з можливих класифікацій викладено в роботі [1].

3.2 Класи й підкласи систем

Принципи класифікації та класи систем наведено у табл. 1.

За матеріалом, з якого створені системи поділяють на матеріальні і ідеальні (абстрактні). Матеріальні – це системи матеріального світу. Під матерією слід розуміти речовину, поля різних типів, енергію і інформацію. До ідеальних систем відносять системи, що створені нашою свідомістю і існують завдяки їй. До таких систем належать розмовна й літературна мови, математика, літературні твори, наукові теорії. Вони підлягають усім характерним ознакам систем і є системами. Досліджуючи класифікацію систем, будемо розглядати здебільшого класифікацію матеріальних систем.

Системи за походженням поділяють на штучні, природні, змішані.

Штучні – це системи, створені людьми; *природні* – існують у природі незалежно від свідомості людини та її діяльності; *змішані* системи створено людиною, але в них важливу роль відіграє природна частина. Штучні системи мають певну об'єктивну мету свого створення.

Мету існування природних систем важко сформулювати. Тому проблема визначення цілей у класифікації систем за походженням вимагає детального розгляду.

Таблиця 1 – Класи й підкласи систем

№ п/п	Основа класифікації систем	Класи й підкласи систем
1	2	3
1	За матеріалом, з якого створені	Матеріальні Ідеальні (абстрактні)
2	За походженням	Штучні Природні Змішані
3	За характером зв'язку з навколишнім середовищем	Відкриті Закриті

Продовження таблиці 1

1	2	3
4	За складністю	<p>Неживі:</p> <ul style="list-style-type: none"> – статичні структури або їх основи (наприклад кристал); – прості динамічні із заданою програмою функціонування (наприклад годинник); – кібернетичні системи з циклами управління, що мають зворотний зв'язок (наприклад, робот); <p>Живі:</p> <ul style="list-style-type: none"> – відкриті системи із самозберігаючою структурою (наприклад клітина); – організми з низькою здатністю сприймати інформацію (наприклад рослини); – організми з більш розвинутою системою сприйняття інформації (наприклад тварини); – організми із самосвідомістю (наприклад людина); – соціальні системи (наприклад, етнос, нація); – трансцендентні системи або системи, що знаходяться поза свідомістю
5	За принципами поведінки	<p>Матеріальні</p> <p>Гомеостатичні</p> <p>Вирішуючі (без передбачення)</p> <p>Здатні передбачати</p> <p>Рефлексивні</p>
6	За ступенем організованості	<p>Позитивно організовані</p> <p>Негативно організовані</p> <p>Ті, що самоорганізуються:</p> <ul style="list-style-type: none"> – саморегульовані; – самонавчальні; – самоналагоджувальні; – самовідновні; – самовідтворні

Кінець таблиці 1

1	2	3
7	За ступенем забезпеченості ресурсами	Малі Великі Прості Складні Звичайні Енергокритичні
8	За характером цілей	Призначені для досягнення певних цілей Здатні обирати цілі й до них прагнути
9	За видом опису змінних	Якісні Кількісні Змішані
10	За способом управління	Управління зовні Самоуправління З комбінованим управлінням
11	За типом операторів системи (S)	Чорний ящик (S невідомо) Непараметризований клас (S відомо частково) Параметризований клас (S відомо до параметра) Білий ящик (S відомо повністю)

У наведене раніше визначення системи не входить поняття мети, але серед ознак системи важливою є цілеспрямованість, тобто наявність цілей або їх сукупності. Оскільки штучні системи створені людиною, то вони мають конкретну мету, для досягнення якої їх створили. Визначити цю мету просто. Але коли розглядаються природні утворення, то на запитання щодо мети відповісти дуже важко. Тут може допомогти введення поняття об'єктивних і суб'єктивних цілей. *Суб'єктивні цілі* сформовані суб'єктом, що створив систему. Суб'єктивні цілі визначаються для штучних систем. Для природних систем імовірно вважається наявність *об'єктивних цілей*. Це можна пояснити тим, що коли у світі, де цілі, для досягнення яких систему створено, вже реалізовані, то існування системи слід визнати об'єктивним, а цілі, для досягнення яких ці системи створювались та існують, – також об'єктивними. У цьому випадку можна вважати об'єктивними цілями теперішній реальний стан системи або майбутній, якого вона досягне у своєму життєвому циклі. Введення об'єктивних цілей дозволяє ви-

значити цілі природних утворень і, відповідно до ознак, вважати їх системами. Інтерпретація стану, якого досягає система протягом життєвого циклу як об'єктивної мети свого існування, має довгу історію, що починається з Арістотеля й Галілея. Галілей більш чітко, ніж Арістотель, ставив питання щодо цілей природних систем і вважав їхнім змістом прагнення систем досягти певного екстремуму, наприклад, мінімуму внутрішньої енергії. Такий принцип з точки зору сучасної науки відповідає найбільш стійкому стану системи, оскільки в точках екстремуму всі можливі відхилення якнайменше змінюють систему. Цей підхід розвивався у працях бельгійського вченого І. Пригожина, який у 1977 р. одержав Нобелівську премію за роботи з термодинаміки неврівноважених систем, де розглядав так звані точки біфуркації складних природних систем у процесах їх взаємодії з навколишнім середовищем. Отже основна відмінність штучної системи від природної полягає в цілях існування [1,6].

Класифікацію систем за походженням зображено на рис. 7.

Змішані системи – це системи природного походження, які перетворені людиною для задоволення певних потреб, або системи, створені людиною, в яких у значній мірі використовуються елементи природних систем, наприклад, заповідник, ліспромгосп, канал, парк культури, штучний супутник землі тощо.

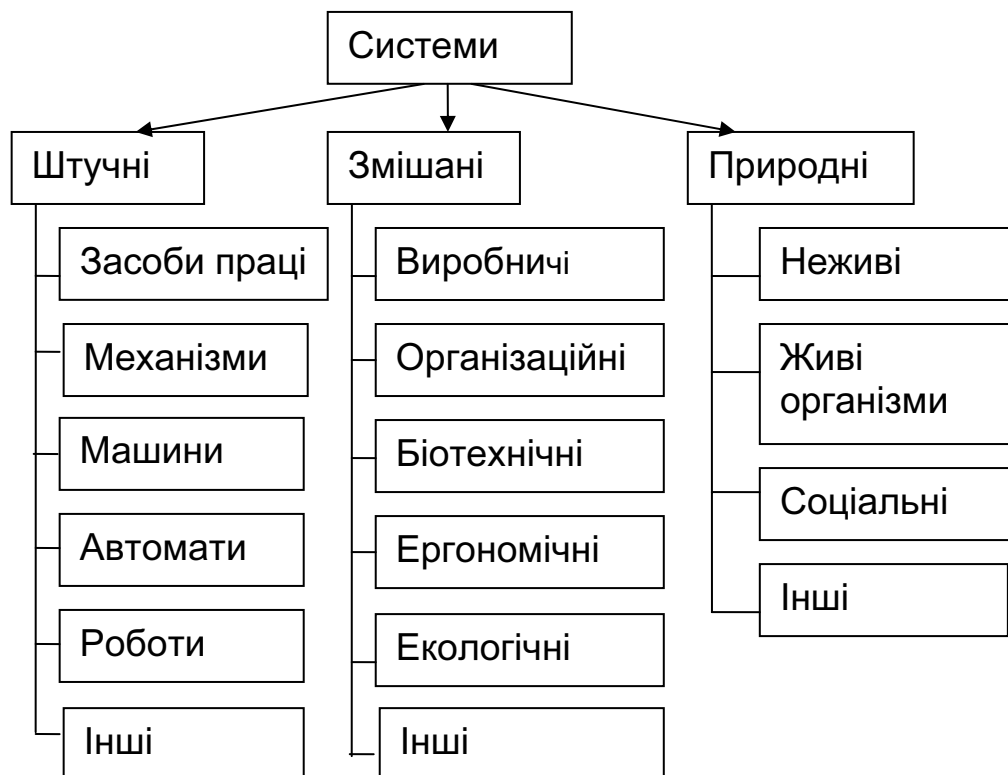


Рисунок 7 – Класифікація систем за походженням

У змішаних системах існують об'єктивна й суб'єктивна цілі. На верхньому рівні, як правило, – суб'єктивні, на нижньому – об'єктивні.

Оскільки поділення систем на природні, штучні й змішані є досить загальним, то необхідно ввести подальший рівень систематизації. Так, природні системи класифікують як неживі, живі організми, соціальні і екологічні системи тощо. Екологічні системи класифікували, враховуючи їх великий вплив на життя та діяльність людини, а також тому, що в наш час багато уваги приділяється вивченню екологічних систем і їх системному аналізу.

Класифікація за характером зв'язків з навколишнім середовищем. Під час розгляду ознак систем було помічено, що однією з головних їх характеристик є взаємодія з навколишнім середовищем. Залежно від інтенсивності взаємодії системи поділяють на відкриті й закриті (замкнуті, ізольовані).

Класифікація систем за складністю. Складність систем є важливою характеристикою, яку необхідно враховувати при аналізі. Складність систем може бути структурною або функціональною. Структурна складність полягає у наявності великої кількості елементів та їх взаємозв'язків. Функціональна складність виявляється в цих багатьох взаємозв'язках і взаємозалежностях. Зв'язки можуть бути внутрішніми (між елементами системи) й зовнішніми (між системою та метасистемою).

Класифікація за принципами поведінки. *Принцип матеріально-енергетичного балансу* досить простий, тобто поведінка системи зумовлена тільки фізичними законами збереження енергії, маси, рівнянням нерозривності тощо. Дії цих законів підлягають усі системи матеріального світу, а також і системи управління якістю, що показано на рис. 8 прямокутником, який охоплює всі системи.

Принцип гомеостазу. У перекладі з грецької гомеостаз означає незмінність стану (homoios – нерухомість, незмінність, stasis – стан). У науці гомеостазом називають таку поведінку динамічної системи (тієї, що обмінюється з середовищем матерією і енергією), при якій зберігаються постійний склад системи та властивості внутрішнього середовища, стійкість її головних функцій. Термін «гомеостаз» широко використовується в біології, медицині, генетиці, кібернетиці. У класифікації він означає, що поведінка системи спрямована на підтримання стабільності свого складу та функціональних властивостей, на здатність системи повертатись у стан рівноваги. Цей принцип характерний для поведінки систем живої природи, виконання його забезпечується у більшості штучних систем і деяких системах неживої природи, які знаходяться у стані динамічної рівноваги.

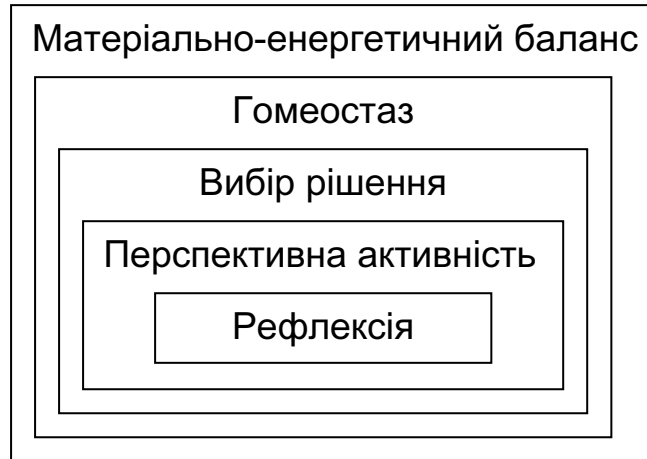


Рисунок 8 – Принципи поведінки систем

Принцип вибору рішення. Поведінка системи обмежується не тільки підтриманням рівноваги в ній. Система має можливість вибирати одну з декількох альтернатив своєї роботи або поведінки. Це такі системи, як, наприклад, різноманітні автоматичні прилади, які залежно від умов набувають одного з можливих станів. Отже, автоматизовані лінії, що запрограмовані на вибір певних дій з великої кількості варіантів.

Принцип перспективної діяльності. За цим принципом виділяють системи, здатні організувати свою поведінку з урахуванням минулого досвіду на основі припущення, що майбутній розвиток суттєво не відрізнятиметься від минулого. Необхідно, щоб такі системи мали достатній обсяг пам'яті й здатність прогнозувати на основі інтерполяції хід подій на певний проміжок часу в майбутньому та приймати рішення залежно від результатів такого прогнозування.

Принцип рефлексії полягає у тому, що система організує свою поведінку з урахуванням не тільки минулого досвіду, але й можливої дії іншої системи, з якою вона взаємодіє, тобто це поведінка систем, які наділені інтелектом, можливістю передбачати дії інших систем.

Класифікація систем за ступенем організованості. Принципи класифікації, які розглянуто далі, пов'язані з рівнем знань про систему, з моделями системи, які будуються й використовуються для її вивчення, з відшукуванням шляхів вирішення проблеми в системі.

Наведена класифікація певною мірою відображає рівень знань про систему.

До *позитивно організованих систем* слід віднести ті, поведінка яких жорстко детермінована, де встановлені чіткі взаємозв'язки складових частин, що забезпечують дію системи в цілому. До таких систем належать, наприклад, телевізор, холодильник, пральна машина

тощо. У них взаємозв'язки окремих підсистем чітко організовані й система діє тільки так, як це дозволяє внутрішня організація. Поняття позитивно організованої системи використовують також для відображення ступеня наших знань про систему. Ті системи, про внутрішню будову яких знають досить повно, відносять до позитивно організованих. Так, для інженера з питань якості система управління якістю є позитивно організованою системою, оскільки він досконально знає всі елементи і їх взаємозв'язки, а для того, хто тільки починає вивчати систему й не знає її складових частин і їх взаємодій, система управління якістю є дифузною, негативно організованою системою.

Під *негативно організованими (дифузними) системами* розуміють такі, де взаємодія частин не детермінована однозначно, має випадковий характер. Типовим прикладом такої системи є газ, що знаходиться у певному об'ємі. Ознаки дифузної мають і добре організовані системи, наприклад, поведінка людини не завжди однозначна, також як і дія великого трудового колективу та ін. До негативно організованих систем відносять ті, про які знань недостатньо.

До тих, що *самоорганізуються*, належать системи, що мають механізми регулювання. Найбільш простими з них є системи з саморегулюванням. Це можуть бути механічні системи зі зворотним зв'язком (наявність якого є важливим фактором), під яким розуміється подача на вхід системи сигналу про вихідну величину (пропорційного, залежного від швидкості змінювання або інтегрального значення вихідної величини).

Самонавчальні системи – це ті, що мають здатність засвоювати й запам'ятовувати минулий досвід і змінювати свою поведінку відповідно до набутих знань.

Самовідновні системи – це такі, що здатні відновлюватись повністю або частково, наприклад, живі організми та штучні системи, які відновлюються, або здатні регенерувати певні органи, свої частини.

Самовідтворні – це системи, які можуть відтворювати подібні або породжувати нові системи аналогічні собі. Це – всі живі організми, які можуть мати потомство. Деякі штучні системи можуть створювати такі ж системи, як вони самі, наприклад, роботи.

Принцип ресурсної забезпеченості. Цей принцип повністю відноситься до можливостей створення та реалізації моделі системи. Модель формують для того, щоб відтворити роботу системи, вивчити процеси в ній, її розвиток. Необхідно, щоб модель дозволяла вирішити проблему за обмежений час. Для того, щоб реалізувати таку модель, потрібні певні енергетичні, матеріальні і інформаційні ресурси. В реальних випадках виявляється, що наявні ресурси не завжди дозволяють створити потрібну модель. Класифікацію систем за ступенем

ресурсної забезпеченості наведено у табл. 2.

Таблиця 2 – Класифікація систем за ступенем ресурсної забезпеченості

Вид ресурсу	Забезпеченість системи	
	повна	недостатня
Енергетичний	Звичайні	Енергокритичні
Матеріальний	Малі	Великі
Інформаційний	Прості	Складні

Першим в цій таблиці вказано енергетичний ресурс, тобто енергію, яку треба витратити для побудови моделі системи. Для більшості систем побудова моделі не потребує значних енергетичних ресурсів, такі системи за ступенем енергозабезпеченості відносять до звичайних. Обмеженість енергетичних ресурсів спостерігається тоді, коли для побудови моделі системи потрібні значні витрати енергії.

Прикладом таких систем є мікросвіт, системи елементарних частинок матерії. Для побудови та вивчення їх моделей потрібні велетенські прискорювачі, які споживають значну енергію. Такі системи відносять до класу енергокритичних.

Наступний тип ресурсу – матеріальний. Залежно від його кількості, потрібної для створення моделі, системи поділяють на малі та великі. Великі – це системи, для створення моделей яких наявних матеріальних ресурсів недостатньо або потрібні більші, ніж є в наявності, наприклад, система функціонування економіки країни, атмосфера землі та ін. Вирішення ряду економічних задач, проблем екології, метеорології, організаційно-управлінських задач створення моделей потребує значного обсягу пам'яті ЕОМ, збільшених матеріальних витрат. Системи, моделювання яких обмежене внаслідок великих розмірів і необхідності значних матеріальних витрат, класифікують як великі в протизагагу малим системам, які таких матеріальних затрат не потребують.

У системному аналізі часто велику систему переводять до розряду малих, енергокритичну – до розряду звичайних. Це можна здійснити, якщо розділити задачу, для вирішення якої недостатньо матеріальних ресурсів, на ряд окремих задач меншої складності й розв'язувати кожну окремо.

Третій тип ресурсів – інформаційний. Відповідно до класифікації системи можуть бути простими або складними. Ознакою простоти системи є достатність інформації для успішного її функціонування. Коли наявна інформація не дозволяє успішно здійснювати управління, систему вважають складною. Наприклад, економіка країни є складною

системою, оскільки інформації для успішного управління нею недостатньо. Кодовий замок з численною системою шифрів є складним для того, хто не знає шифрів і простим для того, хто їх знає.

Отже, за ресурсною забезпеченістю існують три види ресурсів, і система класифікується за кожним видом ресурсу окремо. У класифікації системи вказано, наприклад, що система – мала, енергокритична, проста. Це означає, що при її моделюванні виконавець, повністю забезпечений матеріальними ресурсами, відчуває недостатність енергетичних ресурсів і досить добре може керувати поведінкою системи. При класифікації систем за ресурсною забезпеченістю можливі різноманітні комбінації ознак.

Класифікація за характером цілей. За характером цілей системи прийнято класифікувати як системи, що призначені для досягнення певної мети, так і системи, здатні самостійно обирати мету й прагнути до неї (цілеспрямовані).

Системи, призначені для досягнення певної мети – це такі, що мають певну мету свого існування, створені й функціонують завжди так, щоб досягти її. Наприклад, холодильник, пральна машина, літак.

Системи, здатні обирати мету й прагнути до неї – це, наприклад, людина або трудовий колектив, які можуть самостійно вибирати мету своєї діяльності. Проте не всякий колектив може бути системою, що обирає ціль, наприклад, служба якості має одну мету – розробку, впровадження системи управління якістю в організації (на підприємстві), тому слід відносити таку службу до класу систем, призначених для досягнення мети.

Класифікація за описом змінних. Такий вид класифікації виконується залежно від ступеня складності системи, обсягу знань про неї й від того, як описується функціонування системи. Змінними є вхідні величини $x(t)$, вихідні $y(t)$ та внутрішні параметри системи $z(t)$. Відповідно до типу цих величин розрізняють системи з кількісним або якісним описом змінних, а також системи зі змішаним (частково з кількісним і частково з якісним) описом.

Системи, функціонування яких повністю відоме і в яких можна кількісно встановити значення змінних, відносять до систем з кількісним описом змінних. На другому рівні такі системи можуть бути класифіковані за характером змінних як дискретні або неперервні, за кількістю змінних – як одно- або багатовимірні, а також за іншими параметрами.

Системи з якісним описом – це ті, в яких вхідні й вихідні величини описуються якісно. На другому рівні вони можуть бути класифіковані як системи зі змістовним, формалізованим або змішаним описом. Системи зі змістовним описом мають тільки загальний словес-

сний опис змінних, виконаний мовою, близькою до розмовної. Системи з формалізованим описом – це вже системи, в яких більш докладно вивчені змінні, які підпорядковуються певним формальним правилам і можуть бути описані деякою формальною мовою.

Системи зі змішаним описом змінних – це системи, в яких деякі змінні приймають числові значення, які можна виміряти й виразити числом, а інші описані тільки якісно.

Класифікація за типом операторів системи. Якщо класифікація систем за типом змінних обумовлює якими є вхідні, вихідні й внутрішні змінні системи, то класифікація за типом операторів відображає зв'язок між цими змінними, тобто несе інформацію про те, які процеси відбуваються в системі, її динаміку. Змінні системи, їх вхідні й вихідні величини між собою завжди пов'язані певними залежностями, співвідношеннями. Ці залежності можуть бути описані певними операторами системи, які визначають перетворення вхідних величин у вихідні.

Системи, в яких внутрішні процеси зовсім невідомі й з цієї причини оператори не можуть бути записані явно, відносять до класу «чорний ящик». Для таких систем відомі тільки вхідні та вихідні величини й зовсім невідомі процеси перетворення вхідних величин у вихідні. Системи, в яких частково відомі процеси перетворення вхідних величин у вихідні, а оператори системи можуть бути записані у вигляді певних правил, відносять до непараметризованого класу.

Системи, де співвідношення між вхідними й вихідними величинами повністю відомі, а оператори можна записати у явному вигляді з точністю до певних числових значень, відносять до параметризованого класу, тобто до класу «білий ящик». Під цим терміном розуміють, що внутрішня будова системи й закономірності її функціонування повністю відомі.

На другому рівні системи класифікують залежно від типу операторів. Класифікація виконується для систем параметризованого класу та класу «білий ящик». Зрозуміло, що для систем типу «чорний ящик» подальша класифікація неможлива, а для систем непараметризованого класу на другому рівні загальну класифікацію виконати важко, оскільки вона залежить від інформації про систему, яка відома лише частково. Операторами системи можуть бути звичайні й диференціальні рівняння, більш складні матричні співвідношення та ін. Залежно від характеру рівнянь системи можуть бути лінійними й нелінійними; від типу рівнянь – дискретними та неперервними; від змінювання величин у часі – інерційними й безінерційними; з пам'яттю; залежно від змінювання параметрів системи в часі – стаціонарними й нестаціонарними.

Класифікація за способом управління. Цю класифікацію здій-

снено на двох рівнях (рис. 9).



Рис. 9 – Класифікація систем за способом управління

Перший рівень визначає, чи входить блок управління в саму систему, чи знаходиться поза нею. Самокеровані системи мають власний блок управління. В системах, якими керують зовні, такий блок відсутній і існує тільки зовнішнє керування. Системи з комбінованим керуванням – це такі, в яких є блок управління в самій системі, за допомогою якого здійснюється управління певними параметрами, але система підпорядковується також зовнішньому керуванню.

На другому рівні класифікації визначають, як саме здійснюється управління в системі. Підкласи всіх систем другого рівня мають певні спільні ознаки. Системи з управлінням *без зворотного зв'язку* – це такі, як, наприклад, велосипед, пилосос, автомобіль, у яких відсутні механізми зворотного зв'язку й режими роботи строго обумовлені керуючою дією. До цього підкласу відносять також верстати програмного управління, які мають одну або декілька жорстких програм роботи й не здатні змінювати їх при зміні зовнішніх умов.

Системи наступного підкласу відрізняються наявністю зворотного зв'язку, який забезпечує *автоматичне регулювання* систем, підтримання їх параметрів при змінах характеристик зовнішнього середовища. До таких систем відносять, наприклад, холодильник, генератор електростанції із системою автоматичного підтримання стабільної напруги й частоти.

Системи з *управлінням за параметрами* – це такі системи, в яких не тільки здійснюється зворотний зв'язок за вихідною величиною, а й можливе змінення параметрів самої системи. Прикладами є адаптивні автоматизовані системи управління, адаптація живих організмів до змінення умов життя, робота пілотів на різних типах літаків, робота водіїв на різних автомобілях у різних умовах руху і інші системи. Найбільш складними є системи управління шляхом зміни структури самої системи. Такі системи працюють у надзвичайно складних умовах і зміна структури дозволяє їм пристосовуватись до нових умов. До таких систем слід віднести гнучкі автоматизовані системи сучасних виробництв, які дозволяють переходити з випуску однієї продукції на випуск іншої; живі організми, в яких відбуваються зміни під час еволюції та природного відбору; держави і органи державного управління, в яких здійснюються організаційні зміни в процесі розвитку країни.

4 ПОЧАТКОВІ ЕТАПИ СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ

4.1 Формалізовані процедури і алгоритми системного аналізу

Системний аналіз виник з потреб практичної діяльності людини, де часто зустрічаються випадки, коли необхідно розв'язати певну проблему, прийняти конкретне рішення, а потрібна інформація відсутня або недостатня, матеріальні ресурси обмежені, відведено малий час для прийняття рішення. Такі ситуації особливо характерні при роботі з великими системами. Вирішення транспортних, економічних, екологічних, містобудівельних проблем, зокрема авіаційних, а також проблем якості часто необхідно здійснювати в умовах обмежень. У повсякденному житті кожної людини такі випадки також зустрічаються досить часто. Вивчати й проектувати великі системи, управляти їх роботою майже завжди доводиться при обмеженні ресурсів, інформації та часу. Системний аналіз якраз і спрямовано на вирішення таких проблем, він дозволяє якнайдетальніше проаналізувати проблему й виробити рекомендації щодо її вирішення. Особливості системного аналізу впливають з природи складних систем. Маючи метою вирішити проблему або, в крайньому випадку, виявити причини її появи та намітити можливі шляхи розв'язання, при виконанні системного аналізу слід використовувати засоби різних наукових дисциплін. Основою його є сучасні методи наукових досліджень: спостереження, експеримент, математичний аналіз, обчислювальна техніка тощо.

Системний аналітик (спеціаліст з системного аналізу) при дослідженні реальної системи має справу з різними проблемами. Кожній

системі властиві свої особливості, для їх вивчення потрібні глибокі професійні знання. Але це не означає, що виконувати системний аналіз не може людина, яка недостатньо володіє тією або іншою професією. Специфіка системного аналізу полягає в тому, що спеціаліст з системного аналізу повинен мати професійні знання перш за все щодо методів і підходів до аналізу системи, до вирішення проблем, які виникають у практичній діяльності. Йому слід добре знати й виконувати класифікацію систем, володіти методами моделювання, вміти побудувати модель системи й розглянути роботу системи в різних умовах, вміти сформулювати різні підходи до розв'язання проблеми, генерувати варіанти її вирішення, вибрати критерії оцінки і оцінити ефективність кожного із запропонованих варіантів. Для цього системному аналітику необхідно мати широку ерудицію й володіти всіма сучасними методами системного аналізу, обчислювальної техніки, а також сучасними математичними методами. Крім цього, важливе значення має набутий досвід, без якого неможлива продуктивна робота і ефективне вирішення поставлених задач.

Однозначний алгоритм вирішення задач системного аналізу відсутній і створити його неможливо. Але в системному аналізі існують певні правила та рекомендації, які дають можливість розв'язати проблеми, що виникають у практичній діяльності, і одержати позитивний результат при правильному їх використанні. Ці правила обумовлюють порядок виконання системного аналізу, процедури та засоби, що використовуються на його етапах. Перше, що треба зробити при виконанні системного аналізу, це чітко сформулювати проблему, цілі системи та завдання, які необхідно виконати. Наступним етапом аналізу є збирання необхідної інформації, її класифікація та структуризація. Початкова інформація, як правило, має описовий характер і подається на так званому вербальному (словесному) рівні. Далі слід побудувати моделі систем. У системному аналізі як науковій дисципліні створено велику кількість моделей різного призначення для аналізу систем. Найпростіші моделі описують системи у загальному вигляді, більш складні дозволяють вивчати всі особливості конкретної системи. Моделі системного аналізу, подані у загальному вигляді, мають назву формальних. *Формальні моделі* – це опис характерних ознак типу моделі. На основі формальних моделей аналітик створює змістовні моделі, в які вносить одержані знання щодо конкретної системи. За допомогою створених моделей вивчають процеси у системі, перспективи її розвитку. На наступних етапах аналізу створюють альтернативні варіанти розв'язання проблеми, вибирають критерії та знаходять шляхи її вирішення, оцінюють ефективність одержаних рішень.

Крім формалізованих процедур системного аналізу, яким влас­тиво чіткі правила та порядок виконання, не менше значення мають неформалізовані процедури, зумовлені особливостями кожної кон­кретної системи, проблемами, які необхідно розв'язати. Наприклад, перше питання системного аналізу – формулювання цілей системи – не може бути формалізованим, а вимагає глибокого аналізу системи. Наявність неформалізованих процедур передбачає вміння мислити неформально й творчо підходити до вирішення проблеми. Успіх вирі­шення значною мірою залежить від навичок і досвіду аналітика.

4.2 Формування цілей аналізу, позиції та контексту розгляду системи

Починаючи системний аналіз, перш за все слід чітко сформулю­вати суть проблеми, що підлягає розв'язанню, окреслити межі систе­ми, її оточення і умови, за яких треба її вирішити. Ці питання об'єдну­ються трьома такими поняттями, як цілі аналізу, точка зору аналітика й контекст розгляду проблеми. Цілі аналізу дозволяють уточнити про­блему, сформулювати задачі, які зумовлюють досягнення поставле­ної мети, вони завжди нерозривно пов'язані з точкою зору аналітика, на основі якої розглядають проблему, їх завжди формулює певна лю­дина, яка працює з системою. Без такої людини цілі не можуть бути визначені. Тому одночасно з визначенням цілей слід указати точку зору особи, з позиції якої розглядається проблема, та для якої саме ці цілі є головними. Ці два питання вирішуються в певній обмеженій сис­темі, яка знаходиться в певному оточенні. Межі системи і її оточення входять у таке поняття, як контекст розгляду системи. Розглянемо до­кладніше ці поняття.

Головною рисою системного аналізу є його цільовий характер і практична спрямованість. Системний аналіз завжди виконують для вирішення конкретних проблем, які виникли в практичній діяльності людини. Його здійснюють системні аналітики разом з людьми, які до­бре знають систему й проблеми, що необхідно вирішити. Системний аналіз розпочинається з чіткого визначення та формулювання цілей і завдань. Перш за все визначають мету існування системи, а після цього – задачі, які потрібно вирішити. Питання щодо цілей системи, як було наведено раніше, не завжди вирішується просто. Для систем штучного походження сформулювати цілі легко. Проте навіть для та­ких систем може бути декілька цілей й при їх формулюванні виникає ряд труднощів. Розглянемо деякі з них.

Цілі мають бути сформульовано чітко, лаконічно й визначати всі особливості саме тієї системи, аналіз якої виконується. Але не завжди

можна так сформулювати мету. Всяка система, крім головної мети, має ряд інших цілей. Досягненню однієї й тієї ж мети можуть бути підпорядковані різноманітні системи. Наприклад, для виконання обов'язків керівництва щодо системи управління якістю слід здійснити такі дії як, наприклад, поширення основ політики в сфері якості, планування системи управління якістю, аналіз даних й ін. Цілі кожної дії (системи) мають бути вказані так, щоб вони однозначно визначали ту або іншу систему (наприклад, мета політики в сфері якості та ін.). Отже, цілі системи мають враховувати не тільки загальні особливості, а й визначати індивідуальні характеристики кожної системи.

Цілі системи, як правило, змінюються протягом часу. Вони можуть змінюватись, уточнюватись залежно від конкретної обстановки, потреб, які виникають в певний час. Так, цілями міського транспорту крім перевезення населення в робочі й вихідні дні є рятування людей під час стихійного лиха тощо. Отже, очевидно, що формулювання цілей навіть штучних систем є досить складною задачею.

Ще більші труднощі виникають тоді, коли виконується аналіз системи, яка має бути створена. Основна мета системи може бути пов'язана з іншими цілями. На формування цілей впливає ще ряд факторів.

По-перше, мета – це антипод проблеми, формулюючи яку, можна встановити, що не подобається. Зробити це порівняно легко, оскільки те, що не подобається, існує. Формулюючи ціль, можна певною мірою передбачити те, що не задовольняє, має бути перетворено, хоч вирішення проблеми ще немає і його треба знайти.

По-друге, існує проблема заміни мети засобами її досягнення. Наприклад, ставиться мета, «чи впроваджувати новий метод внутрішнього інформування на підприємстві» тоді, коли метою має бути «як покращити внутрішнє інформування на підприємстві». Якщо розглядати проблему детально, то може виявитись, що немає необхідності впроваджувати новий метод, а достатньо покращити внутрішнє інформування.

По-третє, на формулювання цілей впливає система цінностей, якої дотримуються особи, що виконують аналіз або можуть приймати рішення.

По-четверте, цілі не завжди залишаються постійними, вони змінюються протягом певного часу під впливом різних факторів.

При визначенні цілей існує ще одна обставина. Системний аналіз виконується для вирішення проблем, що виникають у конкретних людей або їх груп. У різних людей цілі можуть бути різними. Той же автомобіль може розглядатися з позиції потреб сім'ї у перевезеннях, а у конструктора, будівельника міста, пожежника, військового, еконо-

міста будуть свої погляди на систему, свої завдання, які вони мають виконувати.

Важливо також враховувати цілі існування системи й цілі, для досягнення яких виконується аналіз.

Наступне питання, яке треба вирішити на початкових етапах системного аналізу, є вибір вихідної позиції, що полягає у виборі такої особи, з точки зору якої система розглядається найбільш повно, у найбільшій відповідності до цілей аналізу.

Для виконання системного аналізу, враховуючи розглянуті питання формулювання цілей, необхідно чітко визначити й платформу, на основі якої виконується аналіз. При вирішенні практичних задач такий вибір не викликає труднощів. Як правило, задачі аналізу, його цілі формулює особа, яка замовляє такий аналіз, і тому є зрозумілою точка зору, на основі якої потрібно розглядати систему. Але навіть у такому випадку для найкращого вирішення проблеми треба стати на найбільш загальну позицію. Її зміна інколи може наштовхнути на шлях вирішення. Тому чітке усвідомлення точки зору, її формулювання відіграє велику роль у системному аналізі. Вибравши певну точку зору, весь подальший аналіз слід виконувати, дотримуючись саме вибраної позиції. Зміна точки зору в процесі виконання системного аналізу не допускається, бо може стати причиною того, що результати аналізу втратять цілісність, перетворяться в набір фактів, які не пов'язані між собою, створені моделі системи не будуть адекватними самій системі, а проблеми не будуть розв'язані.

Після вибору точки зору цілі аналізу слід уточнити, тому що вони завжди взаємозв'язані. Наприклад, проблеми внутрішнього інформування на підприємстві можуть розглядатися з точки зору функціонування підприємства в цілому (інформування всіх підрозділів, цехів тощо), з точки зору інженера з питань якості (одержання інформації щодо якості), з точки зору економіста (одержання інформації стосовно прибутків тощо) та ін. Кожній точці зору відповідають свої задачі, цілі аналізу, методи вирішення проблем, причому цілі можуть не тільки не збігатися, але й бути протилежними. Отже, формулювання точки зору потребує уточнення цілей аналізу.

Відмінність у постановці цілей системного аналізу від інших наук полягає в тому, що у всіх науках постановка цілей є вихідною умовою розв'язання будь-якої проблеми. У системному аналізі формулювання цілей є результатом складної й кропіткої роботи щодо вивчення системи, її взаємодії з навколишнім середовищем. Наприклад, у системі управління якістю переплітаються інтереси багатьох підрозділів підприємства, інтереси споживачів, співробітників.

Формулювання цілей, як правило, здійснюється не одноразово,

до цього питання доводиться повертатися кілька разів. Чим складніша система, тим більшу кількість циклів аналізу необхідно виконати для уточнення й формулювання цілей аналізу.

Ще одним питанням, яке було розглянуто є визначення контексту розгляду системи. На початкових етапах виконання системного аналізу треба враховувати й чітко визначати оточення, в якому розглядається система. Наприклад, інженер з питань якості розробляє проект системи управління якістю на підприємстві й, починаючи розробку системи, вступає у певну, не залежну від нього, систему відносин, тому що є стандарти, що регламентують систему управління якістю й відійти від яких неможливо, існує економічне оточення, що визначає ціни і їх обмеження, існує галузь, в якій функціонує підприємство тощо.

4.3 Опис системи на вербальному рівні

Після визначення цілей наступним етапом системного аналізу є збирання, аналіз та структуризація інформації про систему. Починаючи роботу, аналітик володіє щодо системи певними загальними знаннями, які мають загальний, розпливчастий, неконкретизований характер, вони неповні, неупорядковані. В міру вивчення проблеми обсяг знань збільшується, вони певним чином упорядковуються, структуруються, але мають описовий словесний характер. Виникає необхідність їх упорядкувати, систематизувати.

Першим етапом упорядкування інформації є відображення її в описовій формі аналізу системи. Одержана інформація про систему знаходить відображення на так званому вербальному рівні. Аналіз системи на цьому рівні містить три найбільш загальні форми опису: історичну (історичний аналіз), предметну (морфологічний аналіз), функціональну (функціональний аналіз).

Ці форми опису системи, її аналізу зумовлені вимогою багатоплановості розгляду системи – однією з головних вимог системного аналізу. Система має бути розглянута з різних сторін, у різних планах.

Історична форма опису системи. Для вирішення будь-якої проблеми завжди треба розуміти, як виникла система, як вона розвивалась, який шлях пройшла, коли, на якому етапі розвитку виникла проблема. Відповіді на ці запитання можна одержати, якщо розглядати систему в історичному аспекті, тобто починаючи від зародження й формування системи до її сучасного стану та перспектив розвитку в майбутньому. Такий аналіз є історичною формою опису. Вона включає два види дослідження: генетичне й прогностичне.

Генетичне дослідження (генетичний опис) спрямоване на ви-

вчення походження системи, процесів її формування й розвитку до моменту вивчення. У ньому розкривають походження системи, умови її зародження та становлення. Виконуючи це дослідження, одержують відповіді на запитання, хто, як, коли й для чого створив цю систему, що було вихідним матеріалом для її створення, як вона розвивалась.

Генетичний опис містить всі кроки розвитку системи, стани і етапи її життєвого циклу, причини, якими були зумовлені змінювання в системі.

Прогностичний опис (дослідження, аналіз) пов'язано з розглядом перспектив майбутнього розвитку системи, її можливих станів та очікуваної поведінки в певний проміжок часу. Він містить вивчення етапів життєвого циклу й спрямований на розуміння цілей, на досягнення яких спрямована система, дає змогу рекомендувати, як треба діяти в цей час, яким шляхом можна вирішити проблеми, що виникли при розробці системи, обмежує коло можливих рішень проблеми, дозволяє вибрати найбільш ефективні з них.

Предметна форма опису системи містить:

- виявлення елементного складу системи (субстрактний аналіз);
- виявлення відношень (зв'язків) між елементами системи (структурний аналіз).

Субстрактний аналіз виконують для того, щоб зрозуміти, з яких елементів складається система і яка її будова. При виконанні субстрактного аналізу враховують ознаку цілісності системи.

Функціональна форма опису системи. Під функціями розуміють прояви властивостей будь-якого об'єкта у конкретній системі відношень.

5 МОДЕЛІ СИСТЕМ

5.1 Формальні та змістовні моделі

Побудову моделі системи розглядають як етап розв'язання проблемної ситуації, етап вивчення системи (наприклад, системи управління якістю). Існує багато моделей систем, які суттєво відрізняються одна від одної [1].

Формальні моделі – це окремі типи моделей, подані у формальному, описовому вигляді, в який входять головні ознаки, якими ця модель суттєво відрізняється від інших. В описі формальної моделі наведено також правила її побудови, складові частини моделі, зв'язки між ними, вигляд моделі в цілому.

Формальна модель має загальний характер без конкретного наповнення, є немовби каркасом, на якому можна побудувати цілий ряд

змістовних моделей. Формальних моделей існує обмежена кількість. При описуванні формальної моделі абстрагуються від змісту, внутрішнього наповнення, предметної області, для якої створюється модель. Формальні моделі є абстрактними, описаними найбільш загальною мовою. Залежно від рівня абстракції формальні моделі можуть охоплювати різну кількість систем. До формальних моделей найвищого рівня абстракції відносять моделі «чорний ящик», «склад системи», «структура системи», «структурна схема».

Змістовні моделі наповнені поняттями конкретної предметної області. Вони будуються на основі формальних моделей, що служать шаблоном, зразком для побудови змістовних моделей.

Створення змістовної моделі – це процес інтерпретації формальної моделі мовою певної предметної області. Інтерпретація – це встановлення відповідності між формальною та змістовною моделями системи. Інтерпретація (від лат. «interpretatio» – пояснення, тлумачення) визначається як сукупність значень (змісту), які певним чином надаються елементам деякої системи, теорії або моделі. В математиці інтерпретація – це встановлення відповідності, пояснення положень деякої формальної теорії мовою певної змістовної системи, причому її положення мають бути визначені незалежно від формальної системи. Інтерпретація вважається повною, якщо кожному елементу формальної системи відповідає певний елемент змістовної.

У системному аналізі змістовні моделі систем будують на основі формальних моделей, які задають основні положення цих моделей, їх елементи, зв'язки, правила побудови, а змістовна модель наповнює ці елементи та зв'язки певним змістом, узятим з конкретної системи, яка досліджується. Таким чином, встановлюється відповідність між елементами формальної та змістовної моделей системи. У випадках, коли встановлено, що елементи формальної моделі однозначно відповідають елементам змістовної системи (існує взаємно однозначна відповідність), то всі результати, отримані для формальної моделі, підтверджуються в змістовній.

Формальних моделей існує обмежена кількість, а змістовних моделей може бути побудовано безліч. З одного боку, це викликано тим, що за однією формальною моделлю можна побудувати змістовні моделі для безлічі систем навколишнього середовища. З іншого боку, навіть для однієї системи за однією й тією ж формальною моделлю можна побудувати необмежену кількість змістовних моделей залежно від цілей моделювання, точки зору та рівня знань того, хто будує модель. Якою буде побудована змістовна модель залежить від цілей моделювання, складності системи, досвіду й знань аналітика та інших факторів. Успіхи вивчення систем і вирішення проблем системного

аналізу значною мірою залежать від того, в якій мірі аналітик володіє набором формальних моделей і вміє їх інтерпретувати.

5.2 Модель «чорний ящик»

Найпростіша формальна модель – це модель типу «чорний ящик» [2], схему якої показано на рис. 10.

Ця модель являє собою прямокутник, що означає обмежену систему, де стрілками зображено входи (вхідні величини) та виходи (вихідні величини) системи.

Входи – це те, що система використовує для своєї діяльності, з чим вона працює й що перетворює. Виходи – результат діяльності системи, те, що вона створює, у що перетворює вхідні величини відповідно до своїх функцій.

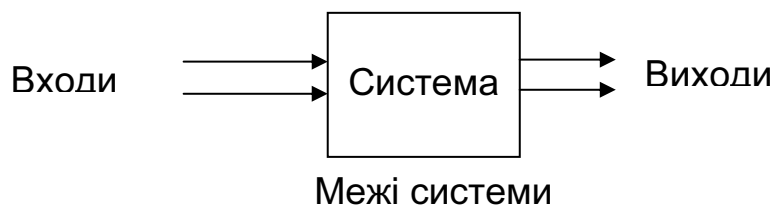


Рисунок 10 – Вигляд моделі «чорний ящик»

На перший погляд модель досить проста й не заслуговує серйозної уваги. Але ця простота обманлива, за нею приховано багато складних речей, що виявляються, як тільки від формальної моделі переходимо до побудови змістовної моделі.

Модель «чорний ящик» є досить корисною. По-перше, навіть така проста модель може свідчити про систему. Починаючи справу з невідомими об'єктами, якщо відомі тільки їх вхідні й вихідні величини, маємо вже досить значний обсяг знань про ці об'єкти. Розглянемо приклади біології, медицини. Вивчаючи клітину, з'ясовують, що до неї надходить і що є на виході. Такі знання вже свідчать про функції клітини та її роль в організмі. Обсяг знань про органи людини (серце, легені, нирки та ін.) описується моделлю «чорний ящик». Знання про ядро клітини, мітохондрії та інші подібні форми достатні для лікування багатьох захворювань.

В повсякденному житті обсяг знань щодо багатьох систем на рівні «чорного ящика» буває достатнім і потреби в подальшому вивченні не виникає. Наприклад, візьмемо телевізор. Достатньо знати його входи, як і що потрібно подати, змінити, яку кнопку натиснути і який регулятор повернути й можна вільно ним користуватися. Потреби подальшого його вивчення у більшості людей немає. Аналогічна ситуа-

ція з холодильником, пральною машиною та багатьма іншими приладами.

По-друге, інколи подання системи у вигляді «чорного ящика» є єдиним способом вивчення системи. Наприклад, при дослідженні психології людини вивчають способи дії на свідомість людини та результати цієї дії. Криміналісти також використовують модель «чорний ящик». Дослідження на так званому поліграфі «детектор неправди» виконуються на рівні моделі «чорний ящик»: вхід – це слова, вихід – змінювання ритму дихання, тиску крові, електричних імпульсів мозку, провідності шкіри, виділення поту та ін.

З математичної точки зору модель типу «чорний ящик» подають у вигляді певного оператора R , який перетворює вхідні величини на вихідні. Цей оператор може бути простим або досить складним. Вивченням систем на такому рівні займаються за допомогою цілого ряду наукових дисциплін і вже досягнуто значних практичних результатів.

Розглянемо побудову змістовної моделі системи типу «чорний ящик». Як було відзначено, це інтерпретація формальної моделі щодо певної предметної області, тобто для побудови змістовної моделі треба присвоїти елементам формальної моделі певні значення. Якщо, наприклад, потрібно побудувати змістовну модель системи «телевізор», то як вхідні величини розглядають рід електричного струму живлення телевізора і електромагнітні хвилі, що надходять до антени, а як вихідні величини – зображення, звук, їх характеристики. Необхідно ще врахувати органи регулювання телевізора та дії при настроюванні його роботи. Якщо, наприклад, потрібно побудувати змістовну модель «система управління якістю», то як вхідні величини можна розглядати вимоги до якості продукції, а як вихідні – підвищення конкурентоспроможності підприємства, задоволеності замовника, якості продукції та ін.

Перше запитання, що виникає при побудові змістовної моделі – визначення меж системи. Встановити їх не завжди просто, це залежить як від самої системи, так і від цілей моделювання, точки зору моделюючого і інших факторів. Наприклад, «система управління якістю на підприємстві». Де пролягає межа системи, де її слід визначити, також залежить від цілого ряду факторів.

Розглянемо ще кілька прикладів. Достатньо чітко означено систему «людина». Але й тут виникають складності при визначенні меж. Одяг входить до цієї системи чи ні? Людина без одягу? Вважаємо, що входить. Але одяг може знаходитися в шафі. Коли він стає системою «людина»? А дощова накидка стає системою «людина»? А парасолька? Котлета, яку з'їдено за обідом, в який момент вона входить до системи «людина»? Система «залізничний вокзал», де її межі? Привок-

зальна площа для транспорту входить до неї чи ні? А залізничні колії? На якій відстані віднести їх до системи «вокзал»?

Отже, при переході від формальної до змістовної моделі вже перше запитання про визначення меж системи є досить складним і потребує уважного ставлення.

Аналогічна ситуація виникає при виборі вхідних величин. Усяка система з'єднується з навколишнім світом необмеженою кількістю зв'язків. Які з них слід вибрати як вхідні величини системи? Наприклад, у системі управління якістю вхідними величинами можуть бути вимоги до продукції, пропозиції щодо поліпшення діяльності організації, вказівки керівництва про створення системи тощо, тобто вхідних величин не у самій складній системі, якою є система управління якістю, надзвичайно велика кількість. Які ж з них треба ввести до системи управління якістю, а які можна не вводити? Вхідні величини, як і межі системи, вибирають залежно від контексту, принципів і цілей моделювання. Без чіткої постановки задач моделювання, обмеження контексту розгляду проблеми відповісти на поставлені вище запитання неможливо. Аналогічна ситуація виникає при визначенні вихідних величин.

Модель «чорний ящик» при формальному математичному розгляді може відображати систему у вигляді оператора, який впливає на вхідні величини і перетворює їх у вихідні. Якщо оператор системи враховує, наприклад, змінювання в часі, то таке описування системи буде динамічним. Сам оператор може бути простим або складним. Він може мати одну або декілька вхідних величин, змінюватися в часі, залежати від зовнішніх умов, тобто модель «чорний ящик» може бути й надзвичайно складною.

Складність побудови моделі типу «чорний ящик» полягає ще й у тому, що вона є основою подальшого вивчення системи та розробки конкретних пропозицій для практичної реалізації. На першому етапі аналізу системи можна вибрати або дуже багато вхідних величин, тоді система з простої перетвориться в складну велику й вивчити її дуже важко, або вибрати недостатню кількість вхідних величин і система стає спрощеною, але вивчення її не дасть практичного результату. Якщо модель служить для розробки певного проекту, певних практичних рекомендацій, то помилки моделювання і аналізу на початкових етапах виправити пізніше досить складно й коштує це в 10-100 разів більше.

Отже, слід відзначити, що модель типу «чорний ящик» займає досить вагоме місце серед моделей системного аналізу, її побудова є одним з важливих етапів вивчення системи й вирішення проблеми. Побудова моделі є досить складним інтелектуальним завданням, для

виконання якого потрібні глибокі знання проблеми та досвід моделювання [2].

5.3 Модель «склад системи»

В описі системи «чорний ящик» цілісність і обмеженість виступають як зовнішні характеристики системи. Ця модель нічого не пояснює про те, що являє собою система, з яких підсистем вона складається, як вони взаємодіють. Вона не дає відповіді на запитання про будову системи, її частин або інших систем, які входять до її складу. Відповіді на ці запитання дає модель «склад системи».

Будь-яка система завжди є складною, неоднорідною. В ній існують елементи й навіть самостійні системи (підсистеми), які можуть також складатися з елементів і підсистем. Тому при необхідності розглядають ієрархію підсистем, розрізняють підсистеми 1, 2, 3 і подальших рівнів. Формальна модель типу «склад системи» являє собою прямокутник, який обмежує систему та визначає її межі й містить зображення складових частин, елементів та підсистем у межах прямокутника системи. Як правило, підсистеми зображують прямокутниками, а елементи – колами або овалами, як це показано на рис. 11.

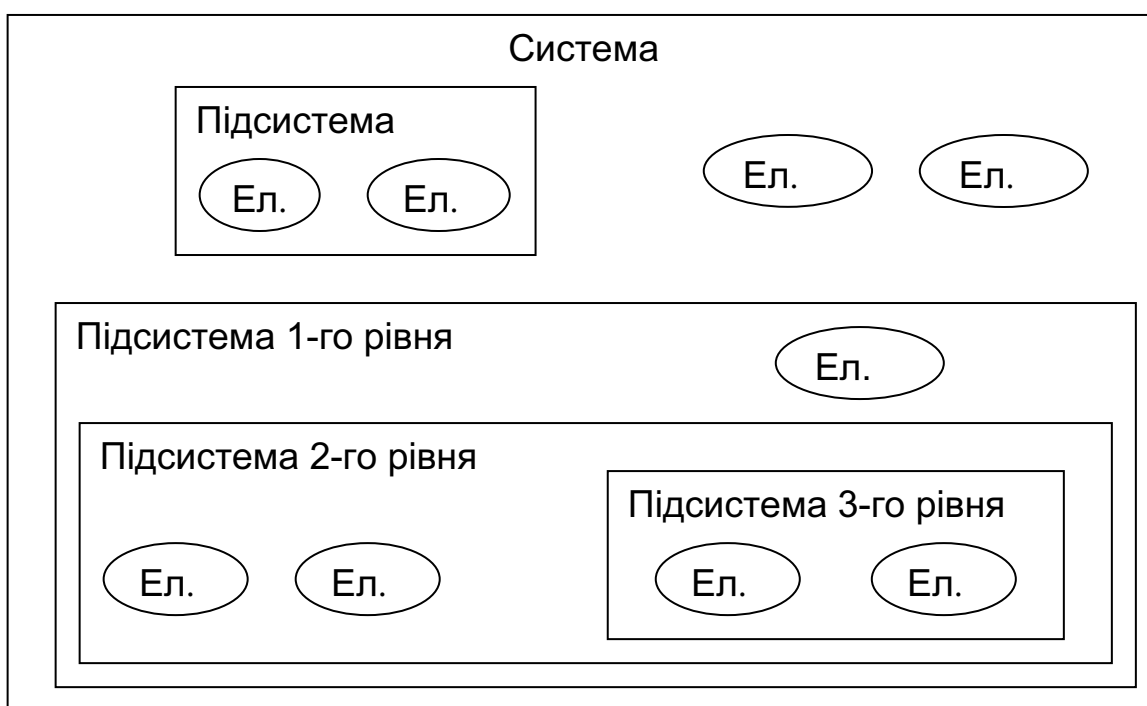


Рисунок 11 – Формальна модель «склад системи»

Модель «склад системи» будують на основі вивчення складових частин системи. На вербальному рівні існує морфологічний опис (аналіз) системи. Модель «склад системи» є подальшим розвитком

субстрактного аналізу, який залежить від системи, що вивчається, а також від цілей моделювання, контексту, рівня знань аналітика.

Наприклад, при виконанні морфологічного аналізу системи управління якістю виділено складові частини, що наведено у табл. 3.

Залежно від цілей аналізу окремі елементи можна розглядати як підсистеми.

Під час побудови змістовної моделі «склад системи» в першу чергу визначають межі системи, тільки тут їх треба визначити більш чітко, ніж при побудові моделі «чорний ящик», оскільки вони явно входять у модель. Наприклад, система управління якістю залежно від цілей моделювання може містити систему управління якістю на підприємстві в цілому, систему управління якістю у підрозділі.

Таблиця 3 – Результати аналізу системи на вербальному рівні

Система	Підсистема	Елемент
Система управління якістю	Ресурси	Персонал Інфраструктура Виробниче середовище
	Відповідальність керівництва	Політика в сфері якості Цілі в сфері якості Планування Відповідальність керівництва Аналіз даних
	Випуск продукції

Побудова моделі передбачає одержання відповіді на запитання: як поділити систему на підсистеми і елементи? Елемент системи – це найменша відмежована самостійна її частина, яка при конкретному розгляді вважається неподільною. Що розуміти під поняттям «елемент системи»? Який рівень підсистем треба враховувати? Відповісти на ці запитання можна по-різному. Побудова змістовної моделі «склад системи» залежить від таких чинників:

- цілей моделювання, проблем, які необхідно вирішувати;
- позиції аналітика;
- контексту вивчення системи;
- ступеня потрібної деталізації;
- рівня знань і досвіду аналітика.

Труднощі побудови моделі викликані рядом причин.

По-перше, поняття «елемент системи» можна розуміти по-різному. Те, що в одному випадку для вирішення окремої проблеми є елементом, в іншому – складною системою.

По-друге, всяка модель є цільовою, а для різних цілей в системі

потрібно розглядати різні частини.

По-третє, з окремих точок зору система має різний вигляд. Наприклад, директор, головний інженер, економіст, технолог в структурі заводу виділяють різні підсистеми.

По-четверте, всякий поділ є відносним, наприклад, гальмівну систему тролейбуса можна вважати складовою частиною системи управління або ж віднести її до ходової частини.

Для успішної побудови моделі «склад системи» при виборі підсистем та елементів системи слід керуватися принципом цілісності системи й враховувати умови необхідності та достатності виконаного аналізу.

Принцип цілісності побудови моделі полягає в тому, що модель має відображати систему повністю з урахуванням усіх її функцій.

Умова необхідності – в тому, що до моделі відносять тільки елементи, необхідні для виконання системою своїх функцій. Вона дозволяє виявити суттєві елементи й відділити їх від несуттєвих.

Умова достатності – у тому, що при побудові моделі враховують, чи дозволяють виділені частини достатньою мірою відобразити всі функції системи. Вона забезпечує введення всіх необхідних частин у модель і дозволяє обмежити її аналіз.

Приклад моделі «склад системи» показано на рис. 12.

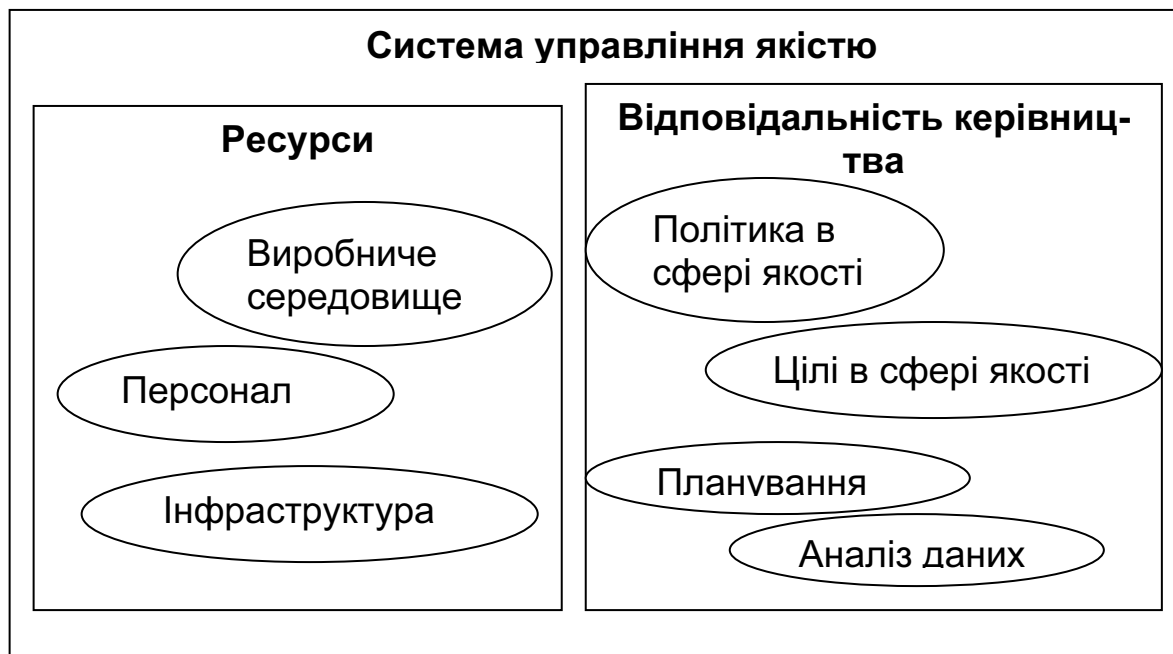


Рисунок 12 – Фрагмент змістовної моделі «склад системи» в системі управління якістю

Поняття «елемент» – одне з основних в теорії систем. Всяка система незалежно від своєї природи має складну будову, що склада-

ється з різноманітних неоднорідних частин. Кожна частина системи має свої функції, свою будову й свою поведінку. Вона може визначатись як «підсистема» або «елемент» системи залежно від задач дослідження, контексту розгляду системи. Суть понять «підсистема» і «елемент» дуальна: «підсистема» для частин системи, що знаходяться вище в структурній ієрархії, виступає як елемент, а для частин системи, що знаходяться нижче, «підсистема» є системою.

Елемент – це відносно самостійна частина системи, яка на досліджувальному рівні аналізу розглядається як одне ціле зі своєю поведінкою, спрямованою на реалізацію функції, що характерна цьому елементу.

Елементу властиві певні характеристики:

- виконує одну або декілька функцій,
- має свої риси та поведінку,
- використовується у певному контексті.

Важливим поняттям є цілісність елемента. Вона залежить від внутрішніх і зовнішніх факторів, якими є зв'язки елемента і інтенсивність обміну. Внутрішні фактори – це зв'язки і інтенсивність взаємодії частин елемента. Зовнішні фактори – це взаємозв'язки і взаємодія елементів. Цілісність елемента визначається співвідношенням внутрішніх і зовнішніх факторів. Якщо внутрішні фактори переважають над зовнішніми, то елемент є стійким, в іншому випадку він може бути або зовсім нестійким, або мати певну відносну стійкість. У теорії систем ці властивості виражають більш формалізованою мовою на основі математичної теорії множин.

Саме поняття «елемент» трактується подвійно. З одного боку, елемент – це абсолютна категорія, що має конкретний зміст, а з другого, – поняття відносне. Як абсолютна категорія поняття «елемент» означає, що це початкова неподільна найменша частинка системи. З одного боку, слід вважати, що така частинка існує, і в такому відношенні поняття «елемент» має абсолютне значення. З іншого боку, поняття «елемент» є відносним, оскільки пов'язане з рівнем розгляду та деталізації системи, а також із задачами дослідження. Залежно від цілей і позиції розгляду елементом може бути та або інша частина системи, той або інший її компонент. Із змінюванням позиції поняття «елемент» також змінюється, тобто категорія «елемент» залежить від позиції розгляду системи і в цьому полягає відносність поняття «елемент».

5.4 Модель «структура системи»

Розглянуті моделі послідовно дозволяють розширити обсяг

знань щодо системи. Модель «структура системи» має ще більше інформації про неї. Якщо, наприклад, для системи «сім'я» достатньо вказати склад сім'ї, то для характеристики системи управління якістю або іншої системи одного переліку елементів та підсистем недостатньо. Необхідно ще вказати зв'язки між елементами, об'єднати їх в одне ціле, тобто розкрити структуру системи, під якою розуміють сукупність необхідних і достатніх для досягнення мети відношень і зв'язків між елементами.

У визначенні системи вказано на наявність зв'язків між елементами. В реальних системах зв'язків між елементами – безмежна кількість. Кожен природний об'єкт має безліч зв'язків з усіма іншими об'єктами. Зв'язки в системі можуть відігравати суттєву роль або бути несуттєвими, а інколи і шкідливими. У структурі системи вказують сукупність закономірних суттєвих зв'язків, що забезпечують її функціонування.

Для вивчення структури системи використовують теорію множин і теорію графів.

У теорії множин структуру відображають відношеннями між елементами. Теорія розглядає подвійні, потрійні і інші відношення, їм у відповідність ставляться бінарні відношення, добутки елементів. У теорії множин структуру системи описують за допомогою матриць суміжності. Матриця суміжності – це математичний об'єкт, зображений у вигляді прямокутної матриці, елементи якої відображують зв'язки й відношення між складовими частинами системи. Як правило, такі матриці є розрідженими, тобто матрицями великих розмірів, значна кількість елементів яких дорівнює нулю. Теорія множин розглядає множини вхідних і вихідних процесів, рівняння, що установлюють зв'язки між множинами вхідних і вихідних величин, за допомогою операторів переходу.

Більш простим і менш формалізованим є підхід до зображення структури із застосуванням засобів теорії графів. Граф структури системи встановлюють шляхом декомпозиції системи й вивчення зв'язків між складовими частинами [1].

Формальна модель «структурна схема» – це, як правило, зображення системи у вигляді графа, хоч під час теоретичного вивчення може бути й матрицею суміжності. Як формальну модель «структура системи» розглянемо певний граф. Ця модель містить елементи системи, зображені точками або кружками, й зв'язки між ними, зображені лініями або лініями зі стрілками. Як елементи в моделі «структурна схема» розглядають всі складові частини системи, не розрізняючи, підсистема це чи елемент, як це було в моделі «структурна схема».

Графом G називають деяку сукупність пар елементів вершин і

ребер. Вершини зображають у вигляді точок, ребра – лініями.

Підграфом графа G називають граф, всі вершини й ребра якого знаходяться серед вершин і ребер графа G .

Напрямлений граф – це такий, ребра якого мають напрямок.

Ненапрямлений граф – у якому напрямок ребер не відіграє ролі або його неможливо визначити.

Зв'язаний граф – це такий, у якого для всяких двох різних вершин існує послідовний ланцюг вершин і ребер, що їх з'єднує.

Зважений граф – це граф, у якому всім ребрам ставиться у відповідність певне число.

Циклом називають будь-яку замкнуту послідовність вершин і ребер.

Деревом вважають граф, у якого відсутні цикли.

Остовом графа G іменують дерево, до якого входять усі вершини графа G .

Поняття теорії графів широко використовуються при аналізі структури системи. Структура системи відображає зв'язки між елементами, якими вважають усі складові частини, не виділяючи окремих підсистем, тобто у моделі структури системи підсистему вважають елементом. Структуру системи зображають у вигляді графа. Вигляд графа структури описують його топологією.

Граф може мати лінійну, кільцеву, ієрархічну, деревовидну, сіткову або матричну топологію.

Вигляд деяких структур, що відповідають переліченим типам топології, показано на рис. 13.

Лінійна структура – це така, де кожна вершина пов'язана тільки з двома іншими вершинами і є дві крайні вершини. У системах вона зустрічається часто, наприклад, на виробництві: виготовлення заготовки, послідовні операції обробки, технічний контроль деталі утворюють лінійну структуру.

Кільцева – це лінійна структура, в якій крайні вершини пов'язані між собою. Кільцева структура описує, наприклад, обіг грошей у фінансових організаціях. Вона характерна для технологічних операцій, коли цикл виробництва повторюється багаторазово.

Ієрархічні – це структури, в яких елементи розміщено на різних рівнях, причому елементи i -го рівня підпорядковані елементам рівня $i-1$ й впливають на елементи рівня $i+1$. Найчастіше вони зустрічаються при аналізі організаційних систем, в яких є чітка структура підпорядкування. Типовий приклад – структура підпорядкування в армії. Ієрархічна структура може описувати будову багатьох складних систем, де рівнями є підсистеми, як, наприклад, при розгляді моделі «склад системи».

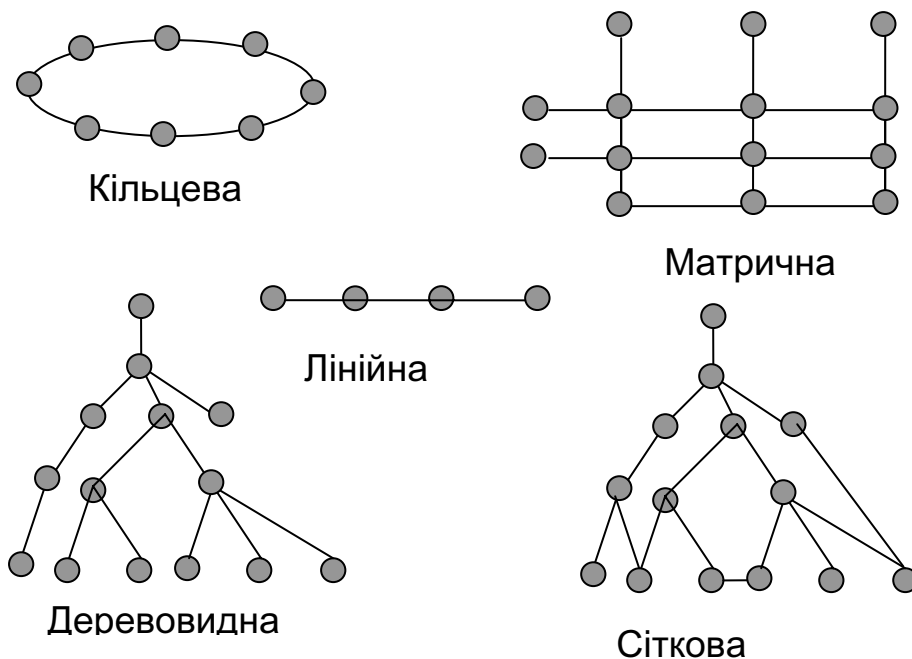


Рисунок 13 – Типи (топологія) структур систем

В ієрархічних системах зв'язки між елементами можуть бути координативними і субординаційними. Координативні – це зв'язки між елементами, що знаходяться на одному рівні; субординаційні – між елементами різного рівня.

Деревовидна – це ієрархічна структура, в якій відсутні цикли.

Сіткова – це різновид ієрархічної структури, в якій можливі зв'язки через декілька рівнів і допускається наявність циклів. Вона характерна для розробки графіків роботи підприємств, планування технологічних операцій збирання складних виробів тощо.

Під час системного аналізу складних систем, особливо організаційних, будують декілька структур, а саме: управління, виробництва, функціонування та ін. Вони, як правило, мають різну топологію: структура управління – ієрархічну, структура функціонування – лінійну або кільцеву, структура технологічного процесу – сіткову.

5.5 Модель «структурна схема системи»

Ця модель являє собою сукупність розглянутих вище трьох типів моделей, а саме: «чорний ящик», «склад системи» та «структура системи». Вона є найбільш детальною та повною моделлю системи, її зображують також у вигляді графа, але вузли його, як правило, наповнюють певним змістом, зображують прямокутником, еліпсом або ко-

лом. У моделі «структурна схема системи» показують:

- межі системи;
- елементний склад;
- зв'язки між окремими елементами;
- зовнішні зв'язки системи.

Формальна модель «структурна схема» містить елементи системи, зображені, як правило, прямокутниками або еліпсами, в середині яких записана назва елемента, а зв'язки між елементами показані лініями або стрілками. Ця модель набула широкого міждисциплінарного визнання, її використовують у різних наукових дисциплінах, технічних, організаційних та інших документах. Тому існує багато особливостей зображення складових частин моделі «структура системи». Так, часто зовнішні межі системи на цій моделі не показують, назву системи записують як заголовок або підпис до моделі, елементи зображають на різних рівнях і по-різному позначають, зв'язки між елементами показують лініями різної товщини, стрілками та пунктиром. Модель «структурна схема» системи приєднують до великої різноманітності моделей, кожна з яких має своє призначення й свої особливості.

Модель «структурна схема» деколи називають моделлю «білий ящик», розуміючи під цим визначенням те, що на противагу моделі «чорний ящик» в ній повністю показана внутрішня будова системи.

Побудова моделі «структурна схема», як й інших моделей, залежить від точки зору аналітика, цілей аналізу, контексту розгляду системи, тому таких моделей може бути велика кількість. Як правило, при аналізі системи будують кілька моделей, що відображають різноманітність зв'язків у системі, різні підходи до її вивчення, різні контексти її розгляду.

5.6 Динамічні моделі

Ці моделі відображають динаміку системи. Розрізняють такі різновиди динаміки: функціонування, зростання, розвиток.

Моделі функціонування відображають процеси, що відбуваються в системі й спрямовані на виконання системою своїх функцій для досягнення цілей.

Моделі зростання й розвитку дозволяють простежити розвиток системи протягом деякого тривалого проміжку часу. Слід зауважити, що процеси зростання й розвитку не є тотожними. Зростання систем, як правило, пов'язано із збільшенням їх розмірів, введенням до системи деяких об'єктів із зовнішнього середовища, як-то: матеріальних та інших ресурсів. Наприклад, зростання підприємства при збільшенні

обсягу випуску продукції полягає у побудові нових виробничих корпусів, придбанні додаткового обладнання, залученні до роботи більшого числа працівників. На противагу цьому розвиток може здійснюватись без збільшення розмірів системи, а інколи навіть при їх зменшенні. Наприклад, розвиток сучасних підприємств часто відбувається без збільшення їх розмірів. Розвиток – це така зміна системи, при якій змінюються зв'язки між елементами, спрощуються відношення, удосконалюється виконання окремих функцій.

6 ПРОЦЕДУРИ СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ

6.1 Аналіз і синтез

Системний аналіз – це складний процес вивчення системи та розробки варіантів вирішення проблеми. Він вимагає від аналітика інтуїтивного мислення, неформального підходу до проблеми, глибоких знань і практичних навичок. Для виконання системного аналізу розроблено цілий ряд формалізованих процедур, орієнтованих на одержання практичного результату; провідне значення серед них мають процедури декомпозиції і агрегації. У теорії пізнання їм відповідають методи наукового вивчення, відомі як аналіз і синтез.

Аналіз (гр. analysis – розкладання, розчленування) – це метод наукового дослідження, який полягає в уявному або реальному поділенні цілого на складові частини й вивчення цих частин.

Синтез (гр. synthesis – з'єднання, складання) – метод вивчення предмета в цілісності, єдності й взаємозв'язку його частин. Це поєднання (уявне або реальне) різних об'єктів, елементів в одне ціле (систему).

Аналіз і синтез – діалектично протилежні процеси уявного або реального розподілення цілого на частини і об'єднання частин в одне ціле. Діалектично протилежні тому, що один процес заперечує інший, але у теорії пізнання вони виступають разом й один без одного втрачають свій зміст, без аналізу немає сенсу виконувати синтез і навпаки, тобто це – взаємозв'язані та взаємозумовлені логічні методи наукових досліджень, що виникли на основі практичної діяльності людей, їхнього досвіду. Єдність аналізу і синтезу забезпечує об'єктивне, адекватне відображення дійсності.

6.2 Декомпозиція і агрегація

Декомпозиція у системному аналізі – те ж саме, що аналіз у теорії пізнання. Вона полягає у поділенні системи на підсистеми, задач – на підзадачі, цілей – на підцілі й вивченні їх. Цей процес повторюють і

одержують деревовидні ієрархічні структури цілей, задач і завдань системи, дослідження яких дозволяє вивчити систему, розкрити її внутрішній склад та функціонування.

Агрегація – це об'єднання частин в одне ціле.

Якщо декомпозиція є етапом аналізу, в процесі якого вивчають склад системи, роботу її елементів, одержують знання про те, як працюють складові частини системи, які функції вони виконують, то агрегація є етапом синтезу, коли вивчають взаємодію елементів і функціонування системи в цілому, одержують знання про те, чому й для чого система функціонує. Співвідношення етапів аналізу і синтезу наведено у табл. 4.

Таблиця 4 – Порівняння етапів аналізу і синтезу

Етапи аналізу	Етапи синтезу
Декомпозиція системи. Розділення на частини	Розгляд системи як частини макросистеми (великої зовнішньої системи)
Пояснення поведінки кожної частини системи	Пояснення поведінки єдиного цілого
Агрегування (об'єднання) знань про частини в знання про ціле	Розуміння роботи цілого дезагрегується для пояснення роботи частин. Визначення ролі агрегатів у цілому
Розкриття структури системи і усвідомлення процесу її функціонування. Продукт аналізу – знання	Усвідомлення функціонування системи й того, чому система працює саме так. Продукт синтезу – розуміння
Мета аналізу – знання	Мета синтезу – розуміння

6.3 Процедура і алгоритм декомпозиції

Процес декомпозиції завжди здійснюється на основі певної моделі системи. За основу береться модель і відповідно до неї виконується декомпозиція. Найбільш часто декомпозиція виконується за моделями «склад системи», «структура системи». Розглянемо особливості виконання декомпозиції з використанням цих моделей.

Більшість об'єктів, як правило, є складними, мало структурованими, не чітко формалізованими. Тому декомпозиція являє собою складний творчий процес. Відносно легко виконати декомпозицію технічних систем, створених людиною. При декомпозиції відповідно мо-

делі «склад системи» виділяють основні вузли системи (підсистеми 1-го рівня), наприклад, у тролейбусі – електрообладнання, шасі та ін., у системі управління якістю – документування, відповідальність керівництва, ресурси та ін.

Пізніше кожен з цих вузлів можна розділяти на підсистеми 2-го, 3-го та інших рівнів доти, поки подальший поділ стане неможливим без змінювання функціональних властивостей елемента. Але навіть поділ технічної системи є неоднозначним. Наприклад, куди віднести гальмо велосипеда? До підсистеми «колесо» чи до підсистеми «управління»? Значно більше питань виникає при декомпозиції біологічних, соціально-технічних, організаційних та інших систем.

Особливе значення в системному аналізі має декомпозиція цілей і завдань системи. На основі такої декомпозиції будуються функціональні та деякі інші моделі, й виконується вона у декілька етапів. На першому етапі відповідно до цілей системи визначають її головні завдання, які в сукупності забезпечують виконання всіх цілей системи. На наступних етапах завдання поділяють на окремі задачі, а їх – на підзадачі і окремі функції. У результаті одержують ієрархічне дерево цілей системи.

Під час виконання декомпозиції й після її закінчення для оцінки якості виконаної роботи необхідно відповісти на два запитання: чи забезпечено повноту декомпозиції й чи завершеною вона є? Виконати декомпозицію й відповісти на ці запитання можна на основі дослідження моделі системи, яку називають моделлю-основою.

Раніше було відзначено, що модель визначається метою системи. Звідси випливає, що декомпозиція системи залежить від цілей системи або цілей дослідження, яке виконує системний аналітик. Для основи декомпозиції вибирають певну модель системи. У прикладі, також розглянутому раніше, це була модель «склад системи».

6.4 Агрегативання

Агрегативання – це об'єднання декількох розрізнених елементів в одне ціле. Агрегат відрізняється від простої сукупності елементів зовнішньою й внутрішньою цілісністю. Це означає, що між елементами агрегату з'являються нові зв'язки, що створюють нові властивості, яких не було до об'єднання.

Емергентність – властивість агрегату, яка полягає в тому, що його властивості не зводяться до властивостей складових частин, а з'являються нові, характерні тільки для конкретного об'єднання.

Нові властивості в системі встановлюються спонтанно й передбачити їх часом неможливо, а інколи неможливо й пояснити.

Агрегативання – це процедура встановлення бажаних відношень щодо заданої великої кількості елементів.

Агрегат – об'єднання частин, вузлів або машин, які спільно виконують одну функцію.

У системному аналізі розрізняють декілька форм агрегатів. Найбільш важливі з них конфігуратор, оператор, структура.

Конфігуратор – мінімальна сукупність мов (різні описи, які доповнюють один одного) або сторін системи, достатніх для одержання повного обсягу знань щодо системи відповідно до цілей дослідження [1].

Іншим видом агрегату є оператор, наприклад, оператор класифікації. В математиці до агрегатів типу «оператор» також можна віднести певні статистичні пакети, наприклад, віднесення ймовірності випадкової величини до того чи іншого закону розподілу (гауссівського, рівномірного тощо).

Наступний вид агрегатів – структури. Якщо при аналізі поділяють систему на елементи, то при синтезі елементи об'єднують у певні структури, які є найбільш поширеним видом агрегатів. До структур відносять всі системи навколишнього світу.

Літак – це певна структура, живий організм – також структура, промислове підприємство, навчальний заклад, система управління якістю на підприємстві, держава – все це приклади різноманітних структур. У них виявляються всі властивості агрегатів.

Структури описують структурними схемами.

7 СИСТЕМНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ В ПРОЕКТУВАННІ

Системне дослідження функціонального й структурного аспектів якості має важливе методологічне й прикладне значення для розуміння процесів створення й застосування систем (у тому числі технічних і систем управління якістю), розроблення наукових принципів раціонального проектування. Нижче описано два підходи до проектування систем [3].

7.1 Структурно-функціональний підхід

Структурно-функціональний підхід (СФП) оснований на поданні об'єкта у вигляді декомпозиційної безлічі підсистем та елементів, тобто на розкритті морфологічної структурності якості. Кожній структурній одиниці ставиться у відповідність функція або ряд функцій, які вона самостійно виконує в системі відношень з іншими елементами. Виявлені елементи за ознаками їхньої конструктивної однорідності групу-

ються в конструктивні модулі (КМ) – конструктивно й технологічно закінчені складові частини об'єкта (складові одиниці або їхні сукупності), призначені для реалізації однієї або декількох самостійних функцій. Виконана декомпозиція дозволяє подати якість об'єкта у вигляді ієрархічно організованої структури якості конструктивних модулів різних рівнів. Таким чином, при СФП первинною є об'єктна (морфологічна) декомпозиція, а вторинною – функціональна [3].

7.2 Функціонально-структурний підхід

Функціонально-структурний підхід (ФСП) базується на розділенні мети (призначення) об'єкта на складові функції різних рівнів, тобто на розкритті функціональної структурності якості. На кожному етапі декомпозиції виявляються конструктивні елементи, що реалізують ці функції або беруть участь у реалізації. Виявлені елементи за ознаками їхньої функціональної однорідності групують у функціональні модулі (ФМ) – складові частини об'єкта, обумовлені в термінах виконуваних ними функцій безвідносно до їх конструктивної або технологічної реалізації. Виконана декомпозиція дозволяє подати якість об'єкта у вигляді ієрархічно організованої структури якості функціональних модулів різних рівнів. При ФСП первинною є функціональна декомпозиція, а вторинною – об'єктна (морфологічна).

Застосовувати ФСП доцільно при розробці нової техніки з нетрадиційною структурою. Наприклад, ФСП розглядається як методологічна основа морфологічного методу проектування, суть якого полягає в проведенні цілеспрямованого пошуку проектних рішень на основі структуризації функцій об'єкта, що проектується, й наступного підбору варіантів їх технічної реалізації. Комбінуючи ці варіанти, можна одержувати деякий набір альтернатив побудови структури об'єкта. Вибрати раціональний варіант можна, визначивши оптимальний рівень якості проектованого об'єкта на основі порівняння технічних переваг та економічних результатів виробництва і експлуатації техніки [3].

7.3 Системна концепція проектування

Важливим аспектом системної концепції проектування є розгляд процесів відтворення як особливої форми управління якістю в життєвому циклі створюваної й застосовуваної техніки, на стадіях та етапах якого формуються й проявляються її основні властивості. Послідовність стадій життєвого циклу техніки визначає принцип управління,

який називають принципом послідовного формування якості. Якість техніки закладається при її дослідженні й проектуванні, забезпечується у виробництві й реалізується в процесі її експлуатації. Таким чином, управління якістю техніки здійснюється опосередковано – шляхом управління якістю процесів її створення й використання. Системна концепція проектування й принцип, що впливає з управління нею, становлять методологічну основу організації проектних досліджень.

Характерний принцип організації проектування – розділення всього процесу на етапи: планування розробки, вибір концепції, розробка проекту конструкції й технології виготовлення, передача об'єкта у виробництво. Розглянемо коротко зміст та особливості кожного етапу.

Планування розробки містить передпроектні дослідження й розробку технічних вимог до об'єкта, що проектується. Мета проведення досліджень полягає у виявленні принципової можливості й доцільності створення нової техніки. Методологічну основу цих робіт становлять дослідження тенденцій і прогнозування розвитку техніки, аналіз технічних досягнень і можливостей їхнього використання з урахуванням ресурсних та інших обмежень. Результатом цих досліджень є розробка технічних вимог, реалізація яких забезпечує розв'язання технічної проблеми. При формуванні технічних вимог визначається цільове призначення техніки, вказуються її функції й техніко-експлуатаційні параметри, встановлюються строки, послідовність, необхідні умови виконання робіт, а також визначаються засоби для їх проведення.

Вибір концепції містить пошук та аналіз принципів рішень, що задовольняють технічним вимогам, і вибір з наявних альтернатив найбільш кращого варіанта. При виконанні цього етапу здійснюється системний аналіз функцій об'єкта, що проектується, й формується його структура. Вибір концепції – найбільш відповідальний етап проектування, оскільки він визначає подальший зміст проектних робіт. У процесі їх проведення може знадобитися уточнення технічних вимог, погодження із замовником альтернативних варіантів проекту.

На подальших етапах проектування втілюється сформульована концепція – вибираються й розробляються конструкторські рішення й технологічні процеси виготовлення об'єкта, що проектується, створюється досвідний зразок і проводяться випробування, щоб підтвердити технічні результати. Послідовність і взаємозв'язок етапів проектування відображають структуру й співвідпорядкованість його складових частин. Методологічною основою системних досліджень є такі правила: побудова структури процесів проектування відбувається за ієрархічним принципом; вибір проектних рішень – за ітераційним принципом.

пом. Застосування ієрархічного принципу дозволяє допустити протиріччя між обсягами робіт і строками, що відводяться на виконання цих робіт, а також між обсягами робіт і засобами. Відображенням ітераційного характеру проектування є взаємозв'язок двох класів задач – аналізу й синтезу, зокрема, задач структурного проектування й параметричної оптимізації.

Задача структурного проектування – аналіз технічних засобів реалізації функцій і вибір варіанта структури об'єкта, що проектується. У ході структурного проектування доводиться вирішувати, чи можна застосувати освоєні промисловістю серійні вироби або необхідно розробляти спеціалізовані (оригінальні)? При виконанні цього етапу може знадобитися попереднє пророблення окремих конструкторських і технологічних рішень.

Задача параметричної оптимізації – вибрати технічні параметри конструкції або технологічного процесу, що розроблюються, за одним або декількома критеріями, істотними для реалізації функцій об'єктом, що оптимізується. Труднощі оптимізації складних за структурою об'єктів полягають у тому, що необхідно враховувати взаємозв'язок параметрів його складових частин. При формуванні структури об'єкта слід передбачати оптимізацію технічних параметрів застосовуваних технічних засобів. Таким чином, простежується взаємозв'язок задач структурного й параметричного синтезу.

7.4 Системний аналіз функцій

Складність і різноманіття функцій сучасної техніки, а також і системи управління якістю, суперечливість поставлених до неї вимог значно утрудняє вибір та обґрунтування проектних рішень. Тому якість об'єкта, що проектується, істотно залежить від повноти й глибини аналізу його функцій, обґрунтованості вимог до об'єкта та його складових частин. Створення наукових основ проектування в наш час усе більше поєднується з використанням і подальшим розвитком методології аналізу функцій об'єкта, що проектується. Важливим напрямком цих досліджень є застосування системного аналізу для формалізованого опису й структуризації функцій. При описі функцій використовуються два компоненти: суб'єктна характеристика функції, що відображає яку-небудь дію, що описується дієсловом або віддієслівним іменником, а також об'єктна характеристика, що визначає предмет (об'єкт), на який спрямована дія, наприклад, подача комплектуючих, заповнення навантажувача та ін. [3].

Ідентифікація й структуризація функцій супроводжується з'ясуванням їхнього складу, виділенням функцій різних рівнів, поділом їх

на головні й другорядні, зовнішні й внутрішні, основні й допоміжні, корисні й марні та ін.

Розгорнуте трактування поняття функції й визначення складу її компонентів можна одержати, розглядаючи функцію як процесну характеристику. Така інтерпретація випливає з двоїстої природи функції. З одного боку, функція виступає як деяка статична характеристика, що визначає роль і місце об'єкта у визначеній системі відношень і зв'язків (структурний аспект), а з іншого – як послідовність взаємозалежних змінювань, що здійснюються при взаємодії об'єкта з навколишнім середовищем (функціональний аспект).

Виходячи з такої інтерпретації поняття функції, об'єкт – носій функції – можна подати у вигляді операційної моделі, компонентами якої є безліч змінних системи, операція або сукупність операцій, що визначають взаємовідношення цих змінних, безліч значень змінних до операції й після її виконання, а також параметри стану системи і умови її функціонування.

За аналогією з абстрактною моделлю будується функціональна модель, в якій відношення визначається як взаємодія об'єкта з навколишнім предметним середовищем. Об'єкт може мати активну й пасивну функції [3].

Користуючись цією інтерпретацією, формально-логічний опис функції можна подати кортежем, що складається з п'яти компонентів:

$$F = (D, P, H, S, U),$$

де D – дія (операція); P – об'єкт, на який спрямована дія; H – вихідний і кінцевий стани об'єкта дії; S – спосіб (метод) виконання дії; U – умови і обмеження, за яких здійснюється дія. Компонент H може не мати повного опису, якщо він визначає тільки мету дії або її напрям.

При виконанні функціонального аналізу більш зручно використовувати природний опис функції F у вигляді стандартної послідовності компонентів D/P/H/S/U, що визначає граматичну форму побудови пропозиції. Похила риска (/) означає поділ частин мови.

Наприклад, гнучкий виробничий модуль (носій функції) для збирання печатних плат описується такою послідовністю компонентів: автоматична установка (D) / електрорадіоелементів (P) / на печатних платах (H) / методом поверхневого монтажу (S) / в умовах багатонаменклатурного дрібносерійного виробництва (U) [3]. Наприклад, підсистема системи управління якістю – «політика в сфері якості» (носій функції) – описується такою послідовністю компонентів: формулювання директором (D) / загальних намірів і спрямованості діяльності

організації, пов'язаних з якістю продукції (P) / шляхом створення й поширення офіційного документа (S) / при виробництві морозива (U).

Опис функцій у стандартній формі не охоплює всього їх різноманіття. Узагальнення і аналіз різних варіантів побудови функцій дозволяє сформулювати ряд формальних правил, застосування яких дає можливість розширити стандартне описування.

Композиція – правило, що дозволяє утворювати функції у вигляді сполучень одночасно або послідовно виконуваних дій, поєднувати сукупності взаємозалежних компонентів функції. Наприклад, підготовка (D1) та установка (D2) / електрорадіоелементів (P1) і мікросхем (P2) / на печатних платах (H); поширення (D1) і розуміння (D1) / політики в сфері якості (P1) / на всіх рівнях на підприємстві за допомогою внутрішньої інформації, викладеної на друкованих аркушах (H).

Декомпозиція – це правило роз'єднання функцій або їх компонентів.

Зрізання – правило, що дозволяє виключати окремі компоненти (функції) зі стандартної форми, якщо інформація про них впливає з найменування об'єкта, з опису функції більш високого рівня або з опису інших компонентів. Варіантами зрізань можуть бути: D/P/H/S, D/P/S, D/P/U та ін.

Перестановка – правило, що дозволяє здійснювати тотожне перетворення функції, коли один з її компонентів вводиться до складу інших компонентів як визначник приналежності (ідентифікатор). Варіанти перестановки: 'SD/P/H/U, 'HD/P/S/U, 'UD/P/S/H, D/'UP/H/S, де 'H, 'S, 'U – ідентифікатори. Наприклад: обробка (D) / електрохімічним способом (S) / – електрохімічна обробка ('SD); перетворення (D) / інформації (P) / з аналогової в цифрову (H) – аналого-цифрове перетворення ('HD).

Можна також змінити синтаксичну конструкцію пропозиції, якщо це допускається граматичними правилами й необхідно для спрощення описування функції [3].

Важливою складовою частиною системного аналізу функцій є побудова функціональної структури об'єкта, що виконує двояку методологічну роль: по-перше, виступає як метод виявлення взаємозв'язку функцій різних рівнів, по-друге, стає базисною функціональною моделлю, на основі якої складається загальна функціональна схема й розробляється морфологічна структура.

Будову функціональної структури оснований на декомпозиції мети (цільової функції призначення) об'єкта, що являє собою процедуру послідовного поділу (членування) функції на її складові – прості (елементарні) функції. Декомпозицію можна розглядати як процес послідовного виділення дворівневих структур: верхній рівень визначає ці-

льову функцію, а нижній – набір функцій, виконання яких необхідно для досягнення мети верхнього рівня. Поняття цільової функції і її призначення, що звичайно ототожнюються, у цьому випадку трактується більш широко: будь-яка функція об'єкта або його складової частини (підсистеми, блоку, окремого пристрою) може розглядатися як цілеспрямовуюча стосовно породжуваних нею функцій нижнього рівня.

У застосовуваних процедурах декомпозиції функцій можна виділити два види поділу: **сегментацію** – виділення функцій, що відображають просторову структуру процесів, що одночасно відбуваються; **фазування** – виділення функцій, що відображають взаємодію процесів у часі. Послідовне виділення цих складових розкриває загальний принцип просторово-часової декомпозиції, тобто подання функціональної структури у вигляді декомпозиційної безлічі паралельно-послідовних структур її елементів. Наприклад, для такої функції ЕОМ, як збереження інформації, можна вказати дві просторово розділені функції – оперативне та довгострокове збереження. У свою чергу, кожна з цих функцій поділяється в часі на три функції: записування, запам'ятовування й видавання (зчитування) інформації. Розподіл можна виконувати і у зворотному порядку, при цьому число операцій залишається незмінним. Однак з метою уніфікації процедур функціонального аналізу слід дотримуватись такого порядку: спочатку виявляють сегменти функцій, а потім відбувається їх фазування.

Структурування функцій можна визначити як роздрібнення декомпозиційної безлічі функцій на функціональні підмножини (класи) за принципом віднесення їх до окремих типологічних угруповань, що визначають ієрархію структурного описування функцій.

Функціональна структура об'єкта будь-якої складності являє собою кортеж функціональних блоків $F = \{F^0, F^1, \dots, F^n\}$, пов'язаних за ієрархією двома видами відношень: умовою досягнення мети і умовою включення. Перше відношення пояснювалося вище, а друге означає, що кожний з блоків функцій являє собою об'єднання неперетинних підмножин функцій одного рівня. Кожному функціональному блоку відповідає певний ступінь деталізації опису його функцій, що обумовлює його приналежність до визначеного рівня підсистем або пристроїв. Графічним зображенням функціональної структури є граф-дерево функцій, в якому вершинам відповідають функції різних рівнів, а дугам – їх відношення. Для побудови функціональної структури застосуємо метод дворівневої декомпозиції.

Нехай F^0 – цільова функція призначення об'єкта, а відповідний їй набір функцій нижнього (першого) рівня – $F^1_{11}, \dots, F^1_{j1}, \dots, F^1_{k1}$, де k_1 – число функцій першого рівня, необхідних для виконання функції ну-

льового рівня. Для опису ієрархічних функціональних структур слід застосовувати форму запису в дужках, тобто дворівневу структуру функцій запишемо у вигляді $F_0 (F_{11}^1, \dots, F_{j1}^1, \dots, F_{k1}^1)$, де дужки мають значення відношень включення на безлічі функцій, що породжуються функцією верхнього рівня. Будь-яка інша функція, виділена на попередньому рівні, може розглядатися як цільова й поділятися на відповідні функції наступного рівня. На другому етапі поділу їй буде відповідати дворівнева структура $F_{j1}^1 (F_{j1\ 12}^2, \dots, F_{j1\ j2}^2, \dots, F_{j1\ k2}^2)$. На i -му етапі поділу дворівнева структура буде мати такий вигляд:

$$F_{j1j2\dots ji-1}^{i-1} (F_{j1j2\dots ji-1\ 1i}^i, \dots, F_{j1j2\dots ji-1\ ji}^i, \dots, F_{j1j2\dots ji-1\ ki}^i).$$

Послідовне об'єднання дворівневих структур дозволяє одержати n -рівневу функціональну структуру об'єкта (рис. 14). Число рівнів буде визначатися складністю об'єкта й необхідною глибиною аналізу функцій.

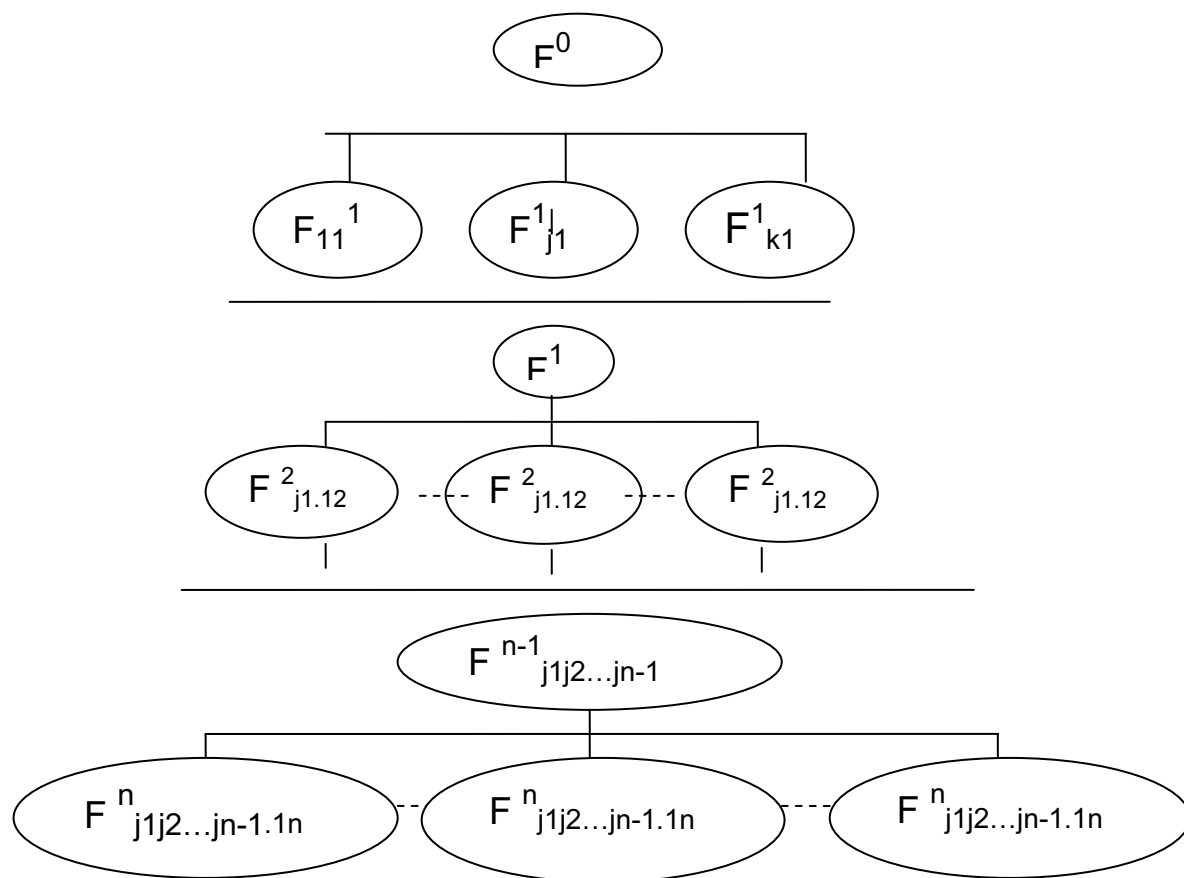


Рисунок 14 – Функціональна структура об'єкта

Структурування функцій пов'язано з використанням таких властивостей дерева, як стиск і розширення графа при проведенні різного роду перетворень (трансформацій): з'єднання й роз'єднання функцій, перенесення функцій з одного рівня на другий, об'єднання рівнів та ін. Подібні трансформації дерева функцій взаємозалежні: стиск (розширення) декомпозиційної безлічі функцій одного рівня (горизонтальна декомпозиція) зменшує (збільшує) число міжрівневих зв'язків; об'єднання (поділ) рівнів структури розширює (стискає) граф за горизонталлю й стискає (розширює) його за вертикаллю.

8 ІНФОРМАЦІЯ ТА СИСТЕМА. ІНФОРМАЦІЙНІ МОДЕЛІ СИСТЕМ

8.1 Поняття інформації. Роль інформації в системі

Головною ознакою системного аналізу є всебічний розгляд системи. Виконуючи такий аналіз системи, не можна обмежуватись тільки описом її матеріальної та функціональної сторін, а треба виконати дослідження і інформаційної сторони. У будь-якій системі інформаційні процеси відіграють дуже важливу роль. Розуміння, що таке інформація і яке значення вона має в системах, прийшло не одразу. Тільки тепер відкривається вхід до нового інформаційного світу, усвідомлюється, що інформація у світі є майже найголовнішою. Розвиток людства можна умовно розділити на три етапи:

- набуття навичок володіння матерією, матеріальними об'єктами;
- оволодіння енергією, набуття енергетичної могутності;
- розвиток інформатики, вміння управляти інформаційними процесами.

Інформаційні процеси в системах не менш важливі, ніж матеріальні. Практично жодна система не може існувати, якщо в ній не відбуваються процеси передачі інформації і обміну нею. Це видно при розгляді будь-якого живого організму, будь-якої системи, як, наприклад, виробничий колектив, державна установа тощо. Розуміння ролі інформації приходить не одразу. Звичайно, можна вважати, що «спочатку було слово» й вести полеміку, що є первинним: дух, інформація чи матерія. Це тільки підкреслює важливість інформації в світі, але, на жаль, не веде до вирішення складних практичних повсякденних задач.

Коло питань, які потрібно розглянути при аналізі інформаційних процесів у системі, надзвичайно широке. До них входить: формування

інформаційних сигналів, передача та прийом інформації, її кодування, інформаційні потоки в системі, роль сигналів в управлінні системою, збереження інформації, її впорядкування та структурування, використання інформації для прийняття рішень та ін.

Щодо системи інформацію розрізняють як вхідну, вихідну та внутрішню. Вхідна інформація надходить в систему, обробляється нею, служить для забезпечення функцій системи. Вихідна інформація – результат діяльності системи, тобто та інформація, що показує, в якому стані знаходиться система. Внутрішня інформація передається між елементами системи, нею обмінюються складові частини при функціонуванні системи. Існує також внутрішня системна інформація, що визначає систему як одне ціле, властива цій системі й без якої система не може існувати.

Інформаційні процеси в системах розглядаються з різних точок зору декількома науковими дисциплінами. Це – діалектика, кібернетика, теорія управління, теорія прийняття рішень, теорія інформації, інформаційних систем, системотехніка, теорія систем та ін. Кожна з цих дисциплін досліджує свої аспекти інформації. Діалектика розглядає інформацію як одну з фундаментальних властивостей матерії, що проявляється як її відображення. Властивість відображення притаманна всім об'єктам органічної та неорганічної природи. Для відображення характерно те, що стан одного об'єкта залежить від стану іншого. Найпростіший випадок відображення – це відбиття об'єкта в іншому при їх контакті. Найвищий ступінь відображення – свідомість людини.

Кібернетика та теорія управління вивчають інформацію з позиції управління системами. Кібернетика, у визначенні Л. М. Колмогорова, – це наука, що вивчає системи будь-якої природи, здатні приймати, зберігати й переробляти інформацію, використовувати її для управління систем та їх регулювання.

Теорія прийняття рішень розглядає питання вибору рішення за наявності або відсутності достатньої інформації про систему.

Теорія інформації вивчає такі поняття, як визначення інформації, її вимірювання, закономірності передачі та прийому, кодування інформації. Математичним апаратом теорії інформації є засоби теорії ймовірностей і випадкових процесів.

Системотехніка вивчає особливості проектування, створення, експлуатації та випробування складних систем. Вона безпосередньо приєднується до теорії систем і системного аналізу, але розглядає проблеми інформації і інформаційних систем більше в практичному значенні.

Інформація (від лат. Information – пояснення, переказ) – це пе-

редача людьми певних відомостей за допомогою слів, знаків, жестів та ін.

Більш поширене поняття інформації, що використовується в наукових дисциплінах: це відображення одних об'єктів в інших, сукупність відомостей, знань, що отримуються, передаються, перетворюються живою або неживою системою, реєструються, фіксуються й можуть використовуватись для управління нею.

Відображення одного об'єкта в іншому – це загальна властивість матерії. Відображення не завжди є прямою взаємодією об'єктів. Як правило, воно виникає в результаті відношень проміжних об'єктів, як, наприклад, зображення на фотографії виникає за допомогою світла, відбиток печатки на папері – за допомогою чорнил, відтворення звуків – за допомогою звукових хвиль. Ці проміжні об'єкти виступають як носії інформації, їх називають сигналами. Сигнал – це матеріальний носій інформації, який містить певні відомості, це засіб передачі інформації у просторі й часі.

Отже, сигналом є певний матеріальний об'єкт, інформація відображує якраз стан цього об'єкта. Змінення стану об'єкта може відбуватись у часі й просторі. Перш за все необхідною властивістю сигналів є їх стійкість, тобто збереження певного стану протягом часу й при переміщенні в просторі. Залежно від стійкості сигнали бувають двох типів: статичні й динамічні.

Статичні сигнали – це такі матеріальні об'єкти–носії інформації, стан яких можна задати, і після цього він залишається незмінним протягом довгого проміжку часу. Статичні сигнали використовують як носії незмінної інформації. За їх допомогою записують і зберігають інформацію. Це, наприклад, магнітофонна стрічка, книжка, фотографія, кінострічка, голографічна пластинка, грамофонний диск, жорсткий диск комп'ютера, демаркаційні та геодезичні знаки, триангуляційні пункти та ін.

Динамічні сигнали – це матеріальні об'єкти–носії інформації, які змінюються у часі й можуть поширюватись у просторі. Як такі сигнали використовують динамічні властивості звукового, електромагнітного силових полів. Інформація, що передається сигналом, не залежить від його природи. Одна й та ж інформація може передаватись сигналами різної природи. Важливою характеристикою динамічних сигналів є змінювання стану протягом часу. За допомогою такого змінювання передають повідомлення.

Повідомлення – це передача певної інформації за допомогою сигналу.

Важливим результатом використання теорії інформації є встановлення та поглиблення поняття ентропії системи. В теорії інформа-

ції ентропія визначає невизначеність, брак інформації, а змінювання ентропії після одержання певного повідомлення є мірою інформації в цьому повідомленні. Всі ізольовані системи в результаті внутрішніх процесів прагнуть до найбільш зрівноваженого стану, коли ентропія набуває найбільшого значення, тобто такого стану, в якому всі процеси в системі зрівноважуються, а будь-які процеси спрямованого обміну матерією, речовиною або інформацією припиняються.

8.2 Вивчення інформаційної сторони системи. Інформаційні моделі системи

При виконанні системного аналізу, крім вивчення функцій системи і її елементів, матеріальної і енергетичної сторін, потрібно дослідити інформаційні процеси. Системний підхід визначає, що при вивченні будь-якого об'єкта як системи, наприклад, системи управління якістю, проводяться дослідження матеріальної, енергетичної і інформаційної сторін. Вивчення інформаційної сторони системи – це пізнання її цілей, організації сигналів у системі, інформаційних потоків, управління. Інформація в системі відіграє дуже важливу роль. Якщо матеріальні і енергетичні потоки утворюють основу системи, то інформація організує її роботу, забезпечує зв'язки між елементами, управляє її роботою як в цілому, так і частин, забезпечує виконання системою своїх функцій.

Інший погляд на систему є немов би віддзеркаленням функціональної моделі, а саме інформаційної моделі [1]. В інформаційних моделях на відміну від функціональних основним елементом є дані, що зображаються у вигляді блоків, а роботи з даними служать інтерфейсами – дугами. Інтерфейсні дуги об'єднують дані. Ними виступають певні роботи, операції з об'єктами і інформацією. Інформаційні моделі часто називають моделями даних. Згідно з прийнятою термінологією під даними розуміють інформацію, а також об'єкти, що є в системі. Потоками даних вважають передачу інформації, а також переміщення об'єктів у системі. Інколи їх розділяють на матеріальні і інформаційні потоки й цю відмінність вводять у модель під різними позначеннями. В інформаційних моделях всі потоки зображують дугами, у вигляді напрямлених (стрілки) або ненапрямлених ліній.

Інформаційних моделей існує значно більше ніж функціональних. Це свідчить про те, що інформація в системах відіграє велику, а інколи й вирішальну роль. Різноманітні інформаційні моделі виставлені, наприклад, у відомому пакеті ARIS [1]. Він дозволяє будувати більше 80 типів моделей систем. Розглянемо один з них, а саме модель даних типу сутність – зв'язок (ERD-моделі). Ця модель має ве-

лике значення при системному аналізі, застосовується у практиці розробки й використання інформаційних систем.

8.3 Поняття інформаційної системи

Інформаційні системи (ІС) – це прикладний напрямок розвитку інформаційних технологій, призначених для вирішення конкретних задач щодо управління системою і її інформаційним забезпеченням. У широкому розумінні інформаційна система – це будь-яка система обробки інформації. За цільовим призначенням інформаційні системи поділяють на керуючі, інформаційно-довідкові, допоміжні.

Керуючі ІС мають, як правило, складну структуру й призначені для управління роботою конкретної системи.

Інформаційно-довідкові – це системи, що забезпечують обслуговування певного кола спеціалістів, або певні управляючі системи. Вони можуть містити досить великі обсяги інформації, що розміщуються в одному комп'ютері або можуть бути розподілені між декількома комп'ютерами.

Допоміжні системи призначені для підтримки прийняття рішення.

У більш вузькому розумінні інформаційні системи – це сукупність апаратних і програмних засобів, що використовуються для вирішення конкретної прикладної задачі.

Інформаційні системи розрізняють за архітектурою. Поняття архітектури введено через складність інформаційних систем, тому що більшість з них упорядковується великою кількістю елементів і має багато різноманітних зв'язків. У наш час найбільш поширеними є інформаційні системи з архітектурою файл-сервер і клієнт-сервер. Ці системи мають комп'ютерну мережу, до якої входять комп'ютер-сервер і ряд комп'ютерів, що належать клієнтам інформаційної мережі. (Така ж архітектура може бути реалізована й на одному комп'ютері). До складу інформаційної системи входять корпоративні й персональні бази даних. Корпоративні бази даних розміщують на комп'ютері-сервері, яким може бути всякий комп'ютер з достатнім обсягом пам'яті й швидкодією. Відмінність указаних архітектур полягає в наборі функцій, які виконують комп'ютери. В архітектурі файл-сервер комп'ютер, який є сервером бази даних, видає інформацію клієнту файлами без обробки. В архітектурі клієнт-сервер здійснюється обробка інформації сервером і клієнту видається вже оброблена інформація.

Важливими елементами інформаційних систем є бази даних і системи управління базами даних (СКБД). Бази даних відрізняються моделями даних, що сьогодні використовуються. Це ієрархічна, сіткова, реляційна, постреляційна, багатовимірні; об'єктно-орієнтована,

квадратомічна моделі.

Ці моделі визначають порядок розміщення даних, доступ до них. Ієрархічна модель – це таке розміщення даних, яке може бути описане у вигляді ієрархічного дерева, їй відповідає деревоподібний граф. Сіткова – це розміщення даних у вузлах певної мережі, сітки, їй відповідає довільний плоский граф. У реляційній моделі дані розміщуються в окремих таблицях, а між таблицями встановлюються певні зв'язки. Постреляційна модель – це подальший розвиток реляційної моделі, в якій є багатозначні поля асоціацій. У багатовимірній моделі існує цілий ряд координат пошуку даних, кількість координат перевищує дві. Об'єктно-орієнтована модель відповідає певним об'єктам, пошук у ній здійснюється за ознаками об'єктів. Квадратомічна – це модель, у якій дані розміщуються відповідно до графа квадратомічного дерева, в якому на кожному наступному рівні є чотири розгалуження. Дані квадратомічної моделі розміщують аналогічно розташуванню даних на картах різного масштабу, коли дані нижчого рівня є більш детальними, відповідають даним карти більш дрібного масштабу, уточнюють, деталізують, доповнюють дані верхнього рівня.

Системи управління базами даних (СУБД) – це програмні продукти, що забезпечують збереження даних, доступ до них, їх зміну, редагування та використання.

8.4 Моделі даних «сутність - зв'язок» (ERD–моделі)

Модель «сутність - зв'язок» – це логічна модель системи, в якій інформаційні процеси розглядають з найбільш загальної точки зору. Вона відображає логіку обміну інформацією у системі. Це інформаційна модель системи, що відповідає реляційній моделі даних, тобто в ній прийнято, що дані для кожного типу об'єктів розміщуються окремо й між ними встановлюються певного типу зв'язки. У реляційній моделі дані знаходяться в окремих таблицях і між ними встановлюються певні типи зв'язків. Ця модель широко застосовується для аналізу інформаційних процесів у системах при вивченні процесів управління, а також при розробці інформаційних систем – управляючих, інформаційно-довідкових, систем управління якістю. Її широко використовують при реалізації баз даних.

Логічна модель даних є універсальною моделлю. Розроблено ряд програмних продуктів, в яких використовують цю модель і можуть за нею автоматично будувати бажану базу даних. Є навіть такі програми, які виконують зворотне перетворення, наприклад, працюючої бази даних в логічну модель «сутність - зв'язок». Ця властивість корисна на практиці, коли є програмне забезпечення, створене в одній з

раніше поширених СКБД, і його треба поновити для роботи в іншій СУБД. У такому разі будують логічну модель даних «сутність - зв'язок», а за її допомогою генерують коди бази даних. Отже, модель «сутність - зв'язок» має не тільки велике значення для вивчення інформаційних процесів у системі, але й практичне застосування.

Головними поняттями моделі «сутність - зв'язок» є сутність і зв'язки між сутностями.

Крім цих визначальних понять, важливими є: атрибути сутності; екземпляри сутності; ключ сутності, або ключові атрибути; клас приналежності; ступінь зв'язку.

Сутність – це об'єкт, що має важливе значення в певній предметній області. Під поняттям «сутність» розуміють всі можливі об'єкти в системах, які мають важливе значення. Це можуть бути певні люди або спеціалісти – студенти, водії, продавці та ін.; певні групи людей – студентська група, бригада, служба якості, нація; певні установи – магазин, бібліотека, фабрика; певні предмети – автомобіль, тролейбус, колесо, гайка, гвинт; певні документи – журнали, заяви, протоколи з якості, бланки, усні або письмові повідомлення та багато іншого.

Порядок побудови логічної моделі:

- виділити сутності;
- визначити зв'язки між сутностями;
- описати атрибути сутностей, визначити ключові атрибути;
- уточнити типи зв'язків;
- виконати нормалізацію логічної моделі даних.

Нормалізація логічної моделі – це процес редагування сутностей та їх атрибутів з метою задоволення вимог до бажаної структурної організації даних.

Процес нормалізації полягає в послідовному приведенні структури даних до якомога вищої нормальної форми.

Структура даних містить запитання, де і як розміщено інформацію. Вона має задовольняти певні вимоги, а саме: щоб інформація про кожен об'єкт зберігалась тільки в одному місці, мала мінімальний обсяг і були відсутні аномалії в організації даних. Структура даних визначає, як виконуються операції внесення, видалення й змінювання даних. Питання організації даних і роботи з ними надзвичайно складні. Візьмемо, наприклад, змінювання назви населеного пункту. Відомо, що така заміна потребує витрат значних коштів. На що вони витрачаються? Слід змінити всі вивіски, які є в населеному пункті, на шосейних дорогах і залізницях. Необхідно проінформувати населення, замінити поштову індексацію й внести зміни у всі поштові довідники, а також в розклади руху поїздів, автобусів, у всі довідники, що видаються різними установами не тільки в нашій країні, але й в інших.

Треба замінити географічні карти, атласи. Отже, як видно, робота з даними досить складна. Труднощі виникають не тільки при їх заміні, а також при введенні нових даних або вилученні існуючих. Тому організація даних, їх структура відіграють важливу роль у всякій системі й відображаються в логічній моделі [1].

9 ПРАВИЛА ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМНОГО ПІДХОДУ В УПРАВЛІННІ

У цьому розділі наведено правила застосування системного підходу в управлінні конкурентоспроможністю, а також управлінні якістю [4].

Правило 1. Не компоненти самі по собі складають суть цілого (системи), а, навпаки, ціле як первинне породжує при поділенні (членуванні) або формуванні компоненти системи.

Правило 2. Сума властивостей системи не дорівнює сумі властивостей її компонентів, а з властивостей системи не можна вивести властивості її компонентів (властивість неадитивності системи).

Правило 3. Кількість компонентів системи, що визначають її розмір, має бути мінімальною, але достатньою для реалізації цілей системи.

Структура, наприклад, виробничої системи являє собою сполучення організаційної та виробничої структур.

Правило 4. Для спрощення структури системи варто зменшувати кількість рівнів управління, число зв'язків між компонентами системи й параметрами моделі управління, автоматизувати процеси виробництва і управління.

Правило 5. Структура системи має бути гнучкою, з найменшим числом твердих зв'язків, здатною швидко переналагоджуватися на виконання нових завдань, надання нових послуг та ін. Мобільність системи є однією з умов швидкого пристосування її до вимог ринку.

Правило 6. Структура системи має бути такою, щоб зміни у вертикальних зв'язках компонентів системи впливали на її функціонування. Для цього слід обґрунтовувати рівень делегування повноважень суб'єктами управління, забезпечувати оптимальну самостійність і незалежність об'єктів управління в соціально-економічних і виробничих системах.

Приклад. Потрібно порівняти рівень вертикальної цілісності та надійність функціонування двох структур (рис. 15, а, б).

Аналіз структур показує, що пошкодження будь-якого компонента на будь-якому рівні (крім нульового) виводить з ладу третину системи (рис. 15 а) або шосту частину системи (рис. 15 б). Висновок: у

другій структурі вдвічі швидше виявляється відмовлення (менше рівнів ієрархії для пошуку), система несе вдвічі менші збитки від відмови якого-небудь компонента, тобто друга структура системи порівняно з першою більш ефективна. Однак кількість компонентів, підпорядкованих верхньому рівню управління, залежно від складності розв'язуваних задач має знаходитися в межах від шести до десяти. Перевищення цього показника знижує керованість системи.

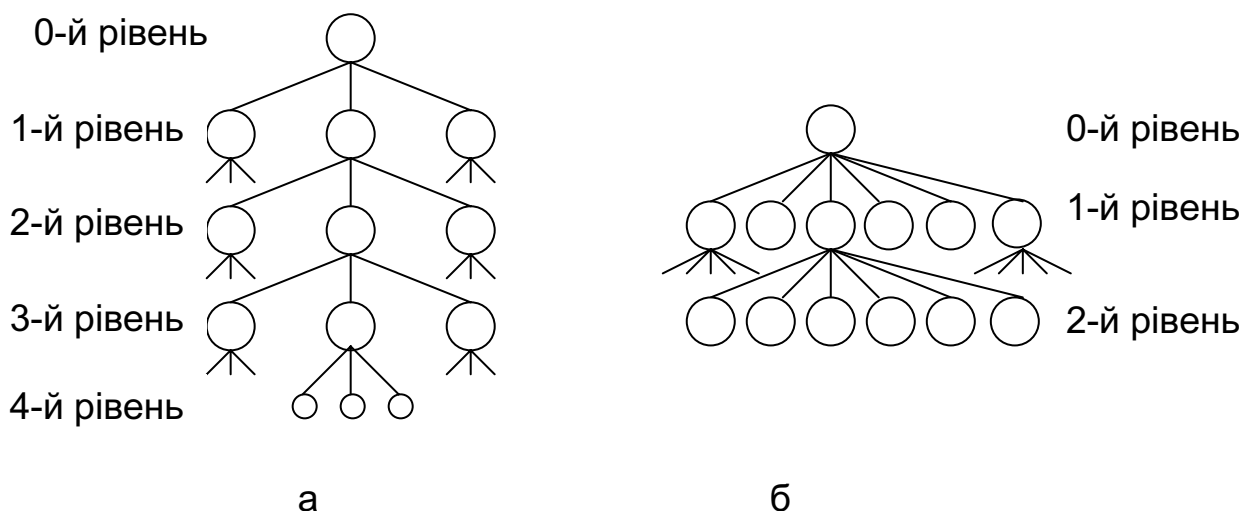


Рисунок 15 – Структури систем з різними рівнями вертикальної цілісності

Правило 7. Горизонтальна відокремленість системи, тобто число горизонтальних зв'язків між компонентами одного рівня має бути мінімальним, але достатнім для нормального функціонування системи. З одного боку, зменшення числа зв'язків підвищує стійкість та оперативність функціонування системи. З іншого боку, встановлення горизонтальних зв'язків дозволяє реалізовувати неформальні відношення, сприяє передачі знань і навичок, забезпечує координацію дій компонентів одного рівня щодо виконання цілей системи.

Правило 8. Вивчення ієрархічності системи й процес її структуризації необхідно починати з визначення систем вищого рівня (чому підпорядковується або куди входить досліджувана система) й встановлення зв'язків з цими системами.

При структуризації системи варто користуватися методами аналізу і синтезу. Спочатку одна людина (група) будує структуру системи (аналізує, визначає внутрішньосистемну ієрархічність), усуває зв'язок між компонентами й набір з назвами компонентів передає іншій людині (групі) для збирання системи (синтезу). Якщо результати аналізу і синтезу збігаються, тобто після збирання системи не залишається

зайвих компонентів й система функціонує, можна вважати, що аналіз і синтез виконані правильно, структуризація системи проведена.

Правило 9. Внаслідок складності й численних описів системи не слід намагатися дізнатися про всі її властивості та параметри. Слід додержуватися розумної межі, оптимального рубежу.

Правило 10. При встановленні взаємозв'язків і взаємодії системи з зовнішнім середовищем слід будувати «чорний ящик» і формулювати спочатку параметри «виходу», потім визначати вплив факторів середовища, вимоги до «входу», канали зворотного зв'язку й в останню чергу проектувати параметри процесу в системі.

Правило 11. Число зв'язків системи з зовнішнім середовищем має бути мінімальним, але достатнім для нормального функціонування системи. Надмірна кількість зв'язків ускладнює управління системою, а їх недостатність знижує якість управління. При цьому має бути забезпечена необхідна самостійність компонентів системи. Для забезпечення мобільності і адаптивності системи слід мати можливість швидко замінювати її структуру.

Правило 12. В умовах зростання глобальної конкуренції та міжнародної інтеграції слід прагнути до росту ступеня відкритості системи за умови забезпечення її економічної, технічної, інформаційної, правової безпеки.

Правило 13. Для побудови, функціонування й розвитку системи в умовах поширення міжнародної інтеграції та кооперування слід досягати її сумісності з іншими системами щодо правового, інформаційного, науково-методичного та ресурсного забезпечення на основі державної та міжнародної стандартизації. В наш час введено в дію міжнародні стандарти щодо систем мір і вимірів, систем якості, сертифікації, аудитової, фінансової звітності й статистики та ін.

Правило 14. Для визначення стратегії функціонування та розвитку системи доцільно будувати дерево цілей.

Правило 15. Для підвищення обґрунтованості інвестицій в інноваційні і інші проекти варто вивчати домінантні (переважні, найбільш сильні) й рецесивні, не розвинені ознаки системи, та вкладати кошти в розвиток перших найбільш ефективних.

Правило 16. З усіх цілей першого рівня перевагу слід віддавати якості будь-яких об'єктів управління як основі задоволення вимог ринку, економії ресурсів у глобальному масштабі, забезпечення безпеки, підвищення якості життя населення.

Правило 17. При формуванні місії й цілей системи слід віддавати перевагу системам більш високого рівня як гарантії розв'язання глобальних проблем.

Правило 18. З усіх показників якості систем перевагу слід від-

давати їхній надійності як сукупності властивостей безвідмовності, довговічності, ремонтпридатності та збереження.

Правило 19. Ефективність і перспективність системи досягається оптимізацією її цілей, структури, системи менеджменту і інших параметрів. Тому стратегію функціонування й розвитку системи слід формувати на основі оптимізаційних моделей.

Правило 20. При формулюванні цілей системи необхідно враховувати невизначеність інформаційного забезпечення. Ймовірний характер ситуацій та інформації на стадії прогнозування цілей знижує реальну ефективність інновацій.

Правило 21. При побудові дерева цілей і формулюванні стратегії системи слід пам'ятати, що цілі системи і її компонентів у значеннєвому й кількісному значеннях, як правило, не збігаються. Однак усі компоненти мають виконувати конкретну задачу щодо досягнення мети системи. Якщо без якого-небудь компонента можна досягти мету системи, то цей компонент зайвий, надуманий або це результат неякісної структуризації системи. Це прояв властивості емерджентності системи.

Правило 22. При побудові дерева цілей системи і оптимізації її функціонування доцільно вивчати прояв властивості її мультиплікативності. Наприклад, безвідмовність системи визначається не додаванням, а множенням коефіцієнтів безвідмовності її компонентів.

Правило 23. При побудові структури системи і організації її функціонування необхідно враховувати, що всі процеси безперервні й взаємно оговорені. Система функціонує й розвивається на основі протиріч, конкуренції, різноманіття форм функціонування й розвитку, здатності системи до навчання. Система існує, поки функціонує.

Правило 24. При формуванні стратегії системи слід забезпечувати альтернативність шляхів її функціонування й розвитку на основі прогнозування різних ситуацій. Найбільш непередбачені фрагменти стратегії доцільно планувати у декількох варіантах, щоб охопити різні ситуації.

Правило 25. При організації функціонування системи слід враховувати, що її ефективність не дорівнює сумі ефективностей функціонування підсистем (компонентів). При взаємодії компонентів виникає позитивний або негативний ефект синергії. Для одержання позитивного ефекту синергії необхідно мати високий рівень організованості системи.

Правило 26. Для зниження інерційності функціонування системи, тобто збільшення швидкості змінювання вихідних параметрів при змінюванні вхідних або параметрів функціонування системи, доцільно орієнтувати виробництво на інтегровані автоматизовані модулі та си-

стеми, що забезпечують мобільність виробництва й швидке реагування на зміни.

Правило 27. В умовах швидкозмінних параметрів зовнішнього середовища система має бути здатною оперативно адаптуватися до цих змін. Найважливішими інструментами підвищення адаптивності функціонування системи є стратегічна сегментація ринку й проектування товарів і технологій за принципами стандартизації і агрегування.

Правило 28. Для підвищення ефективності функціонування системи слід аналізувати й прогнозувати параметри її організованості: показники пропорційності, паралельності, безперервності, прямоструминності, ритмічності та ін., забезпечувати їхній оптимальний рівень.

Правило 29. Структура та зміст системи формуються на ідеях і принципах стандартизації, без дотримання яких вона не може функціонувати. Глобальна конкуренція підвищує питому вагу стандартизованих систем та їх компонентів, особливо в міжнародному масштабі.

Правило 30. Єдиним шляхом розвитку організаційно-економічних і виробничих систем є інноваційний. Упровадження нововведень (у формі патентів, ноу-хау, результатів НДДКР (науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт та ін.) у виробництво нових товарів, технології, методи організації виробництва, менеджмент й ін. являє собою фактор розвитку суспільства.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Сорока К.О. Основи теорії систем і системного аналізу: Навч. посібник. – Х.: Тимченко, 2005. – 288 с.
2. Трофимов К.Б. Методика аудита систем управління качеством: Учеб. пособие. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т „ХАИ”, 2004. – 82 с.
3. Андрианов Ю.М., Субетто А.И. Квалиметрия в приборостроении и машиностроении. – Л.: Машиностроение, 1990. – 216 с.
4. Фатхутдинов Р.А. Управленческие решения: Учебник. – М.: ИНФРА-М, 2004. – 314 с.
5. Колесников Л.А. Основы теории системного подхода. – К.: Наук. думка, 1988.– 176 с.
6. Перегудов Ф. И., Тарасенко Ф.П. Введение в системный анализ. – М.: Высш. школа, 1989. – 367 с.
7. Волкова В.Н., Денисов А.А. Основы теории систем и системного анализа. – Спб: Изд-во СПбГТУ, 1997. – 510 с.
8. Спицнандель В.Н. Основы системного анализа: Учеб. пособие. – Спб.: Бизнес-пресса, 2000. – 326 с.

Андріанова Ольга Сергіївна
Трофимов Кирило Борисович

СИСТЕМНИЙ ПІДХІД В УПРАВЛІННІ ЯКІСТЮ

Редактор В.М. Коваль

Зв. план, 2007

Підписано до друку 23.11.2007

Формат 60×84¹/16. Папір офс. № 2. Офс. друк

Ум. друк. арк. 3,9. Обл.-вид.арк. 4,38. Наклад 100 прим.

Замовлення 538. Ціна вільна

Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського

«Харківський авіаційний інститут»

61070, Харків–70, вул. Чкалова, 17

<http://www.khai.edu>

Видавничий центр «ХАІ»

61070, Харків – 70, вул. Чкалова, 17

izdat@khai.edu