

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ДОНБАСЬКА ДЕРЖАВНА МАШИНОБУДІВНА АКАДЕМІЯ

# КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

з дисципліни

«ОСНОВИ ТЕОРІЇ СИСТЕМ І СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ»

(для студентів денної та заочної форм навчання  
спеціальності «Менеджмент»)

Краматорськ 2003

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ДОНБАСЬКА ДЕРЖАВНА МАШИНОБУДІВНА АКАДЕМІЯ

# КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

з дисципліни

«ОСНОВИ ТЕОРІЇ СИСТЕМ І СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ»

(для студентів денної та заочної форм навчання

спеціальності «Менеджмент»)

Затверджено на засіданні  
методичного семінару  
кафедри технічної механіки  
Протокол № 1 від 15.10.02

Краматорськ 2003

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Донбаська державна машинобудівна академія

Кафедра технічної механіки

Укладачі:

О.Г.Водолазська

Н.В.Водолазська

# КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

з дисципліни

«ОСНОВИ ТЕОРІЇ СИСТЕМ І СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ»

(для студентів денної та заочної форм навчання

спеціальності «Менеджмент»)

До друку  
50 примірників  
Проректор з  
навчальної роботи  
\_\_\_\_\_ А.М.Фесенко

Затверджено на засіданні  
методичного семінару  
кафедри технічної механіки  
протокол № 1 від 15 10.02

Краматорськ 2003



УДК 517; 519.6

Конспект лекцій з дисципліни «Основи теорії систем і системного аналізу» (для студентів денної та заочної форм навчання спеціальності «Менеджмент») /Укл.: О.Г.Водолазська, Н.В.Водолазська. – Краматорськ: ДДМА, 2003.- 75 с.

Представлено теоретичний матеріал з дисципліни «Основи теорії систем і системного аналізу». Приведений список рекомендованої літератури.

Укладачі:

О.Г.Водолазська, доц.

Н.В.Водолазська, асис.

## ЗМІСТ

Вступ	4
1 Системний підхід до рішення проблеми	6
2 Загальна теорія систем	9
2.1 Первинна класифікація систем	9
2.2 Теорія технічних систем	14
2.3 Основні поняття і визначення теорії систем	16
2.4 Типи систем	17
2.5 Відношення в системах	19
2.5.1 Типи і види відношень	19
2.5.2 Типи задач теорії систем	21
2.5.3 Символічне зображення систем	21
3 Моделювання систем	23
3.1 Основні поняття і визначення	23
3.2 Вербально-інформаційний опис системи як початковий етап моделювання	26
4 Загальні принципи і методи системного аналізу	28
4.1 Метод декомпозиції систем. Аналіз і синтез систем	28
4.2 Задачі системного аналізу і його етапи	34
4.3 Вплив типу рішення проблеми на її реалізацію	36
5 Системний аналіз як метод обґрунтування рішення	38
6 Дослідження операцій і аналіз систем	42
6.1 Загальні задачі дослідження операцій	42
6.2 Приклади задач дослідження операцій економічного змісту	48
6.3 Класифікація задач дослідження операцій	52
7 Системи з управлінням	55
7.1 Аналіз керованої системи	57
7.2 Структура і аналіз керованої системи	59
8 Проблеми ієрархічного управління в складних системах	66
Література	74

## ВСТУП

За останні роки з'явилась велика кількість нових наукових і технічних дисциплін, а також і напрямків. Настільки невизначеними стали границі між науками і спеціальностями, що сьогодні фізик за фахом нерідко занурений у проблеми біології, біологу часто приходится розробляти електронну апаратуру, лінгвісту звертатися до основ математики, а математику займатися розшифруванням стародавніх мов. Число подібних прикладів справді безмежне, але в усій цій «плутанині» все відвертіше проявляються тенденції до осмислення процесів, що відбуваються в науці з єдиних позицій, щодо наведення «наукового порядку».

Особливо яскраво ці тенденції проявляються на сучасному етапі, коли накопичення знань придбало буквально лавиноподібний характер, коли нові наукові і технічні дисципліни виникають з страшенною швидкістю і коли, з іншого боку, все більш наполегливо здійснюються спроби підвести єдину теоретико-методологічну базу під цільові комплекси дисциплін.

Один із напрямків «руху за об'єднання» проходить під прапором ідей кібернетики, в якій центральну роль відводиться таким поняттям, які широко використовуються в багатьох галузях знань, а саме поняттям “система”, “управління”, “структура”, “зворотний зв'язок”, “інформація” та ін. Кібернетика з моменту свого виникнення в якості одного із основних методологічних принципів проголосила принцип синтезу знань, одержаних в різних галузях науки, техніки і економіки. Правда, подібні «рухи» спостерігались неодноразово і в минулому, але тоді їх ініціаторами були, головним чином, філософи та фахівці з так званих «не точних» гуманітарних наук в той час, коли сьогоднішній рух зв'язаний з насущними потребами повсякденної практики.

Початок було покладено в 1959 р. в Кейсовському технологічному інституті (Клівленд, штат Огайо), де був створений центр дослідження систем



або, точніше, центр системних досліджень, згуртувавши відділи дослідження операцій, обчислювальної техніки і автоматики. Перед цим науковим колективом, який очолив відомий спеціаліст з автоматики професор Д.Екман, були поставлені дуже широкі і складні задачі. Центр повинен був приступити до розробки якісно нових методів аналізу, синтезу і вивчення складних або великих систем, створити методологію системних досліджень, сприяти розвитку загальної теорії великих та складних систем.

Фундаментальна проблема загальної теорії систем – з'ясування законів, які визначають принципи утворення, поведінки і розвитку будь-яких реальних систем, де під системою розуміють цілісність, яка складається із множини елементів довільної матеріальної і абстрактної природи, котрі знаходяться в деяких заданих відношеннях один з одним.

В рамках загальної теорії систем планується здійснити спроби точного кількісного визначення і дослідження таких понять як “доцільність”, “організація”, «цілісність» та деякі інші, котрі раніше вважалися недоступними для точного вивчення.

В загальній теорії систем застосовуються два методи дослідження. Один з них – емпірично-інтуїтивний. Він забезпечує зв'язок з реальним світом і дозволяє проводити експериментальну перевірку теоретичних побудов. На базі цього метода визначені всі основні фундаментальні поняття загальної теорії систем. Другий метод – логічно-дедуктивний, який відрізняється суворістю висновків, але йому властивий ряд обмежень, головне з яких є те, що в рамках цього метода не піддаються дослідженню відкриті системи, які займають важливе місце в загальній теорії систем.

Таким чином, загальна теорія систем намічає шляхи подальшого розвитку зв'язків меж науковими дисциплінами і демонструє прагнення до ліквідації «відомчого» бар'єра в науці.

# 1 СИСТЕМНИЙ ПІДХІД ДО РОЗВ'ЯЗАННЯ ПРОБЛЕМ

Системний аналіз як загальна методологія цілеспрямованої діяльності набув визнання в прикладних науково-технічних дисциплінах. Останні десятиріччя він почав застосовуватися в управлінні організаціями та прийнятті рішень, які стосуються адміністративних, фінансових, економічних та виробничих проблем. З огляду на розширення сфери впливу системного аналізу у навчальному посібнику наводяться початки теорії цілеспрямованих систем, їхнього моделювання та дослідження, орієнтовані на використання в економіці, менеджменті та бізнесі.

Терміни *“теорія систем”* і *“системний аналіз”* або, більш коротко – *“системний підхід”*, незважаючи на період більш як 25 років їх використання, все ще не знайшли загальноприйнятого, стандартного тлумачення.

Причина цього факту заключається, скоріше всього, в динамічності процесів в галузі людської діяльності і, крім того, в принциповій можливості використовувати системний підхід практично в якій завгодно задачі, котру ставить і вирішує людина.

Навіть у визначенні самого поняття *“система”* можна виявити достатньо багато варіантів, частина з яких базується на глибоко філософських підходах, а друга використовує повсякденні обставини, спонукаючи нас до рішення практичних задач системного плану.

Зростаюча складність проблем, що виникають у різних галузях діяльності людей, підприємств, організацій, обумовила появу різноманітних підходів та методів, за якими створювались певні технології поводження з цими проблемами. У різних сферах практичної діяльності такі технології разом з теоретичними основами дістали різні назви: у виробничому, адміністративному, політичному управлінні – «менеджмент», «системний та ситуаційний аналіз», «стратегічне планування», у військових та економічних питаннях – «методи

дослідження операцій», «методи математичного моделювання та передбачення», в наукових дослідженнях – «методи статистичного, імітаційного та системного моделювання», «методологія та планування експерименту», в інженерно-конструкторській справі – «методи проектування», «методи інженерної творчості», «системотехніка» – тощо.

Усі ці теоретичні та прикладні напрямки утворювали єдиний потік загального системного підходу до розв’язання проблем і подолання складностей. Так поступово виникли системні дослідження, що базувались на загальній системології, теорії систем і теорії організацій. На формування загальної теорії систем, системного підходу та системного аналізу вирішальний вплив мали роботи Людвіга ван Берталанфі (1901-1972) – австрійського біолога теоретика, який у 40-х роках працював у США і Канаді. Після перших публікацій та періоду, коли інтелектуальний клімат у науці ще не сприяв розвитку ідей системного аналізу, з середини 50-х років стан поступово змінився. Ідеї системного підходу набули визнання та поширення особливо в США. Поняття *«система»* стало одним із основних у кібернетиці.

Більш важливо зрозуміти перевагу погляду на цей світ з позицій *“системного підходу”*: можливість формулювати, ставити і розв’язувати, по можливості, дві задачі:

- розширити і поглибити особисте уявлення про “механізм” взаємодії об’єктів в системі, вивчити і, можливо, відкрити нові його властивості;
- підвищити ефективність системи в тому плані її функціонування, який цікавить нас більш за все.

Використовуючи класичне визначення кібернетики як науки про загальні закони одержання, зберігання, передачі і перетворення інформації (кібернетика в дослівному перекладі – мистецтво управляти), можна вважати теорію систем і системного аналізу (ТССА) фундаментальним розділом економічної кібернетики.

ТССА, як галузь науки, може бути розділена на дві, достатньо умовні частини:

- теоретичну, використовуючи такі галузі, як теорія імовірностей, теорія інформації, теорія ігор, теорія графів, теорія розкладу, теорія рішень, топологія, факторний аналіз та ін.;

- прикладну, засновану на прикладній математичній статистиці, методах дослідження операцій, системотехніці та ін.

Таким чином, ТССА широко використовує досягнення багатьох галузей науки і це “захоплення” безперервно розширюється.

До арсеналу методів, які використовуються у прикладному аналізі, що має міждисциплінарний характер, належать як методи добре формалізованих напрямів (оптимізація, кількісне прийняття рішень), так і методи, що спрямовані на формалізацію (експериментальні дослідження, побудова моделей), а також слабко формалізовані методи (експертні оцінки) та операції, що не формалізуються (формулювання проблем, виявлення цілей, визначення критеріїв діяльності, генерування альтернатив тощо).

Під час дослідження реальної системи і прийняття рішень доводиться зустрічатися з великою кількістю різноманітних задач. Бути професіоналом у кожній з них людина не може. Але той, хто керує системним дослідженням та прийняттям рішень, повинен мати досить широку освіту та досвід, необхідні для розпізнання та класифікації конкретних проблем, для визначення, до яких фахівців потрібно звернутися, щоб виконати аналіз на високому професійному рівні.

Сучасний *системний аналіз є прикладною дисципліною, спрямованою на з'ясування причин реальних складностей, а також на вироблення варіантів їх усунення.* У розвиненій формі системний аналіз включає рекомендації щодо впливу на проблемну ситуацію, що веде до покращання стану. Поява проблем може бути ознакою недостатнього системного підходу;

розв'язання проблем, як правило, є результатом підвищення системності у діяльності.

## 2 ЗАГАЛЬНА ТЕОРІЯ СИСТЕМ

### 2.1 Первинна класифікація систем

Під *системою* розуміється множина елементів довільної природи, що мають зв'язки, утворюючи певну цілісність.

*Оточуючим*, або зовнішнім середовищем називається все, що не належить системі та може впливати на неї.

Іноді розрізняють середовища прямої та опосередкованої дії на систему. До першої відносять те, що містить фактори, які безпосередньо впливають на систему, а до другої – таку частину середовища, фактори котрої можуть не мати негайного та прямого прояву у системі, але все ж таки впливають на неї.

До *основних особливостей* систем належать:

- цілісність;
- відносна відокремленість від оточуючого середовища;
- пов'язаність із середовищем;
- структурованість, тобто існування в системі певних частин та зв'язків між ними;
- певна цілеспрямованість системи.

Зауважимо, що остання характеристика системи має велике значення у застосуваннях теорії систем.

*За природою елементів* розрізняють матеріальні та абстрактні системи.

Перші поділяють на:

- системи неорганічної природи, наприклад, технічні, фізичні, геологічні, хімічні системи;

- живі системи – організми, популяції, екосистеми.

Особливий клас матеріальних живих систем утворюють соціальні системи від найпростіших соціальних об'єднань (родина, організація) до соціально-економічної системи суспільства.

Прикладами абстрактних систем є гіпотези, теорії, наукові знання, мовні системи, логічні системи тощо.

*За походженням* системи поділяються на природні, штучні та змішані.

*Природні системи* – це багатокomпонентні об'єкти, які мають властивості систем і виникають внаслідок природних процесів.

*Штучна система* – це система, яка створена людиною як засіб для досягнення певної мети.

*Мета* – це суб'єктивний образ неіснуючого, але бажаного стану середовища або об'єкта, який би розв'язав проблему, що виникла. Приклади систем, що реалізують певні цілі, подані в таблиці 1.

Таблиця 1

Мета	Система
Вказати час у потрібний момент	Годинник
Передати зображення та звук на якусь відстань практично миттєво	Телебачення
Забезпечити пересування великих мас людей у місті	Транспорт
Мати можливість отримувати воду, знаходячись на якійсь відстані від її джерела	Водопровід
Мати можливість контролювати кількість отриманих енергоносіїв	Лічильник
Прослуховувати улюблені музичні композиції за власним бажанням	Магнітофон

Зв'язок мети та системи, взагалі кажучи, неоднозначний: різні системи можуть бути орієнтовані на одну мету; одна система може мати і часто має декілька різних цілей. Якщо розширити поняття мети, вважаючи будь-який майбутній стан системи об'єктивною метою, то можна казати про цілеспрямованість і природних систем.

*Змішані системи* мають штучні та природні підсистеми. Наприклад, лісове господарство поряд з лісовими ділянками має механізми для добування і обробки деревини.

Класифікація систем за їх походженням подана на рисунку 1.

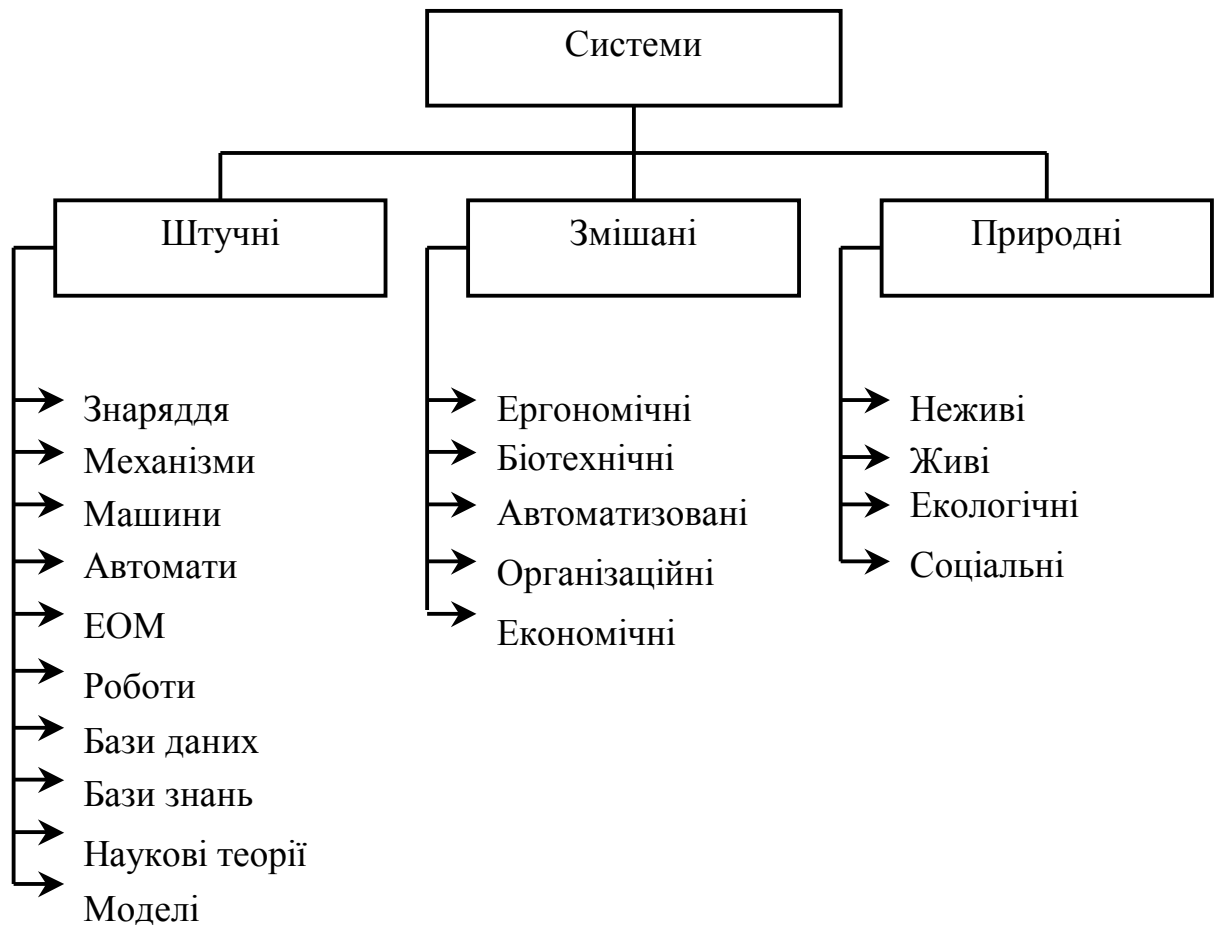


Рисунок 1 – Класифікація систем за їх походженням

Особливий клас утворюють соціально-технічні системи, до складу яких входять не тільки техніка, але індивідууми і колективи, пов'язані з роботою системи. Одним з найпоширеніших класів таких систем є організаційні системи або організації, що складаються з груп людей, діяльність яких свідомо координується для виконання певних функцій або для досягнення загальних цілей з використанням певних технічних засобів або технологій. Ідеологічну основу для визначення мети соціально-технічної системи становить система її цінностей. Вона є об'єктом системного аналізу на стадії виявлення дійсних цілей осіб, що входять до системи, бо офіційно декларовані цілі можуть не збігатися з дійсними.

*За взаємодією із зовнішнім середовищем* розрізняють два типи систем: замкнені та відкриті.

*Замкнена або закрита система* має фіксовані межі, її дія характеризується високим ступенем незалежності від оточуючого середовища. Наприклад, годинник звичайно тлумачиться як замкнена система. Доки в ній існує джерело енергії, доти система не залежить від середовища.

*Відкрита система* характеризується взаємодією із зовнішнім середовищем. Енергія, інформація, речовина, матеріали є об'єктами обміну відкритої системи з середовищем через межі системи. Звичайно відкрита система має властивість тією чи іншою мірою пристосовуватись до змін у зовнішньому середовищі і повинна це робити, щоб продовжувати своє існування та дію. Прикладом відкритої системи являється організаційна система.

Існування будь-якої організації залежить від зовнішнього світу. Навіть для монастиря необхідно, щоб час від часу до нього приходили люди, надходили продукти, підтримувались зв'язки з церквою, що заснувала його. Недоліки підходів старих шкіл до управління полягали насамперед у недостатньому розумінні відкритості організаційних систем.



Системи, для дослідження яких з метою управління не вистачає матеріальних ресурсів часу, бази даних, інших засобів, вважаються *великими*. Тобто великими є системи, дослідження яких має труднощі, пов'язані з розмірністю. Прикладами великих систем є економічна система країни, нейрофізична система мозку людини тощо.

Системи, при дослідженні яких не вистачає інформації для ефективного управління, тлумачать як *складні*.

Ознакою *простої* системи є порівняно невеликий обсяг інформації, потрібний для успішного управління нею.

Внаслідок недостатньої інформації управління складною системою може давати непередбачені наслідки. Є два основних способи переведення складної системи у просту. Перший полягає у з'ясуванні причин складності, отриманні необхідної інформації та введенні в модель системи. Другий – зміна мети системи.

Зауважимо, що наведене поняття системи є досить широким і дозволяє розглядати як системи практично всі об'єкти, а також багато явищ та процесів різної природи.

Надалі найбільше уваги будемо приділяти із штучних систем – технічним системам, а із змішаних – економічним. Для студентів з економічним фахом навчання найбільш цікавими будуть звичайно системи економічні. А глобальною задачею системного підходу – удосконалення процесу управління економікою. Тому для економістів і менеджерів предметом системного аналізу будуть являтися питання відбору, зберігання і обробки інформації про економічні об'єкти і технологічні процеси.

Разом з цим, в теорії систем є своє “ядро”, свій особливий метод – системний підхід до виниклих задач. Сутність цього методу достатньо проста: всі елементи системи і всі операції в ній повинні розглядатися тільки як одне ціле, тільки в сукупності, тільки з урахуванням взаємозв'язків одне з іншим.

Таким чином, ми можемо формалізувати визначення терміну “система”, а саме:

*система – це багаторівнева конструкція із взаємодіючих елементів, об’єднаних у підсистеми декількох рівнів для досягнення єдиної цілі функціонування (для досягнення цільової функції).*

## 2.2 Теорія технічних систем

Технічні системи (TS) – це і не механізми, і не автомати у чистому вигляді. Викладемо концепцію сучасного поняття теорії технічних систем:

а) мета теорії полягає у тому, щоб привести усі знання в єдиний комплекс понять, визначень і положень, беручи за основу закономірності структури, побудови і використання технічних систем, а не окремих експериментальних даних, що мають відношення до цих систем;

б) структура теорії повинна уміщати основні положення, а саме:

- систему понять,
- систему перетворень,
- технічний процес як елемент системи перетворень,
- технічну систему як елемент системи перетворень,
- призначення TS,
- властивості і оцінку TS,
- виникнення і розвиток TS,
- еволюцію TS,
- систематику – класи, типи і види TS;

в) види теорії. У відповідності з галузями використання розуміють:

- загальну теорію технічних систем (для усіх технічних систем, в тому числі і машинних систем);
- спеціальні теорії, які конкретизують загальну теорію (наприклад, теорія верстатів, теорія металообробних верстатів, теорія токарних верстатів).

Особливе положення займають спеціальні теорії, котрі можуть бути використані для кількох галузей техніки, наприклад: теорія механізмів і машин, теорія деталей машин;

г) взаємозв'язок теорії з іншими дисциплінами. Теорія технічних систем базується на цілій низці наукових дисциплін, число яких збільшується і роз-

ширяється. Це «класичні дисципліни» (фізика, теоретична механіка, хімія та ін.), а також економіка, ергономіка, логіка та ін. З другого боку теорія технічних систем додає визначеності багатьом інженерним дисциплінам, пов'язаним з конструюванням, виготовленням, випробовуванням, збутом, вводом в дію або ліквідацією систем (наприклад, опір матеріалів);

д) використання теорії технічних систем. Крім практичної користі, теорія має також пізнавальне значення. Дозволяє встановити взаємозв'язки і межі між окремими дисциплінами і внести додатковий порядок.

### **Висновки:**

1 Теорія виявляє закономірності, які справедливі для всіх об'єктів техніки. Вона сприяє перенесенню професійного досвіду із однієї галузі в іншу за допомогою переносу системних категорій.

2 Об'єднання всіх об'єктів техніки в клас «технічні системи» дозволяє розробити підхід до інженерної діяльності, не пов'язаний з конкретним об'єктом техніки, і цей підхід можна використовувати у всіх спеціальних галузях. В межах цього підходу можна вивчати і розробляти методи конструювання технічних систем взагалі і систем визначеного класу окремо.

3 Праця з абстрактними поняттями призведе до того, що інженер повинен використовувати наукові методи там, де досвіду або ж уявлення недостатньо. Таким чином виникають умови, які дозволяють відійти від застарілих традицій і шаблонів.

4 Теорія TS дозволяє викласти будь-яку технічну проблему цілісно, з точки зору системного підходу, що допомагає ефективному конструюванню та успішному виконанню інших інженерних робіт.

5 Використання кібернетики і її понять дозволяє поліпшити зв'язки між інженерами і вченими. Крім того, при цьому поліпшується формалізація деяких операцій у процесі конструювання, так як розширення використання обчислювальної техніки потребує побудови логічних операцій. Таким чином, теорія TS пов'язана з розвитком автоматизованого проектування.

6 Формування класів технічних систем надає інженерам базу для утворення можливостей для того, щоб із безлічі можливих рішень обрати найкращі. Практичною формою надання такої інформації є побудова каталогу конструкцій.

### 2.3 Основні поняття та визначення теорії систем

Вибір понять і визначень здійснювався за такими принципами:

- широке використання термінів в їх закоренілому значенні, котре може бути лише уточнене;
- орієнтація в термінологічному плані на фундаментальні науки (математика, кібернетика, та ін.) з урахуванням того, що терміни, які вводяться повинні охоплювати і галузь техніки;
- використання, де це можливо, міжнародних термінів, що поліпшує їх зрозуміння на міжнародному рівні.

**Множина** – це сукупність об’єктів – елементів множини, які можна наглядати або уявити. За кількістю елементів розрізняють кінцеві і нескінчені множини. Якщо  $X$  – елемент множини  $M$ , то записують  $X \in M$ . Дві множини  $M$  і  $N$  еквівалентні між собою, якщо кожному елементові множини  $M$  точно відповідає елемент  $N$  і навпаки. Якщо усі елементи  $N$  вміщені в  $M$ , то  $N$  називають підмножиною  $M$ , тобто  $N \in M$ . Співкупність усіх елементів  $M$ , що не належать  $N$  мають назву доповнення множини  $N$ .

**Системою** ми називаємо співкупність, що утворена (згідно правил) із кінцевої множини елементів. При цьому між елементами системи існують певні відносини. Можливі також системи, в які входять ізольовані елементи (або їх групи), котрі не мають відносин з іншими елементами.

Система може бути розподілена на підсистеми різної складності.

Поняття “**система**” знаходиться в одному ряду з такими поняттями як призначення, поведінка, структура, оточення, вхід, вихід, властивості, стан.

Деякі поняття вже зустрічались.

**Вхід** – це зовнішнє відношення “*оточуюче середовище - система*”.

**Вихід** – зовнішнє відношення “*система - оточуюче середовище*”.

**Властивість** – це будь-яка суттєва ознака об'єкту. Сукупність значень властивостей системи в певний момент часу називається **станом** системи.

Модель системи наглядно ілюструє всі наведенні вище визначення (рисунки 2).

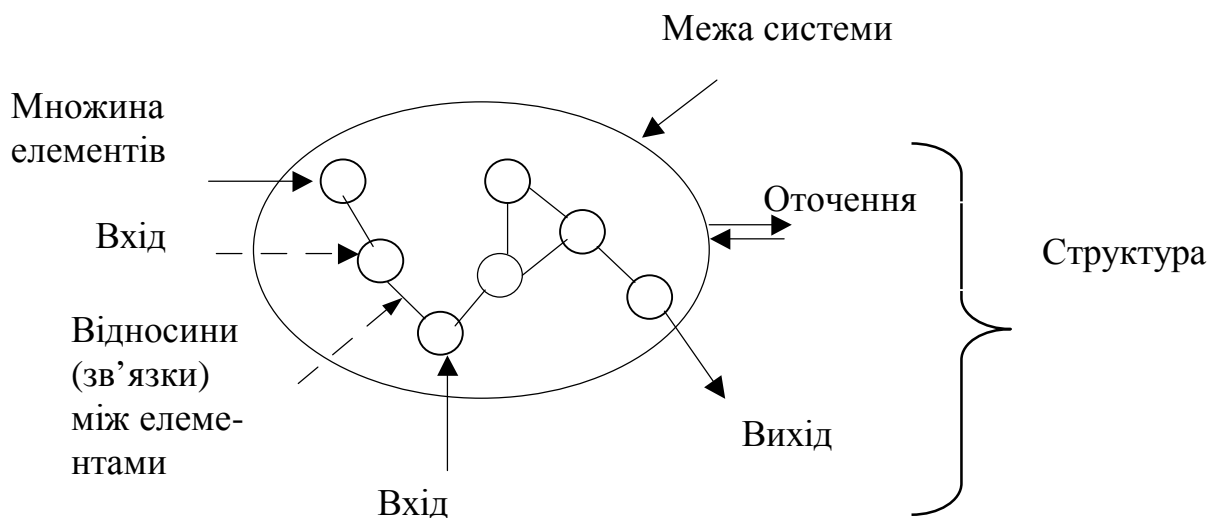


Рисунок 2 – Загальна модель системи

## 2.4 Типи систем

Використовуючи різні критерії, можна встановити велику кількість типів систем, а саме:

а) за призначенням системи в ієрархії:

- *над система,*
- *систем,*
- *підсистема;*

б) за зв'язками з оточенням:

- **відкриті** (з певним оточенням, тобто хоча б з одним входом і одним виходом),
- **замкнені** (без зв'язків з оточенням);

в) за зміною стану:

- **динамічні** (стан змінюється з часом),
- **статичні** (стан не змінюється з часом);

г) за характером функціонування:

- **детерміновані** (в залежності від стану системи можна однозначно судити про її функціонування),
- **стохастичні** (можна тільки виказати припущення відносно різних можливих варіантів функціонування);

д) за типом елементів (стосовно їх конкретності):

- **конкретні** (елементами являються реальні об'єкти),
- **абстрактні** (елементи – абстраговані об'єкти);

е) за походженням:

- **природні** (утворенні природою),
- **штучні** (створені людьми),
- **змішані**;

ж) за характером залежності виходів:

- **комбінаторні** (вихід залежить тільки від входу),
- **секвентивні** (вихід залежить від входу та інших причин);

з) за ступенем складності структури:

- **надскладні** (наприклад; мозок, народне господарство),
- **дуже складні** (повністю автоматизоване підприємство, виробничий комплекс),
- **складні** (легковий автомобіль, бібліотека університету),
- **прості** (родинна бібліотека, болтове з'єднання);

і) за видом елементів:

- *системи* типу “*об’єкт*” (будинок, двигун, машина),
- *системи* типу “*процес*” (виготовлення, фільтрація).

## 2.5 Відношення в системах

### 2.5.1 Типи і види відношень

Відношенням ( $R$ ) називається взаємозалежність або взаємодія двох і більше об’єктів чи явищ абстрактного або конкретного типу. Відношення зв’язують окремі елементи в різних системах. Вираз “об’єкт  $X$  знаходиться у відношенні до об’єкта  $Y$ ” символічно позначається  $R(x,y)$ . Відношення можуть бути рефлексивними, симетричними або транзитними.

1 *Рефлексивність* – кожний об’єкт еквівалентний самому собі;

2 *Симетричність* – якщо один об’єкт еквівалентний другому, то другий об’єкт еквівалентний першому;

3 *Транзитність* – два об’єкти еквівалентні між собою, якщо кожен з них по одинці еквівалентний між собою, якщо кожен з них по одинці еквівалентний третьому.

Якщо виконуються всі умови, то відношення має назву відношення еквівалентності. Відношення між двома об’єктами називається кореляцією. Кореляція – це математична модель в узагальненій формі.

### Основні визначення

*Подібність* – це відношення збіжності між двома чи більше системами (об’єктами, процесами), визначені деякими загальними властивостями.

*Аналогія* – відповідність суттєвих ознак, властивостей, структур чи функцій об’єктів чи явищ.



**Гомоморфізм** – відношення між двома системами, коли кожен складову частину і кожне відношення однієї системи можна відобразити на деяку складову частину і деяке відношення другої системи (але не навпаки), наприклад, можна перенести результати експериментів з моделі на натуру.

**Ізоморфізм** – це відношення між двома системами, якщо кожній складовій частині однієї системи відповідає визначена складова частина іншої і навпаки (симетричність).

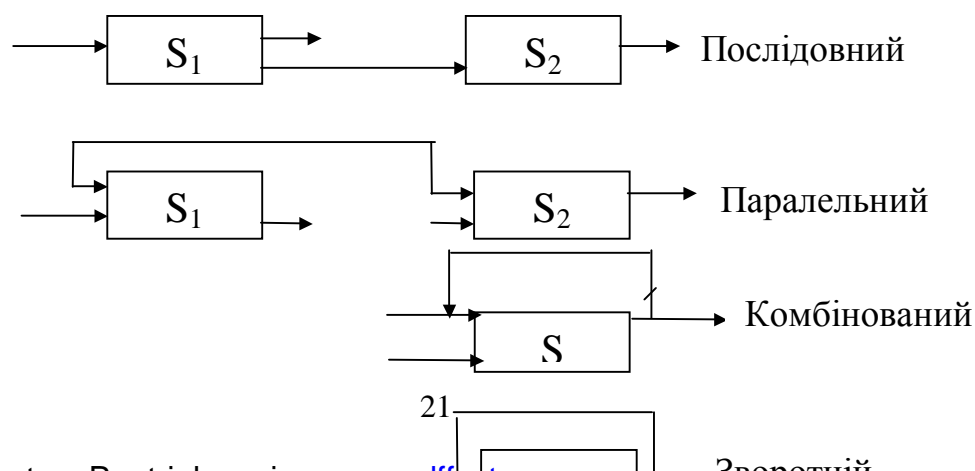
**Ідентичність** – це відношення між об'єктами чи процесами, що характеризуються однаковими властивостями (ознаками). При абсолютній ідентичності повинні бути однаковими всі властивості; при відносній ідентичності – лише деякі (в цьому випадку має місце подібність).

**Еквівалентність** – це відношення еквівалентності, тобто рівної вартості. Це більш розширене поняття ніж ідентичність, так як для останньої характерна лише рефлексивність.

**Математична функція** –  $y=f(x)$ , тобто вираз, який точно встановлює відношення між  $y$  і  $x$ , тобто детермінований зв'язок.

**Причинність.** Між причиною та дією існують асиметричні відносини. Причина викликає дію, наприклад, “якщо...то”.

**Зв'язок.** Якщо визначені виходи елемента (системи), одночасно являються входами будь-якого елемента (системи), то ці відношення називають зв'язком. Зв'язок може бути прямим (послідовним або паралельним), зворотним або комбінованим (рис. 3). Зв'язок може також бути матеріальним, енергетичним, інформаційним.



### Рисунок 3 – Приклади зв'язку між системами

**Відношення “мета – засіб”.** Це 2-х місцеве асиметричне відношення між системою мети (її призначенням, чи задачею) та засобом реалізації цієї мети.

**Просторове відношення** – характеризує взаємне положення елементів у просторі. Просторові відношення вивчають в топології.

**Логічне відношення** – це відношення між об'єктами типу “ $I_1 < I_2$ ”. Відомі константи (структури): і, або, і-або, не-або, або-або, якщо-то, дорівнює. З цього переліку ясно, що більшість відносин, які описані вище, теж можна вважати логічними відносинами.

**Часові відношення** – відносини такого роду контролюють упорядкування процесів, дії та явищ з впливом часу.

### 2.5.2 Типи задач теорії систем

В зв'язку з системами розглядаються три характерні типи задач:

- 1 Задача “**синтезу**” – задано характер функціонування та інші вимоги до системи, треба визначити структуру, котра задовольняє поставленим вимогам.
- 2 Задача “**аналізу**” – задана структура, треба визначити функціонування системи.
- 3 Задача “**чорного ящика**” – задані система, структура котрої невідома, або відома частково, треба визначити її функціонування і, можливо, структуру.

### 2.5.3 Символічне зображення системи

На схемах та рисунках системи символічно зображують у вигляді чотирикутника, площиною круга, або їх комбінацією, використовуючи для систем типу “об’єкт” (TS) і “процес” (P) різні символи (рисунок 4). Система типу “об’єкт” не потребує особливих пояснень, тому далі зупинимось на системах типу “процес”.

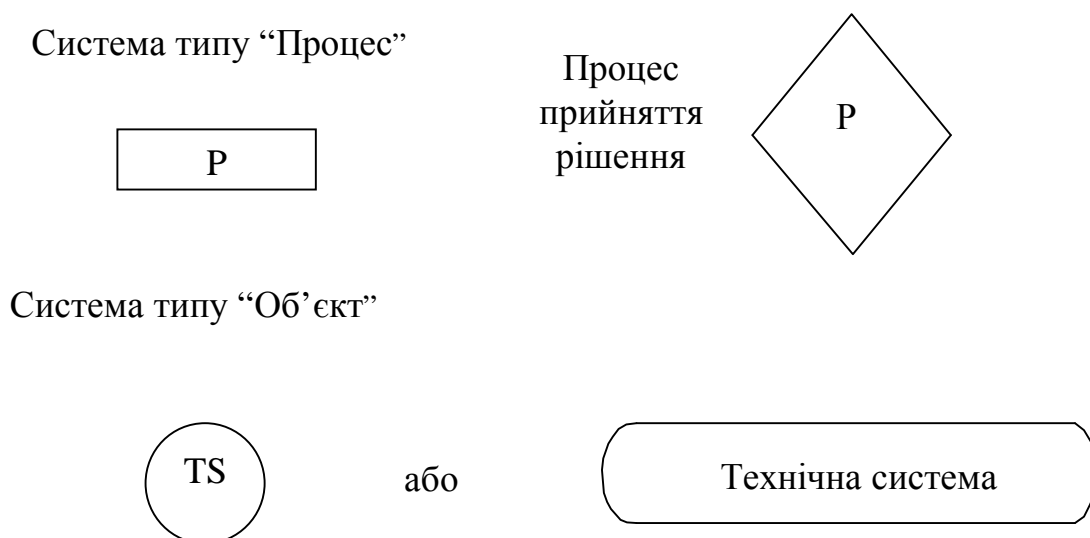


Рисунок 4 – Символічне зображення різних систем

Термін “процес” означає, що здійснюється, або звершується якась діяння, тобто це діяння змінюється з часом. Наприклад, в природному середовищі постійно щось відбувається: старіння, вивітрювання, ерозія, навіть таких об’єктів, які здаються дуже стабільними, та незмінними (гори, ріки, скали та ін..). те ж саме можна віднести і до процесу існування живої істоти.

Наряду з природними процесами людина організовує штучні процеси з метою здійснення необхідних або бажаних для неї змін. Такі зміни служать для задоволення людських потреб. Хоча людина і підкоряється законам

природи, все ж вона може прискорити, підсилити і покращати деякі природні процеси або їх властивості.

Досить типовими видами процесів у техніці являються процеси управління і регулювання. **Управління** – це процес в системі за допомогою якого одна чи декілька вхідних величин діють бажаним чином на інші, які вважають вихідними величинами. **Регулювання** – це процес за допомогою якого деякі зміни величини безперервно порівнюються з еталонними величинами, причому регулювання передбачає зведення відхилень до нульового значення.

## 3 МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ

### 3.1 Основні поняття та визначення

Термін “*модель*” походить від лат. “*modulus – зразок*”. Тобто *модель* - це допоміжний засіб, який в певній ситуації замінює систему при дослідженні її властивостей.

Моделі можуть бути не тільки матеріальними, але й ідеальними, або абстрактними. Моделі – це спеціальні системи, так що світ моделей – це системний світ. Особливого значення в наш час набуває математичне чи машинно-інформаційне моделювання.

З того, що модель є цільовим відображенням деякої системи або об’єкта впливає, що можливі різні моделі того ж самого об’єкта, бо для досягнення різних цілей потрібно розробити та вивчити різні моделі. Цей принцип багатомодельності відображення об’єкта (явища) є одним із головних для сучасного системного аналізу.

*Пізнавальні* моделі є формою організації та зображення знань, а також засобом поєднання нових знань з наявними знаннями.

*Прагматичні* моделі є засобом управління, організації практичних дій або їхніх результатів.

Особливе місце серед абстрактних моделей займають мовні моделі. Неоднозначність, нечіткість природних мов можуть заважати у деяких ситуаціях практичній діяльності. Тоді створюються більш точні професійні мови, ціла складна ієрархія мов у сучасній науці, що завершується формалізованою мовою сучасної математики спеціальними машинними мовами для ЕОМ

Для реалізації модельних функцій потрібно, щоб модель була узгодженою зі своїм культурним середовищем, щоб вона входила в це середовище як його складова частина, а не сторонній елемент. Тобто модель повинна бути *інгерентною* зі своїм середовищем. Таким чином, *узгодженість системи з*

*соціокультурною компонентою називається інгерентністю системи.* Так можна казати про інгерентність організаційних систем, економічних систем, наукових теорій, гіпотез, моделей, творів мистецтва тощо. Неінгерентність, наприклад, наукової теорії або твору мистецтва, незважаючи на їхню велику цінність, може призводити до неприйняття, замовчування або навіть до тяжких конфліктів, намагань знищити як власне твори, так і їх творців. Згадаємо, наприклад, про смерть Сократа, долю Г.Галілея, велику поширеність у світі такого явища, як “відсутність пророка у своїй вітчизні”. З цього боку більш толерантні терплячі суспільства мають незаперечну перевагу над менш толерантними. В основі такої переваги лежать принципи оптимальної переробки інформації, відомі в кібернетиці як закон необхідної різноманітності Ешбі та пов’язаний з ним закон адекватності властивостей об’єкта управління та регулятора Стаффорда-Біра. Найбільш важливими параметрами, за якими система та середовище взаємодіють, є ступені складності та організації. Для побудови штучної системи з адаптацією необхідно мати моделі системи, її зовнішнього середовища та їхніх змін.

Характерною рисою моделей є спрощення відносно оригіналу. Спрощеність моделей є неминучою, тому що оригінал тільки в кінцевому числі відношень відображується при моделюванні і ресурси моделювання обмежені. Крім того, засоби оперування з моделлю обмежені через необхідність інгерентності.

Внаслідок спрощеності виникають якісні розбіжності моделі та оригіналу.

***Модель, за допомогою якої успішно досягається мета, називається адекватною меті.***

Адекватність означає, що вимоги точності, повноти та істинності моделі виконуються не взагалі, а лише достатньою мірою для досягнення мети. Свого часу, наприклад модель сонячної системи Птолемея була невірна, але адекватна у розумінні точності опису руху планет. Треба сказати, що у цій

моделі не все невірне. Звичайно в моделях, крім безсумнівно істинного, є вірне тільки при певних умовах, є щось і хибне.

На схемі (рис. 5) показано основні вимоги, які повинен урахувувати ініціатор та користувач моделювання.

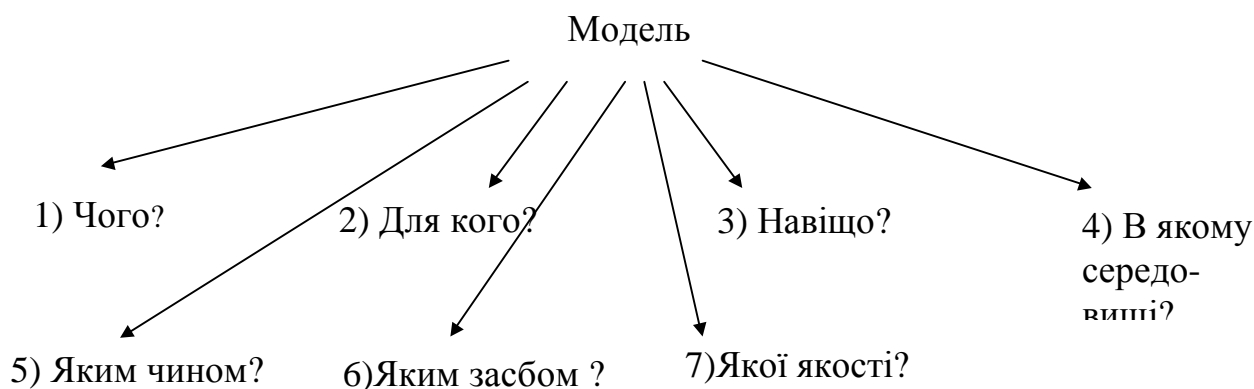


Рисунок 5 – Перелік питань для розробника моделі

Модель як системне зображення оригіналу може бути абстрактним або реальним за своєю природою, статичним або динамічним у часі, інгерентним, кінцевим, спрощеним, приблизним, маючи поряд з безумовно-істинним умовно-істинний, а також хибний зміст, що проявляється та розвивається в процесі використання моделі.

Як і будь-яка реальність, модель з часом змінюється, має, як кажуть в системному аналізі, свій “життєвий цикл”. При моделюванні корисно пам’ятати, що:

- 1) користування готовими моделями не потребує знання їхньої історії, але для розробки моделей необхідно знати про їхній розвиток;
- 2) на етапі створення моделей вирішальну роль відіграють евристичні здібності людського інтелекту, які не формалізуються;
- 3) неможливість повної формалізації основних етапів моделювання перетворює його у мистецтво;

- 4) мистецтво та наука моделювання полягають у розділенні процесу на окремі етапи, детальному вивченні їх та опису з максимально можливим ступенем формалізації, а також у вивченні та оцінюванні варіантів;
- 5) В цілому моделювання є неподільним сполученням науки, мистецтва та досвіду.

### **3.2 Вербально-інформаційний опис системи як початковий етап моделювання**

Для створення тієї чи іншої моделі системи треба спочатку дати її вербально-інформаційний опис. Його складові описують:

- 1) опис зовнішнього середовища;
- 2) зв'язки системи з зовнішнім середовищем;
- 3) елементарний склад системи, її частини, що можуть розглядатись як системи меншого розміру, тобто підсистеми;
- 4) опис зв'язків між елементами системи та підсистем, або істотні, головні зв'язки між елементами та підсистемами, якщо неможливо описати ці зв'язки;
- 5) дію системи.

Такий опис системи можна вважати початковою моделлю системи, що є базою для створення інших більш спеціалізованих моделей системи вищого рівня. Звичайно цей початковий опис системи подається природною мірою і має вербальний характер (від лат. *verbalis* – словесний).

Зауважимо, що деякі частини опису системи можуть бути неповними. Це пов'язано зі складністю самої системи та її зв'язків, з неповною інформацією про роботу системи тощо. Ця інформаційна неповнота опису потім упорядковується наступними моделями системи більш високого порядку і повинна бути врахована при користуванні моделями.



Досить часто у різних галузях знань побудова наступних моделей більш високого порядку виявляється настільки складною справою, що моделювання закінчується. Але якщо вербальна модель системи складена вдало, то і вона дозволяє приймати досить ефективні рішення, розв'язувати різні проблеми, виробляти засоби управління системою, давати вірогідні прогнози еволюції системи і рекомендації.

*Недоліком вербальних моделей* є те, що вони часто досить нечіткі. Особливо, якщо система складна, то така модель втрачає наочність, з нею важко працювати. Засоби роботи з вербальними моделями, проведеній їх аналіз та зроблені висновки певною мірою суб'єктивні, залежать від дослідника, глибина дослідження часто обмежена. Вербальні моделі поширені в так званих неточних науках.

У більшості точних наук вербальна модель – це початкова, евристична, проміжна модель. Вона використовується для побудови наступних більш повних моделей, форми яких можуть бути самі різноманітні і залежать від природи об'єкта, який моделюється, мети його вивчення. Остаточні моделі можуть бути предметними, фізичними, такими, що відображають об'єкт або процес із зберіганням його фізичної природи. Часто використовується фізична модель-аналог, який має іншу фізичну природу, але описується такими ж математичними співвідношеннями, що і початковий об'єкт. За цим принципом, наприклад, побудовані аналогові обчислювальні машини. Остаточне моделювання може бути знаковим, тобто модель може складатися з певних знаків-символів, що являються елементами спеціальної мови, пристосованої до складання певного класу моделей. Окремим випадком знакового моделювання є математичне моделювання.

Розрізняють моделі типу:

- «життєвий цикл»;
- «чорного ящика»;
- графічні моделі;

- статичні моделі;
- динамічні моделі;
- математичні моделі;
- моделі типу «витрати – випуск»;
- динамічні макроекономічні моделі та ін.

## 4 ЗАГАЛЬНІ ПРИНЦИПИ ТА МЕТОДИ СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ

### 4.1 Принцип декомпозиції систем. Аналіз і синтез систем

У наукових дослідженнях велику роль відіграють методи аналізу та синтезу. Аналітичний метод у явній формі як самостійний технічний прийом пізнання був усвідомлений у 17ст. представниками раціоналізму. Рене Декарт – формулював суть аналітичного методу як розбиття задачі на стільки частин, скільки потрібно для того, щоб її легко розв’язати.

Успішність та значення аналізу полягають не тільки в тому, що ціле розтинається на досить прості частини, а й в тому, що об’єднуючи, синтезуючи ці частини, можна знов утворити ціле. Момент з’єднання, агрегування частин у ціле є кінцевим етапом аналізу, що дозволяє пояснити ціле через частини – у вигляді структури цілого. Не тільки аналітичний метод неможливий без синтезу (тобто агрегації частин у структуру), але й синтетичний метод поєднання частин у ціле не можливий без аналізу, тому що необхідна дезагрегація цілого для пояснення функцій частин. Аналіз та синтез доповнюють, але не замінюють один одного. Системні дослідження сполучають обидва вказані методи.

*Операції розкладання цілого на частини та об’єднання їх у ціле, тобто операції аналізу і синтезу у системних дослідженнях, називаються декомпозицією та агрегуванням.*

Аналіз та синтез є неелементарними діями, що містять прості операції декомпозиції та агрегування, які, в свою чергу, можна розкласти на дрібні елементи.

При застосуванні декомпозиції задача поділяється на підзадачі, система – на підсистемі, цілі – на підцілі тощо. Повторюючи цей процес можна створити ієрархічну деревоподібну структуру поділу. Звичайно, через складність об'єкта, слабку структурованість тощо, операцію декомпозиції виконує кваліфікований експерт. Різні експерти можуть давати різні переліки – дерева декомпозиції, це залежить від їхньої компетентності в даній галузі та методики, що застосовується.

З практичної точки зору дуже важливе питання про можливість декомпозиції системи на декілька підсистем. Припустимо, що деяка система визначається у явному вигляді за допомогою відношення  $n$ -го порядку:

$$R[X_1, \dots, X_n].$$

Загальний метод декомпозиції можна описати за допомогою операції множення відношень. Відношення  $R$  називають добутком відношень  $R_1$ , і  $R_2$ , якщо виконується умова

$$(xRy) \leftrightarrow [(xR_1z) \cap (zR_2y)].$$

Загальний метод декомпозиції полягає у тому, щоб представити відношення системи  $R$  у вигляді двох інших відношень  $R_1$  і  $R_2$ . Після того, як два таких відношення знайдено, систему можна представити як сукупність двох підсистем:

$$\begin{aligned} &R_1[X_1, \dots, X_j, Z] \\ &R_2[Z, X_{j+1}, \dots, X_n]. \end{aligned}$$

Основою декомпозиції є модель системи. Тому повна декомпозиція (тобто те, наскільки складено повний список частин цілого) залежить від завершеності моделі, її повноти. Через абстрактність моделі досить часто досягається її абсолютна повнота. Наприклад, наведена схема входів організаційної системи являється повною, тому що вказані всі типи можливих впливів на цю систему, звичайно, в узагальненому вигляді, який можна деталізувати наступною схемою (рис. 6).

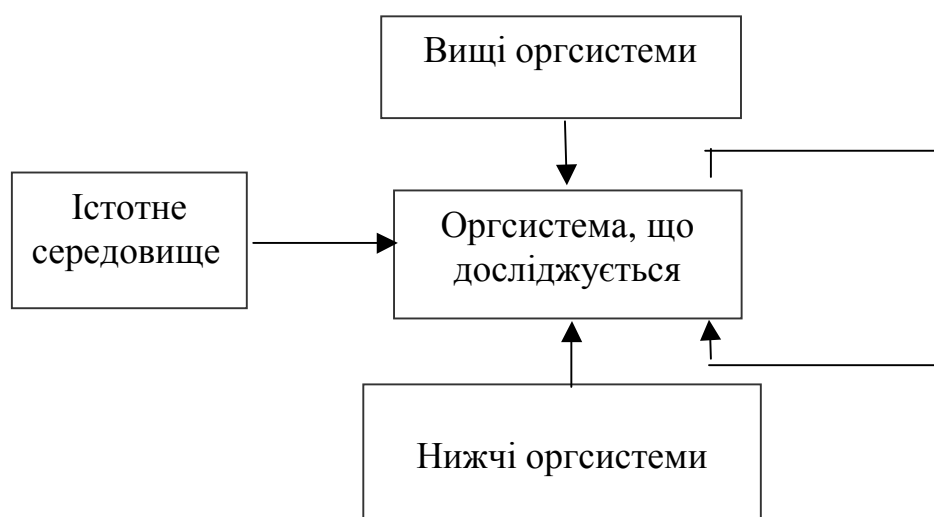


Рисунок 6 – Схема повної моделі системи

Другим прикладом є формальний список типів ресурсів, які може використовувати система. Цей список складається з матеріальних ресурсів, енергії, часу, інформації, трудових ресурсів (для соціотехнічних систем) та фінансів. Завдяки узагальненому списку при аналізі ресурсного забезпечення не пропускається жоден тип ресурсів.

Все це свідчить про важливість повноти формальної моделі. Отже, необхідне накопичення наборів повних формальних моделей або *фреймів* в ін-

формаційному забезпеченні системних досліджень. Звичайно, повнота моделі є тільки необхідною, але не достатньою умовою повноти декомпозиції. Для того, щоб забезпечити певну повноту та можливість розширення змістовної моделі, рекомендується робити логічне замикання списку її елементів компонентою «все інше». Ця компонента буде «мовчазною», коли до неї віднесено все неістотне, але її наявність постійно нагадує експерту, що, можливо, він не врахував щось важливе.

Вимога повноти суперечить вимозі простоти, що призводить до вживання компактніших моделей – основ, у той час, коли принцип повноти потребує великих та, можливо, складних моделей – основ. Компромід досягається через поняття істотності: до моделі – основи слід вводити тільки такі компоненти, які є істотними відносно кінцевої мети дослідження.

Подібні компоненти називаються *релевантними*. Звичайно це неформальні дії, які покладаються на експерта, котрий вирішує, що в даній моделі істотне, а що ні. В процедурі декомпозиції важливо передбачити можливість внесення поправок та доповнень до моделі, використовуючи, наприклад, елемент «все інше» або розукрупнення моделі. Послідовність дій при декомпозиції зображена на рисунку 7.



9. Чи всі фрейми використано? *так*

10. Чи всі основи так деталізовано? *так*

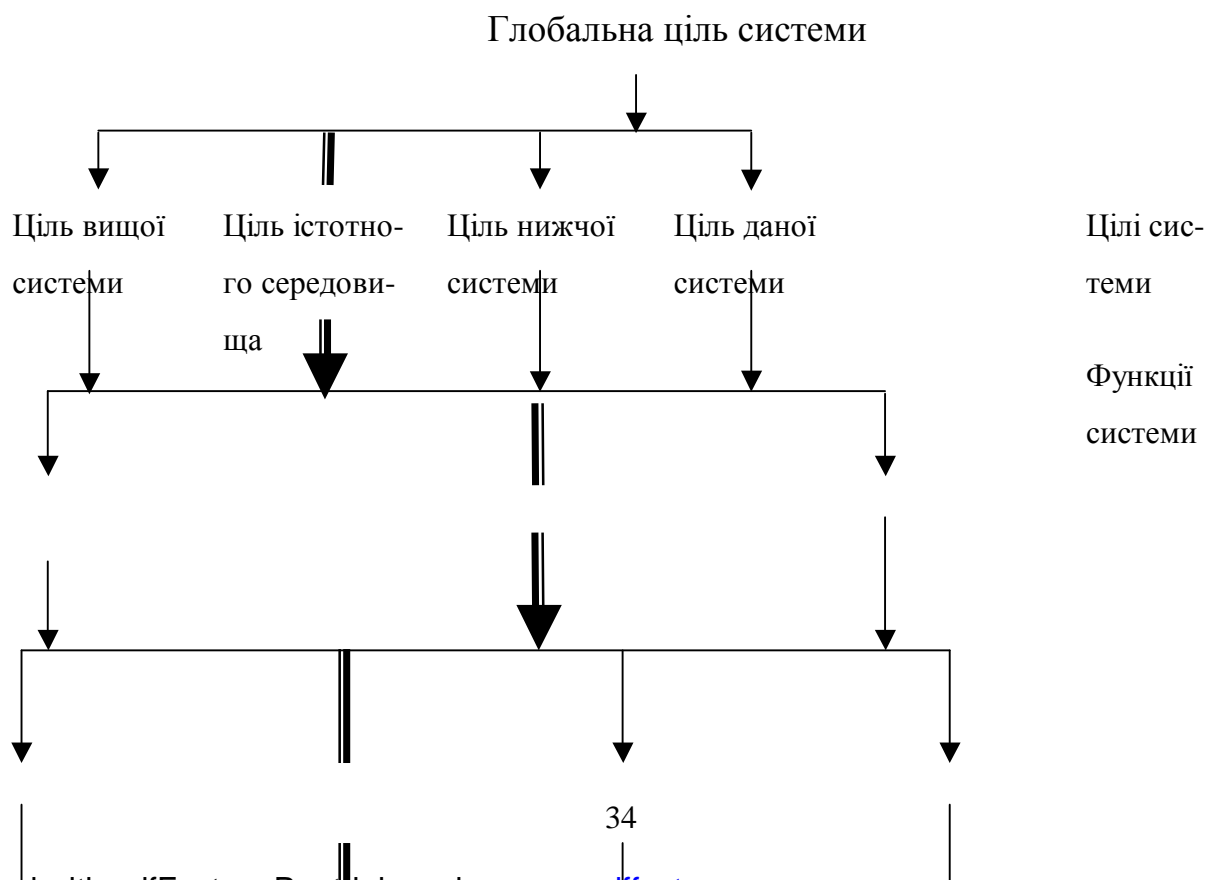
*ні*

*ні*

Рисунок 7- Послідовність дій при декомпозиції системи

Якщо декомпозиція приводить до результату (підцілі, підфункції, підзадачі тощо), який не підлягає подальшому розкладу, тобто до простого зрозумілого результату, то він називається *елементарним*. У деяких задачах (математичних, технічних тощо) елементарність можна конкретизувати за певною формальною ознакою. Взагалі ж визначення елементарності – справа експерта.

На наступній схемі наведена узагальнена схема-дерево як результат декомпозиції глобальної цілі довільної продуктової системи, яка виробляє деякий кінцевий продукт (КП). Такими продуктами можуть бути товари, послуги, наукова продукція, технічні розробки, деяка інформація, кадри певної кваліфікації тощо (рис. 8).



Визначення потреби в КП	Виробництво КП	Споживання КП	Життєвий цикл системи		
Кадри	Засоби діяльності	Предмети діяльності	Відношення	Склад Системи	
Прогнозування	Планування	Організація	Контроль	Аналіз	Цикл управління
Виконання	Часткова участь	Узгодження	Затвердження	Делегування повноважень	

Рисунок 8 – Узагальнена схема декомпозиції

входять до складу системи, зумовлена тим, що в її основу покладені тільки позитивні складові, а негативними нехтують. Тому, коли експерти розглядають проект, вони повинні виявляти можливі його негативні наслідки. Так, наприклад у класифікатор виходив будь-якої виробничої системи, крім корисних кінцевих продуктів, потрібно завжди включати відходи та розробляти певні комплекси дій з ними. Особливе значення треба приділяти впливу негативних факторів при вивченні практичних питань і придбанні практичних навичок. Наприклад. при навчанні курсантів – пілотів під час військових дій не треба робити головний акцент на тому, що супротивник при лобовій атаці обов’язково буде врятовувати своє життя і поверне свій літак кудись в бік, а треба розраховувати на негативні фактори , на той випадок, якщо ворог так не

вдіє, і розробляти можливі варіанти припустимого виходу зі скрутного становища. Згадаємо художній фільм нашого співвітчизника режисера Леоніда Бикова “В бій підуть лише старики” і ситуацію, в якій опинився талановитий пілот-співак Сергій, якому під час навчання розповідали тільки про позитивні фактори, а про можливість впливу негативних факторів навіть і не згадували. Тому у виниклій неприємній реальності звинувачувати треба, в першу чергу, не льотчика, а його вчителів - наставників.

Крім того, складності, які виникають при декомпозиції, можуть бути пов’язані з не інформованістю експертів у певних галузях (це потребує залучення додаткових експертів - фахівців). Наприклад, при виконанні розрахунків економічної ефективності об’єкту хімічної промисловості, доцільно ввести до складу робочої групи спеціалістів з питань відповідних технологічних хімічних процесів. Але досить часто ці складності можуть бути пов’язані з неповним розумінням діяльності системи або деяких її частин. Якщо в науці складність через нерозуміння розцінюється як тимчасове і тому терпиме явище, то в управлінні діловими, адміністративними, політичними справами, нерозуміння часто неприпустиме.

## **4.2 Завдання системного аналізу та його етапи**

*Головним завданням* системного аналізу є створення загальної методології вивчення та моделювання складних систем, а також управління ними в умовах неповної інформації та різних обмежень (обмеженість ресурсів, дефіцит часу тощо). До цього слід додати евристичні (тобто творчі, нестандартні) методи пошуку розв’язання слабко структурованих задач, які повністю не формалізуються, та психологічні аспекти діяльності людей.

Неповна формалізація задач потребує застосування широкого спектру неформальних знань та методів.

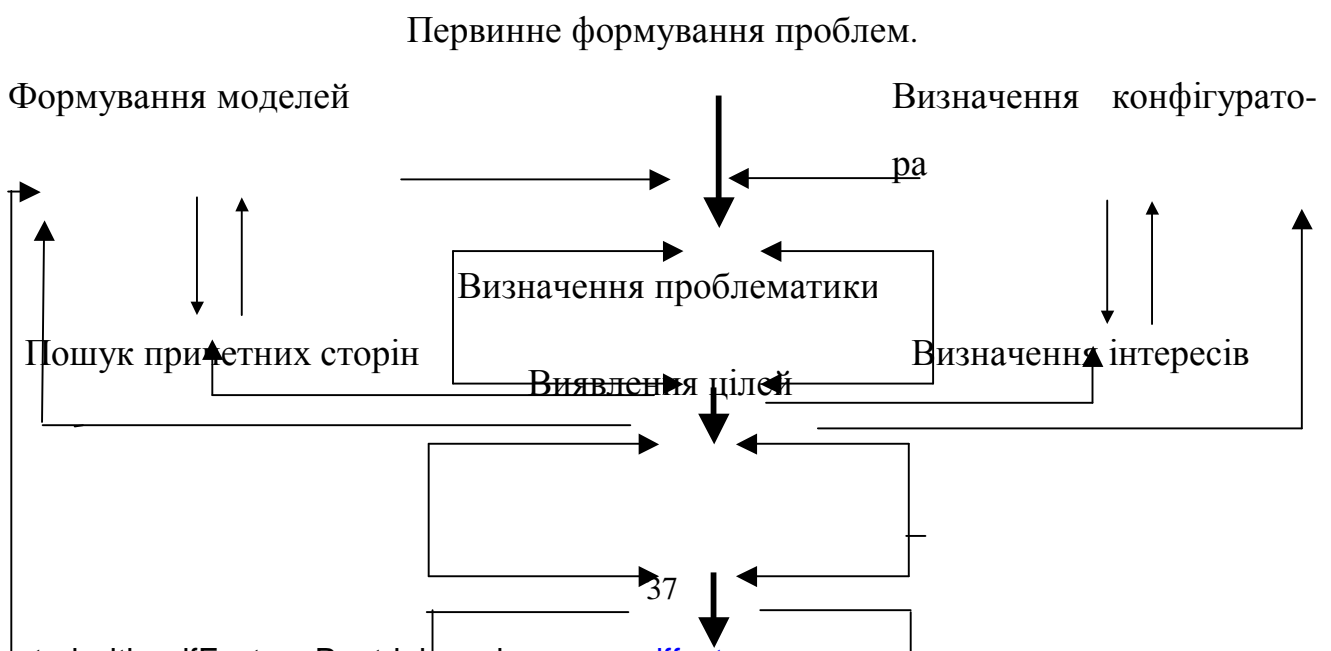


Тому фахівці з системних досліджень – системні аналітики – повинні мати дуже високий загальний рівень культури, володіти як теоретичними, так і практичними знаннями, а також мистецтвом не стандартно мислити.

Сучасний системний аналіз має певний комплекс методів переходу від неформальних задач до формальних, від моделей типу чорного ящика до моделей типу білого ящика. Звичайно, значна частина цих методів має неформальний (в математичному розумінні) характер, але вони досить конкретні та придатні для практичного застосування.

Системний аналіз починається з первинного формування проблеми, потім визначається загальна проблематика, виявляються цілі, формуються та агрегуються критерії (агрегування – операція протилежна декомпозиції, тобто об'єднує елементи в цілі, що називається агрегатом), генеруються альтернативи та сценарії. Ці процедури супроводжуються додатковими діями, пов'язаними з визначенням причетних сторін та їхніх інтересів, добором ресурсів та системи мов для опису проблеми (*конфігуратора*), що істотно впливають на побудову остаточної моделі для аналізу та дослідження.

Початкові, переважно неформальні етапи системного дослідження проблеми подані на рисунку 9. Жирними стрілками показана головна послідовність дій, тонкими – можливість повернення до попередніх етапів, якщо потрібні уточнення.



## Формування критеріїв

Визначення ресурсів — Агрегування критеріїв Генерування альтернатив та сценаріїв

Побудова остаточної системи

Аналіз та висновки

Рисунок 9– Етапи системного аналізу

На наступних етапах системного дослідження вивчається можливість алгоритмізації аналізу, а потім цей аналіз виконується з використанням як формальних так і неформальних методів. Формування висновків визначення дій щодо реалізації отриманих результатів завершують системні дослідження.

### 4.3 Вплив типу розв'язання проблеми на її реалізацію

При впровадженні результатів системних досліджень рідко (переважно у простих системах) трапляється, що спочатку вивчають проблему, а потім результати реалізують на практиці. Під час системного аналізу соціальні та соціально-технічні системи змінюються як самі, так і під впливом досліджень. Наприклад, таке найпростіше соціологічне дослідження, як опитування громадської думки, може досить відчутно впливати на її формування, особливо, коли наслідки цих опитувань широко розповсюджуються та коментуються засобами масової інформації.

Взагалі при проведенні досліджень можуть змінюватись стан проблеми, цілі, кількість та персональний склад учасників, стосунки зацікавлених сторін, а реалізація прийнятих рішень впливає на всі фактори діяльності системи. Внаслідок цього етапи дослідження та впровадження його результатів можуть змішуватись та зливатись у складні конгломерати, що характерно для системного аналізу, особливо соціально-технічних систем. Найкращим варіантом дій системників може бути така стратегія, коли проблеми не розв'язуються, а «розчиняються» та «зникають».

У сучасному системному аналізі розрізняють чотири головних типи поводження з будь-якою проблемою реального життя:

- 1) абсолюція;
- 2) резолюція;
- 3) солюція;
- 4) десолуція.

**Абсолюція** – це спосіб дій, який полягає у тому, щоб не розв'язувати проблему, а покладатися на те, що вона зникне сама.

**Резолюція** – це спосіб дій, коли щось робиться для часткового розв'язання проблеми, щоб звести її до деякого припустимого стану.

**Солюція** – це спосіб дій, що не розв’язує проблему найкращим (оптимальним) чином за даних умов.

**Десолюція** – це спосіб дій, спрямований на те, щоб зняти проблему шляхом зміни умов або змін в системі та її оточенні, щоб не тільки цю проблему, але й майбутні проблеми система змогла подолати сама. Спосіб десолуції застосовується у найбільш розвинутих формах системних досліджень.

### **Приклад.**

*В автобусній компанії виник конфлікт між водіями та кондукторами після введення надбавок за якість праці, яка оцінювалась точністю дотримання графіку руху. Кондуктори не встигали обслуговувати пасажирів, перевіряти квитки та правильність оплати, яка залежала від відстані, а також продавати нові квитки. Тому вони затримували відправлення автобусів. Спочатку керівництво компанії ігнорувало цю проблему (**абсолюція**), коли конфлікт почав розростатися і профспілки погрожували страйком, керівництво намагалось повернутись до старої системи оплати без добавок (**ресолуція**), але водії та кондуктори не погоджувалися зі зниженням оплати. Тоді керівництво запропонувало ділити надбавки порівну між водіями та кондукторами (**солюція**), але ті відмовились, бо не бажали співпрацювати (конфлікт зайшов досить далеко).*

*Проблему було скасовано консультантом-аналітиком, котрий при дослідженні звернув увагу на той факт, що у години пік кількість автобусів перевищувала кількість зупинок. Він запропонував знімати в ці години кондукторів з автобусів, щоб ті працювали на зупинках. Там кондуктори встигали продавати квитки тим, хто збирався їхати та перевіряти квитки у тих, хто виходив з автобуса. Після години пік кондуктори поверталися до автобусів. Таким чином компанія не тільки розв’язала свою проблему, але й отримала економію за рахунок зменшення кількості кондукторів у години пік.*

## 5 СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ЯК МЕТОД ОБҐРУНТУВАННЯ РІШЕНЬ

Системні дослідження (або системний аналіз) опираються на системність будь-якої цілеспрямованої професіональної діяльності. Щоб реалізувати найкращим чином цю діяльність, потрібно побудувати певну визначену систему моделей, за допомогою якої можливо узагальнювати, передавати та вдосконалювати досвід. Ці методи можуть бути як добре формалізованими (з широким застосуванням математичних, наприклад, статистичних методів), так і неформалізованими, емпіричними, евристичними.

Досягнення певної цілі пов'язано з прийняттям рішень. Як це зробити? *Головною операцією в процесі прийняття рішень є вибір.* Саме він є акцією, що надає діяльності цілеспрямованість, підпорядковуючи всю діяльність певній меті або ж деякій сукупності цілей.

Вибір здійснюється за умов, коли можливі різні варіанти дій, або, за іншою термінологією, можливі різні альтернативи, які можуть приводити до різноманітних наслідків, а здійснювати, тобто реалізувати можна лише одну із альтернатив, причому досить часто повернутися до ситуації, яка була попередю, вже неможливо.

Здатність, сприймаючи всю складність ситуації, зробити правильний найкращий в заданих умовах вибір, прийняти певне рішення – одна з найцінніших якостей, притаманна людям у різній мірі. Великі полководці та видатні політики, геніальні вчені та інженери, талановиті адміністратори та управлінці відрізнялись від своїх колег або конкурентів насамперед вмінням приймати кращі рішення, робити кращий вибір.

Моделювання процесів прийняття рішення зображує типову картину, властиву моделюванню взагалі: повна формалізація, пошук найкращого (оптимального) рішення можливі лише для добре вивчених або добре структурованих задач, а для розв'язання слабо структурованих чи не досить вивчених

задач повністю формальних алгоритмів не існує (звичайно, якщо не брати до уваги тривіального, але далеко не завжди слухного алгоритму перебирання варіантів, тобто так званого методу спроб і помилок). Звичайно, досвідчені, талановиті фахівці, спираючись на знання, досвід, інтуїцію, досить часто можуть робити добрий вибір, який більш-менш задовольняє практичні потреби.

Сучасна тенденція вибору полягає у поєднанні здатності людини розв'язувати складні неформалізовані задачі з можливостями різних формальних методів та комп'ютерного моделювання.

Взагалі **прийняття рішення** є дією (операцією) над множиною альтернатив, що приводять до більш вузької підмножини обраних альтернатив. Іноді ця підмножина складається із однієї альтернативи.

Множину альтернатив можна звузити, якщо є спосіб порівняння альтернатив між собою та визначення найбільш переважних з них, тобто є **критерій переваги**.

Отже для того, щоб прийняти рішення, здійснити вибір треба згенерувати множину альтернатив та мати визначеними цілі. **Ситуації та варіанти вибору такі:**

- 1) множина альтернатив може бути скінченою, зліченою або ж континуальною;
- 2) оцінка альтернативи може відбуватися за одним критерієм (однокритеріальний вибір) або за певною сім'єю критеріїв (багатокритеріальний вибір), причому окремі критерії можуть мати кількісний характер;
- 3) режим вибору може бути одноразовим (однократним або ж багаторазовим, повторним, що дозволяє навчатися через досвід;
- 4) умови вибору, отже, його наслідки можуть бути точно відомі (вибір за умов визначеності); мати ймовірносний характер, коли відомі ймовірності можливих подій після вибору (вибір за умов ризику, або за умов стохастичного ризику); мати невизначений ха-

ракти, що не дозволяє введення ймовірностей (вибір за умов невизначеності);

- 5) відповідальність за вибір може бути однобічною (індивідуальний вибір), або ж багатобічною (груповий або колективний вибір);
- 6) ступень узгодженості цілей за умов багатобічного вибору може змінюватися у широких межах: від повної збіжності інтересів сторін (кооперативний вибір) до їх прямої протилежності (у разі конфлікту).

Різні сполучення варіантів та ситуацій зумовлюють велику різноманітність задач вибору, основні типи задач вибору подані на рисунку 10.

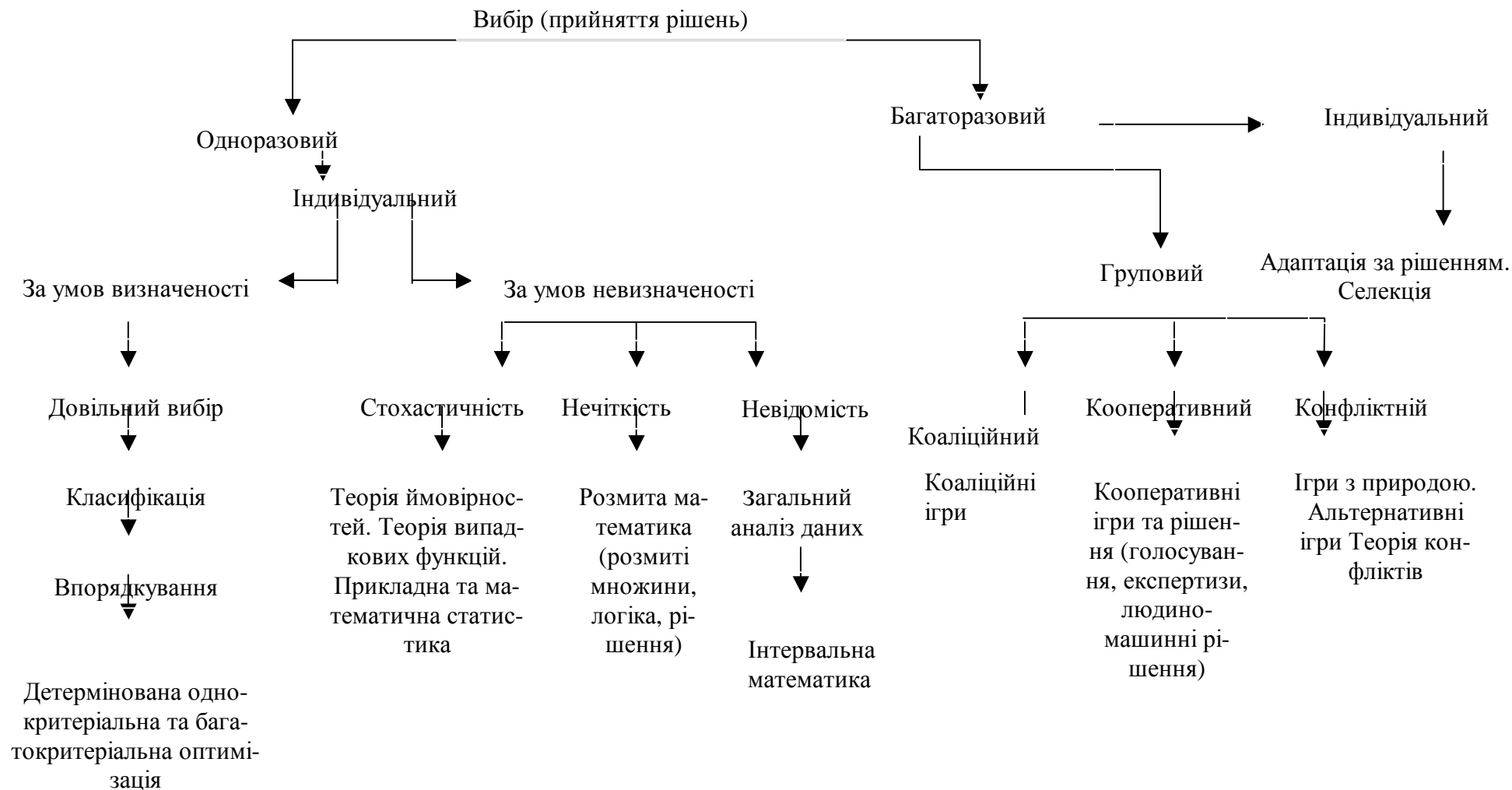
Треба зауважити, що формальних методів вибору наскільки багато, що орієнтуватися в них дуже важко навіть найдосвідченішим фахівцям. Кожен розділ сучасної математичної теорії прийняття рішень має свою систему основних понять та специфічних методів, пов'язаних з певним класом задач вибору. Таким чином утворюється досить велика різноманітність мов загальної формальної теорії прийняття рішень.

Перелікуємо основні типи задач, прийняття обґрунтованих рішень за якими здійснюється за допомогою системного аналізу:

- 1) задачі вибору мовою теорії звичайної (однокритеріальної) оптимізації;
- 2) задачі математичного програмування, в тому числі задачі лінійного програмування;
- 3) задачі опуклого програмування;
- 4) гладкі задачі нелінійного математичного програмування;
- 5) задачі оптимального управління дискретними динамічними системами;
- 6) оптимальне управління неперервними динамічними системами;
- 7) задачі вибору мовою теорії багатокритеріальної оптимізації;
- 8) задачі вибору мовою дослідження операцій;
- 9) задачі дослідження операцій економічного змісту.

Рішення цих та деяких інших задач можна знайти в літературі [2,5,10].  
Зупинимось детальніше на двох останніх типах задач.





41

Рисунок 10 – Варіанти прийняття рішень



## 6 ДОСЛІДЖЕННЯ ОПЕРАЦІЙ І АНАЛІЗ СИСТЕМ

### 6.1 Загальні задачі дослідження операцій

*Дослідження операцій* є напрямком сучасної прикладної математики, який вивчає певні класи математичних моделей прийняття рішень. Задачі дослідження операцій дозволяють використовувати спільний підхід та спільну мову до багатьох добре структурованих проблем вибору.

Термін “*дослідження операцій*” виник за такою ж назвою підрозділу англійської армії, який на початку другої світової війни займався застосуванням кількісних методів в обробці радарних спостережень. Тому в мові дослідження операцій використовуються деякі військові терміни: операція, оперуюча сторона, стратегія.

Зупинимось спочатку на змістовному рівні основної термінології дослідження операцій.

***Операцією називається співкупність дій, спрямованих на досягнення деякої мети.***

***Оперуючою стороною*** називається сукупність осіб, які прагнуть до цієї мети. Крім того, в операційній ситуації можуть бути присутні й інші особи, які впливають на хід операції та мають власні цілі. Їх, поряд з іншими чинниками, що впливають на операцію, але не підпорядковуються сторони (наприклад, природні фактори), відносять до неконтрольованих факторів (чинників) операції. Оперуюча сторона може мати дослідника операції, тобто аналітика, який складає та досліджує математичну модель операції, але не приймає остаточного рішення.

***Ресурси для досягнення мети називаються активними засобами.***

Неконтрольовані чинники, залежно від інформованості про них досліджувача операції, поділяються на:

- 1) фіксовані, тобто чинники, значення яких точно відомі;
- 2) випадкові – випадкові величини з відомими розподілами;
- 3) невизначені – детерміновані або випадкові величини, щодо яких відома область можливих значень або клас можливих законів розподілу.

***Комплекс можливих дій для досягнення мети із застосуванням активних засобів, що може здійснювати оперуюча сторона, називається стратегією (мовою теорії вибору – це альтернатива або можливе рішення).***

Для створення математичної моделі дослідження операції потрібно формалізувати змістовно сформульовану задачу, проаналізувати її, використовуючи той чи інший математичний апарат, і зробити висновки.

Формалізація задачі включає:

- 1) опис множини можливих стратегій (множини альтернатив)  $x$ , тобто простору стратегій  $X$ , елементами якого є окремі стратегії  $x$ ;  $x \in X$ ;
- 2) опис множини можливих значень неконтрольованих факторів  $y$ , тобто простору неконтрольованих факторів  $Y$ , елементами якого є змінні, що описують конкретні значення набору не контрольованих факторів;  $y \in Y$ ;
- 3) критерій ефективності операцій  $W$ , який є числовою функцією двох змінних  $x$  та  $y$  функція  $W(x, y)$  визначена на множині всіх можливих пар  $(x, y)$  (так званому декартовому добутку  $X \cdot Y$  множини  $X$  та  $Y$ ) значення її на парі  $(x, y)$  характеризує якість стратегії  $x$  при значеннях неконтрольованих чинників  $y$ .

Критерій  $W(x, y)$  може бути виражений у позитивному інгредієнті й характеризувати позитивну якість стратегії  $X$ , як наприклад, доход, прибуток тощо, або в негативному інгредієнті характеризувати негативну якість стратегії  $X$ , як, наприклад, видатки, витрати часу тощо.

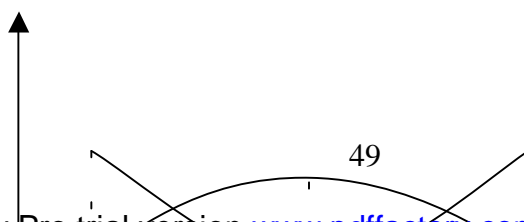
**Головна задача дослідження операцій – порівняння різних стратегій та вибір найкращої в певному розумі серед них.** Для цього можна використовувати числові оцінки стратегій, що є функціями стратегії  $x$  з  $X$  і не залежить від змінних  $y$ ,  $y \in Y$  (так звані оцінки ефективності стратегій).

Якщо неконтрольовані чинники фіксовані, тобто множина  $Y$  складається з одного елемента  $y_0$ ,  $y=(y_0)$  (такі одноелементні множини називаються *синглетонами*), то самий критерій ефективності  $W=W(x_0, y_0)$  є оцінкою ефективності стратегій, тому що він – фактично функція однієї стратегії – це задача теорії звичайної оптимізації, тобто пошуку вибору елемента  $x_0$ ,  $x_0 \in X$ , для якого  $W(x_0, y_0)$  є максимальним або мінімальним значенням функції  $W(x_0, y_0)$  залежно від позитивності або негативності інгредієнта критерію  $W$ . З математичної точки зору досить розглядати одну з цих задач, тому що іншу можна отримати, змінивши знак значень функції на протилежний, оскільки:

$$\max_{x \in X} W(x, y) = \min_{x \in X} (-W(x, y)).$$

Отже без втрати загальності можна вважати надалі, що критерій  $W(x, y)$  заданий у позитивному інгредієнті, й потрібно обирати стратегію, яка в деякому розумінні буде робити його більшим при різних  $y \in Y$ .

Значно складніша справа, коли неконтрольовані чинники нефіксовані. Тоді стратегія  $x_x^1$  оптимальна при значеннях неконтрольованих чинників  $y^1$ , може бути поганою (і навіть найгіршою) при інших значеннях неконтрольованих чинників  $y$ , як на рисунку 11.



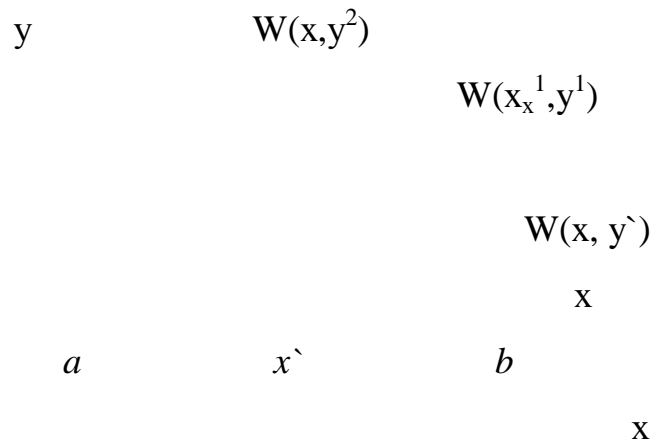


Рисунок 11 - Випадок неконтрольованих чинників

Саме тому застосовують оцінки ефективності стратегій. Серед таких оцінок найбільш поширені гарантовані  $\underline{W}(x)$  та середні  $\overline{W}(x)$  оцінки ефективності.

**Гарантована оцінка ефективності  $\underline{W}(x)$**  з'являється, коли розраховують на найгіршу поведінку неконтрольованих факторів:

$$\underline{W}(x) = \min_{y \in Y} W(x, y).$$

Якщо критерій  $W$  заданий в негативному інгредієнті, то гарантована оцінка ефективності має вигляд :

$$\underline{W}(x) = \max_{y \in Y} W(x, y).$$

Максимізуючи  $W(x)$  за всіма  $x \in X$ , отримаємо **оптимальну гарантовану стратегію  $x_x^2$** :

$$W(x_x^2) = \max_{x \in X} W(x) = \max_{x \in X} \min_{y \in Y} W(x, y).$$

При цьому  $W(x_x^2)$  є максимальним гарантованим результатом операції.

**Середня оцінка ефективності  $\overline{W}(x)$**  може бути визначена шляхом усереднення значень критерію ефективності  $W(x, y)$  за всіма значеннями  $y$ ,

(1)

$$W(x) = \sum_{i \in I} a_i W(x, y)$$

$y \in Y$ . Коли простір  $Y$  скінчений або злічений, тоді значення неконтрольованих факторів можна занумерувати індексом, що пробігає під множину  $I$  множини натуральних чисел  $N=(1, 2, \dots, n)$  і визначити середню оцінку рівністю:

$$a(y) \geq 0; \quad y \in Y; \quad \int_Y a(y) dy = 1$$

$$\overline{W}(x) = \int_Y a(y) W(x, y) dy \quad (2)$$

$$a_i \geq 0, \quad \sum_{i \in I} a_i = 1$$

Найчастіше валову послідовність обирають так, щоб

$$a_i \geq 0, \quad \sum_{i \in I} a_i = 1.$$

де  $a$  – число, що характеризує вагу значення  $y_2$  факторів  $y$  при усередненні.

Якщо множина значень злічена, то вважається, що валова послідовність обрана так, що ряд (1) збігається.

Коли  $Y$  є скінченим або нескінченим проміжком на дійсній осі  $R$ , для побудови усереднення обирають вагову функцію  $a(y)$ , для якої виконуються умови

$$a(y) \geq 0, \quad y \in Y, \quad \int_Y a(y) dy = 1,$$

$$\overline{W}(x) = \int_Y a(y) W(x, y) dy.$$

У довільному просторі неконтрольованих чинників для усереднення критерію ефективності може бути застосований більш загальний підхід, який містить усереднення типів (1) і (2) як окремі випадки, але він потребує знань з сучасної теорії інтегрування. Стратегія  $x_+^c$ , що задовольняє умови

$$W(x_+^c) = \max W(x)$$

$$x \in X$$

називається оптимальною у середньому.

До стратегії, оптимальних у середньому досить часто вдаються, коли фактор  $y$  є випадковою величиною, або вектором. Тоді функція ефективності є випадковою величиною  $W(x, y)$ , і оцінку її будують як математичне сподівання  $E_y W(x, y) = \bar{W}(x)$ . Це приводить до формули (1), коли дискретний випадковий фактор  $y$  з імовірністю  $a_i$ , або до формули (2), коли фактор  $y$  є випадковою величиною з щільністю розподілу  $a(y)$  проміжку  $U$ .

Таким чином, коли контрольовані фактори фіксовані або коли використовуються оцінки критерію ефективності, задачі дослідження операцій зводяться до задач теорії звичайної оптимізації, тобто до пошуку розв'язків експериментальних задач щодо числових функцій при обмеженнях на допустимі розв'язки через обмеженість активних засобів та інші причини. У свою чергу, задачі теорії оптимізації можуть бути складними і вимагати складних спеціалізованих математичних теорій розв'язування. Значна кількість таких теорій (наприклад, всі теорії математичного програмування) традиційно включається до дослідження операцій.

У разі нефіксованих неконтрольованих факторів задачі дослідження операцій можна розглядати як задачі теорії багатокритеріальної оптимізації. Дійсно, критерій ефективності задачі дослідження операцій  $W = W(x, y)$ , що залежать від стратегії  $x$  простору стратегій  $X$  та неконтрольованих факторів  $y$  з простору таких факторів  $U$ , дозволяє інтерпретацію у вигляді сім'ї критеріїв (мультикритерію):

$$(g_y(x), y \in U), \text{ де } g_y(x) = W(x, y), x \in X \text{ при кожному фіксованому } y \in U.$$

Але історично теорія дослідження операцій сформувалась раніше за теорію багатокритеріальної оптимізації, тому її мова та підхід до задач вибору альтернатив є більш звичайним для більшості аналітиків.

Слід зауважити, що є різні точки зору на предмет теорії дослідження



операцій як на загальну теорію прийняття рішень за умов невизначеності. З цієї точки зору дослідження операцій включає всі можливі задачі, що не мають оптимізаційного характеру.

Існує глибока аналогія між поняттям теорії дослідження операцій та теорії управління, яка дозволяє тлумачити процес виконання операцій як задачу управління. Дійсно, хід операції, як кожного процесу можна описувати деяким набором фазових змінних  $\xi_1(t) \dots \xi_n(t)$ , які залежать від часу  $t$  (наприклад, випуск всіх видів продукції деякого підприємства за кварталами). Ступень відповідності операції і мети описується критерієм ефективності  $W$ , який залежить від стратегії, неконтрольованих факторів та фазових змінних. При цьому оперуюча сторона виступає як керуюча підсистема, яка управляє, виробляючи та здійснюючи стратегії, що впливають на керовану підсистему, якою є власно процес виконання операції (рис. 12).

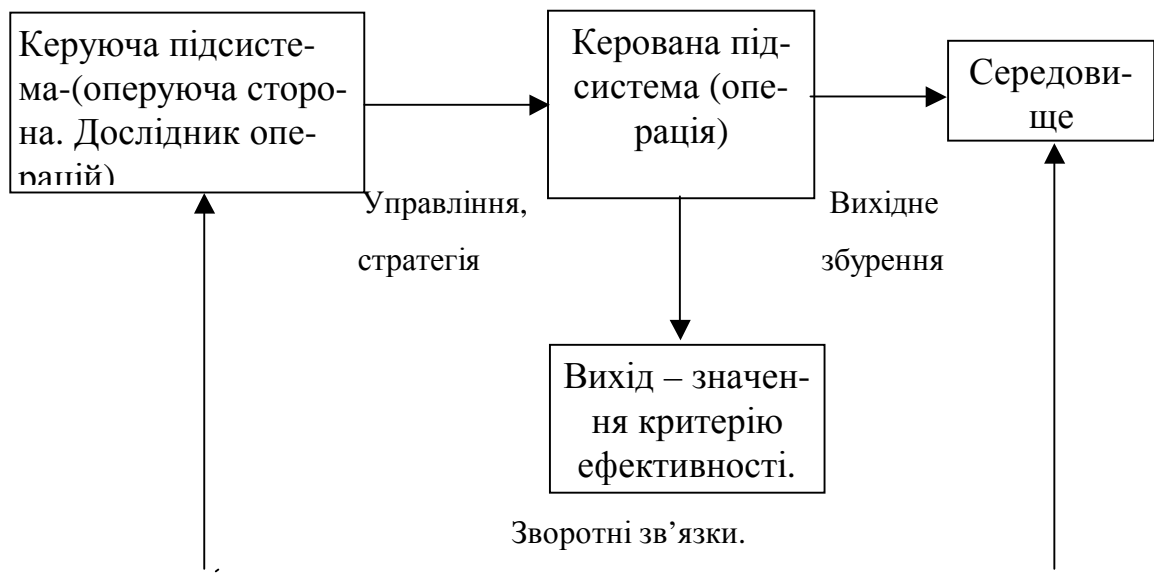


Рисунок 12 - Зворотні зв'язки

## 6.2 Приклади задач дослідження операцій економічного змісту

Розглянемо конкретні задачі дослідження операцій, які пояснюють основні поняття теорії.

### *Приклад 1*

*Торгівельна точка закуповує  $x$  одиниць товару з обмеженим строком реалізації. За кожну продану одиницю товару вона отримує прибуток  $c$ , а непродану одиницю повертає, що спричинює збиток  $b$ .*

*Попит  $y$  є неконтрольованим фактором, про який лише відомо, що він може набувати значень на проміжку  $[a, b]$  у множині натуральних чисел  $N$ , де  $a$  і  $b$  - деякі натуральні числа,  $a < b$ . Метою продавця є вибір такої кі-*

лькості товару  $x$  для продажу, щоб збільшити прибуток.

Запишемо математичну модель такої операції. Простір стратегій (контрольованих факторів)  $X$  тут є множиною невід'ємних чисел  $N_0=(0, 1, 2\dots)$ . Простір  $Y$  неконтрольованих факторів є множиною цілих чисел з проміжку  $[a, b]$ ,  $Y = [a, b]$ . Функція ефективності стратегії  $X$  при попиті  $Y$  має вигляд:

$$W(x, y) = c \min(x, y) + b \min(0, y - x),$$

де перший доданок є прибутком, а другий – збитками.

За умов задачі доцільно використовувати гарантовану оцінку ефективності стратегій

$$\underline{W}(x) = \min_{y \in Y} (x, y),$$

яка має вигляд:

$$\begin{aligned} cx, & \text{ если } x \leq a, \\ \underline{W}(x) = \min & (c\alpha + b(\alpha - x), cx), \text{ если } \alpha < x < \beta \\ cx + b(\alpha - x), & \text{ если } x \geq \beta \end{aligned}$$

### Приклад 2

Припустимо, що в попередній задачі попит  $y$  є випадковою величиною з відомим розподілом, тобто  $y$  набуває значень  $a, a + 1, \dots, b$  з відомими ймовірностями  $p_a, p_{a+1}, \dots, p_b$ . Тоді доцільно вживати середню оцінку ефективності

$$\sum_{k=a}^{x-1} (c+b)k - xb) p_k + \sum_{k=x}^b c x p_k, \quad a < x < b.$$

$$\begin{aligned} \overline{W}(x) = E_y W(x, y) = & (c+b)(E_y) - bx, & x \geq b. \\ cx, & x \leq a. \end{aligned}$$

Нехай  $y$  є випадковою величиною, розподіл якої невідомий, а відомі такі її характеристики, як математичне сподівання  $m$  та дисперсія  $D > 0$ . Тоді доцільно вживати оцінку критерію ефективності вигляду  $\bar{W}(x)$ , яка отримується спочатку усередненням критерію  $\bar{W}(x, p) = E, W(x, y)$ , що залежить від невідомого розподілу  $p = \{p_i\}_{i=a}^b$  величини  $y$ , а вже потім мінімізацію  $\bar{W}(x, p)$ :  $D: \bar{W}(x) = \min \bar{W}(x, p)$ . Визначення  $\bar{W}(x)$  потребує спеціальних за всіма розподілами із сподіванням  $m$  та дисперсією знань з теорії опуклих множин та опуклого аналізу.

### Приклад 3

Нехай фірма буде автоскладальний завод як свій філіал. Для цього потрібно:

*A* Збудувати заводські корпуси.

*B* Завершити розробку моделі нового автомобіля.

*C* Найняти робочу силу.

*D* Змонтувати обладнання.

*E* Налагодити модель автомобіля.

Черговість виконання робіт задана сітьовим графіком (рис. 13).

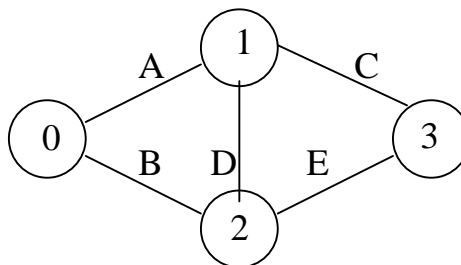


Рисунок 13 – Сітьовий графік

Час виконання робіт *A* та *D* відомий точно:  $t_A=2$ ,  $t_D=1$ ; часи  $t_B$ ,  $t_C$ ,  $t_E$ , є

незалежними випадковими величинами, причому  $t_B$  і  $t_C$  набувають значень 2,3,4 з імовірностями  $1/3$ , а  $t_E$  – значень 1,2,3 з імовірностями  $1/3$ . Відома також залежність додаткового прибутку фірми від часу виконання всього комплексу робіт. Фірма має резерв, введення якого у дію прискорює будівництво заводу на одну одиницю часу, але потребує видатків в 20 млн дол. Виникає питання: чи слід скористатись резервом?

Побудуємо модель операції. Нехай  $x=0$  означає, що прийнято рішення не користуватись резервом, а  $x=1$  – користуватись. Тоді простір стратегій  $X$  має вигляд  $X=\{0,1\}$ . Неконтрольованим випадковим фактором  $y$  є час виконання всього комплексу робіт, який може набувати значень 4,5,6,7, тобто  $y \in Y=\{4,5,6,7\}$ . За сітьовим графіком неважко підрахувати, використовуючи елементарні формули, розподіл випадкової величини:

$$P(y=4) = \frac{2}{27}, P(y=5) = \frac{8}{27},$$

$$P(y=6) = \frac{14}{27}, P(y=7) = \frac{3}{27}.$$

За умовами задачі критерієм ефективності буде функція  $W(x,y)$ , яка виражає додатковий прибуток при стратегії  $x$  та неконтрольованому факторові  $y$ . Цю функцію можна задати у вигляді матриці, стовпчики якої відповідають можливим значенням часу виконання всіх робіт, а рядки – стратегіям. Очевидно, що матриця набуде вигляду:

$$W(x,y) = \begin{vmatrix} 110 & 100 & 50 & 0 \\ 100 & 90 & 80 & 30 \end{vmatrix}.$$

Використовуючи цей результат, неважко обчислити середні оцінки ефективності стратегій:

$$\bar{W}(0) = E_y W(0, y) = 110 \cdot 2/27 + 100 \cdot 8/27 + 50 \cdot 14/27 = 1720/27$$

$$\bar{W}(1) = E_y W(1, y) = 100 \cdot 2/27 + 90 \cdot 8/27 + 80 \cdot 14/27 + 30 \cdot 3/27 + 2130/27$$

Звідси випливає, що резерв потрібно використати.

### 6.3 Класифікація задач дослідження операцій

Основна задача дослідження операцій, що полягає у порівнянні стратегій та виборі кращої з них для загальної моделі дослідження операцій, яка була описана в розділі 5.1, являється занадто складною, щоб можна було отримати конкретні результати. Тому виділяють більш спеціалізовані задачі, які є окремими випадками загальної задачі і для яких можливо створити загальні методи розв'язування.

*Класифікацію здійснюють за трьома ознаками:*

- видами неконтрольованих факторів;
- критеріїв ефективності;
- просторів стратегій.

Найпростішу групу являють задачі з фіксованими неконтрольованими факторами, до яких належать задачі звичайної оптимізації. Серед них основне місце займають задачі математичного програмування, які у більшості своєї являються некласичними екстремальними задачами. У скінчено вимірних просторах до них неможливо застосувати класичні методи диференціального числення.

Внутрішня класифікація в розділі математичного програмування пов'язана з видом критерію ефективності (тут він є критерієм оптимізації у просторі стратегій) та видом обмежень, які описують простір стратегій. Якщо всі функції, що застосовуються в цих описах, лінійні, то це задача лінійного програмування. За умови, що розв'язки задач, згідно зі змістом повинні бути

цілими числами, то отримуємо задачу цілочисельного математичного програмування.

В разі не лінійності функцій, які описують критерій та простір стратегій, маємо справу з задачею нелінійного програмування. Коли критерій ефективності та простір стратегій описується опуклими структурами, то задачі належать до опуклого програмування.

Коли в задачі є зміни в часі, критерій задається через рівняння, що описують процес розвитку операцій в часі, тоді це задача динамічного програмування.

При наявності неконтрольованих факторів (випадкових та невизначених), що не є фіксованими, виникають інші типи задач. Серед них міні-максні задачі з невизначеними факторами та гарантованими оцінками ефективності, задачі з різних розділів прикладної теорії ймовірностей, теорії випадкових процесів, прикладної статистики та теорії ігор.

До імовірнісних та статистичних задач дослідження операцій традиційно відносять задачі теорії масового обслуговування, теорії черг, теорії управління запасами, теорії надійності, стохастичного управління, статистичного моделювання, теорії статистичних розв'язків, статистичного контролю якості, статистичної теорії прогнозування, теорії планування експерименту тощо.

В теорії ігор невизначеність пов'язана з діями інших розумних учасників операції, які мають свої цілі, а також з іншими обставинами операції її природою. Учасники гри можуть утворювати коаліції дії, тобто діяти спільно, та коаліції інтересів, мати певні спільні інтереси. В останньому разі маємо так звані коаліційні ігри, серед яких найпоширеніші кооперативні ігри, де є одна коаліція дії та декілька коаліцій інтересів. Якщо ж коаліцій не можна утворити, то ігри без коаліційні.

Гра, де є дві сторони з повністю протилежними інтересами, називається антагоністичною.

До дослідження операцій традиційно відносять також задачі прийняття рішень які базуються на теорії графів. Класифікація задач дослідження операцій представлена на рисунку 14.



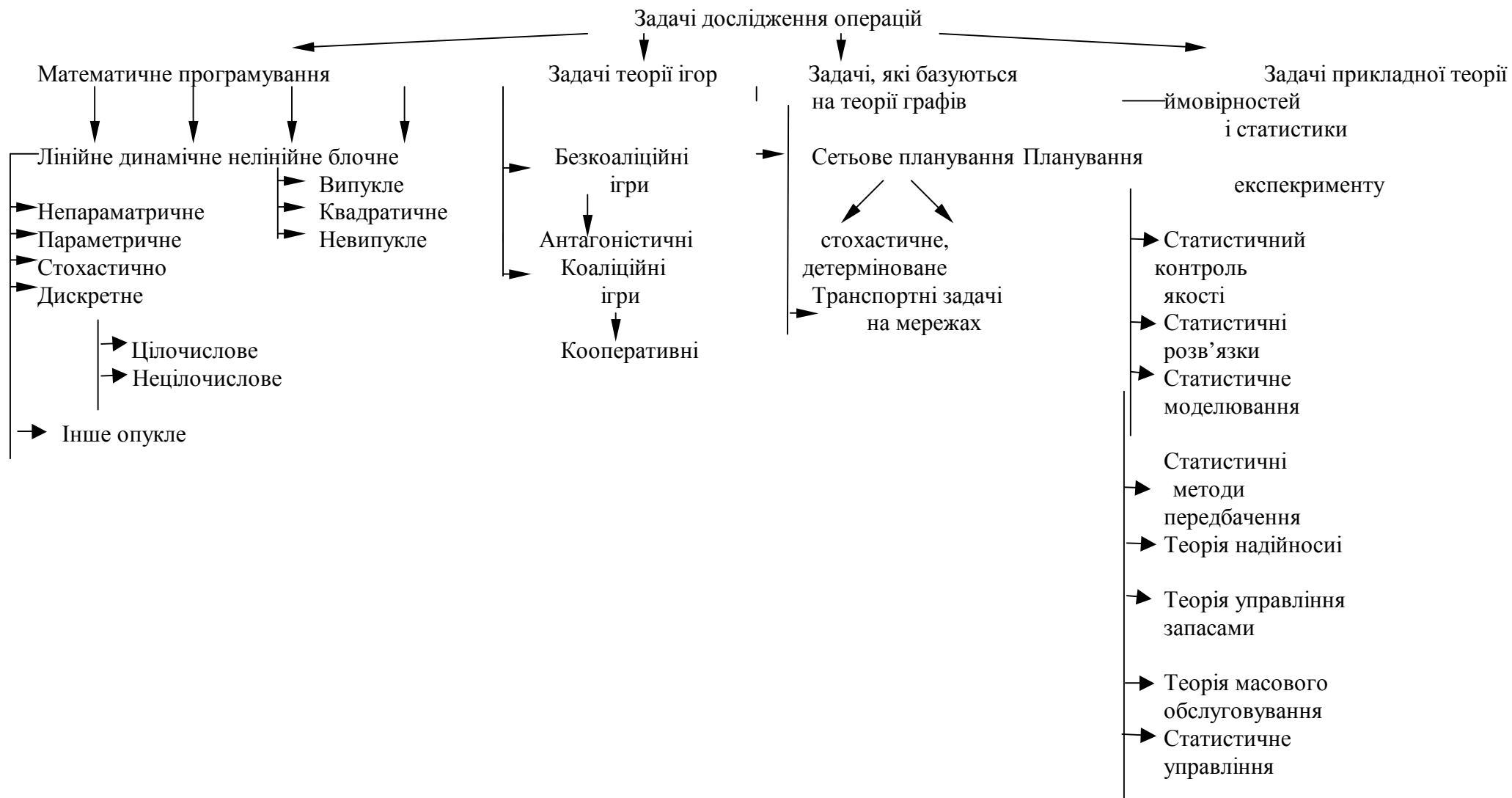


Рисунок 14 – Класифікація задач дослідження операцій

## 7 СИСТЕМИ З УПРАВЛІННЯМ

Розглянутий раніше аналіз системи за допомогою дослідження операцій, а саме наведена схема установлює фактично зв'язок між керуючою і керованою системами. Ці обидві системи можна об'єднати в одне поняття – «системи з управлінням».

*Управління є зміною стану об'єкта, системи або процесу, що веде до досягнення певної мети, або ж підтримкою системи (об'єкта) в деякій множині бажаних станів при впливах на неї різних збурень з боку середовища.*

Для опису системи з управлінням виділяють систему  $S$ , що підлягає управлінню (керована система), яке діє на її вхід та систему, що здійснює управління (керуюча система  $S_k$ , що виробляє це управління  $U$ ) – рисунок 15

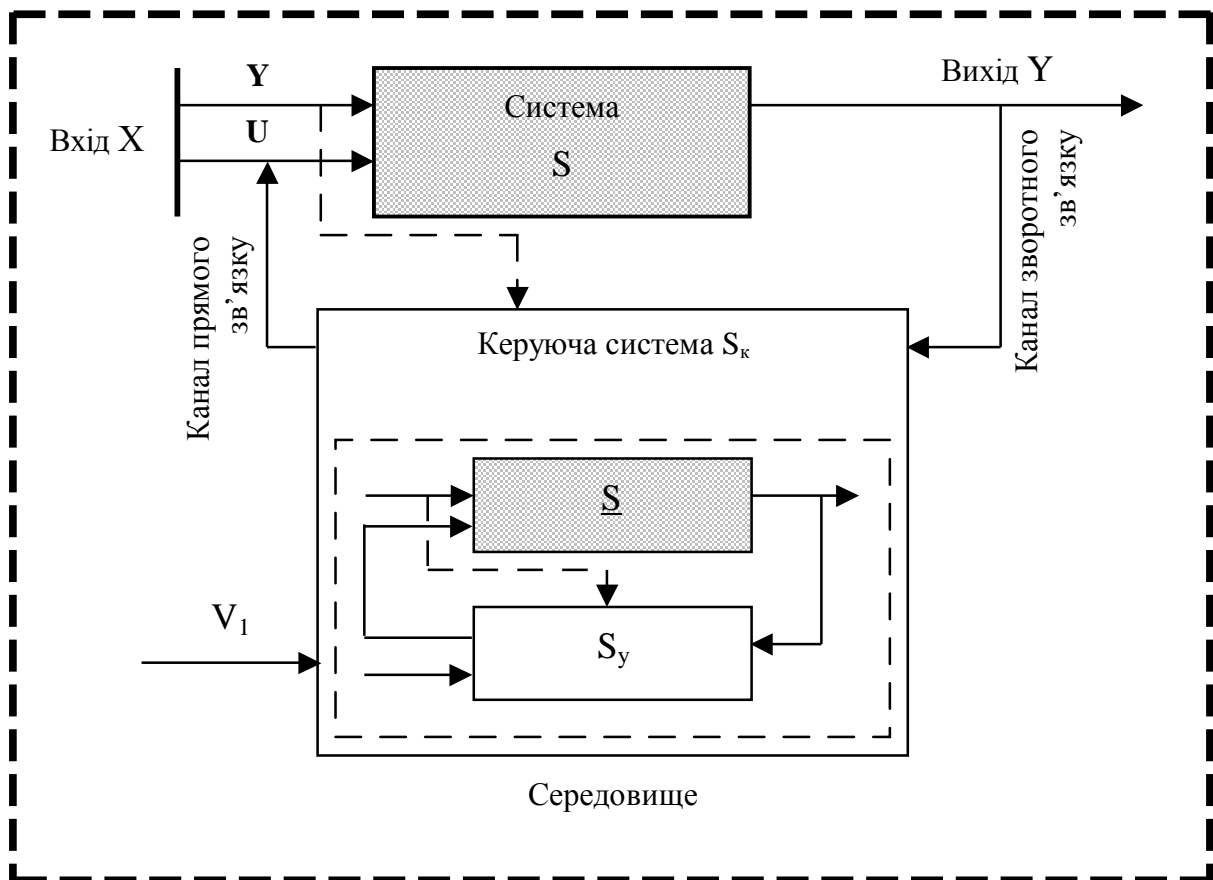


Рисунок 15 – Система з управлінням

Управління може бути функцією високоорганізованої системи  $S_1$  як штучної, так і природної, що забезпечує збереження структури системи та підтримку функціонування цієї системи  $S_1$  або ж іншої системи  $S_2$  у певних межах. Управлінням також називають вплив або дію системи  $S_2$  для досягнення деякої мети.

За допомогою наведеної моделі керуюча система визначає, яке управління  $U$  подати на вхід системи. Це зображено в керуючому блоці на рисунку 16, де відображена так звана модель чорного ящика.

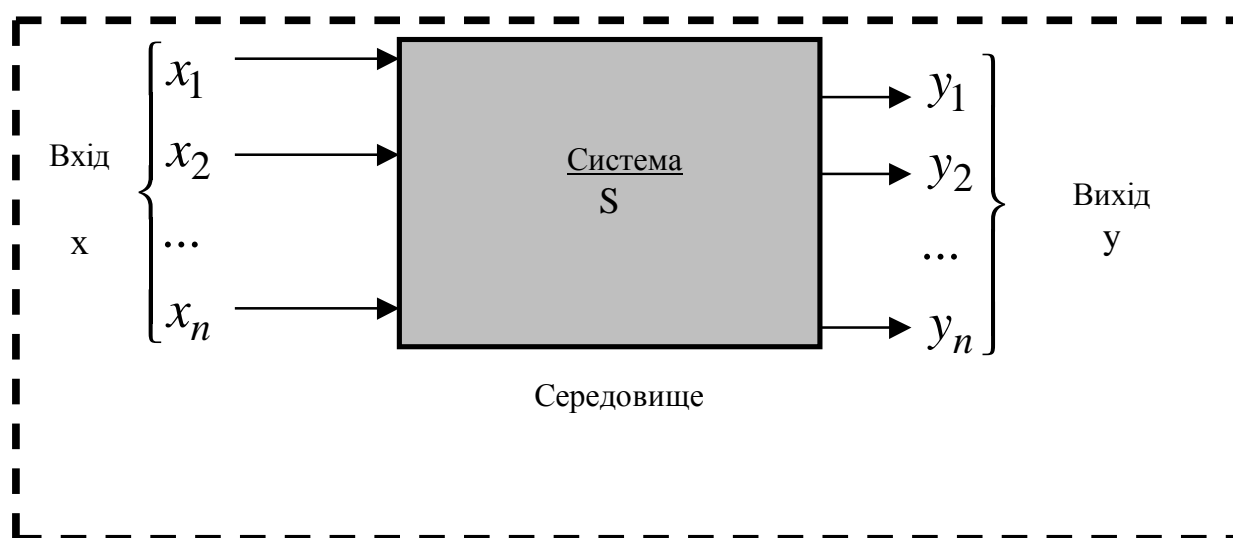


Рисунок 16 – Модель керуючої системи

Методи пошуку управління  $U$ , засоби його здійснення вибирають залежно від того, що відомо про систему і що враховується при визначенні управління, тобто від того, яка модель системи використовується і наскільки вона відповідає реальній системі.

Зауважимо, що зворотний зв'язок взагалі є впливом виходу деякої системи на її вихід або ж у більш широкому розумінні – впливом результатів дії системи на характер цієї дії. Принцип зворотного зв'язку при управлінні є од-

ним із головних у кібернетиці та теорії систем. Він використовується в замкнених системах управління, де управління формується за відхиленнями системи від певного стану. Якщо дія зворотного зв'язку спрямована на зменшення відхилення системи від стану  $x_0$  або ж на зменшення виходу, то такий зв'язок називається від'ємним, в протилежному разі говорять про додатковий зворотний зв'язок (рис. 17).

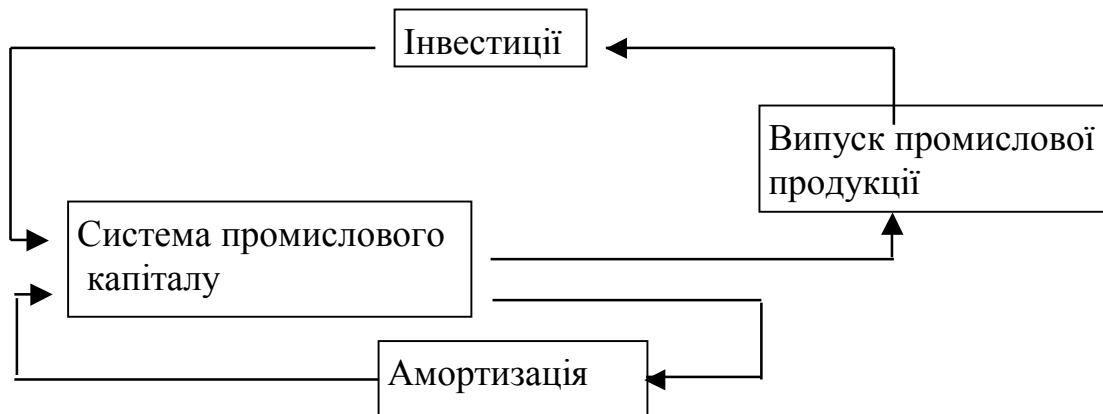


Рисунок 17 – Додатковий зворотний зв'язок

На схемі показані додатковий зворотний зв'язок у системі промислового капіталу, отже і випуск продукції, та від'ємний зв'язок, пов'язаний з амортизацією.

## 7.1 Аналіз керованої системи

Способи управління системами можуть бути різними, наприклад в залежності від місця розташування керуючого блоку.

Керуючий блок може належати самій системі. Таку систему називають *самокерованою системою*. Або ж він може бути зовнішнім відносно до системи, тоді її називають *системою, що керована зовні*. Крім того, існують систе-

ми, управління якими розділене і частково виконується зовні, а частково в самій системі. Це – *системи з комбінованим управлінням*.

Незалежно від розташування керуючого блоку, системи розрізняють за способом управління на: програмне управління, управління з регулюванням, управління за параметрами та структурну адаптацію.

1 Якщо траєкторія руху системи до мети точно відома і, отже, може бути точно визначене управління  $U(t)$ . Тоді управління можливо здійснити, не звертаючи уваги на розвиток подій (так зване програмне управління), без зворотного зв'язку за апріорною інформацією.

*Приклади:* робота ЕОМ за програмою, розвиток зародку живого організму, робота телефону-автомату, робота верстата з програмним управлінням, музикальні записи та ін.

2 Може статися, що процеси  $U(t)$  на некерованих входах системи будуть відрізнятися від тих, які мали бути за припущеннями, або ж на систему стануть діяти входи, що не передбачені за її моделлю. Тоді система відхиляється від потрібної траєкторії  $y_0(t)$ . Реєструючи відхилення  $y(t)-y_0(t)$  поточної траєкторії  $y(t)$  системи від  $y_0(t)$ , можливо виробити додаткове до програмного управління коректуюче управління, яке досить швидко повертає систему на необхідну траєкторію  $y_0(t)$ . Таке управління називається регулюванням.

*Приклади :* робота оператора, регулятор Уатта.

3 За умов, коли не можливо визначити опорну програмну траєкторію або ж відхилення до неї, потрібне управління здійснюють, спрогнозувавши поточну траєкторію  $y(t)$  та визначивши, чи досягне вона цільової області  $Y^*$ ,  $Y^* \in Y$ . Якщо  $y(t)$  не потрапить в  $Y^*$ , то треба підстроювати параметри системи таким чином, щоб траєкторія досягала  $Y^*$  (управління за параметрами).

*Приклад:* управління космічними польотами.

4 Якщо серед можливих комбінацій керованих параметрів системи нема такої, що забезпечує досягнення цільової області (тобто через управління

за параметрами ціль недосяжна), можна, змінюючи структури системи (тобто змінюючи саму систему), перейти до такої, за якої можливе досягнення цільової області. Такий тип управління називається структурною адаптацією.

*Приклад:* адаптація комп'ютерної системи.

Якщо ж четвертий спосіб у межах наявних ресурсів не дає успіху, потрібно модифікувати мету, внести до неї зміни, що дозволять скористатись одним із наведених типів управління.

Комбінуючи типи управління системами можна отримати класифікацію. Керовані зовні системи поділяються на такі типи:

- 1) без зворотного зв'язку;
- 2) регулювання;
- 3) з управлінням за параметрами;
- 4) з управлінням за структурою.

До самокерованих належать системи:

- 1) з програмним управлінням;
- 2) з автоматичним управлінням;
- 3) з параметричною адаптацією;
- 4) зі структурною адаптацією (самоорганізацією).

Системи з комбінованим управлінням можуть бути:

- 1) автоматичними;
- 2) напіваавтоматичними;
- 3) автоматизованими;
- 4) організаційними.

## **7.2 Структура керуючої системи**

Вирішальний вплив на розвиток сучасної теорії управління мали теорія автоматичного регулювання і кібернетика, яку Н.Вінер спочатку визначив як

«управління та зв'язок у тварині та машині», а потім додав до цього суспільно-економічні системи. Важливу роль у кібернетиці відіграє закон необхідної різноманітності Ешбі, за яким для зменшення різноманітності вихідних величин системи (наприклад, для її стабілізації) різноманітність регулюючих керуючих впливів повинно бути не меншою за різноманітність зовнішніх збурень. Цей закон коротко формулюється таким чином: «Тільки різноманітність може знищити іншу різноманітність». Звідси випливає необхідність збільшення числа станів регулюючих впливів при зростанні різноманітності станів збурюючих впливів, які діють на об'єкт управління. Наприклад, в медицині відомо, що не може бути універсального способу лікування хворого. Залежно від хвороби, стадії і розвитку та індивідуальних особливостей хворого правильними будуть ті чи інші діагноз, прогноз та метод лікування. В сільському господарстві можна застосувати теоретико-ігровий підхід до вибору стратегії управління врожаєм. Скажімо, різноманітність природних умов вирощування деякої культури повинно бути скомпенсована різноманітністю прийомів агротехніки, спеціальними графіками поливів тощо. Взагалі один з головних принципів кібернетики полягає в тому, що система управління повинна бути за ступенем різноманітності адекватна обсягу управління. З 60-х років методи кібернетики та теорії систем починають використовуватись у менеджменті.

На рисунку 18 зображений загальний процес управління фірмою як відкритою системою зі зворотними зв'язками.

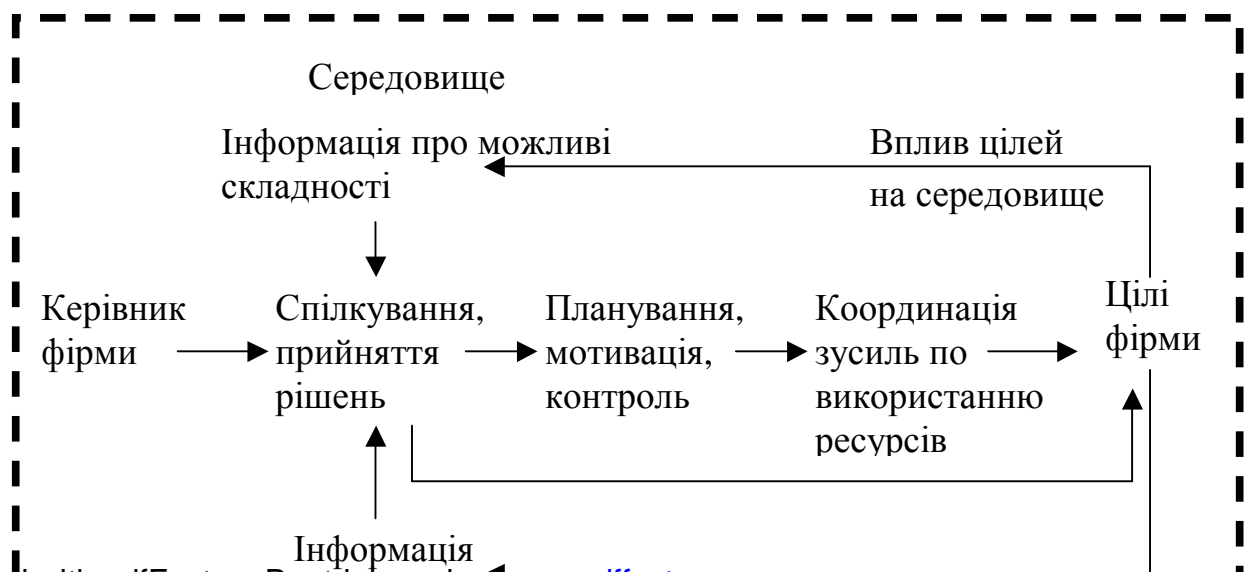


Рисунок 18 – Загальний процес управління

Перші три блоки перед блоком з цілями фірми відображають початковий процес управління. Обернені зв'язки виникають через впливи цілей на фірму завдяки інформації про сильні та слабкі боки фірми та впливи цілей фірми на середовище, яке в свою чергу, через дії конкурентів, споживачів, законів, політичну ситуацію, соціокультурні зміни впливає на прийняття рішень керівниками фірми.

Наведемо ще один приклад системи, яка керує – це типова структура системи керування сучасною корпорацією (рис. 19).

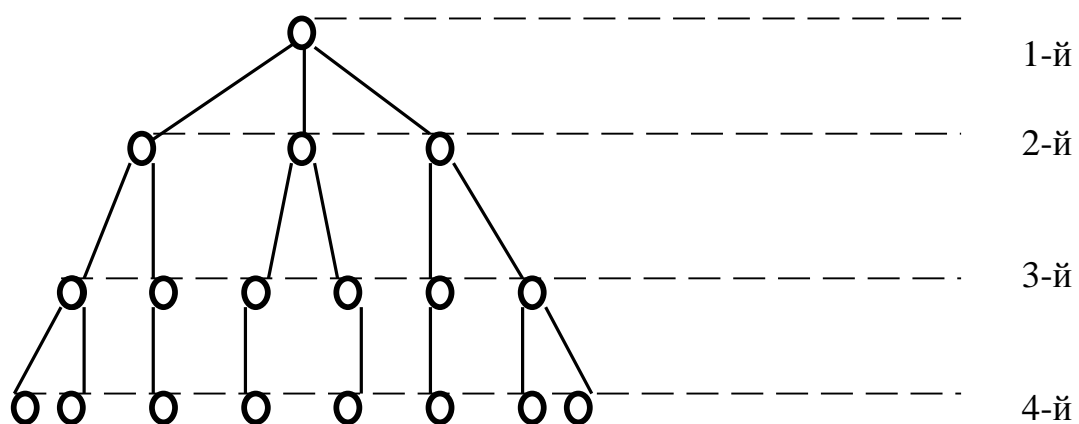
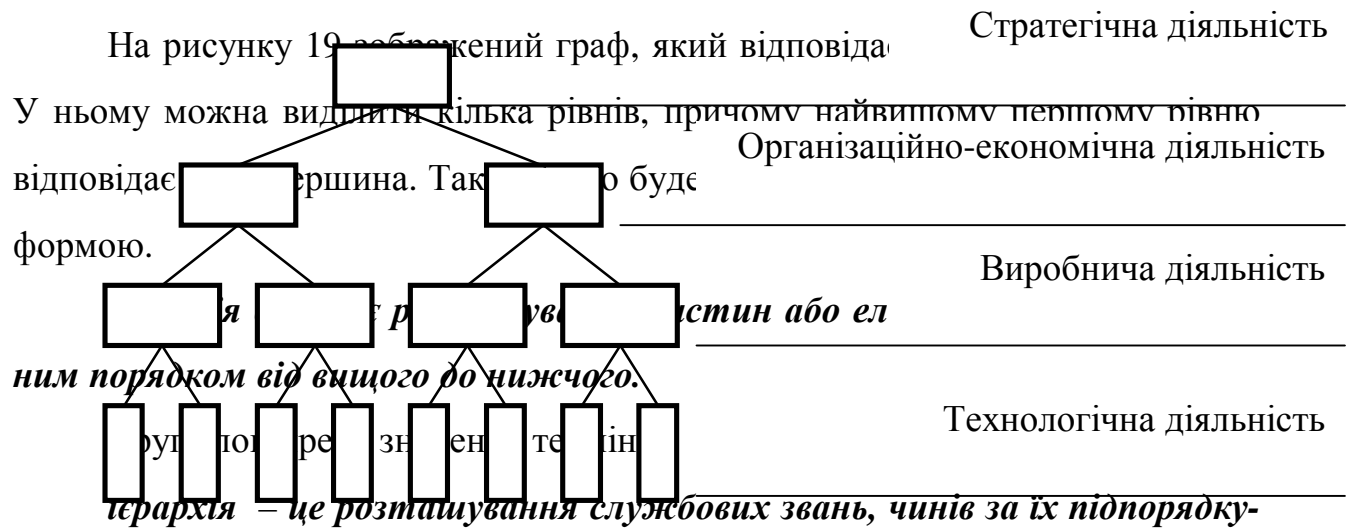


Рисунок 19 – Система структури управління за рівнями





Взаємозв'язок видів діяльності і функцій управління представлений на аналогічній схемі (рис. 20).

Рисунок 20 – Взаємозв'язок видів діяльності

Конкретна структура апарату управління визначається характеристиками системи (наприклад, підприємства) і масштабами управління.

Основні функціональні підрозділи апарату управління можна звести в п'ять груп: технічну, економічну, виробничу, комерційну, обслуговування. Такий функціональний розподіл пов'язаний з централізацією управління і об'єднанням відділів. Крім функціонального, має місце також лінійне управління; директор, начальник цеху, майстер.

Типові структури управління розробляються на основі специфічних особливостей і спільності різних груп.

Серед структур можна виділити: лінійну, функціональну, лінійно-групову, лінійно-функціональну і матричну.

**В лінійній структурі** кожен елемент має одного безпосереднього керівника (рис. 21).

Така структура має чітке розподілення функцій і цю обставину слід від-

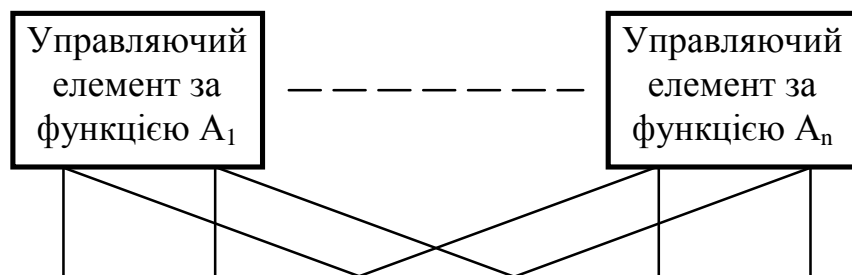


Рисунок 21 – Лінійна структура управління

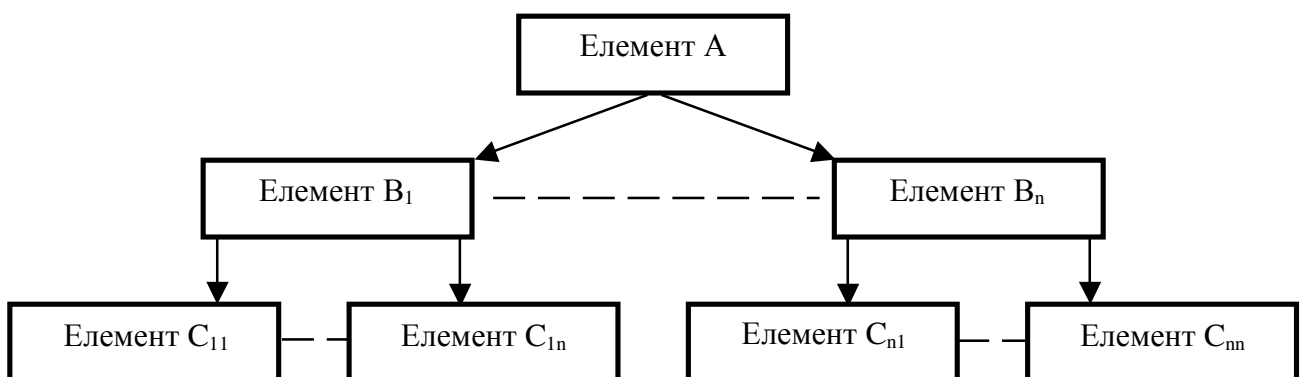


нести до переваг лінійної структури.

*Недоліки:*

- 1) важко здійснювати координацію між елементами;
- 2) вищим елементам необхідно знати функції нижчих елементів.

**Функціональна структура** (рис. 22) передбачає спеціалізацію керівни-



ків за окремими функціями.

Рисунок 22 – Функціональна структура управління

*Недоліки :*

- 1) важко здійснювати координацію між елементами одного рівня;
- 2) відбувається ускладнення структури з ростом числа функцій.

*Лінійно-функціональна структура* базується не перевагах як лінійної так і функціональної системи, тобто, при наявності керівного елемента для всієї системи ця структура передбачає функціональні зв'язки між групами управління (рис. 23).

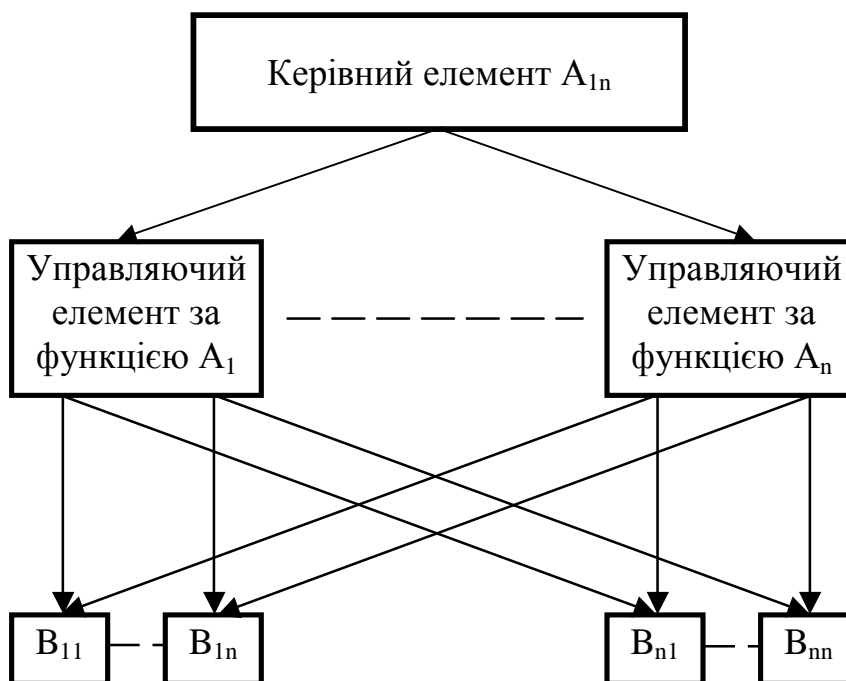


Рисунок 23 – Лінійно-функціональна структура управління

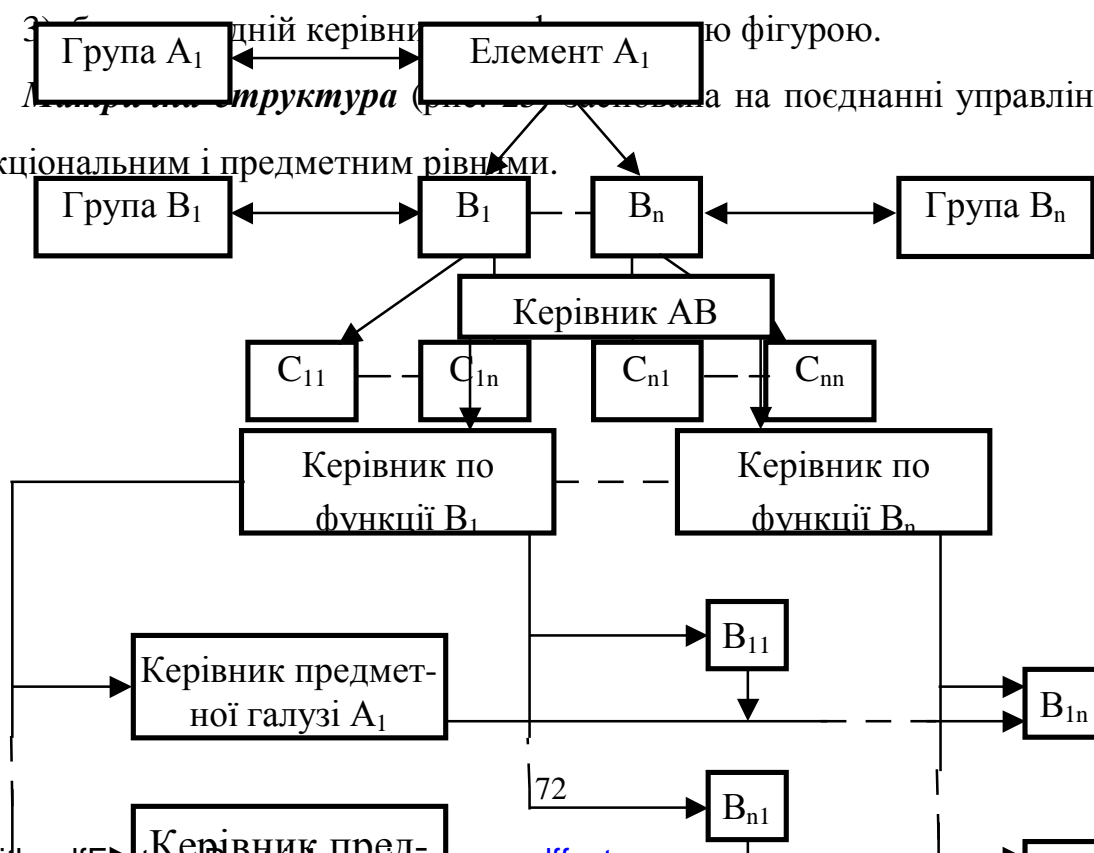
*Лінійно-групова структура* (рис. 24) являється розвитком лінійної. Кожному керівникові підпорядкована група управління із кваліфікованих спеціалістів.

Рисунок 24 - Лінійно-групова структура управління

*Недоліки :*

- 1) різке зростання складу груп;
- 2) управління при ускладненні функції управління;

3) *Лінійно-групова структура* (рис. 24) являється розвитком лінійної. Кожному керівникові підпорядкована група управління із кваліфікованих спеціалістів.



## Рисунок 25– Матрична структура управління

*Недолік:* важко здійснювати координацію при ускладненні функцій управління, так як зростає число зв'язків.

На практиці досить рідко зустрічається якась із наведених структур у чистому вигляді. Звичайно використовують комбіновані структури управління (керівництва).

## 8 ПРОБЛЕМИ ІЄРАРХІЧНОГО УПРАВЛІННЯ В СКЛАДНИХ СИСТЕМАХ

В наш час не існує загального визначення складної системи (разом з терміном «*складна система*» використовують термін «*велика система*», і «система великого масштабу»). Віднести ту чи іншу систему до розряду складної або простої можна лише умовно, з урахуванням задач системи.

Будемо вважати дану систему складною в тому випадку, коли із-за властивостей системи і згідно з характером задач, які виникають при її дослідженні, необхідно прийняти до уваги наявність у системі великої кількості пов'язаних і взаємодіючих між собою елементів, які забезпечують виконання системою деякої достатньо складної функції.

Для складних систем які зустрічаються на практиці для випадкових факторів призводить до зміщення середніх результатів її функціонування, тобто при вивченні складних систем необхідно брати до уваги якомога більше випадкових факторів. І нарешті перелічимо *основні ознаки складних систем*:

- 1 Наявність великої кількості взаємозв'язаних і взаємодіючих між собою елементів.
- 2 Складність функції, яку виконує система і яка спрямована на досягнення заданої цілі функціонування.
- 3 Можливість розбиття системи на підсистеми, цілі функціонування яких підпорядкованні загальній цілі функціонування всієї системи.
- 4 Наявність взаємодії з зовнішнім середовищем і функціонування в умовах дії випадкових факторів.
- 5 Наявність управління (яке найчастіше має ієрархичну структуру) інформаційною гілковою структурою та інтенсивних потоків інформації.

Таким чином питання дослідження систем, пов'язані зі структурою управління зводяться до вибору рівнів управління, а саме: вимоги до ліній передачі інформації і до прикладів її обробки у центрі можна знизити, якщо рішення частини задач управління передати місцевим центрам управління. Оскільки останні не завжди мають необхідні відомості, вводять допоміжні пункти управління, які об'єднують пункти управління і декілька місцевих пунктів. Таким чином переходять до ієрархічної системи управління з декількома рівнями.

Наприклад, функціонування підприємства представляє собою процес взаємодії його елементів в часі і просторі, що забезпечує виконання намічених цілей в умовах зовнішніх збурень з урахуванням накладених обмежень. При аналізі процесу функціонування підприємства в зв'язку зі складністю структури його розділяють на частини (об'єкти, елементи) за різними ознаками.

Однією із головних ознак є вид ієрархії. ***Для сучасного виробництва характерні наступні види ієрархії:***

- часова;
- просторова;
- функціональна;
- ситуаційна;
- інформаційна.

Треба відзначити, що розподіл будь-якої системи на частини не може бути однозначним, так як виділення меж між частинами являється завжди в якійсь мірі суб'єктивним.

Вибір того чи іншого принципу виділення складових частин, повинен задовільняти наступним основним умовам:

- забезпечувати їх максимальну автономність;

- урахувати необхідність координації їх дій для досягнення спільної мети функціонування;
- сумісність окремих частин.

### **Часова ієрархія**

Ознакою поділення тут являється інтервал часу від моменту надходження інформації про стан об'єкту управління до моменту видачі управляючої дії. Чим більший інтервал часу, тим вищий рівень (ранг) елемента. Управління може здійснюватися у реальному часі і з інтервалом: доба, декада, місяць, квартал и т.д.

Причому управляючий інтервал обирається не довільно, а із критеріїв, визначаючих стійкість та ефективність функціонування всієї системи. Наприклад, управління технологічним процесом може існувати в реальному часі, а управління цехом чи підприємством потребує визначення часового інтервалу. За цим видом ієрархії можна виділити наступні рівні управління підприємством:

- довгостроковий;
- кварталний;
- місячний;
- змінно-добовий;
- реальний час, тобто, це – той час, який реально робітник витрачає на виготовлення того чи іншого виробу (на відміну від часу, який зазначений у технологічному процесі або задається згідно розряду роботи, яка виконується).

### **Просторова ієрархія**

Ознакою розподілення тут є площа, яку займає об'єкт управління. Чим більше площа об'єкту, тим вище його ранг. Дана ознака є суб'єктивною, так



як не завжди площа, яку займає об'єкт, відповідає його значимості, і його можна використати у випадку аналогічних параметрів елементів одного рівня. Просторова ієрархія характерна для виробництва, представлена на рисунку 26.

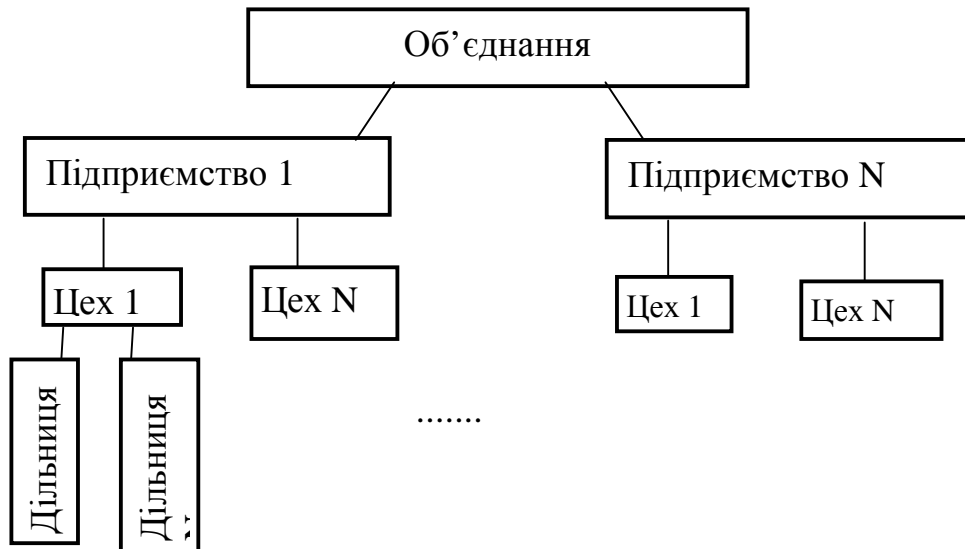


Рисунок 26 – Просторова ієрархія

### Функціональна ієрархія

В її основу покладена функціональна залежність (підпорядкованість) елементів системи. Таке розподілення теж є суб'єктивним, так як у цьому випадку важливо виділити межі між елементами системи.

Функціональну ієрархію можна розподілити на дві групи:

- в залежності від матеріальних ресурсів (рис. 27);
- по адміністративній підлеглості (рис. 28).





Рисунок 27 – Функціональна ієрархія підприємства, заснована на управлінні рухом матеріальних потоків

На рисунку 28 зображено фрагменти функціональної ієрархії за ознакою адміністративної підпорядкованості.

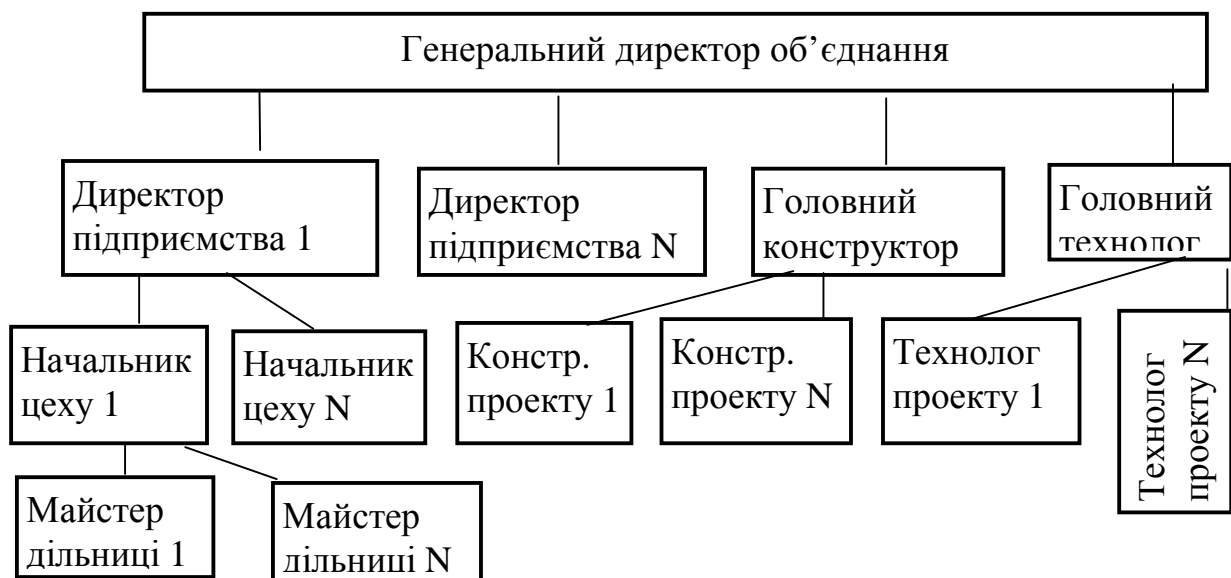


Рисунок 28– Фрагменти функціональної ієрархії за ознакою адміністративної підпорядкованості

### Ситуаційна ієрархія

Розподілення на рівні в даному випадку відбувається в залежності від ефекту, що визвала та чи інша ситуація, наприклад, від збитків, які виникли у результаті аварії чи виходу із ладу обладнання.

## Інформаційна ієрархія

В наш час цей вид ієрархії є дуже суттєвим, у зв'язку з важливістю значення інформації для управління. В основі ділення на рівні лежить оперативність і оновлюваність інформації. Саме через ці характеристики прослідковується ієрархія інформації за рівнями управління підприємством.

На першому рівні зберігається і обробляється інформація, що необхідна для повсякденної діяльності, тобто для оперативного управління. Наступний рівень складає інформація більш узагальнена, і яка використовується не так часто. Інформація групується за функціональними областями і використовується для підтримування прийняття рішення про управління виробництвом. На верхньому рівні зберігається і обробляється стратегічна інформація для довгострокового планування. Для неї характерні: високий ступінь узагальненості, неповторність, непередбаченість і рідке використання.

Ієрархічний підхід до процесу управління підприємством дає змогу проводити автоматизацію послідовно на різних рівнях, використовуючи накопичений досвід та існуючі розробки. Для процесу управління підприємством характерні: часова, просторова, функціональна та інформаційна ієрархії, котрі необхідно урахувати при розробці структури управління підприємством при впровадженні автоматизованого управління.

Таким чином рівні управління відрізняються періодичністю і строками приймальних управлінських рішень, реалізованими функціями, узагальненістю, оновлюваністю та оперативністю використаної інформації. Формування конкретної структури управління з урахуванням усіх видів ієрархії визначається специфікою підприємства, його функціональними, інформаційними і цільовими особливостями.

У загальному вигляді функціонально модель процесу управління подана на рисунку 29.

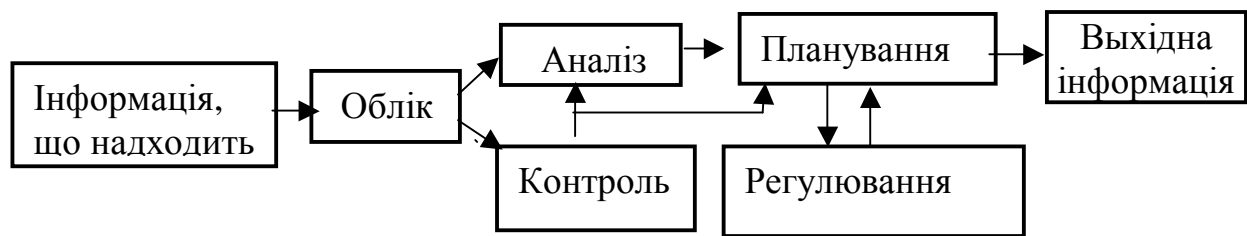


Рисунок 29 – Модель управління підприємством

Облік інформації про об'єкт управління складається з реєстрації, класифікації та ідентифікації. На основі різноманітних математичних моделей та критеріїв оптимальності аналізують інформацію про стан об'єкту управління. Кінцева модель прогнозованого стану об'єкта управління формується у вигляді плану. Відхилення від плану коректують шляхом порівняння облікової та планової інформації, нового аналізу і планування.

Використовуючи ієрархічний підхід, систему управління підприємством можна представити у вигляді окремих підсистем (ланок, елементів), що знаходяться у визначені інформаційно-функціонального часового взаємозв'язку і підпорядкованості. У таблиці 2 подані основні рівні управління для підприємств дискретного типу і їх короткі характеристики.

Таблиця 2- Рівні управління і їх короткі характеристики

Рівень управління	Об'єкт управління	Часовий інтервал управління	Функція управління
1	2	3	4
Робоче місце (1)	Окремі верстати, агрегати, технологічні установки, роботи маніпулятори	Реальний час	Контроль регулювання
Ділянка (2)	Комплекси агрегатів, технологічних машин, роботів,	Реальний час, зміна, декада	Технологічна діяльність

	транспортних систем, склади заготовок		
Цех (3)	Технологічні ділянки	Зміна, декада, місяць, квартал	Виробнича, організаційно економічна і стратегічна діяльність
Підприємство (4)	Цехи основного і допоміжного виробництва, служби заводоуправління	Місяць, квартал, рік, п'ятирічка	—

Значні об'єми використаної інформації вимагають уваги і організацію баз даних. Технічною базою даного рівня є ЕОМ.

Використання багаторівневого підходу до побудови систем управління підприємством, дає можливість урахувати для кожного рівня спеціалізацію управління, впровадити незалежну автоматизацію, використати типові проектні рішення, провести модифікацію.

Але наряду з цим треба вирішити ряд складних проблем: забезпечити координацію взаємодії між рівнями, встановити цілі і критерії функціонування для кожного рівня, визначити пріоритет, а також втручання верхніх рівней у відношення нижчих рівней.

На закінчення слід відзначити, що прагнення знайти загальні принципи, які застосовуються як до понять, так і до конкретних систем, представляють собою одне із самих багатообіцяючих напрямків науки про системи.

Цей напрямок може не тільки ліквідувати розрив між точними і суспільними науками, але і між технікою і економікою.

Питання системного аналізу розглядаються в численних роботах, основні з яких приведені в списку літератури.

## ЛІТЕРАТУРА

- 1 Хубка В. Теория технических систем: Пер. с нем.- М.: Мир, 1987.- 208с.
- 2 Пономаренко О.І., Системні методи в економіці, менеджменті та бізнесі: Навч.посібник/ О.І.Пономаренко, В.О.Пономаренко. - К.: Либідь, 1995.- 240с.
- 3 Советов В.Я. Автоматизированное управление современным производством/ В.Я.Советов, В.В. Цехановский. – Л.: Машиностроение, 1988. – 168с.
- 4 Советов В.Я. Моделирование систем: Лабораторный практикум: Учебн.пособие для вузов/ В.Я.Советов, С.А.Яковлев. – М.: Высш.шк., 1989. – 80с.
- 5 Колесников Л.А. Основы теории системного подхода. – К.: Наук.думка, 1988. – 176с.
- 6 Мороз А.И. Курс теории систем. – М.: Высш.шк., 1987. – 304с.
- 7 Фатхутдинов Р.А. Производственный менеджмент: Учебник для вузов. – М.: Банки и биржи: ЮНИТИ, 1997.– 447с.
- 8 Эшби У.Р. Введение в кибернетику. – М.: Изд-во иностр. лит., 1959.– 432с.
- 9 Общая теория систем: Пер. с англ. – М.: Мир, 1966. – 187с.
- 10 Корячко В.А. Теоретические основы САПР: Учебн.для вузов / В.А.Корячко, В.М.Курейчик, И.П.Коренков. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 400 с.
- 11 Воробьев Н.Н. Теория игр. Лекции для экономистов-кибернетиков.– Л.: Изд-во Ленинградского ун-та, 1974.- 160 с.
- 12 Шаракшанэ А. С. Сложные системы: Учеб. пособие для вузов/ А .С. Шаракшанэ, И. Г Железнов, В. А. Ивницкий. – М.: Высш.шк., 1977.– 247с.

## Методичні вказівки

Конспект лекцій з дисципліни  
«Основи теорії систем і системного аналізу»  
(для студентів денної та заочної форм навчання  
спеціальності «Менеджмент»)

Укладачі: Олена Георгіївна Водолазська  
Наталія Володимирівна Водолазська

Редактор Ірина Іванівна Дьякова

Підп. до друку Формат 60x84/16.

Ризограф. друк Ум. друк. арк. Обл.-вид.арк.

Тираж 100 примірників Зам. №

---

ДДМА, 84313, м.Краматорськ, вул. Шкадінова, 72