ВСТУП

 Сучасний системний аналіз - прикладна наука, яка орієнтована на прояснення причин виникнення проблем і на формування варіантів їх усунення.

 Системний аналіз - сукупність методологічних засобів, які використовуються для підготовки та обгрунтування рішень зі складних проблем політичного, військового, соціального, економічного, технічного і наукового характеру. Основою є системний підхід і ряд методів, математичних дисциплін та сучасної теорії управління. Основна процедура - побудова узагальненої моделі, що відображає взаємозв'язки реальної ситуації. Технічною основою є ЕОМ та інформаційні системи.

 Виникнення «системного аналізу» пов'язане з необхідністю проведення комплексних досліджень при:

 • створенні складних технологічних і виробничих комплексів;

 • створенні складних систем управління ними;

 • аналізі економічної ситуації і т.д.

 Системний аналіз - дисципліна, яка займається проблемами прийняття рішень в умовах, коли вибір альтернативи потребує аналізу складної інформації різної фізичної природи. Результатом системних досліджень є вибір конкретної альтернативи, наприклад, план розвитку, параметри конструкції, структура і т.д.

Основне завдання дисципліни: показати, як різні знання (математика, теорія управління, методи оптимізації ...), можуть служити вирішення складних прикладних задач, а системний інтегратор стає однією з головних дійових осіб, архітектором, конструктором складних систем. Для конструювання і дослідження складних систем немає наборів рецептів, є лише методологія.

 Методи системного аналізу для вирішення складних комплексних проблем застосовуються з урахуванням того, що в процесі прийняття рішень вибір необхідно робити в умовах невизначеності. Процес системного аналізу по кожній проблемі можна розділити на чотири стадії:

 постановка проблеми, визначення мети і критеріїв оцінки;

 структурний аналіз досліджуваної системи;

 розробка концепції розвитку системи та підготовка можливих варіантів;

 безпосередній аналіз відібраних варіантів рішень та їх наслідків за допомогою ПЕОМ.

 Витоки системного аналізу, методичних концепцій лежать в дисциплінах, які займаються проблемами прийняття рішень - теорії дослідження операцій та загальної теорії управління.

 Проектування складних систем управління поділяють на дві стадії: макропроектірованіе (зовнішнє), коли методами системотехнічного і синтезу вирішуються завдання функціонально-структурного характеру; мікропроектірованіе, коли розробляються технічні рішення в рамках проекту системи.

 Для фахівців з автоматизації виробництва часто найбільш відповідальним етапом є початок розробки систем - аванпроектірованіе (вибір структури, технічних засобів, програмного забезпечення ...). Від цього залежить цілий ряд аспектів в майбутньому, в тому числі вартість розробки та експлуатації.

 МЕТОДОЛОГІЯ СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ

 У відповідності з сучасними уявленнями прикладний системний аналіз - наукова дисципліна, яка на основі системно організованих, структурно взаємопов'язаних і функціонально взаємодіючих процедур, методологічних засобів, математичного апарату, програмного забезпечення і обчислювальних можливостей комп'ютерних систем і мереж забезпечує в умовах невизначеності отримання і накопичення інформації про досліджуваний предметі для наступного формування знань про нього як єдиного, цілісного об'єкта з позицій поставлених цілей дослідження і прийняття раціонального рішення в умовах різнорідних багатофакторних ризиків.

 Під системою розуміють складні структури, які взаємодіють з навколишнім середовищем як єдине ціле, а великі системи і складні системи включають значну кількість елементів і підсистем. Часто поняття системи визначають через їх ознаки та властивості.

Система - це сукупність взаємопов'язаних елементів, відокремлена від зовнішнього середовища, але яка діє з цим середовищем як єдине ціле.

Система - це засіб досягнення мети. Відповідність мети і системи неоднозначне, а саме: різні системи можуть орієнтуватися на одну мету, а одна система може мати різні цілі.

 Перших два визначення об'єднуються в третє.

Система - це функціонально певний структурно впорядковане з адаптивною реорганізацією безліч елементів. Зовнішні та внутрішні функції систем, їх ієрархічні або однорівневі структури характеризуються відповідними обмінними потоками, адаптивна організація і дезорганізація систем є визначальним для їх існування властивістю.

Елемент - це найпростіша неподільна частина системи, а її властивості визначаються конкретним завданням. Елемент завжди пов'язаний з самою системою. Елемент складної системи може бути в свою чергу складною системою в іншій задачі.

Підсистема - компонент системи - об'єднання елементів, але за масштабом менше, ніж система в цілому.

 Якщо розглядати технологічний комплекс, то елементом може бути технологічний процес, технологічний апарат або конкретна конструкція. Підсистемами виступають об'єднання технологічних процесів або апаратів на рівні технологічних відділень або цехів.

 З точки зору завдань управління завжди існує оптимальна кількість підсистем, яке призводить до найвищих техніко-економічними показниками. Кількість підсистем залежить від структури загальної системи управління: децентралізовані, централізовані, розподілені системи управління. Кількість підсистем залежить також від кількості технологічних операцій.

Структура - це зображення елементів і зв'язків між ними. Тут розглядається функціональна, алгоритмічна, технічна, організаційна структура. Передбачається, що система має два і більше рівнів управління.

Зв'язок - найбільш важливим є те, що тут використовуються узагальнені оцінки (наприклад, зв'язку: спрямована або ненаправленої, сильна або слабка, позитивна чи негативна). Зв'язок однозначно характеризує структуру системи.

Стан - Це миттєва оцінка або фаза розвитку системи.

Рівновага - це певне усталене стан, а перехід з одного стану в інший називають поведінкою системи.

 КЛАСИФІКАЦІЯ СИСТЕМ

 У системному аналізі класифікація займає особливе місце, враховуючи безліч критеріїв, що характеризують структуру системи, її призначення, особливості функціонування і т.д. Найбільш часто застосовуються при класифікації систем такі критерії.

 За субстаціональниму ознакою системи діляться на три класи:

 природні, що існують в об'єктивній дійсності (нежива і жива природа, суспільство). Приклади систем - атом, молекула, жива клітина, організм, популяція, суспільство;

 концептуальні, або ідеальні системи, які відображають реальну дійсність, об'єктивний світ. Сюди відносять наукові теорії, літературні твори, тобто системи, які з різним ступенем повноти відображають об'єктивну реальність;

 штучні, які створені людиною для досягнення конкретної мети (технічні або організаційні).

 При використанні системного аналізу для задач синтезу та аналізу складних систем управління використовують класифікацію систем по:

 увазі об'єкта - технічні, біологічні, організаційні та ін;

 науковим напрямком - математичні, фізичні, хімічні й ін;

 увазі формалізації - детерміновані, стохастичні;

 типом - відкриті та закриті;

 складності структури і поведінки - прості і складні;

 ступеня організованості - добре організовані, погано організовані (дифузні), з самоорганізацією.

Добре організовані системи - це такі, для яких можна визначити окремі елементи, зв'язки між ними, правила об'єднання в підсистеми і оцінити зв'язки між компонентами системи і її цілями. У цьому випадку проблемна ситуація може описуватися у вигляді математичних залежностей, які пов'язують мета і засоби її досягнення, так званих критеріїв ефективності або оцінок функціонування. Рішення задач аналізу і синтезу в добре організованих системах здійснюється аналітичними методами. Приклади: опис роботи електронного пристрою за допомогою системи рівнянь, які враховують особливості роботи; аналітичні моделі об'єктів управління та ін

 Для відображення досліджуваного об'єкта у вигляді добре організованої системи виділяють найбільш істотні фактори і відкидають другорядні. У добре організованих системах використовується, в основному, кількісна інформація.

Погано організовані системи. Для таких систем характерним є відображення і дослідження не всіх компонентів, а лише деяких наборів макропараметрів і закономірностей за допомогою певних правил вибірки. Наприклад, при отриманні статистичних закономірностей їх переносять на поведінку систем з деякими показниками ймовірності. Характерним для цих систем є використання багатокритеріальних задач з численними припущеннями та обмеженнями. Приклади: системи масового обслуговування, економічні та організаційні системи.

 У погано організованих системах використовується, в основному, якісна інформація, зокрема нечіткі множини.

Системи з самоорганізацією. Такі системи мають ознаки дифузних систем: стохастічностьсть поведінки і нестаціонарність параметрів. У теж час вони мають чітко визначену можливість адаптації до зміни умов роботи. Окремим випадком системи з самоорганізацією для управління технічними об'єктами є адаптивні системи з еталонними моделями або ідентифікатором, які розглядаються в дисципліні «Теорія автоматичного керування».

 Існує ряд підходів до виділення систем за складністю і масштабом. Наприклад, для систем управління зручно користуватися класифікацією по числу (кількістю) елементів:

 малі (10-10 3 елементів);

 складні (10 4 - 10 7 елементів);

 ультрасложние (10 8 - 10 30 елементів);

 суперсистеми (10 30 - 10 200 елементів).

 Велика система - це завжди сукупність матеріальних та енергетичних ресурсів, засобів одержання, передачі та обробки інформації, людей, які приймають рішення на різних рівнях ієрархії.

 В даний час для понять «складна система» і «велика система» використовують такі визначення:

складна система - впорядкована множина структурно взаємопов'язаних і функціонально взаємодіючих різнотипних систем, які об'єднані структурно в цілісний об'єкт функціонально різнорідними взаємозв'язками для досягнення заданих цілей в певних умовах;

велика система об'єднує різнотипні складні системи.

 Тоді визначення системи можна записати як

Система - впорядкована множина структурно взаємопов'язаних і функціонально взаємодіючих однотипних елементів будь-якої природи, об'єднаних у цілісний об'єкт, склад і межі якого визначаються цілями системного дослідження.

 Характерні особливості великих систем:

 значна кількість елементів;

 взаємозв'язок і взаємодія між елементами;

 ієрархічність структури управління;

 наявність людини в контурі управління та необхідність прийняття рішень в умовах невизначеності.

 ЗАКОНОМІРНОСТІ ВЕЛИКИХ (СКЛАДНИХ) СИСТЕМ

 Закономірності великих або складних систем дозволяють розглянути їх основні властивості незалежно від фізичної природи (стійкість, розвиток, адаптація, саморегулювання та ін.)

Цілісність системи. Тут розглядається дві взаємозалежних сторони:

 властивості системи, як цілого, не є сумою властивостей елементів або підсистем;

 властивості системи, як цілого, залежать однозначно від властивостей елементів, підсистем.

 У цьому виявляється складність системи, її поведінку щодо зовнішнього середовища і внутрішній розвиток. При виділенні окремих елементів чи підсистем вони також можуть бути складними системами, але для інших завдань. При оцінці цілісності виділяється два фактори:

 прогресуюча факторизація, тобто прагнення системи до такого стану, коли окремі частини здобувають незалежність;

 прогресуюча систематизація, тобто зменшення системою певної автономності елементів або систем.

Інтегрованість системи - ця закономірність з'єднана однозначно з попередньою (цілісністю), але інтегрованість підкреслює внутрішні процеси системи. Головним у інтегрованості є системоутворюючі та системозберігаючий фактори.

 Для складних систем управління та комп'ютерно-інтегрованих структур цими факторами є ЕОМ і мікропроцесорні засоби, об'єднані у відповідні мережі. У технічних системах, особливо комп'ютерно-інтегрованих структурах, розглядаються такі види інтеграції:

 програмна інтеграція;

 технічна інтеграція;

 алгоритмічна інтеграція;

 організаційна інтеграція.

Комунікативність системи. Ця закономірність характеризує особливі зв'язки системи із зовнішнім середовищем, дає можливість виділити елементи, як системи нижчих порядків. Для КІСУ комунікативність проявляється в потоках інформації, а також в структурах, тобто в мережах різного рівня і призначення, в тому числі корпоративних.

Корпоративна мережа - це обчислювальна мережа на підприємствах, фірмах або їх об'єднаннях, в якій одночасно циркулює інформація різного призначення, тобто технологічна та техніко-економічна.

Ієрархічність системи - це закономірність, яка показує, що жива природа і технічні системи завжди мають декілька рівнів організації, прийняття рішень, завдань і т.д. Для автоматизованих технологічних комплексів виділяють різні види управління: технологічний апарат, відділення, підприємство. Тут головними є такі сторони:

 за допомогою ієрархічних уявлень можна відображати системи з різними невизначеностями;

 визначення кількості рівнів, побудова всієї ієрархічної системи завжди залежить від завдання і від мети системи.

 У теорії систем визначальним є поняття функції або завдання, які розподіляють по рівнях на підзадачі, тобто утворюється ієрархічна структура підзадач. Ієрархічній структурі підзадач відповідає своя структура математичних моделей і обмежень. Ці дві структури знаходять відображення в технічній структурі, тобто в ієрархії технічних засобів.

Закон необхідної різноманітності. Доведено, що для створення системи, яка може вирішити складну проблему, що має різноманітність, необхідно, щоб система управління мала ще більшу різноманітність. Важливо, щоб це різноманітність могло створюватися в самій системі. У ТАУ існує принцип складності, згідно з яким для управління складним об'єктом повинна використовуватися також складна система управління.

Узагальнення понять складних систем.

 Загальними ознаками складних систем (біологічних, технічних, соціально-економічних) є те, що кожна з них являє собою структурно організовану сукупність більш простих частин (підсистем), взаємопов'язаних і взаємодіючих в процесах цілеспрямованого функціонування системи.

 Кожна з систем входить як підсистема до складу більш великої системи (старшого рангу); в свою чергу підсистеми (крім елементарних), можуть представлятися як системи молодшого рангу.

 Системи взаємодіють із зовнішнім середовищем, яка реалізується через зовнішні зв'язки: вхідні і вихідні.

 Процес функціонування системи у вузькому сенсі - процес перетворення ресурсів на вході в цільові кінцеві результати основної діяльності на виході.

 Ефективність основної діяльності системи характеризується відношенням цільових кінцевих результатів до витрат ресурсів на досягнення цих результатів і на усунення (або обмеження в допустимому діапазоні) негативних наслідків функціонування.

 Цілеспрямованість процесів функціонування проявляється в намірі підтримувати і підвищувати ефективність системи, адаптуючись до змін зовнішнього середовища.

 Процеси функціонування системи (в широкому сенсі) - сукупність процесів основної діяльності в різних за масштабами процесів розвитку й удосконалення систем.

 Математичний опис процесів функціонування системи - математична модель, але при дії нестаціонарних випадкових сигналів процеси функціонування часто не можна описати математично, тобто формалізувати.

 Процеси функціонування систем потребують управління, яке реалізується за рахунок цілеспрямованих дій і зворотних зв'язків.

 Процес управління: збір інформації; її аналіз і контроль; виготовлення керуючого дії; її реалізація.

 Сукупність органів управління системи і підсистем усіх рівнів разом з інформаційними зв'язками (внутрішні та зовнішні) - це ієрархічна система управління.

 МЕТОДИ І ОБ'ЄКТИ СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ

 Ці методи засновані на тому, що розглядаються різні явища без розкриття процесів, які там відбуваються, а враховуються лише формальні зв'язки між різними факторами і характер їх зміни під впливом зовнішніх умов. Методи системного аналізу об'єднують математичні методи, комп'ютерні технології, теорії автоматичного керування, дослідження операцій, які призводить до об'єктивної необхідності залучати знання з різних наук.

 Для опису поведінки систем використовуються методи теорії інформації та прийняття рішень. У теорії систем традиційні математичні методи (диференціальні, різницеві рівняння і т.д.) не дозволяють повністю описати реальні процеси у складних системах, тому поряд з кількісною інформацією використовується якісна інформація, зокрема, теорія нечітких.

 У подальшому розглядаються методи, які використовуються для таких складних систем, як технологічний комплекс, автоматизований технологічний комплекс, комп'ютерно-інтегрована система управління, корпоративні мережі (ТК, АТК, КІСУ, КС).

Принципи системного підходу.

 принцип кінцевої мети: абсолютний пріоритет кінцевої (глобальної) мети;

 принцип єдності: спільний розгляд системи як цілого та як сукупності систем (елементів);

 принцип пов'язаності: розгляд будь-якої частини разом з її зв'язками з оточенням;

 принцип модульної побудови: корисно виділити модулі в системі та розглядати її як сукупність модулів;

 принцип ієрархії: доцільно вводити ієрархію частин (елементів) і (або) їх ранжування;

 принцип функціональності: спільний розгляд структури і функцій з пріоритетом функцій над структурою;

 принцип розвитку: облік змінності системи, її здатності до розвитку, розширення, заміни частин, накопиченню інформації;

 принцип децентралізації: об'єднання в прийнятих рішеннях і управлінні централізації і децентралізації;

 принцип невизначеності: облік невизначеностей та випадковостей у системі.

Риси системного підходу.

 У системних дослідженнях широко використовуються процедури декомпозиції та агрегування, які є різними аспектами аналітичного і синтетичного прийомів дослідження систем. Складна система розчленовується на менш складні частини, які потім можуть об'єднуватися в одне ціле, що дає можливість пояснити ціле через його частини у вигляді структури цілого.

 Декомпозиція - розкладання цілого на частини: завдання - на підзадачі; системи - на підсистеми. Це дає можливість спростити загальну задачу, скоротити її розмірність і використовувати більш прості моделі.

 Агрегація - об'єднання частин в ціле, що часто дає можливість отримати нові якісні та кількісні показники системи. При цьому нове об'єднання (нова система) може мати такі властивості, яких не має жоден з елементів, які об'єднуються. Наочний приклад прояву це властивість наведено на рис. 1.1.

Рис.1.1. Схеми з'єднань елементів

 Цифровий автомат 8 перетворює будь-яке число на вході в нове число на виході, яке на одиницю більше вхідного (рис. 1.1.а). При з'єднанні двох автоматів 8 в кільце (рис.1.1. Б) система генерує зростаючу послідовність на виходах А і В, одна з яких складається з парних чисел, друга - з непарних. При паралельному з'єднанні (рис. 1.1.в) реалізується завдання резервування.

 СИСТЕМНИЙ ПІДХІД ПРИ АНАЛІЗІ ТК

Ознаки технологічних комплексів як складних систем.

 Можна виділити різні ознаки, але головними є ті, які характеризують як деякі кількісні сторони, наприклад, кількість елементів, так і якісні. Відомий підхід, коли складною системою (СС) називають таку, математичні моделі якої можна описати, принаймні, двома способами (детерміновані та стохастичні, теоретико-імовірнісні і т.д.). Для ТК при характеристиці їх як СС виділяють такі ознаки:

 кількість підсистем, особливо це має значення для безперервних ТК. Ці підсистеми, пов'язані між собою складними структурними та функціональними відносинами;

 можливість управління підсистемами на основі різних критеріїв оптимальності;

 існування для підсистем задач оперативної оптимізації та необхідність координації роботи підсистеми;

 наявність ієрархічної структури;

 необхідність врахування автономності підсистем.

 Аналіз ТК як складних систем передбачає визначення та оцінку їх структури, оцінку матеріальних та енергетичних потоків, формування необхідних інформаційних визначень, що дає можливість визначити структуру управління. При побудові автоматизованих ТК визначається кількість підсистем, розташування точок отримання інформації, розташування пунктів управління та технічна реалізація системи.

Класифікація ТК.

 Ця класифікація може виконуватися за наступними ознаками:

 по продуктивності: потужні, середньої потужності і малопотужні (або продуктивні). У промисловості все більше застосовуються технологічні апарати великої одиничної потужності, які можуть заміняти групу апаратів. При цьому виділяється середня продуктивність, а потужні і малопотужні повинні відрізнятися в два і більше разів.

 за способом функціонування: безперервні, неперервно-періодичні, неперервно-циклічні та періодичні.

 за кількістю виконуваних функцій: одно-і багатофункціональні або одно-і багатономенклатурному (асортиментні).

 за кількістю ланок: мало-і багатоланкові.

 по однорідності: однотипні і різнотипні ланки або підсистеми.

 за способом з'єднання технологічних ланок (технологічна топологія): односпрямовані, встречнонаправленние (із зворотними зв'язками) і комбіновані.

 по цільовій функції (критерію оптимізації): всі підсистеми можуть мати один або кілька критеріїв;

 по характеристикам середовища: рідина, газ ...

 Для розробки КІСУ, а також систем автоматизації на різних рівнях важливими є також ознаки ТК:

 інформаційна потужність, яка характеризує величину інформаційних потоків, тобто визначає характеристики необхідних технічних засобів та їх програмного забезпечення для отримання інформації, її обробки та представлення у необхідному вигляді в певний час. Інформаційна потужність визначається кількістю змінних, які необхідні для управління і контролю ТК: мала потужність до 40 змінних, середня - до 160, підвищена - до 650, велика - більше 650.

 за кількістю підсистем, для яких існує і необхідна задача оптимізації, а досягнення необхідних техніко-економічних показників для підсистем збігається з критерієм ТК в цілому.

 за кількістю підсистем, для яких робота n-ой підсистеми потребує зміни умов роботи (n-1) і (n +1) підсистем.

 по трудомісткості задач оптимізації та координації є комплекси, в яких задача оптимізації вимагає значного часу рішення і значних обчислювальних потужностей.

Системний аналіз технологічних процесів як об'єктів управління.

 При дослідженні технологічних процесів з позицій задач управління використовуються основні прийоми системного аналізу (системного підходу):

 постановка задачі дослідження;

 вибір критеріїв якості;

 розробка плану експерименту з виділенням основних етапів;

 виконання принципу ієрархії зверху вниз при аналізі і знизу вверх при синтезі складних систем і ін

 З позицій системного аналізу вирішуються завдання моделювання, оптимізації, управління та оптимального проектування в масштабах ТК, відділення, цеху, заводу. Для цього використовуються відповідні математичні моделі.

 Умовно неподільними одиницями ТК є технологічний процес (ТП) - нижній рівень ієрархії виробництва. В той же час можлива подальша деталізація цих одиниць до рівня фізико-хімічних ефектів і явищ, який дозволяє, в свою чергу, розглянути окремий технологічний процес як складну систему. Важливо розуміти, що одиничний технологічний процес з його складним комплексом елементарних фізико-хімічних явищ - типова велика (складна) система в сенсі її класичного визначення. Рівень складності цієї системи визначається:

 величезною кількістю (різноманіттям) фізико-хімічних ефектів;

 насиченням взаємних зв'язків між цими ефектами;

 одночасним протіканням і взаємозв'язками між різними явищами фізико-хімічної природи в локальних обсягах;

 • нелінійними залежностями між змінними параметрами і т.д.

 При системному аналізі виробництва (підприємства) як великий (складної) системи виділяють, як правило, три рівні:

 типові технологічні процеси в апаратурному оформленні (механічні, гідродинамічні, тепло-масообменние, дифузні, хімічні ...) і локальні системи управління ними;

 ТК, відділення, цех з відповідними системами управління;

 виробництво, підприємство і системи оперативного управління, організації виробництва, планування, матеріально-технічного постачання, реалізації продукції.

 При системному підході створюються автоматизовані системи для оперативного отримання математичних моделей, ідентифікації.

Застосування методології системного підходу до створення складних систем управління.

Методологія - це сукупність прийомів дослідження в науці. Системний підхід при створенні складних структур управління проявляється в таких підходах:

 Будь-яка система на першому етапі розглядається з урахуванням лише формальних зв'язків між різними факторами і оцінки характеру їх зміни під впливом зовнішніх умов.

 Система завжди досліджується в умовах невизначеності (цілі, характеристик зовнішнього середовища і поведінки оператора). Важливо забезпечити в системі адаптацію і можливість розвитку.

 Складність систем управління, їх інформаційна потужність вимагає залучення деяких спеціальних прийомів, наприклад, декомпозиції та агрегування.

 У складних системах управління (РСУ) завжди використовуються структурні перетворення.

 У загальній теорії систем повинні використовуватися визначення, методи і прийоми, які є зрозумілими для інших наукових дисциплін (наприклад, інформатика і автоматика).

 У теорії систем застосовуються уніфіковані поняття, які дають можливість охарактеризувати як систему будь-якої складності, так і будь-яку її частину.

Системний підхід до створення автоматизованих технологічних комплексів (АТК) та комп'ютерно-інтегрованих систем управління (КІСУ)

 За основними ознаками АТК і КІСУ - це складні системи, тому при вирішенні задач аналізу і синтезу використовуються методи і прийоми системного аналізу: визначення ієрархій, застосування методів декомпозиції та агрегування. Об'єктом для складних систем управління є технологічний комплекс, виробництво або підприємство в цілому. У цьому випадку розглядаються рівні ієрархії: типовий технологічний процес, дільниця, цех, виробництво (завод), підприємство.

 Автоматизований технологічний комплекс включає дві основні частини: об'єкт і система керування. Особливістю системного підходу є формування структури і характеристик об'єкта, а також синтез системи управління для сформованого об'єкта. Це стосується комплексу завдань, зокрема виділення підсистем, визначення точок-джерел інформації, керуючих впливів, оцінки якості процесу функціонування і т.д.

 Головна особливість системного підходу при аналізі і синтезі складних систем - необхідність ітерацій, тобто повторення етапів, процедур і операцій з новими даними.

 Аналогічний підхід використовується при аналізі та синтезі КІСУ з урахуванням таких особливостей: визначення кількості та рівнів робочих місць, кількості та рівнів обчислювальних мереж.

 СТРУКТУРНИЙ АНАЛІЗ СКЛАДНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ

 Для цих систем аналізується організаційна, функціональна, технічна структура. Ці структури можна розглядати, як певні моделі, які відображають функції і цілі, які стоять перед системою. У першу чергу враховують ієрархічність системи, тому їх структури завжди будуть багаторівневими. Ця багаторівнева структура допомагає на різних рівнях розглядати з різною деталізацією властивості системи і її складові. Таким чином, структура - сукупність елементів і зв'язків між ними, які визначаються відповідно функціям і цілям системи.

 Рис. Багаторівневі представлення структури РСУ

 Для кожної системи можна поставити у відповідність безліч структур з різною кількістю рівнів деталізації, яка визначається призначенням структури, так і самою системою. При переміщенні на нижні рівні деталізація завжди збільшується, але призначення системи стає зрозумілим при переміщенні на верхній рівень. Існують системи структуровані, слабко структуровані і неструктуровані. У відповідності з цим для кожного класу систем розробляються відповідні математичні моделі. У структурному аналізі виділяють прийоми декомпозиції та агрегування. Прийом декомпозиції дозволяє виділити підсистеми, а другий прийом - агрегування - дозволяє об'єднати деякі підсистеми, щоб утворити технологічний об'єкт управління із заданими властивостями. У результаті структурного аналізу приймається рішення щодо архітектури системного управління, розташування термінальних крапок (датчики, регулюючі органи, робочі місця).

 Функціонально, організаційно та

 ТЕХНІЧНА СТРУКТУРА

Організаційна структура (на прикладі підприємства) Ця структура призначена для вирішення таких завдань:

 опис складу підсистем і зв'язків між ними;

 визначення функцій підсистем і при необхідності розкриття їх внутрішньої структури;

 опис матеріальних та інформаційних потоків;

 побудова загальної інформаційної структури і відповідних моделей.

Функціональна структура дає можливість:

 визначити функції управління в структурних підрозділах існуючої системи;

 обрати функції, які автоматизуються;

 визначити зв'язки між автоматизованими функціями;

 розробити ієрархію завдань управління і відповідних моделей.

Технічна структура відображає основні технічні засоби для отримання інформації та її обробки, а також пристрої для зв'язку між елементами, в тому числі мережі.

 При аналізі технічної структури:

 визначаються основні елементи, які забезпечують інформаційні процеси: реєстрацію та підготовку, зберігання і видачу інформації;

 складається формальна структурна модель системи технічних засобів з урахуванням топології розташування елементів, їх інформаційного та енергетичного взаємодії між собою і зовнішнім середовищем.

 Загальна задача структурного аналізу полягає у визначенні структурних властивостей системи та її підсистем на основі опису елементів і зв'язків між ними.

 При вирішенні практичних завдань структурного аналізу складних систем управління приймаються три рівні опису зв'язків між елементами:

 наявність зв'язку;

 напрямок зв'язку;

 вид і напрямок сигналів, які визначають взаємодію елементів.

 На першому рівні основними завданнями структурного аналізу є:

 визначення зв'язності (цілісності) системи і виділення пов'язаних підсистем зі своїми елементами;

 виділення циклів;

 визначення мінімальних і максимальних послідовностей елементів (ланцюгів), які поділяють елементи.

 Результати структурного аналізу на другому рівні більш змістовні, а завданнями структурного аналізу є:

 визначення зв'язності системи;

 топологічна декомпозиція з виділенням сильно зв'язаних підсистем;

 виділення вузлів прийому і видачі інформації;

 виділення рівнів в структурі та визначення їх взаємозв'язку;

 визначення мінімальних і максимальних шляхів;

 визначення характеристик топологічної значущості елементів;

 отримання інформації про слабкі місця структури і т.д.

 На третьому рівні опису зв'язків між елементами системи враховується не тільки спрямованість зв'язку, а й розкриваються склад і характер сигналів взаємодії елементів (вхідні, вихідні, управління).

 Крім того, при структурному аналізі вирішуються такі завдання:

 виділення місцевих і загальних контурів управління;

 визначення необхідних конфігурацій при багаторежімному характері роботи;

 оцінка шляхів безпосередньої передачі сигналів.

 При незначній початкової інформації про структуру системи, коли враховуються лише наявність та напрямок зв'язку, зручно використовувати апарат теорії графів.

 Теорія графів - розділ математики, який досліджує властивість різних геометричних схем (графів), утворених безліччю точок і з'єднувальних ліній. При структурному аналізі систем елементам ставлять у відповідність вершини графа, а зв'язкам - ребра (вершинний граф).

 СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ УПРАВЛІННЯ

 В СКЛАДНИХ СИСТЕМАХ

Системний аналіз багаторівневих ієрархічних структур

 Сучасний етап розвитку автоматизації виробництва характеризується впровадженням складних систем управління, які реалізуються за допомогою багаторівневих ієрархічних структур на основі комп'ютерних мереж різного рівня і призначення. В основі розробки таких структур лежить поняття ієрархії підзадач (функцій), які вирішуються системою зі своїми об'єктами та критеріями. Ця ієрархія відображається в ієрархії математичних моделей з відповідними обмеженнями та ієрархії технічних засобів. Ієрархічні структури (системи) управління мають такі основні характеристики:

 послідовне вертикальне розташування підсистем, які складають систему (вертикальна декомпозиція);

 пріоритет дій або права втручання підсистем верхнього рівня;

 залежність дій підсистем верхнього рівня від фактичного виконання нижніми рівнями своїх функцій.

 Названі особливості потребують спеціальних підходах до математичного опису процесу функціонування складної системи управління, на основі якої можна було б проявити залежності показників ефективності від параметрів системи і зовнішнього середовища, її структури та алгоритмів взаємодії елементів. Крім того, математичні моделі дають можливість вирішити головну системотехнічну завдання - синтез оптимальної структури. Це можливо лише на основі багаторівневого ієрархічного опису із застосуванням різних формальних мов, яке дає можливість подати досліджувану систему як елемент (підсистему) більш широкої системи: розглядати її як єдине ціле; визначити структуру з необхідним ступенем деталізації. Для можливості забезпечення потрібної точності та зручності, облік багатьох характеристик системи використовують різні рівні опису. Перший рівень відповідає інформаційному опису, тобто розглядаються інформаційні зв'язки системи із зовнішнім середовищем і її роль в отриманні і переробці інформації. Другий рівень виявляє безліч функціональних елементів і відносини між ними. Третій рівень - системотехнічне опис, який дає можливість визначити технічну структуру системи з відповідними коштами.

 Багаторівневе опис системи має ряд загальних властивостей:

 вибір рівня опису залежить від мети дослідження, розробка моделей на різних рівнях може проводитися паралельно, тобто незалежно;

 вимоги до умов роботи підсистем верхнього рівня виступають як обмеження підсистем нижнього рівня;

 на нижніх рівнях опису виконується найбільша деталізація, але призначення і зміст системи розкриваються на верхніх рівнях.

 При функціонуванні складної системи управління виникає ряд особливостей, пов'язаних із взаємодією підсистем:

 більш великі підсистеми функціонують на верхньому рівні, який визначає більш широкі аспекти поведінки системи в цілому. Підсистема верхнього рівня є «командної» по відношенню до інших і координує роботу підсистем нижнього рівня;

 період прийняття рішень на верхньому рівні завжди більший, ніж на нижніх. При цьому необхідно враховувати таку обставину: сигнали від верхнього рівня не можуть надходити частіше, ніж інформація від нижніх, бо інакше не буде координації нижніх підсистем;

 підсистема верхнього рівня завжди має справу з більш повільними аспектами поведінки всієї системи, вона завжди чекає результати реакції підсистем нижніх рівнів, наприклад, реакцію підсистем різних рівнів можна розбити по частоті діючих збурень;

 на верхніх рівнях опис і проблеми менш структуровані, мають більше невизначеностей, більш складні для формалізації. Таким чином, проблеми прийняття рішень на верхніх рівнях більш складні.

 Основні завдання управління розглядаються і використовуються як на стадії проектування, так і в період експлуатації.

На стадії проектування вирішуються завдання:

 синтезу структури, вибору технічних засобів, алгоритмічного, інформаційного, програмного і технічного забезпечення на всіх рівнях ієрархії;

 декомпозиція об'єктів і завдань управління;

 оцінка економічної ефективності алгоритмів керування.

 До завдань управління на стадії експлуатації відносять в першу чергу аналіз збурень: їх амплітуда, частотний спектр, період виникнення суттєво впливають на сукупність завдань управління:

 отримання і первинна обробка інформації;

 регулювання і програмно-логічне управління;

 оптимізація режимів;

 координація роботи підсистем;

 оперативне управління.

 КЛАСИ ЗАВДАНЬ І ВИДИ УПРАВЛІННЯ

 При визначенні видів і принципів управління враховуються дві основні вимоги:

 мета управління і його вигляд повинні узгоджуватися з видом бажаного функціонування об'єкта (з метою функціонування);

 принципи управління і значення керуючих дій повинні узгоджуватися з властивостями об'єкта.

 Не дивлячись на величезну різноманітність фізичних принципів функціонування та призначення технічних об'єктів, класи задач управління обмежені:

Завдання забезпечення заданого характеру зміни координат або деяких функцій від них об'єкта управління - автоматизація ТП.

Завдання корекції динамічних властивостей ОУ, наприклад:

 переведення з природного нестійкого процесу в ОУ в стійкий;

 переведення коливальних процесів в аперіодичні і т.д.

Завдання компенсації збурень (зовнішніх і внутрішніх) з метою збереження бажаного характеру функціонування ОУ:

підзадачі компенсації збурень, які викликають відхилення координат стану (координатні). У рівняннях динаміки - це додаткові члени в правій частині;

підзадачі компенсації збурень, які призводять до небажаних змін динамічних властивостей (параметричні збурення) - параметрів тепло-і массопередачі і т.д. У диференційних рівняннях - змінні або коефіцієнти, які залежать від часу або координат інших процесів;

підзадачі компенсації збурень, які призводять до небажаних змін структури об'єктів (структурні). Це може бути: зміна працездатності елементів; порушення зв'язків між елементами (порушення цілісності).

 Ці структурні обурення можуть бути внутрішніми (дефекти об'єкта або його елементів; еволюція властивостей ОУ) і зовнішніми (обурення, які виходять за рамки технічних умов експлуатації.

Задача координації взаємодії підсистем.

 Для чотирьох основних класів задач організовуються такі види управління:

координатне, керуючі дії якого - зміна фізичних потоків, обмеження області допустимих значень координат або показників якості процесів в ОУ;

параметричне, керуючі дії якого - зміна значень фізичних параметрів елементів об'єкта;

структурний, керуючі дії якого - зміна складу елементів і (або) зв'язків між ними та режимів функціонування.

 ТИПОВІ ФУНКЦІОНАЛЬНІ СТРУКТУРИ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ

 Обсяг завдань управління і необхідні його види однозначно визначаються внутрішніми властивостями об'єкта, його структурою і необхідними показниками функціонування. Для ТК формування функціональної структури системи управління має особливе значення.

Функціональна структура - сукупність функцій системи, як сукупність операцій (дій), які забезпечують досягнення приватних цілей (результатів) функціонування системи.

 Для організації процесу управління будь-якого виду реалізується деякий універсальний набір функцій, які складають типову функціональну структуру. Це такі функції:

інформаційні - вимірювання, збір, сортування, узагальнення і розподіл даних про стан ОУ;

програмування режимів управління - перетворення зовнішніх завдань, наприклад, від системи вищого рівня, в сукупність установок для підсистем, обмежень області станів, показників якості управління, програм зміни управлінь;

вироблення управляючих впливів - сукупність операцій (дій), які визначають значення параметрів керуючих впливів на основі вихідних даних реалізації інформаційної функції та функції програмування режимів управління;

реалізації керуючих впливів - реалізує результати попередньої функції у фізичне управління на об'єкт.

Для структурного управління виділяють свої функції:

технічного діагностування - це специфічна інформаційна функція, яка передбачає контроль зміни технічного стану, пошук місця зміни цього стану, оцінка глибини (обсягу) зміни стану об'єкта діагностування.

 При накопиченні відхилень від норми експлуатаційних параметрів об'єкта структурного управління реалізуються свої функції:

реконфігурації структури об'єкту - оцінка стану попередньої функцією, пошук допустимої структури об'єкта на виділених варіантах, визначення кращого варіанту, зміна зв'язків і режимів функціонування елементів системи, контроль результатів впливу на структуру об'єкта;

аварійного захисту: оцінка типу відмови в об'єкті (проста або аварійна), у випадку аварійної - локалізація області її впливу на працездатні елементи системи, переведення об'єкта з допомогою реконфігурації структури в одне з працездатних станів або в таке, яке відповідає простим відмов;

управління резервами - виявлення за даними функції технічного діагностування порушень працездатності елемента об'єкта, включення резервних елементів, контроль результатів заміни елементів;

технічного обслуговування і ремонту - виявлення за даними функції технічного діагностування обсягу і змісту відновлювальних робіт режиму функціонування об'єкта, проведення операцій обслуговування і ремонту, контроль якості відновлювальних робіт.

Реалізація функцій структурного управління має свої особливості:

 реалізація функцій резервування, автоматичної реконфігурації, технічного діагностування виконується децентралізовано, тобто ці функції об'єднуються і часто конструктивно об'єднуються з технічними засобами (а часом і програмними) функцій координатного і параметричного управлінь;

 в процесі розробки системи управління функції структурного управління повинні розроблятися так, щоб забезпечити вирішення системних питань: глибина охоплення, ефективність, уніфікація способів і засобів реалізації та ін

 Самі контури структурного управління повинні певним способом взаємодіяти між собою: так контур реконфігурації структури доцільно включати після того, як вичерпані передбачені резерви, а контури ремонту і технічного обслуговування не тільки за інформацією від технічного діагностування, а й від контурів управління резервами, реконфігурації, аварійного захисту і т.д.

Функціональні структури координатного і параметричного управлінь

 Ці структури розглядаються разом тому що:

 способи компенсації збурень на координати певною мірою забезпечують компенсацію і параметричних збурень;

 ці контури разом з ЗУ виступають як об'єкт управління для контуру структурного управління.

 Варіанти функціональних структур обираються за двома чинниками:

видом цілі (завдання) управління,

 способом компенсації збурень.

Вид цілі, мети (завдання) управління

1. Системи стабілізації. Мета

Х зд, Х (t) - відповідно заданий і поточне значення регульованої координати.

2. Системи програмного за виходами керування

х зд  var при свідомо заданих функціях часу.

 Тут є два підкласи:

 2.1. Системи тимчасового програмного по виходах управління, коли х зд (t) жорстко визначається за часом;

 2.2. Системи координатного програмного по виходах управління, коли х зд (t) визначаються рівнем значень деяких координат системи вищого рангу, а значення моментів часу зміни довільні.

 З. Системи слідкуючого управління

х (t)  х зд (t), х зд = Var - функція довільного виду, свідомо не відома. Показники якості стеження визначаються, як правило, значеннями не тільки х зд (t), а й їх похідних.

 Для підвищення точності стеження необхідно мати якомога більше інформації щодо функції х зд (t).

4. Системи екстремального керування

 Мета: показник якості функціонування

 Критерії вибираються індивідуально для кожного об'єкта, але часто це - втрати на переміщення в області екстремум («рискання») і швидкодія, тобто час перекладу режиму функціонування в стан, близький до оптимального.

 При екстремальному управлінні використовуються також системи класів 2 і 3 для забезпечення якості перехідних процесів. Часто використовується екстремум статичної характеристики.

5. Системи оптимального керування

 Мета: на протязі часу функціонування об'єкта забезпечити екстремум функції в межах допустимих змін параметрів і при існуючих моделях.

 Часто ставиться завдання: перевести координати об'єкта зі стану 1 в стан 2 по певній траєкторії.

6. Термінальні системи управління

 Мета: перевести об'єкт в заданий кінцевий стан або в задану область у вказаний або довільне час.

 Показник якості формується в залежності від обмежень на траєкторію руху, збурень і прогнозованих х (t).

 Ці системи можна розглядати як підклас систем оптимального управління, але за постановкою і спеціальними методами синтезу доцільно виділяти їх в окремий клас.

Способи компенсації збурень

1. Способи компенсації координатних збурень

1.1. Системи управління за обуренням

 Рис.3.2. Структура системи управління з обуренню

 Організовується штучний канал по кожному обуренню Zi для його компенсації. Значення параметрів операторів керуючого пристрою Kx, Kz знаходять з умови компенсації, тобто

 тоді:

 ,

 де

 Після підстановки

 ,

 тобто

 У цьому способі:

 В залежності від значення Kz можна отримати різну ступінь компенсації , Або навіть перекомпенсацію;

 при будь-яких значеннях Kx, Kz зберігається стійкість системи (при стійкому об'єкті).

 Обмеження:

 спосіб застосовується при повільно змінюваних Z;

 для компенсації Z його необхідно вимірювати;

 для досягнення необхідно забезпечити стабільність параметрjв Kx, Kz, які залежать від параметрів об'єкта.

1.2. Системи управління по відхиленню

Рис. Структура системи управління за відхиленням

 Значення і порівнюються безперервно або з деякою циклічністю. При цьому:

 ,

 ,

 або

 Похибка управління, викликана дією обурення:

 Повна компенсація можлива при , Або компенсація тим повніше, ніж «більш сильне» нерівність

1 + К 0 До x> До 0 1

 Методична похибка викликана тим, що

 при кінцевих значеннях К о, К х, тобто мета управління досягається з тим більшою точністю, ніж «більш сильне» нерівність

До 0 До x> 1 К 0 До x> К 01

Переваги:

 немає потреби у вимірі ;

 частково компенсуються обурення на параметри системи К 0, К О1, К х, цей ефект тим більший, чим більше твір К 0 До х

Обмеження в застосуванні:

 при збільшенні значення коефіцієнта посилення Кх при наявності диференційних операторів К 0, К О1, К х підвищення ступеня компенсації збурень обмежується вимогами стійкості, тому завжди є проблема: статична точність - стійкість.

Зауваження:

 Викладені співвідношення відносяться до статичних систем. При наявності в контурі управління інтегруючого ланки повна компенсація забезпечується при кінцевих значеннях К о, К х, але проблема стійкості ускладнюється.

 При багатокомпонентних об'єктах, коли обурення діють на різні компоненти (а також в ТК) застосування одного контура вимагає ускладнення оператора До х або компенсація взагалі неможлива. Часто використовуються каскадні структури, які здійснюють роздільну компенсацію.

Рис. Структура системи каскадного управління

 Структура каскадної системи більш складна, але оператори До х більш прості. Перший контур основний, другий - по Х 1 - допоміжний, який налаштовується на компенсацію .

1.3. Комбіновані системи

 Спосіб компенсації - об'єднання класів 1.1 та 1.2.

Рис. Структура системи комбінованого керування

 для компенсації необхідно

До 01-К 0 До z = 0,

 тобто при кінцевих значеннях коефіцієнтів.

Переваги:

 проблема статична точність - стійкість вирішується простіше;

 частково компенсується дрейф значень коефіцієнтів К х, К z, К о, К 01

Зауваження: контур по обуренню використовується для найбільш сильно діючого обурення , А зворотної зв'язок - для решти збурень в системі. Канал значно підвищує швидкість і точність.

2. Системи з компенсацією координатних і параметричних збурень

 Ці системи застосовуються для нестаціонарних об'єктів, або об'єктів з невідомими характеристиками. Тоді принципи управління, які визначають функціональну структуру системи, можна класифікувати так:

 за ступенем нестаціонарності динамічних властивостей об'єкта;

 за способом завдання бажаного функціонування;

 за способом компенсації впливу нестаціонарності об'єкту.

 Спільним для цих класів систем є властивість адаптації за рахунок:

 вибору величини і частоти корекцій керуючих дій на основі рекурентних алгоритмів обробки наявної інформації про хід процесів в об'єкті;

 зміни динамічних властивостей (параметрів) системи заданої структури (системи з самонастроювання);

 комутацією структури і режимів роботи системи (системи зі змінною структурою).

2.1. Системи координатно-параметричного управління

 Системи з самонастроювання використовують в тих випадках, коли ступінь нестаціонарності динамічних характеристик ОУ є суттєвою, і її не вдається компенсувати ні зміною параметрів, ні додатковими діями.

 Використовується два способи:

 організація прямої дії від прямо або побічно вимірюваних нестаціонарних параметрів динамічних характеристик ОУ на змінні координати ОУ;

 організація контуру компенсації із зворотними зв'язками по вимірювальним нестаціонарним динамічним властивостями об'єкта.

Рис. Структура системи координатно-параметричного управління

 ППУ - прилад параметричного управління;

 ПКУ - прилад координатного управління;

 СУ - система управління.

Основна проблема при створенні - оптимальне з'єднання контурів координатного і параметричного управлінь.

2.2. Безпоісковие системи з самонастроювання

 Спосіб компенсації полягає у вимірюванні та безперервної компенсації відхилень фактичної траєкторії зміни координат, які визначають рівень якості функціонування об'єкта, від бажаних траєкторій, що визначають заданий рівень якості.

Рис. Структура безпоісковой системи з самонастроювання

 ПКУ - прилад координатного управління

 ПСН - прилад самонастроювання

 Бажаний режим роботи може бути оптимальним, тоді - оптимальні системи з самонастроювання. Можуть бути з явними оцінками: з контролем частотних характеристик або кореляційних функцій вхід - вихід.

 Пристрій самонастроювання (адаптації) мінімізує відхилення фактичної траєкторії від бажаної, формуючи на ПКУ. Часом може бути додаткова дія .

2.3. Пошукові системи з самонастроювання

 Спосіб компенсації полягає в автоматичному виборі за допомогою пошукового пристрою самонастроювання таких значень параметрів основного контуру, при яких забезпечується екстремум функціоналу якості. Часто - процедури чисельного пошуку.

 ФПК

Рис. Структура пошукової системи з самонастроювання

 ПКУ - прилад координатного управління;

 ФПК - формувач показників якості управління;

 ППЕ - прилад пошуку екстремального значення показника якості.

Обмеження: швидкість процесу пошуку (швидкість збіжності) повинна бути більшою швидкості зміни динамічних властивостей об'єкта. При цьому - чим більше ця різниця, тим краща якість функціонування.

2.4. Автоматичні системи з ідентифікатором

 Спосіб компенсації схожий на системи з еталонною моделлю, але в цьому випадку використовується повна або частково настроюється модель об'єкта, яка адаптується в процесі роботи.

Рис. Структура адаптивної системи з ідентифікатором

 ПКУ - прилад координатного управління

 За допомогою цієї моделі визначаються сукупності керуючих впливів, які забезпечують екстремальне або допустиме в конкретних випадках значення показника якості управління.

 Для складних об'єктів, які характеризуються різними моделями, використовується кілька ідентифікаторів: оперативні (які відстежують кількісні зміни параметрів) і стратегічні (які відстежують зміни виду динамічних операторів структури об'єкта).

2.5. Системи зі змінною структурою

 У цих системах в залежності від бажаного якості регулювання та стану об'єкта дискретно змінюється закон регулювання, тобто структура системи (набір функціональних елементів і зв'язків між ними). Конкретний набір структур керуючого пристрою і логічні умови їх перемикання в процесі зміни вихідних координат залежить не тільки від виду математичного опису процесів в об'єкті і характеру зміни його параметрів, а й від того, які координати доступні вимірюванню.

 В основі системи зі змінною структурою лежать дві ідеї:

 перехідні процеси по обуренню або зміни завдання складаються з відрізків (шматків) траєкторії системи, який відповідає різним динамічним ланкам, які автоматично комутуються при виконанні свідомо встановлених співвідношень між значеннями координат об'єкту, регулюючого пристрою і збурень;

 створюється штучне ковзне рух в системі; характерне для нелінійних систем, яке практично не залежить від змінних параметрів об'єкта. Цей рух забезпечується вибором відповідних операторів в законі управління та порядку їх перемикання.

 Ці системи використовуються як засіб боротьби із змінними параметрами об'єкта і для забезпечення високої якості регулювання, які є для систем з незмінною структурою часто суперечливими.

 КООРДИНАЦІЯ В СКЛАДНИХ СИСТЕМАХ УПРАВЛІННЯ

Постановка задачі координації в дворівневій структурі

 При автоматизації складних об'єктів, наприклад технологічних комплексів, завдання оптимізації виробництва формулюється як задача верхнього рівня управління. Це завдання вирішується відносно обмеженої кількості змінних стану, спостереження та управління, тобто лише тих, які суттєво впливають на хід і показники виробництва. У цьому випадку більшість технологічних змінних підтримуються на заданому або оптимальному рівні системами автоматизації підсистем, виділених за певними ознаками в технологічному комплексі. Для побудови структури системи управління використовуються методи декомпозиції, яка дозволяє розподілити прикладні функції між рівнями («по вертикалі») і між підсистемами («по горизонталі»).

 Процес функціонування ТК і системи управління ним дає можливість стверджувати, що в загальному випадку виникає завдання координації роботи керованих підсистем, і тільки в цьому випадку можна забезпечити найкращі техніко-економічні показники функціонування автоматизованих ТК. Рішенням задачі координації є визначення взаємодії підсистем, при яких управління кожної з підсистем буде оптимальним за загальним критерієм для ТК в цілому. Координація є специфічною завданням ієрархічної системи управління та на сьогодні використовує ряд принципів, на яких засновані ітеративні і безітератівние процедури вирішення поставленого завдання. Основними є принципи координації:

 прогнозування взаємодій, коли координація здійснюється шляхом завдання змінних взаємодії координованих підсистем (це відповідає проміжним завданням);

 узгодження взаємодій, яке передбачає модифікацію локальних функцій мети за допомогою параметрів, які задаються координатором (це відповідає проміжним цілям);

 оцінки взаємодій, які можна розглядати як узагальнення принципу прогнозування взаємодій на випадок, коли в підзадач нижнього рівня координатором задаються області допустимих значень змінних взаємодії підсистем.

Для ефективного функціонування системи управління ТК важливими є умови координованих і сумісності підзадач управління. Ці умови гарантують вирішення загальної задачі, якщо існує рененіе кожної з підзадач. У загальному випадку постулат сумісності для двох-рівневої системи управління формується так.

 Підзадачі системи сумісні, якщо реалізація рішень підзадач нижнього рівня завжди забезпечує досягнення загальної мети функціонування системи.

 Проблема створення систем управління, які завжди задовольняють постулату сумісності, включає не тільки питання розробки відповідних методів і алгоритмів, а й питання коректності підзадач управління, стійкості алгоритмів до обчислювальних погрішностей і реалізації управління комплексами стохастичності підсистем.

 Ще однією умовою є коректність загальної задачі і підзадач управління в ієрархічній системі.

 Особливого значення набуває оцінка впливу наближеного характеру математичних моделей, який може призвести до нестійким рішенням, а також до неприпустимих погрішностей у вирішенні задачі на основі цих моделей.

Умови сумісності підзадач ієрархічної системи управління ТК включають такі основні положення:

 підзадачі нижнього рівня, тобто підзадачі управління підсистемами, повинні бути коректними;

 алгоритм розв'язання задачі координації забезпечує пошук таких дій координації, при яких рішення підзадач нижнього рівня відповідає екстремуму (в загальному випадку локальному) загального показника ефективності ТК;

 алгоритми вирішення підзадач нижнього рівня і підзадачі координації повинні бути стійкими по відношенню до обчислювальних погрішностей.