

ТЕМА 9. ПРИНЦИПИ, МЕТОДИ Й МОДЕЛІ УПРАВЛІННЯ

План

1. Сутність процесів управління
2. Умови існування управління в системах
3. Закон необхідної різноманітності в системах управління
4. Типи управління
5. Принципи управління складними системами

Література

1. Акоф Р. Л. Планирование в больших экономических системах. Пер. с англ. — М.: Сов. радио, 1972. — 223 с.
2. Александров А. Г. Оптимальные и адаптивные системы: Учеб. пособие. — М.: Высш. шк., 1989. — 263 с.
3. Андрейчиков А. В., Андрейчикова О. Н. Анализ, синтез, планирование решений в экономике. — М.: Финансы и статистика, 2000. — 368 с.
4. Анфилатов В. С., Емельянов А. А., Кукушкин А. А. Системный анализ в управлении. — М.: Финансы и статистика, 2002. — 368 с.
5. Виханский О. С. Стратегическое управление. — М.: Гардарики, 1999. — 296 с.
6. Гноенский Л. С., Каменский Г. А., Эльсгольц Л. Э. Математические основы теории управляемых систем. — М.: Наука, 1969. — 512 с.

1. Сутність процесів управління

Загалом процес **управління** полягає у здійсненні цілеспрямованого впливу на систему з метою досягнення нею бажаного (з погляду керуючого пристрою) стану. Основою управління є процес прийняття рішень.

Як об'єкт управління можна розглядати окремий технічний прилад, механізм або машину, живий організм або його частину, працівника або бригаду, цех або підприємство, військовий підрозділ або театральний колектив, галузь народного господарства, економіку в цілому тощо. Саме спільність принципів управління такими різнохарактерними об'єктами дала змогу Н. Вінеру визначити кібернетику як науку про управління і зв'язок в механізмах, живих організмах і суспільстві.

Коли йдеться про вивчення систем з погляду управління, першорядного значення набувають взаємні зв'язки між їхніми елементами та підсистемами. Якщо на підсистему здійснюється керуючий вплив, то таку систему називають **керованою системою**, або **об'єктом управління (ОУ)**. А підсистему, що здійснює керуючий вплив, — **системою управління (СУ)**.

Що ж дає підставу порівнювати процеси управління в численних якісно відмінних між собою системах? Для встановлення потрібних аналогій розглянемо найпростішу **структурну схему управління** (рис. 10.1), яка складається принаймні з двох основних частин: керуючого органу та об'єкта управління.

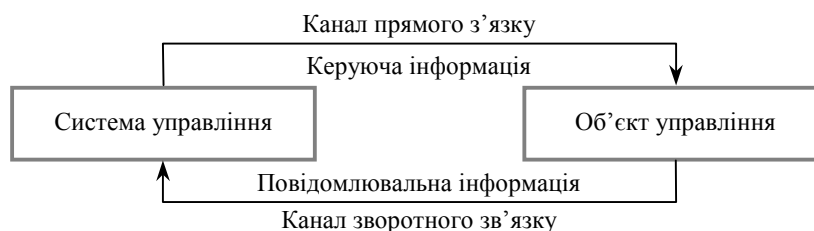


Рис. 10.1. Найпростіша структурна схема управління

Нехай ідеться про управління деяким економічним чи технічним об'єктом, здійснюване особою — керівником (директор, менеджер, оператор, водій).

Вплив на ОУ може здійснюватись механічно (за допомогою важелів, тяги тощо; електричними сигналами); у вигляді усних чи письмових розпоряджень виконавцям (якщо об'єктами управління виступають люди або колективи людей). При цьому такі розпорядження можуть передаватися як безпосередньо голосом, так і письмово або за допомогою засобів телекомунікацій (телефоном, факсом, електронною поштою тощо).

Уся сукупність зазначених керуючих впливів (наказів, команд, розпоряджень, вказівок і т. ін.) називається **керуючою інформацією (керуючими впливами)**. Така інформація відповідно до заданої програми управління передається об'єктові управління по каналу зв'язку, який можна умовно визначити як **канал прямого зв'язку**.

Проте сам факт отримання об'єктом управління належної керуючої інформації далеко не завжди гарантує правильне функціонування цього об'єкта згідно з розробленими планами та програмою управління, бо існують чинники (внутрішні властивості об'єкта, вплив на нього зовнішнього середовища), що стають тут на заваді. Сукупність таких чинників називають **збуренням**. Прикладом збурень може бути не залежна від керуючої системи зміна параметрів керованого об'єкта, вихід із ладу вузлів СУ, зміна умов зовнішнього середовища тощо.

При цьому ті чи ті причини не можна точно передбачити, розробляючи програму управління. Отже, доводиться коригувати функціонування об'єкта управління.

Щоб таке коригування з боку керівника було справді раціональним, він має регулярно отримувати відомості про фактичний стан і функціонування об'єкта управління. Такі відомості (повідомлювальна інформація) у системі управління надходять від об'єкта управління до керуючого органу **каналом зворотного зв'язку**.

Те саме відбувається і в разі управління технічними об'єктами. Скажімо, водій автомобіля, що рухається навіть по абсолютно прямій дорозі, має безперервно коригувати кермом напрям руху, який постійно відхиляється від заданого.

Управління у високоорганізованих живих організмах здійснюється за цією самою структурною схемою. Роль керуючого органу тоді відіграє центральна нервова система (головний і спинний мозок). Вона реалізовує закладену генетично програму управління, яка водночас змінюється внаслідок навчання та адаптації. Об'єктами управління при цьому є всі органи живого організму, а каналами зв'язку — нервова система.

Отже, *структура схеми управління в системах різної природи (технічних, біологічних, економічних, соціальних) багато в чому спільна. Водночас математичні моделі, за допомогою яких описуються процеси управління в різнорідних системах, значною мірою подібні між собою.*

Підбиваючи підсумки сказаного, сформулюємо стисло сутність управління.

Управління полягає в тому, що керуючий орган виробляє інформацію, що відповідає програмі управління, передає її до об'єкта управління, а далі дістає та аналізує здобуту від нього повідомлювальну інформацію про його фактичне поводження. Після цього залежно від результатів аналізу інформації про стан ОУ відбувається коригування або вироблення нової керуючої інформації з метою оптимізації функціонування ОУ.

2. Умови існування управління в системах

З усього щойно сказаного впливають розглянуті далі вимоги до ОУ та СУ:

1. *ОУ повинен мати здатність переходити до різних станів.* Такий перехід можна розуміти не тільки як переміщення у фізичному просторі, зміну швидкості або напрямку (траєкторії) руху, а й як зміну будь-яких властивостей.

Практично завжди можна виокремити деякі параметри, кількісні значення яких характеризують стан системи в кожному момент часу. Для фізичного об'єкта це маса,

геометричні розміри, температура, швидкість, колір; для підприємства — кількість працюючих, випуск продукції за кожним із найменувань, собівартість, прибуток та інші показники; для економіки як системи — це ВВП, стан платіжного та торговельного балансу, рівень інфляції та безробіття, валютний курс, процентні ставки та грошові агрегати тощо.

У кожному конкретному випадку, подавши перелік параметрів, які в деякому сенсі повно характеризують ОУ, ми визначаємо багатовимірний *простір станів*, в яких може перебувати система.

Будь-який стан системи характеризується набором кількісних значень кожного із зазначених параметрів і у просторі станів відображується деякою так званою *відображувальною точкою*. Змінам станів системи відповідає переміщення відображувальної точки у просторі станів. Задавши межі можливих значень кожного з незалежних параметрів системи, визначають область простору станів, в якій може перебувати відображувальна точка області допустимих станів.

Простір області станів може бути неперервним (температура, швидкість і т. ін.) або дискретним (кількість робітників, валютний курс тощо). Кількість вимірів простору станів дорівнює кількості незалежних параметрів, що визначають стан системи.

Управління полягає в такому впливі на ОУ, щоб він переходив з одного стану до іншого. При цьому відображувальна точка рухається в області допустимих станів. Якщо стан системи жорстко зафіксований, то поняття управління втрачає сенс.

2. *СУ має бути реально здатною змінювати стан ОУ відповідно до прийнятих рішень*. У загальному випадку рішення видаються у вигляді керуючих впливів, що надходять до виконавчих органів, які й змінюють стан керованої системи. Коли рішення, що їх приймає система управління, дуже мало впливають на зміну стану ОУ, то управління фактично не відбувається.

3. *Будь-яке управління має бути низкою цілеспрямованих (невипадкових), пов'язаних між собою керуючих впливів*. Це означає, що має бути відома мета управління, тобто деякий кінцевий стан системи, що характеризується певним набором кількісних значень параметрів, які потрібно забезпечити на стадії розгляду управління. У просторі станів мета подається точкою, куди має бути переведено систему з того стану, в якому вона перебуває в даний момент. Якщо мета управління невідома, управління системою не має сенсу. Рух системи, що не має кінцевої мети, перетворюється на безладне блукання.

4. *Система управління повинна мати змогу вибирати рішення з деякого набору можливих рішень*. В умовах жорстких обмежень найбільш ефективні рішення часто залишаються за межами допустимої області. Якщо керуюча система має лише єдине можливе рішення, тобто позбавлена можливості вибору, то вона фактично не здійснює управління.

5. *Система управління повинна мати у своєму розпорядженні матеріальні, фінансові, трудові, інформаційні та інші ресурси, що забезпечують реалізацію вибраних керуючих впливів*. За відсутності таких ресурсів вона не має змоги рухатися вибраною траєкторією, тобто позбавлена свободи вибору. Управління без ресурсів, що забезпечують реалізацію керуючих впливів, неможливе.

6. *Для правильного вибору характеру і міри керуючих впливів СУ повинна знати не тільки мету та кінцевий стан, якого потрібно досягти, а й поточний стан ОУ, в якому він перебуває в даний момент*. Тільки тоді СУ може вибрати правильний шлях або траєкторію руху системи та прийняти рішення, що спрямовують цим шляхом. За відсутності інформації про стан керованої системи процес управління стає неможливим або, щонайменше, неефективним.

7. *ОУ перебуває під впливом не лише системи управління, а й зовнішнього середовища, на яке ОУ і сам певною мірою впливає*. Через наявність взаємозв'язків між всіма об'єктами, явищами й процесами у природі рух ОУ (або відповідної точки в просторі станів) відбувається під впливом як керуючих впливів системи управління, так і зовнішнього

середовища. Ці впливи можуть відхиляти рух системи від обраної траєкторії. Природно, що чим докладніше вивчено реакцію системи на зовнішні впливи і чим повнішою є інформація про самі зовнішні впливи, тим ефективнішими можуть бути вибрані керуючі впливи. За відсутності інформації про зовнішнє середовище та поведження керованої системи під його впливом знижується ефективність управління.

3. Закон необхідної різноманітності в системах управління

Спинимось докладніше на принципі необхідної різноманітності Ешбі, про який ішлося раніше. З'ясуємо передусім обмеження, що їх накладає цей принцип на ОУ. Щоб оцінити якість управління, якої в принципі можна досягти, розглянемо систему управління як своєрідну систему передавання інформації.

Отже, розглянемо об'єкт управління, що характеризується вихідною величиною Y , який перебуває під дією збурень M , і керуючий пристрій, що чинить на об'єкт керуючий вплив X . Нехай у системі реалізовано найпростіший тип управління — стабілізацію, тобто підтримку Y на незмінному рівні Y_0 . Якість управління в такому разі можна оцінювати мірою невизначеності $H(Y)$ керованої величини Y . Якщо управління ідеальне, тобто $Y = Y_0$ за будь-яких збурювальних впливів, то міра невизначеності $H(Y) = 0$. Але під дією випадкових збурень M величина Y флюктує, випадково відхиляючись від її заданого значення. У цьому разі її ентропія не дорівнює нулю: $H(Y) = H(Y/M) \neq 0$.

Завдання управління — зменшити різноманітність ОУ, а в ідеальному випадку звести множину всіх її можливих станів, що визначаються впливом середовища або дією внутрішніх факторів, до заданого стану. Тоді керуючий пристрій зменшуватиме невизначеність вихідних станів керованого об'єкта. У разі дії керуючих впливів X ця невизначеність дорівнює умовній ентропії X за наявності сигналу X , тобто $H(Y/X)$, причому $H(Y/X) = H(Y)$.

Міра зменшення невизначеності стану системи визначається величиною

$$H(Y) - H(Y/X) = I(Y, X),$$

тобто кількістю інформації у величині X про величину Y .

Щоб забезпечити таке зменшення різноманітності, керуючий пристрій повинен мати у своєму розпорядженні достатню різноманітність керуючих впливів згідно зі співвідношенням $H(Y) \geq I(Y, X)$.

З останніх двох формул випливає, що невизначеність величини Y за наявності управління задовольняє таку нерівність:

$$H(Y/X) \geq H(Y) - H(X).$$

Ця нерівність виражає граничні можливості управління. Рівність може досягатися лише тоді, коли керуючий вплив X однозначно визначається значенням керованої величини Y . Інакше кажучи, тільки в тому разі, коли керуюча система точно визначає відхилення величини Y під дією збурень M і абсолютно точно й однозначно виробляє потрібний коригувальний сигнал.

Проте на практиці ні самі випадкові збурення, ні їхні зв'язки зі зміною величини Y не можна врахувати достатньо вичерпно. Крім того, не можна абсолютно точно виміряти значення Y поточного стану, яке й визначає керуючий вплив у замкнених системах управління.

Оскільки керуючий пристрій сам перебуває під дією випадкових впливів, то сигнал X може відрізнятись від справді необхідного сигналу корекції. Все це призводить до відсутності однозначного зв'язку між значеннями величини Y і керуючого сигналу X . Іншими словами,

умовна ентропія $H(X/Y)$ не дорівнює нулю. При цьому кількість інформації у величині Y відносно X дорівнює різниці між безумовною та умовною ентропією:

$$I(Y, X) = H(X) - H(Y/X).$$

З теорії інформації відомо, що $I(Y, X) = I(X, Y)$, або $H(Y) - H(Y/X) = H(X) - H(X/Y)$. Звідси невизначеність величини Y за наявності управління визначається співвідношенням:

$$H(Y/X) = H(Y) - H(X) + H(X/Y).$$

Цей вираз показує, що для підвищення якості управління, тобто зменшення різноманітності $H(Y/X)$, необхідно збільшувати різноманітність керуючих впливів $H(X)$, прагнучи досягнути величини $H(Y)$. Інакше кажучи, на кожне відхилення величини Y треба мати «в запасі» відповідний сигнал корекції X і застосовувати його настільки часто, наскільки часто трапляється дане значення Y . Окрім цього, необхідно ще забезпечити максимальну адекватність керуючого впливу відхиленню керованої величини.

Отже, необхідно намагатися обирати саме такий керуючий вплив X , який дає змогу виправити відхилення величини Y . Це означає, що треба прагнути зменшити неоднозначність керуючого сигналу, тобто величини $H(X/Y)$. Для цього, можливо, необхідно мати більш точну та всебічну інформацію про ОУ і СУ, а також про збурення, що впливають на них.

Ці вимоги до здатності системи управління робити вибір становлять сутність сформульованого Ешбі закону необхідної різноманітності. Основна його теза така: *обмеження різноманітності в поводженні об'єкта управління досягається тільки за рахунок збільшення різноманітності системи управління*. «Тільки різноманітність може знищити різноманітність». Або, іншими словами, *для ефективного управління різноманіття СУ має бути не менше за різноманіття ОУ*. Тому ступінь складності СУ має відповідати ступеню складності ОУ.

Часто можливості управління обмежуються швидкістю передавання інформації по каналах прямого і зворотного зв'язку.

Загалом питання про граничні можливості управління в тих або тих умовах ще не знайшло свого вичерпного розв'язання. Що ж до закону необхідної різноманітності, то він як інтерпретація одного з основних результатів теорії інформації, що справджується для деяких технічних систем, має фундаментальне значення і для інших складних систем, таких як біологічні, економічні, соціальні тощо. І хоча кількісну оцінку необхідної різноманітності для таких систем дістати важко, усе ж урахування цього закону на якісному рівні дає певний ефект. *Стосовно економіки цей закон зумовлює необхідність ускладнення системи управління, зокрема за рахунок вдосконалення засобів з переробки інформації та прийняття рішень*.

Якщо розглядати економіку на макрорівні, то органи державного управління виступають як СУ, а окремі галузі, підприємства, фірми — як ОУ. Під збуреннями зовнішнього середовища природно розуміти різноманітність як можливих економічних ситуацій, так і неекономічних чинників. Можливості переробки інформації та вироблення рішень у СУ обмежені і не забезпечують необхідної різноманітності. З огляду на це потрібна певна самостійність окремих економічних об'єктів. Правильне оцінювання різноманітності керованої системи за наявності збурень та об'єктивної пропускну здатності керуючих органів є необхідною умовою визначення міри господарської самостійності підприємств на кожному етапі економічного розвитку.

4. Типи управління

Залежно від того, чи використовуються для вироблення керуючих впливів інформація про стан керованого об'єкта, системи управління поділяються на замкнені (зі зворотним зв'язком) і розімкнені. У *розімкненій системі управління* від СУ до ОУ надходять сигнали у

вигляді керуючих впливів. Від керованого об'єкта жодних сигналів не надходить, тоді як керуюча система, керований об'єкт та лінії зв'язку зазнають збурювальних впливів.

Програмне управління. На керуючих впливах не позначаються фактичний перебіг керованого процесу та стан навколишнього середовища. У розімкнених системах управління використовують методи так званого управління за жорсткою програмою — *жорстке або програмне управління*, а також методи, що ґрунтуються на усуненні впливу обурень на керований об'єкт або на компенсуванні їхньої дії.

У разі застосування методу управління за жорсткою програмою СУ виробляє керуючі впливи без урахування інформації про стан керованого об'єкта і збурювальних впливів, тобто керуючі впливи для забезпечення відповідного стану ОУ визначаються заздалегідь.

Прикладом розімкненої системи, що працює за жорсткою програмою, є світлофор-автомат, який керує рухом на перехресті за заздалегідь заданою програмою. Секції світлофора перемикаються через встановлені проміжки часу незалежно від кількості автотранспорту.

Метод управління за жорсткою програмою найчастіше застосовується в системах, де вплив збурювальних впливів незначний, передусім — у простих технічних системах.

Метод компенсації збурень. Згідно саме з цим методом діє система управління температурою повітря у приміщенні. Роль СУ тут відіграє система управління подаванням теплоти. Збурювальні впливи — це зміни температури в зовнішньому середовищі. За жорсткого управління система подає в опалювальні прилади теплоту, регулюючи її кількість за часом доби (температурою зовнішнього середовища). Однак зміна температури останнього відбувається фактично інакше, ніж передбачалося при встановленні такого режиму. Через це кількість теплоти, що подається, буде іноді недостатньою, а іноді — надмірною.

Як ще один приклад застосування методу компенсації збурень розглянемо управління збутом продукції підприємства. Збут продукції підприємства визначається в кожний період часу кон'юнктурою попиту на окремі види продукції. Якщо на підприємстві належно стежать за кон'юнктурою попиту, то зміни в попиті мають якомога швидше позначатись на асортименті та обсягах виробництва продукції. Отже, керівництво підприємства (СУ), здійснюючи керуючий вплив, визначає кількість, якість, асортимент продукції та план збуту, тоді як збурювальним впливом є зміна кон'юнктури попиту та місткість ринку.

У разі управління з компенсацією збурень необхідний чутливий елемент, що сприймає наявність збурення та вимірює його. Коли йдеться, скажімо, про управління температурою повітря у приміщенні, таким чутливим елементом може бути термометр, а стосовно підприємства — відділ маркетингу.

Проте метод управління, що ґрунтується на компенсації збурень, також має певні недоліки. Основним з них є те, що компенсується дія кожного конкретного збурення окремо. У реальному житті джерела збурювальних впливів можуть бути настільки різноманітними, що їх не завжди можна передбачити.

Компенсувати дію збурень у системах управління можна двома різними способами. Перший спосіб ми вже розглянули. Він полягає у виробленні керуючих впливів, спрямованих на зміну параметрів керованого об'єкта, наприклад температури повітря у приміщенні або обсягів виробництва.

Другий спосіб компенсації збурень полягає в безпосередньому впливі на збурення. Так, великі корпорації можуть самі відчутно впливати на ринкову кон'юнктуру, лобіювати прийняття сприятливих для себе законів, вживати заходів щодо нейтралізації дій конкурентів і т. ін., тобто активно впливати на зовнішнє середовище з метою компенсації збурень. Таким чином, за безпосереднього впливу на збурення їхній вплив на керований об'єкт знижується або усувається повністю.

Незважаючи на наявність у розімкнених систем серйозних недоліків, вони доволі широко застосовуються. Це пояснюється певною мірою тим, що в розімкнених системах із компенсацією дії збурень зміна керуючих впливів може бути здійснена ще до того, як

збурювальні впливи змінять стан ОУ, завдяки чому підвищується точність виконання ним своїх функцій. Але такий тип управління застосовується здебільшого для технічних систем.

Управління в замкнених системах. У замкненій СУ крім сигналів керуючої системи до керованого об'єкта до СУ надходять сигнали, що містять інформацію про стан ОУ — сигнали зворотного зв'язку. Як і в розімкнених системах, на замкнену систему управління впливають збурювальні впливи, причому їхній вплив поширюється на ОУ, СУ та лінії зв'язку.

Якщо збурювальні впливи різномірні та численні, то їх компенсувати важко. У таких випадках використовують метод управління, в якому керуючі впливи виробляються з урахуванням змін стану ОУ.

За такого типу управління СУ з урахуванням стану зовнішнього середовища та цілей управління визначає необхідний стан ОУ. Інформація про фактичний стан ОУ надходить по каналах зворотного зв'язку до спеціального органу, що порівнює ці стани. У разі незбігу бажаного та фактичного станів ОУ виробляються керуючі впливи, які мають скоригувати його поведження. У замкнених СУ, як правило, не аналізується причина, з якої поведження ОУ відрізняється від бажаного. Тут важливий лише сам факт відмінності в поведженні. Такий тип управління називається *регулюванням*.

Регулювання — це процес, спрямований на досягнення та підтримку параметрів функціонування системи в заданому діапазоні. Необхідно розрізняти регулювання та управління. У процесі управління вплив на систему (ОУ) має на меті не тільки забезпечити її нормальне функціонування, а й поліпшити це функціонування, сприяти розвитку системи (можливо, за рахунок зміни її параметрів, структури, складу тощо). А регулювання має забезпечувати стійкість стану або поведження ОУ.

До найпоширеніших типів регулювання належать:

- регулювання вирівнюванням (стабілізацією) збурень;
- регулювання стеженням;
- адаптивне регулювання.

Метою **стабілізації** є підтримка заданого рівня вихідного стану ОУ. Прикладом системи стабілізації є система підтримання в людини температури тіла, артеріального тиску, складу крові під час змін зовнішніх умов або підтримання напруги та частоти струму в електромережах у певному діапазоні, незважаючи на навантаження на мережу. Управління виробництвом може мати на меті підтримку постійної інтенсивності випуску продукції. Інформація про фактичний та плановий випуск каналами зворотного зв'язку передається в СУ, яка приймає рішення щодо усунення відхилення.

Замкнені системи, в яких задавальним впливом є функція певних параметрів, які, у свою чергу, залежать від стану системи, називаються замкненими системами з **програмним управлінням**.

Системи **стеження** призначені для зміни стану ОУ за деяким невідомим законом, що визначається під час реалізації самого процесу відповідно до певного зовнішнього сигналу. Такі задачі виникають, зокрема, під час управління запасами.

Перелічені типи систем управління не вичерпують усього їх розмаїття. Існують системи, в яких діють кілька задавальних впливів різного типу. Якщо вважати, що кожному задавальному впливові відповідає свій контур управління, то системи з кількома задавальними впливами є **багатоконтурними системами управління**. Керуючі впливи кожного контуру управління можуть впливати на реакцію ОУ та на керуючі впливи в інших контурах управління.

Методи управління, що ґрунтуються на використанні зворотного зв'язку, широко застосовуються як у системах управління технічними об'єктами, так і в соціально-економічних системах. Недоліком замкнених систем управління є наявність деякого неусувного відхилення фактичного стану керованого від необхідного, оскільки тільки поява відхилення є сигналом для вироблення відповідних керуючих впливів.

5. Принципи управління складними системами

Управління складними системами принципово відрізняється від оптимального (програмного) управління, тобто переведення системи до бажаного стану деяким оптимальним шляхом.

Це пояснюється тим, що поведження складних систем важко спрогнозувати, а визначити й тим більше «нав'язати» системі «оптимальний» шлях переходу до бажаного стану практично неможливо. Тому управління складними системами за змістом та механізмом дії найближче до фізіологічних процесів збудження і гальмування, тобто зовнішнього і внутрішнього стимулювання.

Прямі і зворотні зв'язки, усі види та форми впливів — це не більш ніж стимули, які збуджують або гальмують процеси, що відбуваються в системі. Тому проблема управління складними системами полягає в дослідженні впливу цих стимулів на поведження системи та кінцевий результат, а також у застосуванні цих стимулів для досягнення бажаної ефективності функціонування системи. За зміною рівня стимулу та стану системи збудження може перейти в гальмування та навпаки. Управління має досягатись ціною порівняно незначного енергетичного ресурсу. Типовим при цьому є інформаційне управління, під час якого енергоресурс управління є незначним відносно енергоресурсу самої системи. Необхідно також враховувати, що складні системи окрім великого енергоресурсу мають також значну динамічну інерційність.

У загальному випадку формальну математичну постановку задачі управління складними системами можна подати так:

$$\frac{dY}{dt} = \Phi \left[t, Y(t), Y(t-\tau), \int_{-\infty}^{t-\tau} Y(s-\delta_1) dF_1((s,t), t), \dots, \int_{-\infty}^{t-\tau} Y(s-\delta_k) dF_k((s,t), t), x(t, \tau_x), u(t, \tau_u) \right],$$

де Y — вихід системи; $x(t, \tau_x) \in X$ — вплив середовища; $F_i, i = \overline{1, k}$, — відомі функції; $u(t, \tau_u) \in U$ — множина можливих та допустимих управлінь; τ_u, τ_x, δ_i — запізнення.

Необхідно знайти управління $\hat{u}(t, \hat{\tau}_u)$, що забезпечує високу ефективність системи. Реальна можливість управління полягає в тому, щоб, впливаючи на процеси в системі, стимулювати їх у напрямку певної орієнтації на поведження системи, близьке до бажаного.

Зауважимо, що ступінь впливу функцій, які входять до виразу $\Phi(\cdot)$, неоднаковий для систем різних класів: $Y(t)$ — характеризує стан виходів системи в початковий момент управління; $Y(t-\tau)$ — поведження системи на інтервалі, що передують управлінню (передісторія системи), $\left\{ \int_{-\infty}^{t-\tau} Y(s-\delta_i) dF_i((s,t), t) \right\}, i = \overline{1, k}$, — множина, яка визначає типові властивості системи, її здатність до управління та внутрішні тенденції, відносно стабільний тип її поведження та керованості, внутрішню мотивацію тощо.

Розглянемо частинні випадки.

1. Функція Φ така, що вплив τ на $\left\{ \int_{-\infty}^{t-\tau} Y(s-\delta_i) dF_i((s,t), t) \right\}, i = \overline{1, k}$ порівняно незначний. У

цьому разі $\frac{dY}{dt} = \Phi[t, Y(t), x(t, \tau_x), u(t, \tau_u)]$. Якщо функція Φ лінійна і $x = 0, \tau_u = 0$, дістаємо:

$$\frac{dY}{dt} = AY + u + f(t).$$

Це задача **програмного управління**, характерна для технічних систем. Якщо $x \neq 0$, то

$$\frac{dY}{dt} = AY + u + x + f(t).$$

Це *управління в умовах спільної дії або протидії*.

У разі, коли $f(t) = 0$, маємо:

$$\frac{dY}{dt} = AY + u + \xi,$$

де ξ — деяка випадкова функція. Це *стохастичне управління*.

2. Функція Φ слабо залежить від $\left\{ \int_{-\infty}^{t-\tau} Y(s - \delta_i) dF_i((s, t), t) \right\}, i = \overline{1, k}$. Тоді

$$\frac{dY}{dt} = \Phi[t, Y(t), Y(t - \tau), x(t - \tau_x), u(t - \tau_u)].$$

Маємо управління, що не спирається на мотивацію, а істотно залежить від ситуації на інтервалі $[t - \tau, t]$. Це *ситуаційне управління*. Задачі ситуаційного управління характерні для виробничих систем.

3. Функція Φ лінійна і від часу безпосередньо не залежить. Тоді

$$\frac{dY}{dt} = \Phi \left[t, A_1 Y(t) + A_2 Y(t - \tau) + \int_{-\infty}^{t-\tau} Y(s - \delta_1) dF_1((s, t), t) + \dots + \int_{-\infty}^{t-\tau} Y(s - \delta_k) dF_k((s, t), t) + x(t - \tau_x) + u(t - \tau_u) \right].$$

Цей випадок характерний для нейтрального середовища. Досягти високої ефективності можна лише пристосуванням властивостей системи, що склалася на інтервалі $(-\infty; t - \tau]$, до ситуації, що склалася на інтервалі $(t - \tau; t]$, тобто адаптуванням системи за рахунок управління. Цей тип управління називається *адаптивним*. Воно використовується тоді, коли минулі тенденції в поведженні системи не дуже впливові (коли їх можна змінити протягом короткого інтервалу часу).

4. Функція Φ залежить від часу:

$$\frac{dY}{dt} = \Phi \left[t, Y(t), Y(t - \tau), \int_{-\infty}^{t-\tau} Y(s - \delta_1) dF_1((s, t), t), \dots, \int_{-\infty}^{t-\tau} Y(s - \delta_n) dF_n((s, t), t), x(t, \tau_x), u(t, \tau_u) \right].$$

У такому разі управління має впливати на внутрішню мотивацію системи, а це можливо тоді, коли ця мотивація хоча б частково відома.

5. Розглянемо управління, що змінює властивості (поводження, структуру) системи:

$$\frac{dY}{dt} = \Phi^* \left[t, Y(t), Y(t - \tau), \int_{-\infty}^{t-\tau} Y(s - \delta_1) dF_1^*((s, t), t), \dots, \int_{-\infty}^{t-\tau} Y(s - \delta_n) dF_n^*((s, t), t), x(t, \tau_x), u(t, \tau_u) \right].$$

У результаті управління u^* на інтервалі $(t - \tau; t]$ функція Φ змінюється на Φ^* , F_i — на F_i^* , тобто перетворюється структура системи. Це процес формування нової, перебудованої системи, яка починає функціонувати в момент часу t .

Ця перебудова може відбуватись як під впливом внутрішніх факторів (самоорганізація), так і за рахунок зовнішніх впливів (організація) (випадкових чи детермінованих — деякої внутрішньої або зовнішньої програми). У новій системі мотивація нагромаджується на інтервалі $(t - \tau; t]$ і діє нове управління $u(t, \tau_u)$.

Управління самоорганізацією (організацією) полягає в поділі старої системи до рівня підсистем та компонентів, які необхідні для нової системи; створенні нової структури системи; підготовці системи до сприйняття управління $u(t, \tau_u)$; нейтралізації в можливих межах несприятливих (зокрема, таких, що заважають процесам самоорганізації) впливів середовища.