

Рис. 1.7.7. Топологічні солітони

Лекція 8

«Якщо здається, що роботу зробити легко, це неодмінно буде важко. Якщо на вигляд вона важка, значить виконати її практично неможливо»
Теорема Стокмаєра

1. Підприємство як об'єкт моделювання.
2. Модель підприємства як відкритої системи.

1 Підприємство як об'єкт моделювання

Звернемося до роботи вітчизняних дослідників В. Здрок и М. Черкес «Системний підхід до дослідження виробничих процесів інформаційно-технологічних підприємств», опубліковану у Віснику Львівського університету [37].

Дослідження та моделювання виробництва передбачає розгляд та зміну умов низки закладених у нього технологічних процесів з метою отримання певного рівня якості продукції або послуг, за додаткової умови мінімальних витрат ресурсів. Типовими задачами, які доводиться при цьому вирішувати, є такі:

- підвищення ефективності виробництва, яке звичайно задається відомою функцією, так званою виробничою функцією, яка буде детальніше розглядатися у практикумі;

- зростання продуктивності праці, яке вимірюється кількістю продукції виробленої в одиницю часу;
- оптимізація виробничих програм за умови обмежених ресурсів, звичайно вимагається максимальний прибуток підприємства за рахунок оптимального асортименту продукції;
- поліпшення умов праці та/або культури виробництва.

Реальні задачі в процесах моделювання та дослідження виробництв можуть бути також різноманітними комбінаціями наведених вище типових задач.

Специфіка загальних вище задач полягає, зокрема, в тому, що виконання таких суперечних між собою вимог як, наприклад, підвищення якості продукції і зменшення витрат на її виробництво є результатом досягнення певного техніко-економічного компромісу. До того ж, технологічні процеси мають властивості бути альтернативними: рівноцінний за якістю та споживчими характеристиками продукт може бути створено різними технологічними процесами, які своєю чергою можуть різними способами бути організовані у виробничу низку.

В умовах жорсткої конкуренції на споживчому ринку, які є характерними наприклад для ринку країн ЄС, інтенсивному виробництві, в умовах зростаючих енергетичних, фінансових та інформаційних потоків, ухвалення рішень відбувається в умовах жорсткого цейтноту і, як не дивно, в умовах дефіциту інформації. Відповідно зростає ціна помилкових рішень. Для того, щоб уникнути або значно знизити ризики такої помилки, керівному складу підприємства доводиться ухвалювати управлінські рішення, спираючись на:

- прикладні методи в галузі математичного моделювання виробництв та їх технологічних процесів;
- методи дослідження операцій та методи оптимізації;
- методи системного аналізу;
- методи теорії прийняття та оптимізації рішень.

Аналіз різноманітних виробничих процесів переконує в тому, що вони демонструють низку спільних характерних ознак. Найважливішими є такі ознаки, як-от:

- структурна складність та багатофакторність;
- ієрархія, яка розкривається в існуванні вертикального підпорядкування окремих технологічних етапів виробництва та структурних підрозділів підприємства;
- тісні інформаційні та функціональні взаємини між суб'єктами зазначеної ієрархії;
- функціональна визначеність як окремих технологічних процесів, так і всього виробничого процесу в цілому;
- рухливість, яка віддзеркалена у постійних змінах у технологічному середовищі, причому такі зміни можуть бути як детерміновані (визначені), так і стохастичні (випадкові);

- процеси регулювання та саморегулювання, які забезпечують перебування контрольованих параметрів технологічних процесів та виробництва в цілому в межах заданих (прийнятних) значень.

Порівняння цих ознак з ознаками систем дозволяє зробити висновок, що виробничий процес можна розглядати як технічну або технологічну систему (ТС), в якій під керуванням виконавця реалізується функціональний взаємозв'язок засобів та предметів виробництва для виконання регламентованих технологічних операцій [8].

Отже, дослідження ТС доцільно організувати з використанням таких інструментів як-от:

- математичного апарату багатофакторного аналізу;
- методів теорії моделювання та оптимізації систем і процесів;
- теорії автоматизованих систем управління та кібернетики.
- методів системного аналізу.

Сучасне виробництво відрізняється повсюдним застосуванням автоматизованих систем контролю та управління технологічними процесами, високим ступенем комп'ютеризації та наукоємністю. Подальше зростання ефективності виробництва пов'язане зокрема з моделюванням як окремих технологічних процесів та операцій, так і з моделями виробничого процесів у цілому. Математичне моделювання оптимально організовувати технологічні операції (процеси), знаходити ефективніші режими їх функціонування. Як завжди, моделювання дозволяє отримувати нові знання про об'єкт, уникаючи можливої небезпеки від безпосереднього контакту з ним, та/або великих затрат коштів. Модель – це спрощений, умовний опис досліджуваного об'єкта, в якому адекватно (тотожно, еквівалентно) відображуються лише його головні внутрішні зв'язки. Моделювання звичайно потребує формалізованого опису об'єкта в таких символах або такою формальною мовою, якій сприймаються комп'ютером.

Виробничий процес можна розглядати як послідовність технологічних операцій, кожна з яких змінює стан предмета виробництва від первинної сировини до фінального продукта. Будь-який проміжний стан можна формально задавати числами (наприклад, сигналами відповідних датчиків, сенсорів, вимірювачів). Такий набір чисел (вектор стану S_i) характеризує фізико-хімічні властивості виробу в деякому стані, а множина таких станів формує деяку матрицю станів S . Перехід від стану S_i до стану S_{i+1} відбувається під впливом певної команди керування $V_i(t_i)$ яка надходить на робоче обладнання в момент часу t_i . Команди керування можна розглядати як складові деякого вектора керування $\mathbf{V}(t)$, який являє собою програму роботи технологічної системи в символах керування (див. рис. 1.8.1).

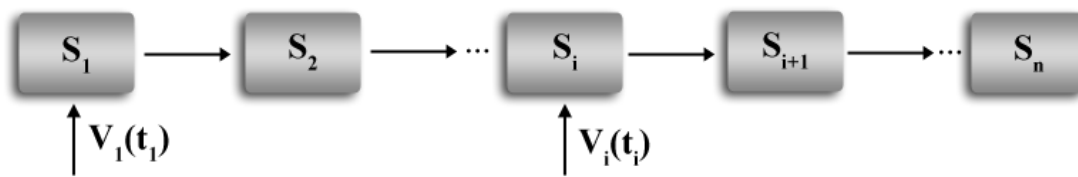


Рис. 1.8.1. Програма роботи технологічної системи в символах керування

Не викликає сумнівів існування певного функціонального зв'язку поміж станом предмету виробництва та командами керування (див. рис. 1.8.1). Зазначений зв'язок можна представити деякою функцією F (аналітичною або логічною) таким способом, що $S = F(\mathbf{V})$. Знаходження функції зв'язку F і складає один із головних предметів математичного моделювання виробничих процесів.

Під час моделювання виробничих процесів, та/або технологічних операцій, користуються апробованими методами моделювання. Коротко перелічимо такі методи нижче.

Фізичне моделювання – такий спосіб моделювання передбачає дослідження процесів шляхом їх відтворення в іншому масштабі зі збереженням при цьому критеріїв подібності. Подібність – це деяка умова, при виконанні якої кількісні результати експериментів на моделі та на об'єкті співпадають. Критерій подібності – це числова величина або функція аргументу, який описує характерні властивості об'єкта моделювання. Фізичне моделювання ефективне для дослідження відносно нескладних ТС, у яких потрібно враховувати порівняно невелику кількість критеріїв подібності, а також таких, які не втрачають свої властивості в процесі масштабування. Воно вимагає таких знань:

- механізмів протікання технологічного процесу в умовах дії зовнішніх збурень;
- точних значень констант, за допомогою яких описують ці механізми;
- допустимих граничних умов.

Що складнішою є ТС або процес, то більша кількість критеріїв подібності потрібна для фізичного моделювання. Часто не вдається вибрати фізичну модель так, аби ці критерії були сумісними, тобто, виконувались одночасно.

Математичне моделювання як метод використовується для дослідження ТС довільного рівня складності, в яких зв'язки між окремими складовими описуються за допомогою переважно диференціальних, або інтегральних, або алгебраїчних систем рівнянь. Ці рівняння утворюють систему, яка пов'язує множину вихідних характеристик ТС з множиною факторів, внутрішніх параметрів та зовнішніх впливів на неї, включно з випадковими, якщо це потрібно. Отже, математичне моделювання – це формалізація внутрішніх

зв'язків об'єкта моделювання за допомогою математичного апарату. Вибір математичного апарату для опису технологічних систем залежить від низки умов:

- рівня складності об'єкта моделювання;
- необхідної точності представлення результатів;
- апаратних можливостей дослідника;
- традицій, уподобань дослідника тощо.

Перевагами математичного моделювання є контрольована точність результату моделювання, можливість коректування отриманої моделі зі зміною граничних умов, допусків або фізичних уявлень про технологічні процеси, можливість проведення необмеженої кількості комп'ютерних експериментів.

Недоліки математичного моделювання пов'язані з тим, що внаслідок дефіциту інформації щодо об'єкта моделювання система математичних рівнянь завжди містить певні похибки, а прагнення достовірного та точнішого опису всіх компонентів системи призводить до занадто громіздкої моделі, яка стає практично непридатною. За таких умов витрати, пов'язані з отриманням результату, можуть нівелювати економічний ефект від його впровадження.

Звичайно математичною моделлю вважають деяку функцію або систему рівнянь, за допомогою яких встановлюють відповідність між множиною вхідних збурень і узагальненою інтегрованою фізичною величиною, що характеризує вимірюваний стан ТС. Оскільки завжди мають місце погано детерміновані фактори, які не враховані математичною моделлю, виникають так звані помилки моделювання. Тому будь-яка математична модель є певною абстракцією, причому спрощеною, тих процесів, які вона описує. Критеріями оптимальності для математичної моделі є такі:

- точність моделювання;
- зручність користування;
- зрозумілий алгоритм математичних перетворень;
- простота оцінки достовірності отриманих результатів.

Модель вважається прийнятною, якщо похибка апроксимації фізичної величини є прийнятною для користувача (замовника).

За умов нестачі інформації про об'єктивно існуючі внутрішні зв'язки об'єкта моделювання такий об'єкт можна розглядати як деяку абстрактну «чорну скриньку» (рис. 1.8.2). Тоді функціональний зв'язок між виходом і входом об'єкта визначається так званою передатною функцією. При цьому інформативною є вихідна реакція об'єкта на деякі тестові сигнали на його вході. До «входу» виробничої системи звичайно відносять все, що підприємство отримує ззовні для організації виробництва товарів, інновацій, послуг стороннім організаціям, інформації тощо. Зокрема, на «вході» підприємство отримує капітал, документи, матеріали, ресурси, включно з трудовими, інформацію тощо.

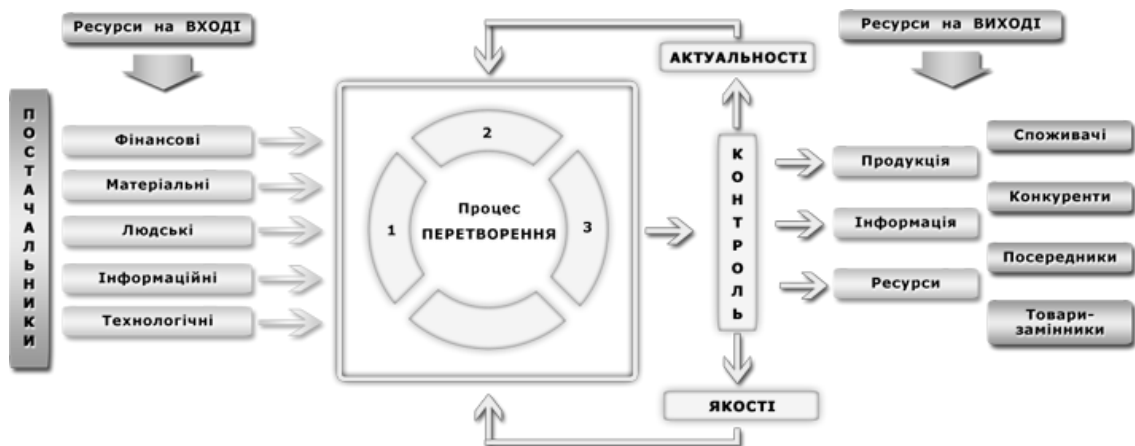


Рис. 1.8.2. Схема функціонального зв'язку між «входом» та «виходом» підприємства як об'єкта моделювання

У виробничих «процесах перетворення» згадані вище ресурси отримують матеріально-предметну форму, готову до подальшої обробки та/або до реалізації, застосування тощо.

Як видно з рис. 1.8.2 на «виході» схеми отримують товари, роботи, послуги, прибуток, зростання об'єму продаж, соціальну відповідальність, задоволення потреб робітників та споживачів, зростання виробництва тощо.

Імітаційне моделювання технологічних процесів полягає в тому, що за заданими теоретичними моделями ймовірнісних розподілів для відомих входних впливів, отримують ймовірнісні розподіли для вихідних характеристик. Згідно з таким методом моделювання за допомогою генератора випадкових чисел (або наборів таких чисел, векторів) задаються випадкові сполучення входних факторів, а далі за допомогою визначеної моделі технологічності системи обчислюють відповідні значення параметра оптимізації. Така процедура може повторюватися багаторазово. Отримані значення дають змогу побудувати передатна функцію та отримати ймовірнісні густини розподілу для вихідних характеристик, розрахувати математичні очікування важливих параметрів, похибку вимірювань та інші актуальні статистичні характеристики.

Графо-аналітичні методи дослідження технологічних процесів передбачають представлення множини значень критеріїв подібності у вигляді образної геометричної фігури, кожна точка поверхні якої взаємно однозначно відповідає (зображує) деякий стан системи. Найчастіше графо-аналітичними моделями реальних технологічних процесів є криволінійні фігури, які описуються складними нелінійними рівняннями. Цей спосіб моделювання вважають наочним та інформативним. Утім така наочність втрачається, якщо кількість змінних моделі більше двох, оскільки фігура стає багатовимірною. Тоді графо-аналітичний аналіз процесів проводять методом відображення багатовимірних фігур на три- або двовимірний простір (так званий метод перерізів).

2 Модель підприємства як відкритої системи

Підприємство – це організаційно відокремлена та економічно самостійна ланка виробничої сфери економіки країни, що виробляє продукти певного типу: товари, послуги, інформацію, нові знання – як окремо, так і в певному співвідношенні. Підприємство є відкритою системою, яка може існувати за умови активної взаємодії із зовнішнім середовищем (схема рис. 1.8.3).

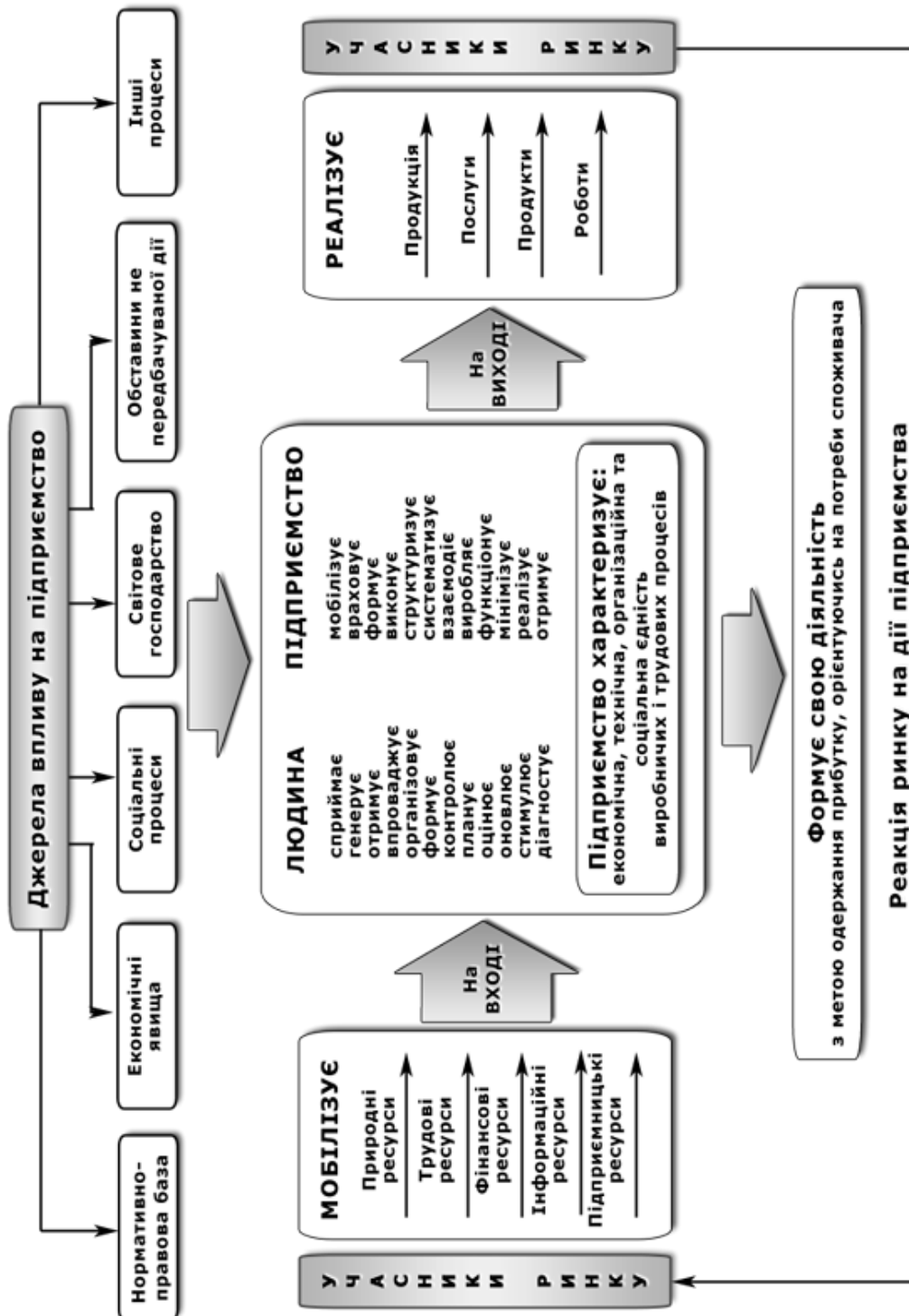


Рис. 1.8.3. Схема підприємства як відкритої системи

Підприємство функціонує в певному зовнішньому середовищі. Безпосередньо близько функціонує проміжне середовище, яке представлене споживачами, постачальниками, конкурентами, банками, страховими компаніями, органами державного управління та іншими партнерами і конкурентами, які знаходяться в загальному зовнішньому середовищі.

Підприємство є «відкритою» матеріально-речовинною системою, оскільки його діяльність можна описати з погляду моделі «вхід – вихід»: на «вході» підприємства є всі види матеріальних і нематеріальних ресурсів (сировина, техніка, персонал, фінанси, інформація тощо), а на «виході» – товари, послуги, висококваліфікований персонал і таке інше. «Вхідні» та «вихідні» потоки сполучають організацію з відповідними ринками.

Підтвердженням віднесення такої системи як «підприємство» у широкому сенсі до класу комплексних відкритих систем є наявність відповідних прикмет (властивостей):

- Складність визначення границь та розбиття на підсистеми. Склад підсистем, що реально забезпечують діяльність підприємства як системи, та характер такої діяльності постійно змінюється: урізноманітнюються ролі менеджерів, власників і фахівців та їх реакції на події; склад постачальників, клієнтів; якість та склад засобів, інтереси та склад зацікавлених у діяльності підприємства суб'єктів.
- Відкритість системи. Підприємство як ціле сприймається спостерігачем за наявності деякого «системного ядра», яке може вижити тільки за умов постійного обміну із оточуючим середовищем (клієнтами, постачальниками, трудовими ресурсами). Довготермінове виживання підприємства, незалежно від досягнутої високої ефективності діяльності, залежить від адаптації у «надсистемі» ланцюга доданої вартості, що існує в зовнішньому для підприємства економічному середовищі. Така мета діяльності, як отримання максимального прибутку, вже свідчить про відсутність на рівні цілей діяльності підприємства завдань досягнення енергетичної рівноваги.
- Підприємство є динамічною системою із станами, що залежать від минулої діяльності, тобто, має «пам'ять», що виражена в обсягах активів, зобов'язань, репутації, культури персоналу.
- Підприємство є комплексною системою, що складається із комплексних підсистем різного рівня зв'язності, наявність яких зумовлена різнонаправленими вимогами до результатів діяльності.
- Підсистеми підприємства, включно і особливо через участь суб'єктів-фізичних осіб, характеризуються нелінійною

поведінкою та зв'язками. Мале відхилення умов у такій системі може призводити до непропорційних ефектів. Наприклад, ефективна юридична служба в поєднанні із надзвичайно ефективною технічною не убезпечують підприємство від рейдерського захвату або конфлікту в системі управління.

Підприємство являє собою штучну систему, яка створена людиною заради її власних інтересів і перш за все для спільної праці.

Ринкова економіка висуває до підприємства декілька основних вимог:

- 1.** Підприємство повинне працювати так, щоб результатом робіт був не тільки випуск продукції (робіт чи послуг), але і одержання прибутку. Тобто завжди повинне бути перевищення доходів над витратами.
- 2.** Підприємство повинне ставити собі за мету не нарощування обсягу виробництва, а формування такого обсягу, який диктується попитом споживачів.
- 3.** Підприємство є досить самостійними за основними питаннями господарчої діяльності, але плата за цю самостійність – це ймовірність банкрутства.

Підприємство на вході споживає ресурси певного виду, щоб потім у результаті виробничого процесу одержати ресурси іншої споживчої якості. Співвідношення ресурсів на вході та виході складає зміст такого поняття як економіка підприємства.

Для економіки в якійсь мірі не цікавий продукт, який виробляється, вибрана технологія, склад і кваліфікаційний рівень кадрів. Єдине, що її цікавить – це співвідношення у використанні ресурсів, яке передбачає три можливі комбінації:

- 1) доходна робота;
- 2) збиткова робота;
- 3) робота в умовах самоокупності.

Як саме працює підприємство прибутково, збитково чи в умовах самоокупності, в значній мірі залежить від форм і методів перетворення ресурсів і може бути визначеним цілим рядом, як конкретних, так і загальних показників ефективності.

Самостійне «відкрите» підприємство в перехідній та ринковій економіці постає перед розв'язанням таких завдань:

- дослідження ринку та виявлення потреб споживачів для забезпечення існування підприємства в довгостроковій перспективі;
- самостійне визначення цілей розвитку та підтримки власної життєздатності;
- визначення необхідних обсягів виробництва, структури постачання та постачальників;

- налагодження ефективних зв'язків з партнерами та організаціями регуляторами; громадськістю для формування позитивного іміджу – головного «капіталу» підприємства;
- створення та постійне поповнення власних банків даних і знань, які б забезпечували обґрунтування рішень, що приймаються, та захист інформації (комерційної таємниці) від конкурентів;
- забезпечення конкурентоспроможності підприємства завдяки вибору адекватних стратегій та нагромадження (підтримки) конкурентних переваг;
- інвестування та управління фінансами підприємства з метою отримання високих економічних результатів діяльності (прибутковість);
- визначення необхідного для існування та розвитку підприємства кадрового складу з конкретними кількісними (чисельність) та якісними (кваліфікація) показниками.

Зазначені завдання звісно ж не охоплюють усього переліку, з яким кожне підприємство нині стикається у своїй діяльності, однак основні з них перелічені вище.

У загальному вигляді завдання оптимізації процесу діяльності можна сформулювати таким чином: **«Мінімізувати (максимізувати) цільову функцію математичної моделі об'єкта (процесу) з урахуванням обмежень»**.

Аналіз задач управління підприємством як системою свідчить, що в реальній постановці завдання комплексної оптимізації діяльності підприємства є багатокритеріальним (рис. 1.8.4). У загальному випадку цільова функція та область визначення є нелінійними та нестационарними. За умови коректного визначення обмежень враховуються всі можливі ефекти.



Рис. 1.8.4. Спрощена схема аналізу задач управління підприємством

Існуючі математичні моделі підприємства як об'єкта управління різної комплексності можуть включати велику кількість структурних, технологічних, суб'єктивних чинників із невизначеними методами вимірів, до яких може застосовуватися розвинений математичний апарат.

*«Рішення складної задачі доручить
ледачому співробітнику – він знайде
найлегший спосіб розв'язку»*

Правило Хлейда

1. Ефективні технології для математичного моделювання систем і процесів.
2. Універсальні комп'ютерні середовища (огляд).

1 Ефективні технології для математичного моделювання систем і процесів

Символьна, або іншими словами комп'ютерна математика, або ще інакше комп'ютерна алгебра, є великим розділом математичного моделювання. Програми такого типу можна в принципі відносити також до інженерних програмних продуктів автоматизованого проектування, так званим САПР. У цій галузі вирізняють три таких основних напрями як-от:

- 1) CAD – Computer Aided Design – системи автоматизованого комп'ютерного проектування;
- 2) CAM – Computer Aided Manufacturing – системи автоматизованого комп'ютерного виробництва;
- 3) CAE – Computer Aided Engeneering – системи комп'ютерного інжинірингу.

Сьогодні серйозне конструювання у приладобудуванні, машинобудуванні, архітектурі та будівництві, електротехніці та електроніці, а також в інших галузях інженерної діяльності вже неможливе без САПР. Математичні ж програмні пакети нині є складовою частиною CAE-систем, причому далеко не другорядною, хоча б тому, що все більшу частину задач взагалі неможливо вирішити без застосування комп'ютерів.

Ще 20 років тому ці програмні пакети вважалися суто професійними інструментами і потребували спеціалізованих великих комп'ютерів. Утім приблизно у другій половині 90-х років ринок CAD/CAM/CAE-систем та технологій почав бурхливо розвиватися. Розробники подібних систем насамперед зробили їх доступними для персональних комп'ютерів, отже, для десятків і сотень тисяч інженерів та дослідників.

Окрім того, в сучасних математичних пакетах застосовується принцип конструювання математичної моделі. Користувач лише формулює задачу, тоді як всі рутинні операції: розкриття дужок, перетворення виразів, знаходження коренів рівнянь, похідних та інтегралів тощо, – комп'ютер виконує самостійно без втручання користувача. Сучасні математичні пакети окрім символьних перет-