

Міністерство освіти і науки України
Донбаська державна машинобудівна академія (ДДМА)

Комп'ютеризовані системи інженерного аналізу

Стислий конспект лекцій

для студентів спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»

Розглянуто і схвалено
на засіданні кафедри «Комп'ютеризовані
мехатронні системи,
інструмент і технології»
Протокол № 1 від 28 серпня 2018 р.

Краматорськ
ДДМА
2018

УДК 621.9.04

Комп'ютеризовані системи інженерного аналізу : стислий конспект лекцій для студентів спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» / уклад. : В.С.Гузенко. – Краматорськ : ДДМА, 2018. – 48 с.

Наведено стислий конспект лекцій з дисципліни «Комп'ютеризовані системи інженерного аналізу» для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня освітньо-наукової програми «Галузеве машинобудування» (професійні спрямування «Комп'ютеризовані мехатронні верстати та системи», «Комп'ютерно-інтегровані технології інструментального виробництва») та освітньо-наукової програми «Галузеве машинобудування» (наукове спрямування «Процеси механічної обробки, верстати та інструменти»).

Розглянуто і схвалено на засіданні кафедри «Комп'ютеризовані мехатронні системи, інструмент і технології» (протокол № 1 від 28 серпня 2018 р.).

Електронне навчальне видання

Укладач

В.С.Гузенко, доц.

ЗМІСТ

Лекція 1. Характеристика та класифікація інженерних рішень	4
Лекція 2. Методи інженерного аналізу	11
Лекція 3. Система та властивості інженерного аналізу.....	14
Лекція 4. Принципи класифікації систем.....	18
Лекція 5. Формалізовані процедури й алгоритми інженерного аналізу.....	27
Лекція 6. Моделювання у інженерному аналізі.....	35
Лекція 7. Сучасні прикладні програми для інженерних розрахунків.....	44
Література.....	48

Лекція 1

Характеристика та класифікація інженерних рішень

1. Мета інженерних рішень
1. Класифікація інженерних рішень
1. Особливості підготовки та прийняття інженерних рішень
1. Фактори, що впливають на формування інженерних рішень

ВСТУП

У житті сучасного суспільства інженерна діяльність відіграє дедалі зростаючу роль. Проблеми практичного використання наукових знань, підвищення ефективності наукових досліджень і розробок висувають сьогодні інженерну діяльність на передній край всієї економіки та сучасної культури.

Але слід зазначити, що розвиток інженерів високого професійного рівня передбачає усвідомлення можливостей, меж і, по своїй суті, спеціальності, не тільки у вузькому сенсі цього слова, а йв сенсі усвідомлення інженерної діяльності взагалі, її цілей і завдань, а також змін її орієнтацій в культурі XXI століття. Суспільство з розвиненою ринковою економікою вимагає від інженера більшої орієнтації на питання маркетингу і збуту, обліку соціально- економічних чинників і психології споживача, а не тільки технічних і конструктивних параметрів майбутнього виробу.

Тому, оцінка технічного рівня виробів є невід'ємною частиною техніко-економічного аналізу інженерних рішень і проводиться на всіх стадіях життєвого циклу виробів. Однак, найбільш важливе значення ця оцінка має при обґрунтуванні доцільності розробки нової техніки і виборі її найкращого варіанту.

Мета інженерних рішень

В основі будь-якої діяльності лежить цільовий підхід.

Мета означає, що “світ не задовольняє людину, й людина своєю діяльністю вирішує змінити його”.

Саме мета - є творчим моментом і конструктивним початком праці.

Найбільш повно проявляються переваги цільового підходу при управлінні процесом створення нової техніки, технології, форм і методів організації виробництва, так як ця інженерна діяльність повинна бути спрямована на забезпечення конкретних результатів. У зв'язку з цим ефективно виконання поставлених перед інженерами завдань і об'єктивна оцінка їх діяльності повинні базуватися на чітко сформульованих і чітко визначених системах цілей.

Мета інженерної діяльності - це бажаний результат, обумовлений суспільними потребами, конкретними вимогами споживачів продукції й внутрішніми потребами підприємств, організацій, на яких працюють інженери.

Інженерні цілі повинні:

- виходити із завдань розвитку своєї галузі й галузей-споживачів продукції;
- визначати основні напрямки діяльності підприємств, організацій та їх підрозділів;
- бути основою для формування планових завдань підрозділам і конкретним виконавцям;
- мати кількісну оцінку для того, щоб можна було об'єктивно визначити ступінь досягнення мети;
- бути реальними при існуючих обмеженнях, обумовлених економічними, технічними, організаційними, соціальними та іншими факторами.

Якщо не відомі способи досягнення мети або фактичний результат досягнення мети не відповідає бажаному, то виникає проблема або проблемна ситуація, яка характеризується суперечностями між потребами і можливостями. У цих умовах виникає необхідність прийняття рішення, тобто обґрунтування найкращого способу, шляху, варіанту досягнення мети.

Кінцевим результатом задачі прийняття рішення є розпорядження до дії, плану роботи, проекту та ін.

Завдання прийняття рішень за змістом і характером проблем діляться на військові, політичні, ідеологічні, технічні, організаційні, економічні, соціальні, комплексні та ін. Оскільки діяльність інженерів вельми різноманітна, то в конкретних умовах перед ними можуть стояти будь-які з цих завдань. Підготовка інженерів спрямована на те, щоб вони вміли обґрунтовувати в першу чергу технічні та організаційні рішення, які об'єднуються у велику групу інженерних рішень.

Інженерне рішення - це проект, програма дій, які спрямовані на усунення суперечностей в технічних і організаційних системах, і які сприяють створенню нових і вдосконаленню існуючих: техніки, технології та організації виробництва з максимальною ефективністю.

Інженерне рішення визначає сутність і параметри об'єкту інженерного рішення (конструкції, технологічного процесу, форм і методів організації виробництва);

Процес прийняття інженерних рішень - це сукупність етапів операції, які виконуються в наступній послідовності:

- формулювання проблеми;
- завдання прийняття рішення;
- аналіз проблеми;
- формування варіантів досягнення мети;
- вибір кращого варіанту, тобто прийняття конкретного рішення.

Інженерне рішення є основою створення, виробництва й експлуатації нової техніки, суттєво впливає на науково - технічний прогрес, і сприяє підвищенню ефективності суспільного виробництва.

Класифікація інженерних рішень

За змістом інженерні рішення поділяються на :

- конструкторські (конструкція споруди, машини, апарату, вузла, деталі та ін.);
- технологічні (технологічні процеси, методи обробки, збірки та ін.);
- комплексні.

За новизною об'єкту розрізняються рішення, пов'язані:

- зі створенням нової техніки;
- зі створенням нової технології;
- з удосконаленням існуючих: техніки, технології та організації виробництва, тобто модернізацією.

При модернізаційних рішеннях кількість варіантів обмежена певними рамками існуючих об'єктів.

Ініціативні рішення приймаються під час науково-технічної творчості. Складність інженерних рішень залежить від новизни об'єкту і його складності, від новизни рішень, їх спрямованості та рівня прийняття. Тому складні рішення приймаються, як правило, колективно висококваліфікованими фахівцями.

Для суспільства інтерес представляє не інженерне рішення, а його наслідки, тобто який кінцевий результат (ефект) досягається й які знадобляться витрати суспільної праці на його досягнення.

Отже, без економічного обґрунтування неможливе прийняття і здійснення інженерного рішення. Це обумовлює єдність інженерного і техніко - економічного аналізу в процесі підготовки й прийняття інженерних рішень.

Особливості підготовки та прийняття інженерних рішень

У процесі підготовки і прийнятті інженерних рішень необхідно враховувати їх особливості.

По-перше, рішення тісно взаємопов'язані, як за рівнями ієрархій технічних систем (наприклад, по конструкції деталей і вузла або складальної одиниці), так і в межах одного рівня (рішення по конструкції деталей одного вузла).

По-друге, інженерні рішення носять директивний характер і впливають на різні сфери діяльності та навколишнє середовище, отже, воно повинно бути погоджено із зацікавленими особами, організаціями, підприємствами і державними органами.

По-третє, інженерні рішення приймаються, зазвичай, в умовах дефіциту часу, тому необхідно поєднувати обґрунтованість і своєчасність рішень.

По-четверте, вони є результатом, як правило, колективної діяльності виконавців і спільної роботи багатьох організацій і підприємств. Організація робіт з вироблення таких рішень має велике значення.

По-п'яте, ці рішення мають визначальний вплив на економічну ефективність виробництва, на соціальні умови життя і працю наших людей.

Тому, в основу прийняття інженерних рішень має бути покладено забезпечення максимальної ефективності з урахуванням соціальних наслідків.

Процес прийняття рішень - це вибір одного варіанту з кількох можливих. Він складається з характерних етапів і носить ітеративний характер.

Стандартні рішення приймаються в, часто повторюваних, виробничих ситуаціях. Вони містяться в законах, стандартах, правилах, нормативах та іншій чинній документації; при їх прийнятті використовується досвід інших фахівців і організацій. Наприклад, при гальмівному шляху більше нормативного (правила дорожнього руху) автомобіль не допускається до експлуатації; після певного напрацювання автомобіль направляється на відповідний вид ТО (Положення про ТО і ремонти, заводські рекомендації та ін.).

Розглянемо нематеріальні ресурси підприємства.

1. Об'єкти промислової власності. Промислова власність є поняттям, яке застосовується для визначення виключного права на використання певних нематеріальних ресурсів. Згідно з Паризькою конвенцією з охорони промислової власності, до об'єктів цієї власності належать:

- патенти на винаходи;
- корисні моделі;
- промислові зразки;
- товарні знаки;
- знаки обслуговування;
- фірмові найменування;
- вказівки на походження або найменування місця походження.

Серед об'єктів промислової власності найважливіше місце посідають винаходи.

Винахід - це результат творчої діяльності людини в будь-якій галузі технології. Винаходу надається правова охорона, якщо він є новим, має винахідницький рівень та промислове застосування. Винахід є новим, якщо він не є частиною рівня техніки. Винахід має винахідницький рівень, якщо він для спеціаліста явно не є наслідком рівня техніки. Рівень техніки визначається за всіма джерелами інформації, що є загальнодоступними в Україні та закордонних державах до дати пріоритету винаходу. Винахід визнається промислово використовуваним, якщо він може бути використаним у промисловості, сільському господарстві, сфері охорони здоров'я та інших галузях народного господарства. Об'єктами винаходу можуть бути пристрої, спосіб, речовина, штам мікроорганізмів, культура клітин рослин та тварин, а також застосування відомого раніш пристрою, способу, речовини, штаму за новим призначенням.

Промисловий зразок - це результат творчої діяльності людини в галузі художнього конструювання. До промислових зразків відносяться форма, малюнок, колір або їх поєднання, що визначають зовнішній вигляд промислового виробу. Патент видається на промисловий зразок, що є новим, оригінальним і має промислове застосування. Промисловий зразок визнається новим, якщо сукупність його істотних ознак невідома в Україні чи за кордоном до дати пріоритету промислового зразка. Промисловий зразок визнається оригінальним, якщо форма, малюнок, колір або їх поєднання, що заявлені, для спеціаліста в цій

галузі не є явними під час їх візуального сприйняття та оцінки. Істотні ознаки визначають відмінності зовнішнього вигляду промислового зразка в естетичних та економічних особливостях його форми, малюнку, кольору або їх поєднання. Промисловий зразок визнається таким, що має промислове застосування, якщо він може бути відтворений промисловим чином у відповідному виробі для введення в обіг.

Корисна модель - це результат творчої діяльності людини в будь-якій галузі технології. Предметом технічного вирішення в корисних моделях є лише конструкція виробу, його форма.

Практичне ж використання нематеріальних активів в економічному обороті підприємств, оцінювання результатів інтелектуальної праці, інтелектуальної власності дає можливість сучасному підприємству:

- змінити структуру свого виробничого капіталу за рахунок збільшення частки нематеріальних активів у вартості нової продукції і послуг, збільшивши їх наукоємність, що може привести до підвищення вартості продукту та зіграє певне значення для конкурентної здатності продукції і послуг;

- економічно ефективно і раціонально використовувати незадіяні нематеріальні активи, якими все ще володіють багато підприємств, фірм.

Управлінці, для успішного введення нематеріальних активів в економічний оборот підприємства, зобов'язані розбиратися в класифікації і суттєвих характеристиках кожного об'єкта нематеріальних активів, враховувати їх особливі властивості, а також глибше розумітися у відповідних їм патентно - правових документах.

- правові або інші подібні обмеження щодо строків його використання, інші фактори.

Метод амортизації нематеріальних активів обирається підприємством самостійно, виходячи з умов отримання в майбутньому економічних вигод.

Якщо такі умови визначити неможливо, то амортизація нараховується із застосуванням прямолінійного методу.

Під час розрахунку вартості, яка амортизується, ліквідаційна вартість нематеріальних активів прирівнюється до нуля, крім випадків:

- коли існує беззастережне зобов'язання іншої особи щодо придбання цього об'єкта наприкінці строку його корисного використання;

- коли ліквідаційна вартість може бути визначена, на підставі інформації існуючого активного ринку і очікується, що такий ринок існуватиме і в кінці терміну корисного використання цього об'єкта.

Нарахування амортизації починається з місяця, наступного за місяцем, в якому нематеріальний актив став придатним для використання.

Нарахування амортизації припиняється з місяця, наступного за місяцем вибуття нематеріального активу. Строк корисного використання нематеріального активу та метод його амортизації переглядається в кінці звітнього року, якщо в майбутньому періоді очікується зміни строків корисного використання активу або зміни умов отримання майбутніх економічних вигод.

Амортизація нематеріального активу нараховується виходячи з нового методу нарахування амортизації і строку використання, починаючи з місяця, наступного за місяцем змін.

Втрати від зменшення корисності нематеріальних активів включаються до складу витрат звітного періоду із збільшенням у балансі суми зносу витрат звітного періоду та із збільшенням у балансі суми зносу нематеріальних активів, а від об'єктів, що відображаються в обліку за переоціненою вартістю, із зменшенням переоціненої вартості об'єкта нематеріальних активів.

Якщо причини зменшення корисності об'єкта нематеріальних активів перестали існувати, то втрати від зменшення корисності об'єкта за попередні періоди виключаються на відповідну суму способом сторно із суми витрат звітного періоду та із суми зносу об'єкта нематеріальних активів, а втрати від зменшення корисності об'єктів нематеріальних активів, відображеної в обліку за переоціненою вартістю, включаються до складу доходів із збільшенням переоціненої вартості об'єкта нематеріальних активів.

Операції, здійснювані у підприємницькій, фінансово-господарській діяльності та впливають на стан майна, капіталу, зобов'язання і фінансові результати, повинні бути оформлені первинними документами. Первинні документи - це письмові свідчення, що фіксують та підтверджують господарські операції, включаючи розпорядження та дозволи адміністрації (власника) на їх проведення.

Нематеріальний актив списується з балансу в разі його вибуття або внаслідок продажу, безоплатної передачі або неможливості отримання підприємством надалі економічних вигод від його використання. Фінансовий

й інновацій, що забезпечують їхній системний опис в умовах ринкової економіки. Відповідно до цих стандартів інновація - кінцевий результат інноваційної діяльності, що одержав втілення у вигляді нового або вдосконаленого продукту, впровадженого на ринку, нового або вдосконаленого технологічного процесу, використовуваного в практичній діяльності, або в новому підході до соціальних послуг. Таким чином, інновація є наслідком інноваційної діяльності.

Аналіз різних визначень приводить до висновку, що специфічний зміст інновації становлять зміни, а головною функцією інноваційної діяльності є функція зміни.

П'ять типових змін:

1. Використання нової техніки, нових технологічних процесів.
2. Впровадження продукції з новими властивостями.
3. Використання нової сировини.
4. Зміни в організації виробництва і його матеріально-технічного забезпечення.
5. Поява нових ринків збуту.

У ряді джерел інновація розглядається як процес. У цій концепції визнається, що нововведення розвивається в часі й має чітко виражені стадії.

Інновації властиві як динамічний, так і статичний аспекти. В останньому випадку інновація представляється як кінцевий результат науково-виробничого циклу (НВЦ), ці результати мають самостійне коло проблем. Терміни “інновація” й “інноваційний процес” не однозначні, хоча й близькі.

Інноваційний процес пов’язаний зі створенням, освоєнням і поширенням інновацій. Творці інновації (новатори) керуються такими критеріями, як життєвий цикл виробу й економічна ефективність. Їхня стратегія спрямована на те, щоб перевершити конкурентів, створивши нововведення, що буде визнано унікальним у певній галузі.

Науково-технічні розробки й нововведення виступають як проміжний результат науково-виробничого циклу й у міру практичного застосування перетворюються в науково-технічні інновації. Науково-технічні розробки й винаходи є створенням нового знання з метою їх практичного застосування, науково-технічні інновації (НТІ) є матеріалізацією нових ідей і знань, відкриттів, винаходів і науково-технічних розробок у процесі виробництва з метою їхньої комерційної реалізації для задоволення певних запитів споживачів. Неодмінними властивостями інновації є науково-технічна новизна й виробнича застосовність.

Лекція 2

Методи інженерного аналізу

Системність практичної діяльності полягає у тому, що ця діяльність, як і сам світ та його пізнання, завжди має системний характер. Ознаками системності діяльності, крім розглянутих вище загальних ознак, є підпорядкованість діяльності певній цілі (цілеспрямованість) та алгоритмічність.

Всяка діяльність завжди має ціль. Ціль діяльності - це майбутній бажаний ідеальний результат діяльності. Людина виконує певну роботу, завжди розуміючи, для чого вона це робить і що хоче одержати в результаті. Діяльність може мати одну ціль або їх сукупність. Певним цілям підпорядковані всі ступені діяльності, окремі її кроки. Цілі можуть створювати ієрархію, в якій існують проміжні цілі й цілі більш високого рівня.

Алгоритмічність діяльності полягає у тому, що всяка діяльність складається з окремих кроків, які виконуються у певній послідовності, відповідають певним правилам. Поняття алгоритм уперше введене в математиці. Воно означає чітку послідовність наперед заданих кроків, виконаних за певними правилами. В обчислювальній техніці алгоритми виконуються автоматично. Діяльність людини також має алгоритмічний характер, вона складається з певних елементарних дій, які завжди виконуються в одному, наперед встановленому порядку. Ми не завжди усвідомлюємо алгоритмічність діяльності. Але яку б роботу ми не взяли, вона завжди здійснюється у певному порядку, підпорядкована певним правилам. Алгоритмічність властива всякій діяльності. Творча діяльність людини також має певні алгоритми. Алгоритмізації піддаються також інші процеси творчої діяльності людини. Розроблені й опубліковані в літературі алгоритми раціоналізаторської та винахідницької роботи і багато інших.

Вивчаючи будь-яку наукову дисципліну, в першу чергу необхідно виділити та чітко визначити об'єкт та предмет вивчення.

Об'єкт наукової дисципліни - це те, на що направлене вивчення, вибрана для вивчення частина зовнішньої реальності. Об'єктом інженерного аналізу є матеріальні системи.

Предмет науки (предметна область) - це ті сторони, зв'язки, відношення об'єкта, які вивчаються даною наукою. Інженерний аналіз - науковий напрямок, пов'язаний з розробкою методів вирішення проблем природного характеру. Предметом інженерного аналізу є вивчення внутрішніх і зовнішніх, найбільш характеристик систем, розробка методів аналізу та методів вирішення проблем, що виникають у цих системах під час практичної діяльності людини.

Розглянемо головні поняття дисципліни.

Інженерний аналіз - це дисципліна, заснована на системному підході. Вона об'єднує методи вивчення систем різної складності й призначення, дає практичні рекомендації для їх використання. Інженерний аналіз застосовується для підготовки й обґрунтування шляхів вирішення складних проблем технічного

характеру.

Головна процедура інженерного аналізу - побудова моделей, в яких відображені закономірності реальної ситуації. За допомогою створених моделей досліджують системи й знаходять шляхи вирішення складних проблем практичної діяльності людини.

Технічна основа інженерного аналізу - інформаційні системи, обчислювальна техніка і сучасні методи керування.

Цілі інженерного аналізу

Цілями інженерного аналізу є вивчення загальних закономірностей складних систем технічної природи й характеру.

Спеціалісти із інженерного аналізу вивчають процеси у складних системах, аналізують результати, до яких приводять ці процеси, оцінюють перспективи розвитку систем. Інженерний аналіз є основою прийняття рішення у складних ситуаціях, коли ефективність цих рішень неоднозначна і оцінити її важко. Головними методами інженерного аналізу є побудова моделей систем різного рівня і складності та аналіз систем за допомогою побудованих моделей [1 - 4].

Ціллю досліджень є розробка методів прогнозування і оцінки аспектів науково-технічного прогресу.

Інженерний аналіз засновується на системному підході, а також на ряді математичних дисциплін та сучасних методах керування.

Системний підхід - це напрямок дослідження, в основі якого лежить розгляд об'єктів як системи, орієнтація на розкриття цілісності об'єкта, виявлення різноманітності зв'язків у ньому і приведення їх до єдиної теоретичної картини.

Основними принципами системного підходу є:

Принцип взаємозв'язку - система вивчається як частина певної макросистеми. Вона зв'язана безліччю зв'язків з іншими системами, взаємодіє та існує в єдності з ними .

Принцип багатоплановості - система як деяка самостійна одиниця вивчається з різних сторін зі своїми особливостями.

Принцип багатомірності, який полягає в тому, що вивчаються різні характеристики систем, які об'єднують в групи (кластери): об'єкт описується як сукупність деяких характеристик та взаємозв'язків між ними.

Принцип ієрархічності - система розглядається як складна структура з різними рівнями, між якими встановлюються певні зв'язки.

Принцип різнопорядковості - полягає у тому, що різні ієрархічні рівні системи породжують закономірності різного порядку. Одні закономірності властиві тільки всім елементам або деякій групі елементів, а інші тільки окремим елементам.

Принцип динамічності - система розглядається в рухові й розвитку.

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

Контрольні запитання

У чому полягають особливості дисципліни “Інженерний аналіз”?

Яка головна процедура інженерного аналізу?

Що розуміють під терміном “системний підхід”?

Які основні принципи системного підходу?

Як Ви розумієте поняття ієрархії структур?

Поясніть, у чому полягає алгоритмічність діяльності? Наведіть приклади.

Яке практичне значення має інженерний аналіз?

Лекція 3. Система та властивості інженерного аналізу

1. *Поняття системи*

Термін “система” використовується у тих випадках, коли треба охарактеризувати об’єкт, який досліджується чи проектується як дещо ціле, складне, про який неможливо одразу дістати просте уявлення.

Існує декілька визначень системи:

Система - це множина елементів, що знаходяться в певних співвідношеннях і зв’язках один з одним, взаємодіють між собою, утворюють певну цілісність, як ціле взаємодіють із навколишнім середовищем.

Система - це сукупність елементів, яка має нові властивості, відсутні у кожного елемента.

Система - це сукупність засобів вирішення проблеми.

Ці та інші визначення системи характеризують різні підходи до розгляду систем, аналізу закономірностей їх розвитку та функціонування.

Розрізняють матеріальні й абстрактні (ідеальні) системи.

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

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

Абстрактні (ідеальні) системи - це системи, створені нашим мисленням, продукти розумової діяльності.

Властивості систем

Поняття “система” найкраще конкретизується у процесі розгляду її властивостей. Чотири основні властивості системи, а саме:

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

– між елементами існують суттєві зв’язки чи властивості, які за силою зв’язку перевищують зв’язки між елементами системи та елементами, які не входять у систему. Під суттєвими зв’язками розуміють такі, які закономірно з необхідністю визначають інтегровані властивості системи. Ці суттєві зв’язки визначають систему, відділяючи її від простої сукупності (конгломерату) і виділяють її з навколишнього середовища у вигляді цілого об’єкта;

– системі властива певна організація, що виявляється у зменшенні ентропії системи в порівнянні з ентропією сукупності елементів, які складають систему. Поняття ентропії більш детально розглядається далі. Воно визначає ступінь неорганізованості, безладу, хаосу. Організація системи приводить до зменшення

безладу, зменшення кількості можливих станів системи;

– існування інтеграційних властивостей, тобто властивостей, які властиві системі в цілому і не властиві жодному елементу системи. Тобто властивості системи не зводяться тільки до властивостей її елементів.

Розглянемо більш детально ці властивості системи і виділимо основні ознаки. Такими ознаками системи є.

- цілісність;
- якісна визначеність;
- відмежованість відносно середовища;
- гетерогенність і структурованість;
- взаємодія частин системи між собою;
- взаємодія і зв'язок з навколишнім середовищем;
- наявність інтегральних характеристик;
- емерджентність;
- наявність цілей та їх сукупності, ціленаправленість.

Наведемо в загальних рисах короткі характеристики вказаних ознак системи.

Цілісність означає, що система - це об'єднання частин, яке по відношенню до навколишнього оточення виступає як одне ціле.

Під якісною визначеністю розуміють, що система - це така сукупність елементів, яка має свої якісні ознаки, характерні тільки для даної системи і відсутні в інших системах. Ці ознаки проявляються тільки у даній системі. Вони визначають відношення до інших систем. Наприклад, система "автомобіль" має якісні ознаки, які характеризують його в цілому. Такими ознаками є: маса, потужність, швидкість, габаритні розміри, комфортність, естетичність та багато інших. Якісні ознаки іншої системи, наприклад, тролейбуса, можуть бути зовсім іншими: споживання електроенергії, маневреність, місткість тощо. Тобто система є цілісністю, що має властиві тільки їй якісні ознаки, за якими вона відрізняється від інших систем. Якість здебільшого може бути виражена кількісними величинами, наприклад, місткість тролейбуса 105 пасажирів. Але наявність кількісного визначення не обов'язкова, наприклад, якісна ознака естетичності не може бути виражена кількісно.

Відмежованість системи від середовища означає, що всяка система має свої границі. Границі відділяють систему від навколишнього середовища. Вони визначають, що входить в систему і що в неї не входить, є зовнішнім по відношенню до системи. Переважна більшість систем має чіткі границі. Проте границі системи не завжди можуть визначатися однозначно. Деколи визначити границі дуже складно.

Гетерогенність системи і структурованість. Під гетерогенністю розуміють неоднорідність, те, що система складається з різних частин. У визначенні системи вказано, що система це сукупність елементів. Але система - це не проста сукупність. Структурованість означає, що система є певним чином організованою сукупністю, має певну структуру. Ця структура забезпечує об'єднання елементів

системи таким чином, щоб дане об'єднання мало свою якісну визначеність, цілісність. Гетерогенність поняття більш вузьке, воно просто означає неоднорідність складу, наявність складових частин.

Взаємодія частин системи між собою означає, що в системі частини взаємодіють між собою і тільки у даній взаємодії вони утворюють певну систему.

Взаємодія з навколишнім середовищем означає, що система як ціле взаємодіє з іншими системами. Це зумовлене цілісністю системи, її якісною визначеністю. Під час взаємодії з навколишнім середовищем виявляються властивості системи. За характером взаємодії розрізняють відкриті й закриті системи.

Відкрита система - це система, яка активно обмінюється з навколишнім середовищем речовиною, енергією та інформацією. У закритій системі такий обмін обмежений або відсутній. Поняття відкритості системи має велике значення при вивченні питання розвитку й життєвого циклу системи. Для закритих систем характерні процеси старіння. У термодинаміці - дисципліні, що вивчає явища передачі енергії, процеси старіння визначаються зростанням ентропії. Ентропія - це характеристика, яка показує ступінь безладу системи, її неупорядкованість, хаотичність. Відповідно до другого начала термодинаміки в усіх закритих системах ентропія може тільки зростати. У результаті цього закриті системи прагнуть до дифузного, неупорядкованого стану. У них зникає будь-яка структурованість, зникають будь-які процеси передачі енергії, матерії. Цей стан називають "тепловою смертю". Зростання ентропії - універсальний закон природи, яким зумовлені процеси старіння, розпаду, загибелі замкнутих систем. На відміну від замкнутих систем у відкритих системах крім процесів зростання ентропії є процеси, які приводять до її зменшення, до зростання організованості й впорядкованості системи.

Під поняттям інтегрованості розуміють, що в системі властивості окремих елементів об'єднуються і виступають разом у новій якості.

Емерджентність - це поява нових якостей, не властивих елементам, що складають систему.

Кожна система є сукупністю певних частин, певних елементів. Особливістю системи є те, що в результаті об'єднання декількох елементів і утворення системи з'являються нові властивості, яких не має жоден елемент до створення системи. Ця властивість системи і називається емерджентністю. Емерджентність (від англ. - несподіване виникнення) визначає, що властивості системи не зводяться до властивостей елементів, з яких вона складається. Емерджентність системи може характеризувати ступінь організованості системи. Чим більше характеристики системи відрізняються від характеристик елементів, з яких вона утворена, тим більш організованою є система.

Наявність цілей, ціленаправленість - одна з головних ознак системи. Кожна система має певну ціль існування або створена для певної цілі. У системі може бути одна ціль або сукупність цілей. У випадку сукупності цілей всі вони утворюють певну ієрархію, в якій є головні, першочергові цілі й другорядні,

підпорядковані головним. Визначення цілей системи є завданням, що має свої особливості.

Система і проблема

Інженерний аналіз являє собою методологію вирішення проблеми, тобто сукупність методів та алгоритмів вирішення проблеми, заснованих на концепції системи й системному підході.

Розглядаємо поняття проблеми.

Проблема - це складне теоретичне або практичне завдання, що вимагає свого вирішення, але наявних в даній системі засобів вирішення недостатньо. У науці - це ситуація, яка виступає у вигляді протилежних позицій, пояснень, будь-яких явищ, об'єктів, процесів, адекватної теорії вирішення якої немає.

Проблема виникає не одразу. Спочатку вона виступає як неусвідомлене незадоволення станом речей, а в науці це незадовільне пояснення явищ, одержання неоднозначних, незрозумілих результатів. Пізніше це незадоволення усвідомлюється. Стає зрозумілим, що саме нас не влаштовує. Далі визначається, чому дана ситуація нас не влаштовує. Сформована проблема виникає тоді, коли повністю усвідомлена ситуація, але відсутні засоби для її вирішення.

Важливим етапом вирішення проблеми є формулювання цілей діяльності. Цілі діяльності дозволяють зрозуміти, що треба зробити для вирішення проблеми. Якщо ми вірно сформулювали цілі, то це вже значний крок у вирішенні проблеми. Але якраз цілі діяльності не завжди можна чітко сформулювати. Одні цілі можуть приводити до вирішення проблеми, інші - до її загострення. Оскільки немає прямого шляху вирішення проблем, а деколи виникають труднощі в її формулюванні, то потрібно детальніше вивчити дане питання.

Практичне розв'язання проблеми суттєво залежить від системи, в рамках якою проблема розв'язується. Інколи розширення системи приводить до розв'язання проблеми чи значного зниження труднощів розв'язання.

Наведені вище міркування дозволяють навести одне з багатьох визначень системи, а саме: система - це сукупність засобів вирішення проблеми.

Контрольні запитання

Сформулюйте визначення системи.

Які основні ознаки системи?

Що розуміють під поняттям “цілісність системи”?

Що розуміють під поняттям “якісна визначеність системи”?

Як поділяють системи за їх походженням?

У чому полягає проблема визначення границь системи?

Що розуміють під поняттям “гетерогенність системи”?

Що розуміють під поняттям “структура системи”?

Що означає поняття “ентропія”?

Поясніть зміст поняття “емерджентність”.

Лекція 4. Принципи класифікації систем

Питання класифікації у всякій науковій дисципліні за своїм значенням завжди стоїть на одному з перших місць, оскільки воно визначає характеристики об'єкта наукової дисципліни, порядок її вивчення, взаємозв'язок окремих розділів та зв'язок з іншими науковими дисциплінами. Особливостями побудови навчального курсу є те, що на відміну від монографії чи наукового викладу предмета, у навчальному посібнику виникає потреба декілька разів повертатись до одних і тих же питань, в міру ознайомлення читачів з новими для них визначеннями та положеннями.

Слід зауважити, що класифікацію часто розуміють як операцію розподілу за різними групами, насправді ж якраз навпаки, класифікація є операцією об'єднання, а саме множина об'єктів, що підлягають класифікації, об'єднується у певні групи за характерними ознаками. Класифікація проводиться тільки тоді, коли є множина об'єктів і необхідно серед них встановити певний порядок, об'єднати їх у певні групи за певними ознаками.

Класифікацію систем виконують, як правило, за ієрархічним принципом. Ієрархічний принцип класифікації означає, що існує декілька рівнів класифікації і вони розміщені один вище другого. Наприклад, поділ систем на природні, штучні й змішані є загальний і оскільки він не завжди задовольняє потреби аналізу, то вводять наступний більш низький рівень класифікації. Тому на другому рівні деталізують системи кожної групи. Як правило, верхні рівні класифікації повинні бути замкненими і охоплювати усі існуючі системи. Нижній рівень може бути і незакінченим. Це зумовлюється цілями класифікації і її постійним розвитком. При розвитку поглиблюються знання про предмет класифікації, проходить диференціація класів і підкласів.

Слід зауважити, що всяка класифікація завжди має абсолютну й відносну сторони. Абсолютна сторона означає, що система, віднесена до певного класу систем, має ті ж характеристики, що й інші системи даного класу, і підпорядковується тим же закономірностям. Відносність класифікації полягає в тому, що крім чітко визначеного поділу існують системи, які займають проміжне місце. Відносність означає також те, що система може бути віднесена до однієї чи іншої групи залежно від того, з якої точки зору ми розглядаємо систему, які властивості системи нас цікавлять при аналізі, які проблеми ми вирішуємо за допомогою даної системи. Утім всяка класифікація завжди є відотною, служить певним цілям, в кожний з класів систем входить безліч різноманітних систем, які відрізняються великою сукупністю характеристик.

Класифікацію виконують за класифікаційними ознаками. Класифікаційними ознаками є ті ознаки, які є визначальними для даного класу об'єктів. Поняття "система" охоплює всі об'єкти навколишнього світу. Тому існує велика різноманітність класифікацій систем за різними ознаками. Кожна

класифікація виконується спеціалістами, які займаються певним колом проблем, і відображає підхід до проблеми класифікації з точки зору саме цих спеціалістів. Тому єдиної класифікації систем в даний час немає і навряд чи вона можлива.

Класи і підкласи систем

Пристаюючи до розгляду класифікації систем, перш за все зазначимо, що існує поділ систем на матеріальні й ідеальні (абстрактні) системи. Матеріальні системи - це системи матеріального світу. Під матерією слід розуміти речовину, поля різного типу, енергію та інформацію. До ідеальних систем, як це вже було сказано, відносяться системи, створені нашою свідомістю і існуючі завдяки їй. До таких систем відносяться розмовна й літературна мова, математика, літературні твори, наукові теорії. Вони підлягають усім характерним ознакам систем і являються системами. Розглядаючи класифікацію систем ми будемо говорити здебільшого про класифікацію матеріальних систем.

Класифікацію систем за походженням на другому рівні показано на тому ж рис. 1.

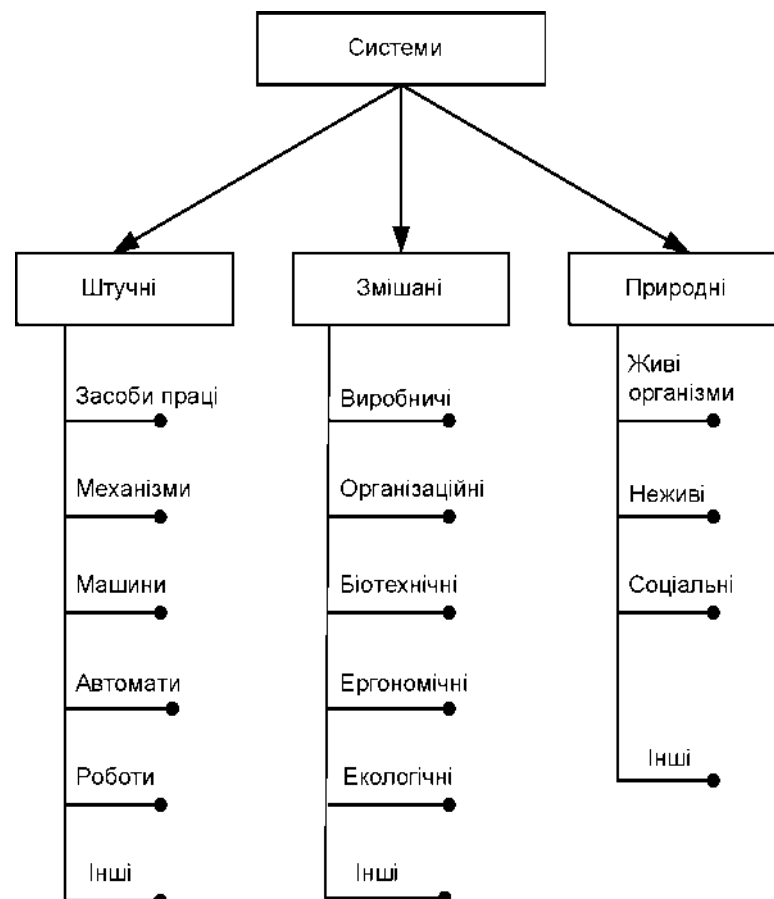


Рис. 1 - Класифікація систем за походженням

Класифікація за характером зв'язків з навколишнім середовищем

Під час розгляду ознак систем було помічено, що однією з головних ознак є наявність взаємодії з навколишнім середовищем. Залежно від інтенсивності взаємодії системи поділяють на відкриті й закриті (замкнуті, ізольовані). Для

замкнутої системи виконується закон збільшення ентропії. Поняття ентропії вперше було введено у розділі фізики - термодинаміці при вивченні теплових процесів у системах. Пізніше це поняття було уточнене й розширене. При вивченні інформаційних систем і подальшому розвитку науки стало зрозумілим, що поняття ентропії має загальний характер і визначає напрямок розвитку складних систем. Цей напрямок такий, що у замкнутій системі ентропія може тільки збільшуватись. Ентропія - це міра безладу, невпорядкованості системи. Всі процеси у замкнутих системах відбуваються так, що невпорядкованість, дифузність, хаотичність системи тільки збільшується. Наприклад, тепло завжди передається від більш нагрітих тіл до менш нагрітих і розподіл температури у системі вирівнюється, декілька розділених газів в одному об'ємі після усунення межі завжди перемішуються, рідина випаровується і т.п. Ентропія максимальна у системах, де більше хаосу, безпорядку. Відповідно до закону збільшення ентропії відбувається старіння живих організмів, руйнування будівель, руйнування гір і вирівнювання земної поверхні, остигання Сонця і загибель зоряних систем. У системі, в якій ентропія має найбільшу величину, припиняються всякі направлені процеси обміну речовиною, енергією, інформацією. Збільшення ентропії веде до стихійного хаосу. Відповідно до цього, наприклад, замкнутий всесвіт чекає "теплова смерть", всякі замкнуті системи рано чи пізно гинуть. У відкритих системах внаслідок взаємодії з навколишнім середовищем відбуваються процеси, які приводять до зменшення ентропії до зростання упорядкованості системи. Інтенсивність взаємодії систем може змінюватись в широких межах: від слабкої, майже непомітної до дуже сильної.

Відкриті - це системи, які в процесі своєї діяльності обмінюються з середовищем матерією, енергією, інформацією.

Закриті (замкнуті, ізольовані) - це системи, в яких процеси обміну з навколишнім середовищем відсутні. Ці системи підпорядковані другому закону термодинаміки, закону збільшення ентропії.

Класифікація систем за складністю

Складність систем є важливою характеристикою, яку необхідно враховувати при аналізі. Складність систем може бути структурною або функціональною. Структурна складність полягає у наявності великої кількості елементів і їх взаємозв'язку. Функціональна складність виражається в наявності багатьох взаємозв'язків і взаємозалежностей.

Класифікація за принципами поведінки.

Принцип матеріально-енергетичного балансу досить простий, а саме: поведінка системи зумовлена тільки законами фізики, законами збереження енергії, маси, рівнянням неперервності тощо.

Принцип вибору рішення. Поведінка систем обмежується не тільки підтриманням рівноваги у системі, але система має можливість вибирати одну із декількох альтернатив своєї роботи, чи поведінки. Це такі системи, як, наприклад,

різні автоматичні прилади, які в залежності від умов приймають один з можливих станів - це автоматизовані лінії запрограмовані на вибір дій з певної множини можливих варіантів.

Принцип перспективної діяльності виділяє системи, здатні організувати свою поведінку з урахуванням минулого досвіду на основі припущення, що майбутній розвиток суттєво не відрізнятиметься від минулого. Такі системи повинні мати достатній обсяг пам'яті і здатність прогнозувати хід подій на певний проміжок часу в майбутньому на основі інтерполяції та приймати рішення залежно від результатів такого прогнозування.

Класифікація систем за ступенем організованості

Принципи класифікації, які будуть розглянуті далі, пов'язані з рівнем наших знань про систему, з моделями системи, які ми будуємо і використовуємо для вивчення системи, з відшукуванням шляхів вирішення проблеми в системі. Питання моделювання та моделі систем будемо вивчати далі.

Ця класифікація в певній мірі відображає рівень наших знань про систему.

До добре організованих систем ми відносимо ті системи, поведінка яких жорстко детермінована, у системі встановлені чіткі взаємозв'язки між складовими частинами, що забезпечують дію системи в цілому. До таких систем відносяться тролейбус, телевізор, холодильник, пральна машина тощо. У них взаємозв'язки окремих механізмів чітко організовані і система діє тільки таким чином, як це дозволяє внутрішня організація.

Поняття добре організованої системи використовують також для відображення ступеня наших знань про систему. Ті системи, про внутрішню будову яких знають досить добре, відносять до добре організованих. Так, для конструктора автомобіль є добре організованою системою, оскільки він досконально знає усі механізми і взаємозв'язок між ними, а для того, хто тільки починає вивчати автомобіль, не знає його складових частин і взаємодії між ними, автомобіль є дифузною, погано організованою системою.

Під погано організованими (дифузними) системами розуміють системи, в яких взаємодія частин не детермінована однозначно, має випадковий характер. До погано організованих систем належать ті системи, про які ми знаємо досить мало.

До самоорганізуючих систем відносяться системи, що мають механізми регулювання. Найбільш простими з них є системи саморегулювання. Це можуть бути механічні системи зі зворотним зв'язком. Такі системи ми будемо вивчати у курсі "Теорії автоматичного керування". Вони у своєму складі мають дві частини: частину, яка підлягає керуванню, - δ , та керуючий пристрій чи регулятор - K . Зображають їх, як показано на рис. 2.

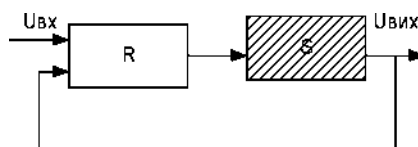


Рис. 2 - Системи зі зворотним зв'язком

У таких системах важливим є наявність зворотного зв'язку. Під останнім ми розуміємо подачу на вхід системи сигналу про вихідну величину (пропорційного, залежного від швидкості зміни чи інтегрального значення вихідної величини). Працює така система наступним чином. Вихідна величина системи, чи інформація про її стан подається на регулятор. Регулятор залежно від вимог, які стоять перед системою, та від інформації, яка надійшла через зворотній зв'язок, регулює її роботу.

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

Самовідновлювальні системи - це системи здатні відновлюватись повністю або частково. Живі організми та штучні системи, які відновлюються, здатні регенерувати певні органи, свої частини.

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

Принцип ресурсної забезпеченості

Цей принцип повністю відноситься до можливостей створення та реалізації моделі системи. Модель створюють для того, щоб відтворити роботу системи, вивчити процеси в ній, її розвиток. Вимагається, щоб модель дозволяла вирішити проблему за обмежений час. Для того, щоб реалізувати таку модель потрібні певні енергетичні, матеріальні й інформаційні ресурси. У реальних випадках виявляється, що наявні ресурси не завжди дозволяють створити потрібну модель. Класифікація систем за ступенем ресурсної забезпеченості показана в табл. 2.

Таблиця 1 - Класифікація систем за ступенем ресурсної забезпеченості

Характер ресурсу	Забезпеченість	
	Повна	Недостатня
Енергетичний	Звичайні	Енергокритичні
Матеріальний	Малі	Великі
Інформаційний	Прості	Складні

Першим в цій таблиці є енергетичний ресурс, тобто затрати енергії, які треба витратити для побудови моделі системи. Для більшості систем побудова моделі не потребує значних енергетичних ресурсів, такі системи за ступенем енергозабезпеченості відносять до звичайних. З обмеженістю енергетичних ресурсів ми стикаємось тоді, коли для побудови моделі системи потрібні значні витрати енергії.

Наступний тип ресурсу є матеріальний. Залежно від матеріальних ресурсів,

потрібних для створення моделі, системи поділяють на малі та великі. Великі системи - це системи для створення моделі яких наявних матеріальних ресурсів недостатньо або потрібні більші ресурси, ніж є в наявності.

Системи, моделювання яких обмежене внаслідок великих розмірів, необхідності значних матеріальних затрат класифікують як великі, в протилежності малим системам, які таких матеріальних затрат не потребують.

У системному аналізі часто велику систему переводять в розряд малих, енергокритичну - в розряд звичайних. Це можна здійснити, якщо розбити завдання, для вирішення якого недостатньо матеріальних ресурсів, на ряд окремих завдань, на завдання меншої складності й розв'язувати кожне окремо.

Третій тип ресурсів - інформаційні. Відповідно до класифікації системи можуть бути простими чи складними. Ознакою простоти системи є достатність інформації для успішного керування нею. Коли наявна інформація не дозволяє успішно здійснювати керування системою, то систему вважають складною. Отже, за ресурсною забезпеченістю ми маємо три види ресурсів і система класифікується по кожному виду ресурсу окремо. У класифікації системи вказують, наприклад, система мала, енергокритична, проста. Це означає, що при її моделюванні ми повністю забезпечені матеріальними ресурсами, відчуваємо недостатність енергетичних ресурсів і досить добре можемо керувати поведінкою системи. Під час класифікації систем за ресурсною забезпеченістю можливі різні комбінації ознак.

Класифікація за характером цілей

За характером цілей системи прийнято класифікувати як системи, призначені для певної цілі, так і системи, здатні самостійно обирати ціль і прагнути до неї.

Системи, призначені для певної цілі - це такі системи, які мають певну ціль свого існування, створені для певної цілі і функціонують завжди так, щоб виконати цю ціль.

Системи, здатні обирати ціль і прагнути до неї, - це системи, які самостійно обирають ціль і прагнуть до неї.

Класифікація за описом змінних

Дана класифікація здійснюється залежно від ступеня складності системи, наших знань про неї і від того, як ми описуємо функціонування системи. Змінними системи є вхідні величини $x(i)$, вихідні $y(i)$ та внутрішні параметри системи $z(i)$. Відповідно до типу цих величин розрізняють системи з кількісним описом змінних, системи з якісним описом та системи зі змішаним (частково з кількісним, а частково з якісним) описом.

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

Системи з якісним описом - це системи, в яких вхідні й вихідні величини

описуються якісно. На другому рівні вони можуть бути класифіковані як системи зі змістовним описом, з формалізованим описом та із змішаним описом. Системи зі змістовним описом мають тільки загальний словесний опис змінних, виконаний мовою, близькою до розмовної. Системи з формалізованим описом - це вже системи, в яких більш докладно вивчені змінні, які підлягають певним формальним правилам і можуть бути описані на деякій формальній мові.

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

Класифікація за типом операторів системи.

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

Системи, в яких внутрішні процеси зовсім невідомі і оператори явно не можуть бути записані, відносять до класу систем "чорний ящик". Для таких систем відомі тільки вхідні й вихідні величини і зовсім не відомі процеси перетворення вхідних величин у вихідні.

Системи, в яких частково відомі процеси перетворення вхідних величин у вихідні, оператори системи можуть бути записані у вигляді певних правил, відносять до непараметризованого класу.

Системи, для яких співвідношення між вхідними й вихідними величинами повністю відомі, можуть бути записані у явному вигляді з точністю до певних числових параметрів, відносять до параметризованого класу. Такі системи відносять до класу "білий ящик". Під цим терміном розуміють, що повністю відома внутрішня будова системи, закономірності її функціонування.

На другому рівні класифікації системи класифікують залежно від типу операторів. Класифікація виконується для систем параметризованого класу та класу "білий ящик". Зрозуміло, що для систем типу "чорний ящик" подальша класифікація неможлива, а для систем непараметризованого класу на другому рівні загальну класифікацію виконати важко, оскільки вона залежить від інформації про систему, яка відома лише частково. В якості операторів системи можуть бути звичайні й диференціальні рівняння, більш складні матричні співвідношення та ін. Залежно від характеру рівнянь системи можуть бути лінійні й нелінійні, від того, який тип рівнянь, дискретні та неперервні, залежно від зміни величин у часі: інерційні й безінерційні, з пам'яттю, залежно від зміни параметрів системи в часі, стаціонарні й нестаціонарні.

Класифікація за способом керування

Ця класифікація здійснена на двох рівнях (рис. 3).

Перший рівень класифікації визначає, чи входить блок керування у саму

систему чи знаходиться поза нею. Самокеровані системи мають власний блок керування, у систем, керованих зовні, блок керування відсутній і існує тільки зовнішнє керування. Системи з комбінованим керуванням - це такі системи, в яких є блок керування у самій системі, за допомогою якого здійснюється керування певними параметрами, але система підлягає також зовнішньому керуванню.



Рис. 3 - Класифікація систем за способом керування

Другий рівень класифікації поділяє системи за ознакою, як саме здійснюється керування. Для всіх систем підкласи другого рівня мають певні спільні ознаки.

Системи з керуванням без зворотного зв'язку - це такі системи, як, наприклад, велосипед, пылесос, автомобіль у яких відсутні механізми зворотного зв'язку і режими роботи строго обумовлені керуючою дією. До цього підкласу відносяться також верстати програмного керування, які мають одну чи декілька жорстких програм роботи і не здатні змінювати їх при зміні зовнішніх умов.

Системи наступного підкласу відрізняються наявністю зворотного зв'язку. Зворотній зв'язок забезпечує автоматичне регулювання системи, підтримання параметрів системи при змінах характеристик зовнішнього середовища. До таких систем відносяться, наприклад, холодильник, генератор електростанції із системою автоматичного підтримання постійної напруги й частоти. До таких систем частково можна віднести і автомобіль, оскільки в нього є механізми

зворотного зв'язку, наприклад, підтримання автоматичної роботи двигуна в режимі холостого ходу, телевізори, які автоматично настроюються на частоту радіостанції, мають автоматичне регулювання яскравості екрану, автоматичне регулювання коефіцієнта підсилення тощо.

Системи з керуванням за параметрами - це такі системи, в яких не тільки здійснюється зворотній зв'язок за вихідною величиною, а і можлива зміна параметрів самої системи. Прикладами таких систем є адаптивні автоматизовані системи керування, адаптація живих організмів до зміни умов життя, робота пілотів на різних типах літаків, робота водіїв на різних автомобілях у різних умовах руху та інші системи.

Найбільш складними є системи керування, якими здійснюються шляхом зміни структури самої системи. Такі системи працюють у надзвичайно складних умовах і зміна структури системи дозволяє їм пристосуватись до нових умов. До таких систем слід віднести гнучкі автоматизовані системи сучасних виробництв, які дозволяють переходити з випуску однієї продукції на іншу, живі організми, в яких відбуваються зміни під час еволюції та природного відбору, державу та органи державного управління, в яких відбуваються організаційні зміни в процесі розвитку країни.

Контрольні запитання

За якими ознаками здійснюється класифікація систем?

Яке значення має класифікація систем для вивчення даного навчального предмета?

Які абсолютні сторони класифікації систем?

У чому полягає відносність класифікації?

Як Ви розумієте поняття принципи класифікації?

Що розуміють під ієрархічною системою класифікації?

Як класифікують системи залежно від того, з чого вони створені?

Як класифікують системи за походженням?

Які труднощі визначення цілей систем штучного походження?

Які труднощі визначення цілей систем природного походження?

Як визначити об'єктивні цілі системи?

Чому виникає потреба класифікувати системи за ступенем зв'язку з навколишнім середовищем?

Чим відрізняється розвиток замкнених і розімкнених систем?

Яка роль поняття "ентропії" у системному аналізі?

Які принципи поведінки систем Ви можете назвати?

Що таке зворотній зв'язок, у якому класифікаторі він враховується?

Які способи самокерування властиві системам?

Які принципи поведінки систем Ви знаєте?

У чому полягає принцип поведінки рефлексії?

Які системи слід віднести до дифузних?

Які види ресурсної забезпеченості властиві системам?

Чим відрізняються цілеспрямовані теми від ціленаправлених?

Лекція 5.

Формалізовані процедури й алгоритми інженерного аналізу

Основою його є сучасні методи інженерних досліджень: спостереження, експеримент, математичний аналіз, обчислювальна техніка тощо.

Однозначний алгоритм вирішення задач інженерного аналізу відсутній і створити його неможливо. Але в інженерному аналізі існують певні правила, певні рекомендації, які дають можливість вирішити проблеми, які виникають у практичній діяльності. Вони дають позитивний результат при правильному їх використанні. Ці правила зумовлюють порядок виконання аналізу, процедури та засоби, що використовуються на етапах аналізу.

Перше, що треба зробити при виконанні інженерного аналізу, це чітко сформулювати проблему, цілі і завдання, які необхідно вирішити. Наступним етапом аналізу є збір необхідної інформації, її класифікація та структуризація. Початкова інформація, що, як правило, має описовий характер, подається на так званому вербальному (словесному) рівні. Подальшими кроками аналізу є побудова моделей систем. У інженерному аналізі створено велику кількість моделей різного призначення для аналізу систем. Найпростіші моделі описують системи у загальному вигляді, більш складні дозволяють вивчити всі особливості конкретної системи. Моделі інженерного аналізу, подані у загальному вигляді, мають назву формальних. Формальні моделі - це опис характерних ознак типу моделі. На основі формальних моделей аналітик створює змістовні моделі, в які вносить одержані знання конкретної системи. За допомогою створених моделей вивчаються процеси у системі, перспективи її розвитку. На наступних етапах аналізу створюють альтернативні варіанти вирішення проблеми, вибирають критерії, знаходять шляхи вирішення проблеми, оцінюють ефективність одержаних рішень.

Крім формалізованих процедур інженерного аналізу, яким властиві чіткі правила і порядок виконання, не менше значення у інженерному аналізі мають неформалізовані процедури, зумовлені особливостями кожної конкретної системи, проблемами, які необхідно вирішити. Наприклад, перше питання інженерного аналізу - формулювання цілей системи не може бути формалізоване, а потребує мислення та глибокого аналізу системи. Наявність неформалізованих процедур потребує вміння мислити неформально, творчо підійти до вирішення проблеми. Успіх вирішення проблем інженерного аналізу значною мірою залежить від навиків та досвіду аналітика.

Формування цілей аналізу, точки зору та контексту розгляду системи.

Пристаючи до виконання інженерного аналізу, перш за все треба чітко сформулювати сутність проблеми, яку потрібно вирішити, обмежити границі системи, її оточення та умови, в яких треба вирішити проблему.

Ці питання об'єднуються такими трьома поняттями, як цілі аналізу, точка зору аналітика і контекст розгляду проблеми. Цілі аналізу дозволяють уточнити

проблему, сформулювати завдання, які зумовлюють досягнення поставленої цілі. Цілі аналізу завжди нерозривно пов'язані з точкою зору, на основі якої розглядається проблема. Їх завжди формулює певна людина, яка працює з системою. Без такої людини цілі не можуть бути визначені. Тому одночасно із визначенням цілей слід вказати, з якої точки зору розглядається проблема, точку зору особи, для якої саме ці цілі є головними. Ці два питання вирішуються в певній системі, обмеженій границями системи, яка знаходиться в певному оточенні. Розглянемо докладніше ці поняття.

Головною рисою інженерного аналізу є його цільовий характер і практична направленість. Інженерний аналіз завжди виконують для вирішення конкретних проблем, які виникли в практичній діяльності людини. Його здійснюють системні аналітики разом з людьми, які добре знають систему і проблеми, які необхідно вирішити. Інженерний аналіз розпочинається з чіткого визначення та формулювання цілей і завдань. Перш за все, визначають ціль існування системи, а після цього завдання, які потрібно вирішити. Питання цілей системи, як ми бачили з попереднього матеріалу, не завжди вирішується просто. Для систем штучного походження сформулювати цілі легко. Проте навіть для таких систем цілей може бути декілька і при їх формулюванні виникає ряд труднощів.

Цілі системи, як правило, змінюються протягом часу.

Цілі системи можуть змінюватись, уточнюватись залежно від конкретної обстановки, потреб, які виникають в певний час. Так цілями міського транспорту крім перевезення населення в робочі і вихідні дні є рятування людей під час стихійного лиха, під час військових дій тощо. Отже ми бачимо, що формулювання цілей навіть штучних систем є досить складним завданням.

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

По-перше, ціль - це антипод проблеми. Формулюючи проблему, ми говоримо що нам не подобається. Зробити це порівняльно легко, оскільки те, що нам не подобається, існує. Формулюючи ціль, ми вже в певній мірі передбачаємо як те, що нас не задовольняє, має бути вирішено, хоча рішення проблеми ще немає і його треба знайти.

По-друге, існує проблема заміни цілі засобами її досягнення

По-третє, на формулювання цілей впливає система цінностей, що їх дотримуються особи, які виконують аналіз чи можуть приймати рішення.

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

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

Наступне питання, яке треба вирішити на початкових етапах інженерного аналізу є вибір точки зору. Він полягає у виборі такої особи, з точки зору якої система розглядається найбільш повно, у найбільшій відповідності з цілями аналізу.

Для виконання інженерного аналізу, враховуючи розглянуті вище питання формулювання цілей, необхідно чітко визначити і точку зору, на основі якої виконується аналіз. Подекуди при вирішенні практичних завдань вибір точки зору не викликає труднощів. Як правило, завдання для аналізу, його цілі формулює особа, яка замовляє такий аналіз і є наперед зрозумілою точка зору, з якої потрібно розглядати систему. Але навіть у такому випадку для вирішення проблеми найкращим способом треба стати на найбільш загальну точку зору. Зміна точки зору інколи може наштовхнути на шлях вирішення проблеми. Тому чітке усвідомлення точки зору, її формулювання у системному аналізі відіграє велику роль. Вибравши певну точку зору, весь подальший аналіз необхідно виконувати, дотримуючись саме вибраної точки зору. Зміна точки зору в ході виконання системного аналізу не допускається. Ця зміна може бути причиною того, що результати аналізу втратять цілісність, перетворяться в набір фактів, які не пов'язані між собою, створені моделі системи не будуть адекватними самій системі, а проблеми не будуть вирішені.

Після вибору точки зору цілі аналізу повинні бути уточненими. Цілі аналізу і точка зору завжди взаємозв'язані. Кожній точці зору відповідають свої завдання, свої цілі аналізу, свої методи вирішення проблем. Причому ці цілі можуть не тільки не співпадати, але й бути протилежними. Отже, формулювання точки зору вимагає уточнення цілей аналізу.

Відмінність у постановці цілей інженерного аналізу від інших наук полягає в тому, що для всіх наук постановка цілей є вихідним моментом вирішення будь-якої проблеми. У інженерному аналізі формулювання цілей є результатом складної і копіткої роботи по вивченню системи, її взаємодії з навколишнім середовищем. Чим складніша система, тим більшу кількість циклів аналізу необхідно виконати для уточнення і формулювання цілей аналізу.

Третя сторона, яку ми вказали, - це визначення контексту розгляду системи. На початкових етапах виконання інженерного аналізу треба врахувати і чітко визначити оточення, в якому розглядається система. Конструктор, приступаючи до виконання проекту, вступає у певну, не залежну від нього, систему відносин. Мається на увазі, що вже наявний великий досвід конструювання і є практичні рекомендації, що дозволяється робити, а що ні. Існують стандарти, які регламентують параметри виробу, і відійти від них неможливо. Існує ціла галузь промисловості, що виготовляє масу інших вузлів, які конструктору бажано використати. Існує економічне оточення, що визначає ціни, тарифи, обмеження тощо. Ці всі умови оточення визначаються поняттям контекст розгляду проблеми. При аналізі необхідно вказувати контекст, тобто чітко обмежити границі і вказати зовнішні умови, в яких розглядається система.

Опис системи на вербальному рівні

Після визначення цілей, точки зору та контексту наступним кроком інженерного аналізу є збір, аналіз та структуризація інформації про систему. На

перших етапах аналітик має певні загальні знання про дану систему, що мають загальний, розпливчастий, неконкретизований характер, вони неповні, невпорядковані. У міру вивчення проблеми кількість знань збільшується, знання певним чином впорядковуються, структуруються. Виникає необхідність їх впорядкувати, систематизувати. Першим етапом впорядкування інформації є відображення її в описовій формі аналізу системи. Одержана інформація про систему знаходить відображення на так званому вербальному рівні. Аналіз системи на цьому рівні включає такі три найбільш загальні форми опису:

- історична (історичний аналіз);
- предметна (морфологічний аналіз);
- функціональна (функціональний аналіз).

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

Історична форма опису системи

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

Генетичне дослідження (генетичний опис) направлене на вивчення походження системи, процесів її формування, розвитку до того моменту, коли ми її вивчаємо. У ньому розкривають походження системи, умови її зародження та виникнення. Виконуючи це дослідження, одержують відповіді на запитання, хто, як, коли і для чого створив дану систему, що було вихідним матеріалом для її створення, як вона розвивалась. Генетичний опис включає всі кроки розвитку системи, стани та етапи її життєвого циклу, причини, якими були зумовлені зміни в системі. Цей аналіз дозволяє зрозуміти, чому причина труднощів і проблем, що виникають у системі в даний час.

Прогностичний опис (дослідження, аналіз) пов'язаний з розглядом перспектив майбутнього розвитку системи, її можливих станів і очікуваної поведінки на певний проміжок часу. Він включає в себе вивчення майбутніх шляхів розвитку системи, її можливих станів, етапів життєвого циклу. Він спрямований на розуміння цілей, до яких прагне система. Прогностичний аналіз дає змогу відповісти на запитання, як треба діяти в даний час, яким шляхом можна вирішити проблеми системи. Він обмежує коло можливих рішень проблеми, дозволяє вибрати найбільш ефективні з них.

Предметна форма опису системи

Предметна форма опису системи (морфологічний аналіз) включає:

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

аналіз).

Субстрактний аналіз, тобто виявлення елементного складу системи виконують для того, щоб зрозуміти, з яких елементів складається система, яка її будова, які складові частини. При виконанні субстрактного аналізу виходять з ознаки цілісності системи. Усі складові частини повинні у сукупності створювати систему, поняття цілісності дозволяє зрозуміти необхідність кожного елемента в системі. Під час вивчення елементного складу системи доводиться вирішувати ряд досить складних питань. Такими питаннями є визначення необхідного структурного рівня аналізу, виявлення усіх іманентних (властивих системі) і випадкових елементів. Відповіді на ці питання можна одержати на основі аналізу цілісності системи та умов, необхідних і достатніх для існування системи. Система, як ми це знаємо з попереднього матеріалу, завжди є структурована. Всяка система у своєму складі має певні структури, розміщені на різних ієрархічних рівнях. Чим детальніше ми виконуємо аналіз, тим більше структурних рівнів вивчаємо. При вивченні складу системи виникає запитання, який рівень вважати рівнем елементарних частинок системи, а який більш високим структурним рівнем, на якому рівні обмежити вивчення системи. Відповіді на ці запитання можна отримати на основі аналізу цілісності системи та умов необхідності й достатності даних структурних елементів у системі. Ці умови завжди пов'язані з цілями і завданнями системного аналізу. Коли глибина аналізу така, що можна одержати відповідь на питання дослідження системи, то вважають, що структурні складові системи є елементарними і подальший аналіз припиняється. Виявлення іманентних та випадкових елементів системи здійснюють на основі необхідності й достатності цих елементів для функціонування системи, для виконання нею своїх цілей. Відповідно до цього правила елемент є іманентним, тобто властивим даній системі, якщо він необхідний для її функціонування. Елемент, який з точки зору функціонування системи не є необхідним, вважається випадковим, не властивим системі. Для завершення аналізу відповіді на запитання, чи всі іманентні елементи системи виявлені, користуються правилом достатності. Відповідно до нього встановлюють, чи виявлена сукупність елементів у їх взаємозв'язку і достатня для виконання системою усіх її завдань.

Склад системи, як правило, описують у наступних термінах: система, підсистема, складова частина, елемент. При вивченні, наприклад, складу такої системи, як тролейбус, можуть бути виділені такі підсистеми: ходова частина, електрообладнання, кузов, шасі, система керування. Виділені на кожному рівні частини повинні задовольняти умові повноти, тобто в сукупності вони повинні становити всю систему. Кожна з підсистем може бути розділена на певні вузли, або елементи. Так, в підсистемі електрообладнання можна виділити такі вузли, як тяговий двигун, пусковий контролер, система прийому й передачі електроенергії, допоміжні двигуни, компресор, акумулятор тощо. Рівень, на якому складові частини вважаються елементарними, зумовлені цілями дослідження системи. Подальший склад елементарних частин не вивчається.

Структурний аналіз - це виявлення зв'язків між складовими частинами системи. Якщо субстрактний аналіз дозволяє виявити, які частини входять до складу системи, то структурний аналіз встановлює взаємозв'язки між цими складовими частинами. Структурний аналіз вирішує два типи завдань:

- виявлення закономірності зв'язків елементів системи,
- виявлення ступеня складності системи.

Закономірності зв'язків частин системи дозволяють зрозуміти внутрішню будову системи, призначення окремих елементів. Вони визначають, як частини системи взаємодіють між собою, як система працює і здійснює свої функції. Виявленню всіх зв'язків допомагає розгляд цілісності системи, аналіз її цілей. Внутрішні зв'язки елементів повинні забезпечувати цілісність і виконання функцій системи. Для перевірки повноти виконаного аналізу слід також використовувати принципи необхідності й достатності. Якщо виділені зв'язки забезпечують усі функції системи, то аналіз треба вважати виконаним повністю. Аналіз необхідності дозволяє не брати до уваги випадкові зв'язки, що існують між елементами, але не відіграють ролі при функціонуванні системи.

Ступінь складності системи залежить від того, на кількох структурних рівнях розміщені складові частини системи. Залежно від складності у системах розрізняють координаційні й субординаційні зв'язки між елементами. Координаційні зв'язки - це зв'язки між частинами систем, що знаходяться на одному структурному, або ієрархічному рівні. Ці зв'язки полягають у сумісній роботі частин, яка в сукупності забезпечує функціонування системи. Субординаційні зв'язки - це зв'язки, що здійснюються на різних структурних рівнях і мають характер підпорядкованості. При субординаційних зв'язках складова частина системи повністю або частково підпорядкована іншій частині, що знаходиться на більш високому структурному рівні.

Розглянуту предметну форму опису системи ми будемо називати морфологічним описом системи.

Функціональна форма опису системи (функціональний аналіз)

Під функціями розуміють прояви властивостей будь-якого об'єкта в даній системі відношень. Функціональний аналіз дозволяє вивчити роботу системи в цілому, враховуючи її призначення, склад, структуру, взаємодію частин, зрозуміти процеси, що відбуваються в системі, і взаємодію системи з навколишнім середовищем. Розрізняють дві форми функціонального аналізу, а саме: розкриття внутрішнього і зовнішнього функціонування системи.

Вивчення внутрішнього функціонування полягає у виконанні аналізу основних процесів, що відбуваються у системі, їх взаємної узгодженості між собою та цілями системи. У функціональному описі відображають:

- призначення складових частин;
- роль кожної складової частини;
- взаємозв'язок між частинами;
- процеси, зумовлені зв'язками між частинами;
- можливі стани й режими;

здатність до дії;
порядок виконання дій;
взаємозв'язок дій частин з цілями системи.

Зовнішнє функціонування досліджується з метою виявлення способів пристосування системи для існування в оточуючому середовищі, адаптивної та адаптуючої активності системи. Під адаптивною активністю розуміють здатність системи змінюватися відповідно до змін зовнішнього середовища, пристосовуватися до цих змін. При описі адаптивної активності відображають механізми, властиві системі для пристосування до умов навколишнього середовища. Тут відображають можливі умови навколишнього середовища і механізми системи, що зумовлюють реакцію на ці зміни.

Адаптуюча активність полягає у здатності системи змінювати навколишнє середовище, пристосовувати його до своїх потреб. Тут описують механізми, за допомогою яких система може змінювати й перетворювати навколишнє середовище.

Підсумовуючи матеріал цього розділу, форми опису систем можна зобразити як показано на рис. 4.

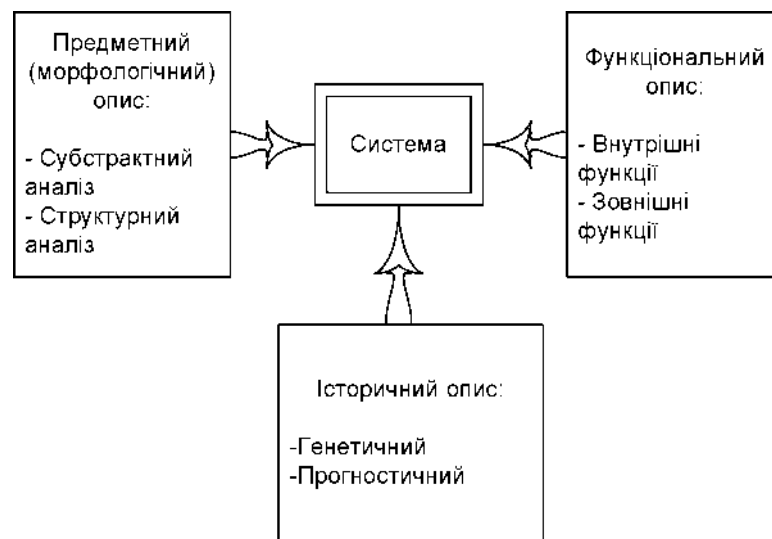


Рис. 4 - Форми опису систем

Контрольні запитання

Що розуміють під поняттям “формалізовані процедури інженерного аналізу”?

Які етапи вирішення проблеми пропонує системний аналіз?

Яке значення мають неформалізовані процедури в системному аналізі?

Які проблеми виникають при формулюванні цілей системи?

Які вимоги висуваються для формулювання цілей системи?

Чи потрібно в цілях системи відображати її особливості, відмінність від інших близьких за призначенням систем?

Що розуміють під поняттям “точка зору”?

З якої точки зору потрібно розглядати систему?

Що включає у себе визначення контексту розгляду теми?

У чому відмінність формулювання цілей в системному аналізі порівняно з іншими науковими дисциплінами?

Які форми опису систем використовує системний аналіз?

Що означає термін “Опис системи на вербальному рівні”?

Які різновидності історичного опису систем Ви знаєте?

Що являє собою генетичний опис системи?

Для яких цілей служить прогностичний аналіз системи?

Які види аналізу включає морфологічний опис?

Які питання вивчає субстрактний аналіз?

Які завдання структурного аналізу?

Що розуміють під ступенем складності системи? У чому полягає адаптивна діяльність системи?

Проаналізуйте, в чому може полягати адаптуюча діяльність такої системи, як торговельна фірма?

Які питання слід відобразити при функціональному описі системи?

Що розуміють під поняттями зовнішнє й внутрішнє функціонування системи?

Лекція 6.

Моделювання у інженерному аналізі

Інженерний аналіз, як ми це відзначили в попередніх розділах, - це заснована на системному підході сукупність методів і алгоритмів вирішення проблем. Проблема чи проблемна ситуація виникає тоді, коли усвідомлено, що нас не задовольняє, зрозумілим є напрямок діяльності, але наявних засобів та ресурсів недостатньо для досягнення поставленої цілі. Основною процедурою інженерного аналізу є побудова моделей систем і вивчення систем за допомогою цих моделей. Вирішення проблеми розпочинається з вивчення системи. Результатом попереднього вивчення є опис системи на вербальному рівні. В описі системи знання певним чином впорядковуються. Сам опис повинен бути всебічним, систему ми повинні розглянути з різних сторін: історичної, морфологічної і функціональної. Наступним етапом системного аналізу є побудова моделей системи, в яких здобуті знання об'єднуються, структуруються, поглиблюються. Модель системи, чи сукупність моделей, служить інструментом розуміння і вивчення системи, засобом подачі знань про систему і їх збереження. Моделі систем використовують для вирішення конкретних проблем, що виникають у системі.

Кожна модель є певною абстракцією, в якій конкретні характеристики системи замінені описом найбільш загальних властивостей. Модель може бути як фізична, предметна, так і формальна, логічна. Серед формальних моделей особливо виділяють математичні моделі. Математична модель з'являється тоді, коли в системі виділені кількісні властивості і встановлені співвідношення між ними. Поняття абстракція означає таку форму пізнання, в якій уявно виділяють суттєві властивості і зв'язки предмета і відокремлюють їх від інших випадкових, не суттєвих у даному аспекті властивостей і зв'язків. Говорячи про рівень абстракції, ми будемо розуміти, в якому відношенні виділені властивості і зв'язки є загальними, відносяться до переважної кількості об'єктів дійсності. Абстракція є універсальним засобом пізнання навколишнього світу. Кожна модель - це певна абстракція, в якій виділені суттєві з точки зору завдань вивчення сторони об'єкта і його взаємозв'язки. Слід зауважити, що мова абстракції в своїх розвинутих формах мало що говорить не обізнаному в цьому, але є потужним засобом пізнання для тих, хто володіє нею.

Моделі створюються у процесі моделювання.

Моделювання - це непрямий, опосередкований метод наукового дослідження об'єктів пізнання, безпосереднє вивчення яких з певних причин неможливе, недоцільне чи ускладнене шляхом дослідження моделі.

Моделювання - одна з головних категорій теорії пізнання. На ідеї моделі ґрунтується всякий метод наукових досліджень як теоретичних, так і експериментальних. Існує декілька визначень моделі. Найбільш вживані такі:

Модель - це деякий матеріальний чи уявний об'єкт, який за певних умов

замінює оригінал і може використовуватися для вирішення проблеми відносно об'єкта-оригінала.

Модель - спеціально створений для зручності дослідження об'єкт, який має потрібний ступінь подібності до модельованого об'єкта, адекватний цілям дослідження, створений суб'єктом чи особою, яка приймає рішення відносно досліджуваної системи.

Більш строгі визначення вміщені в енциклопедичному словнику:

Модель - це матеріальна, знакова або уявна система, що відтворює, імітує чи відображає принципи внутрішньої організації, функціонування, ознаки, характеристики об'єкта дослідження, безпосереднє вивчення якого неможливе, ускладнене чи недоцільне.

Модель завжди подібна до об'єкта моделювання.

Процес моделювання включає такі етапи:

- постановку проблеми,
- побудову або вибір моделі,
- дослідження моделі,
- екстраполяцію результатів дослідження на оригінал.

Цілі моделювання. Класифікація моделей за ціллю моделювання

Розглянемо більш детально визначення моделі. Перш за все моделювання завжди є стороною ціленаправленої діяльності. У наведених визначеннях моделі відображається цільовий характер моделювання. Всяка діяльність людини завжди має певну ціль, є цілеспрямованою. Робота спрямована на виготовлення певного продукту, відпочинок - на досягнення певного фізичного та морального стану, навчання - на одержання знань, здобуття професії. Успіх діяльності залежить від того, наскільки чітко ми уявляємо, яким повинен бути її результат, від образу бажаного результату. Цей образ результату діяльності є певною моделлю, яка служить орієнтиром, ціллю, до якої ми прагнемо. Це завжди так, хоча ми не завжди це чітко усвідомлюємо. Всі дитячі іграшки - це моделі, за допомогою яких дитина пізнає світ. Ціль їх використання - підготовка підростаючої людини до життя у складному світі. Дії первісних людей, обряди перед полюванням на звіра, їх танці були обумовлені певними уявленнями, моделями світу, силами, що зумовлюють успішність полювання. Танці, кидання списа в зображення звіра, ритуальні обряди - це певні моделі полювання, в яких засвоювались необхідні навички, здійснювалась моральна та фізична підготовка.

Розглянемо, що може бути моделлю і як це пов'язане з ціллю моделювання? Згадаємо, що для дитини палка може бути моделлю коня, шаблі тощо. Дерев'яна колода для туриста може служити як стіл, крісло, молоток і як паливо для вогнища. Скала чи дерево для первісної людини були моделями звіра, використовуючи їх, вона навчалася влучно кидати списа. Задаємося питанням, наприклад, чи може гудзик бути моделлю тролейбуса? Як правило, на це питання відповідають негативно. Звичайно, яке відношення гудзик має до тролейбуса? Але

розглянемо задачу вивчення руху тролейбусів по маршруту, наприклад, на карті міста чи схемі маршруту. В такому випадку є всі підстави в якості моделі тролейбуса взяти гудзик. Отже, перш за все, модель є не просто заміником оригіналу, а його цільовим відбитком, і якою є модель залежить від цілей моделювання. Залежно від цілей моделями можуть бути найрізноманітніші предмети.

З того, що модель є відбитком об'єкта, залежним від цілей моделювання, випливає:

по-перше, що моделей одного і того ж об'єкта може бути велика кількість, по-друге, що один і той же предмет може бути моделлю різних об'єктів.

Цільова направленість дозволяє класифікувати моделі по цілі моделювання. Найбільш загальний поділ за ціллю моделювання це поділ на пізнавальні та прагматичні моделі.

Пізнавальні моделі - це моделі, які є формою організації та представлення знань, засобом одержання нових знань і їх об'єднання з відомими.

Прагматичні моделі - це моделі, які є засобом регулювання практичної діяльності, служать для певних практичних цілей є стандартами, зразками, законом тощо.

Прикладів пізнавальних моделей безліч. Це лабораторні установки, за допомогою яких студенти вивчають наукові дисципліни, експериментальні установки, створені для розробки певного проекту, моделі створені за допомогою комп'ютера, схеми електричних мереж, тягових підстанцій, наукові теорії, моделі атома, всесвіту і т. п.

Прагматичні моделі не менш розповсюджені, ми з ними зустрічаємось кожен день. Реклама зачісок, одяжі, взуття - це прагматичні моделі, призначені для того, щоб їм наслідувати, виробити певний стиль, забезпечити покупку тих чи інших товарів. Модельний бізнес, фотомоделі - це також прагматичні моделі. Вони служать зразками, еталонами, призначені для виховання певних естетичних уявлень, для копіювання, керівництва в конкретній діяльності. Вимоги стандарту до розмірів різьби болта та гайки, стандарти тролейбуса, автомобіля - це також прагматичні моделі, які служать цілям забезпечення виробництва та експлуатації технічних засобів. Прагматичні моделі - це також збірки законів, правил що регламентують поведінку людей.

При порівнянні вказаних двох типів моделей головна різниця між ними полягає у співвідношенні моделі і дійсності, моделі і об'єкта моделювання. Це співвідношення проявляється в тому, як поступають, коли модель не відповідає дійсності. Пізнавальні й прагматичні моделі відрізняються своїм співвідношенням моделі та об'єкта моделювання. Схематично співвідношення об'єкта і моделі для пізнавальних та прагматичних моделей показано на рис.9.

Засоби побудови моделей. Класифікація моделей за матеріалом, з якого побудована модель

При вивченні попереднього матеріалу виникає запитання, що ж таке конкретна модель, з чого вона може бути створена? Зрозуміло, що, наприклад,

моделлю сонячної системи може бути певне масивне тіло, чи лампочка, яка грає роль Сонця, навколо якої на певних орбітах розташовані планети. Модель літака може бути створена з певного матеріалу так само, як і модель споруди, яку бажано збудувати. Але модель сонячної системи існує також у вигляді опису в науковій літературі, вона є у нашій свідомості незалежно від того, створили ми її з матеріальних об'єктів чи ні. Так само модель літака чи модель споруди можуть бути подані у вигляді креслень.

При вивченні багатьох явищ використовується моделювання за допомогою обчислювальних машин (ЕОМ). Що ж являє собою така модель? Це введені в машину дані, певні правила роботи з цими даними, закономірності, записані у вигляді програми обробки даних, певних рівнянь, які зберігаються в пам'яті ЕОМ. Тут ми бачимо, що хоча носієм моделі є матеріальний об'єкт, а саме ЕОМ, фактично моделлю є програма, яка зберігається в пам'яті ЕОМ. Програма - це є ідеальний образ, образ, створений свідомістю. Цей образ може бути описаний певними термінами і зберігатися на певному носії інформації, в пам'яті комп'ютера або книзі. Виникає питання, що вважати моделлю, чи потрібно вважати моделлю тільки матеріальний об'єкт, чи моделлю може бути система, побудована засобами свідомості, нематеріальним об'єктом? З приведеного прикладу ми бачимо, що до моделей відносять не тільки матеріальні об'єкти, а й об'єкти свідомості, певні образи, створені свідомістю.

У визначенні моделі вказано, що модель - це реальний чи уявний об'єкт. Отже, залежно від того, з чого створені моделі, їх слід поділяти на

- матеріальні (реальні),
- ідеальні (уявні, продукти свідомості).

Матеріальні моделі - це матеріальні об'єкти, які у певному відношенні замінюють об'єкт моделювання. Для того, щоб даний матеріальний об'єкт чи конструкція могли бути моделлю, необхідно, щоб вони відповідали декільком умовам:

по-перше, відповідали цільовому призначенню моделі;
по-друге, замінювали оригінал, давали відповіді відносно оригіналу з потрібною точністю.

Для цього повинно бути встановлене певне співвідношення подібності між об'єктом моделювання і моделлю. Існує декілька способів встановлення такого співвідношення. Розглянемо три типи співвідношення подібності:

- пряма подібність;
- опосереднена подібність;
- умовна подібність.

Найпростіше пряме співвідношення подібності - це моделі, створені на основі фізичної подібності. Моделі створюються такими ж як об'єкти, подібні до них. Наприклад, модель літака, макет будівлі чи промислової конструкції, макет гідроспоруди, дитяча іграшка, лялька, викройка тощо. Тут можлива повна відповідність, наприклад, копії картин, голограми, протези, або часткова, коли співпадають деякі деталі. Модель може бути побудована у зменшеному, або

збільшеному масштабі реального об'єкта. Вона може відрізнятися розмірами, матеріалом, з якого виготовляється. Але яка б добра не була модель, вона є тільки заміником об'єкта, виконує роль його тільки в певних умовах. При матеріальному моделюванні на основі прямої подібності виникає проблема перенесення результатів моделювання з моделі на оригінал. У технічних науках для цього використовують принципи подібності. Вирішенню практичних задач за допомогою моделювання допомагає спеціальна наукова дисципліна - теорія подібності.

Опосереднена подібність - це подібність, заснована на єдності законів природи, на існуючій у природі аналогії між різними явищами. Моделі створюють не на основі механічного відтворення, а на основі об'єктивно існуючої єдності явищ природи. Розглянемо кілька прикладів. Коливання в електричному колі і механічні коливання описуються однаковими рівняннями. Тому електричні явища можна вивчати на механічних моделях, а коливання складних механічних систем краще вивчати за допомогою електричних кіл. Для вивчення коливань складної механічної споруди за певними законами будують електричну модель. У різні місця схеми подають синусоїдальні чи інші коливання напруги (або струму) і, вимірюючи осцилографом характер зміни напруги, вивчають, як буде вести себе споруда при різних навантаженнях.

Для вивчення поведінки складних гідротехнічних споруд під дією тиску води можна побудувати модель споруди за допомогою електропровідного паперу. Такий метод моделювання широко використовується в гідродинаміці. За допомогою моделі, побудованої з електропровідних матеріалів вивчають поведінку гідроспоруд. Електричні потенціали у різних точках відображають розподіл сили води тиску на споруду. Такий метод моделювання можливий тому, що закони розподілу електричних потенціалів і тиску води однакові, описуються одними й тими ж рівняннями.

У теорії пружності при вивченні міцності різних деталей машин, розподілу в них внутрішніх напружень використовують оптичні моделі. Якщо з певного оптичного матеріалу виготовити модель деталі і потім її навантажити, то залежно від величини напружень у різних місцях моделі вона по різному буде змінювати кут поляризації світла. Розглядаючи таку деталь за допомогою оптичних приладів, можна з досить великою точністю встановити розподіл внутрішніх навантажень, визначити найбільш слабкі місця деталі і змінити її форму так, щоб вона працювала більш надійно.

У наш час на моделях опосередненої подібності вивчають явища в соціальній сфері, складні соціальні і економічні процеси. Вивчення закономірностей транспортних потоків у науковій дисципліні "Організація руху" ведуть на моделях, побудованих на основі опосередненої подібності. Тут важливу роль відіграє математика, диференціальні рівняння та інші її розділи. Математика якраз і допомагає встановити єдність законів світу і обґрунтувати використання опосередненої подібності.

Умовна подібність - використовується там, де не можна встановити ні

прямої ні опосередненої подібності. Тут подібність встановлюють на основі певних правил, домовленостей. Прикладом моделі з умовною подібністю можуть бути гроші як міра вартості. Ми постійно користуємось грошовою системою, подекуди не задумуючись, що це є тільки модель вартості, її замітник, який діє тільки завдяки певній умовності, прийнятій в одній чи декількох країнах.

Креслення - також приклад моделі з умовною подібністю, ми їх розглядаємо як модель конструкції. Аналогічно і електрична схема - це модель електричного кола, що є моделлю тільки завдяки певній домовленості, умовній подібності.

Моделями умовної подібності є також різні сигнали, що передаються тими чи іншими каналами і відображають певні події.

Розглянуті моделі діють в умовах домовленості. Наприклад, грошові одиниці одних країн можуть не прийматися в інших, якщо між країнами немає домовленості. Електричну схему не розуміє людина, яка не вивчала електротехніки, не знає умовних позначень. Сигнали, прийняті в мореплавстві, в залізничному транспорті не зрозуміє той, хто не знає правил їх використання, їх змісту. З моделями умовної домовленості доводиться мати справу досить часто. Ці моделі існують тільки завдяки домовленостям, які виступають як сукупність правил і діють у границях установлених правил.

Ідеальні моделі - це моделі, що являють собою ідеальні конструкції, побудовані засобами мислення, свідомості. До них відносяться мова, мовні конструкції, художні твори, наукові теорії, гіпотези, алгоритми діяльності тощо. Особливу роль серед них займає мова. Вона є головним засобом побудови ідеальних моделей. Мова - це перш за все засіб спілкування. У той же час вона є і засобом мислення. У психології мову вважають другою сигнальною системою людини. Самі поняття нашої мови вже є моделями дійсності. Наприклад, слово дерево - це певна модель. Говорячи „дерево”, ми розуміємо об’єкт, який має стовбур, коріння, листя. “яблуна” - це певний вид дерева, який має свої особливості і відрізняється від інших дерев. Слова “йти”, “бігти” - це моделі певної діяльності, що має свої ознаки.

Мова - це універсальний засіб побудови моделей. Універсальність мови, як засобу побудови моделей, полягає перш за все в тому, що окремі поняття мови є певними моделями світу. Крім цього, мова допускає ієрархічну побудову моделей, а саме: слово, речення, текст. Моделлю об’єкта може бути одне слово, як це показано вище. У випадку, коли для побудови моделі одного слова недостатньо, застосовують речення. За допомогою речення визначаються більш складні моделі. Моделлю певної системи може бути не одне речення, а цілий текст, побудований з речень. Наприклад, для опису сучасного уявлення про сонячну систему, моделі сонячної системи вже необхідний цілий текст досить великого обсягу.

Універсальність мови, як засобу побудови моделей, зумовлена ще й тим, що поняття чи мовні конструкції мають неоднозначний, розпливчастий характер. Це дозволяє охопити одним поняттям цілий ряд предметів або явищ, змоделювати їх. Неоднозначність мовних понять корисна, вона закріпилась у мові віками. Ця

розпливчастість, неоднозначність дозволяє будувати моделі найбільш універсального характеру, дозволяє абстрагуватися від деяких несуттєвих властивостей об'єктів.

У випадках, коли розпливчастість понять буденної мови стає на заваді, коли треба чітко визначити предмет моделювання, виникають спеціальні мови, що мають більш чіткий, однозначний характер. Це мови наукових дисциплін: математики, медицини, біології, фізики. Основою таких мов є чітко визначені поняття. Кожна наукова дисципліна має свої поняття, з якими вона оперує. Наукові поняття - найбільш чіткі, конкретизовані визначення предметів вивчення та їх відношень. Знання всякої науки ґрунтується на понятійному апараті. Наприклад, знання системного аналізу ґрунтується на поняттях системи, метасистеми, елемента системи, структури системи, моделі, об'єкта моделювання, навколишнього середовища тощо. Найбільш чіткими, однозначними поняттями і співвідношеннями між ними оперує математика. Математика це також мова. Це одна з мов, за допомогою якої ми спілкуємося з природою. Як не дивно, але природа дає нам відповіді, зрозумілі на мові математики. Тому дуже часто знання математики означає розуміння природи. Еммануїл Кант відзначав, що в кожному пізнанні стільки науки, скільки в ньому математики. Всі наукові дисципліни, які досягли високого рівня розвитку, оперують математичними поняттями та співвідношеннями.

Ідеальні моделі можна поділити на семантичні (знакові) та інтуїтивні, на аналітичні й імітаційні.

Семантичні моделі - це знакові моделі, в яких встановлено певні знаки та співвідношення між ними і які записуються та зберігаються у вигляді сукупності знаків. Розрізняють математичні, логічні й графічні семантичні моделі. Розділити їх не завжди можливо, оскільки у кожній семантичній моделі певним чином переплітаються окремі елементи. Деколи говорять про логіко-математичні моделі, що поділяють на аналітичні й імітаційні. Аналітичні моделі - це моделі, призначені для аналізу, імітаційні - для відтворення певних процесів, явищ.

Інтуїтивні моделі - це моделі, що будуються на вербальному (описовому) рівні. Вони мають характер гіпотез, розуміння загальних характеристик розвитку об'єктів. При створенні їх важливу роль відіграє підсвідомість.

Аналітичні й імітаційні моделі вказують на призначення моделі, як модель використовується у процесі пізнання.

Аналітичні моделі - це моделі, призначені для вивчення систем теоретичними методами, засобами алгебри, математики.

Імітаційні моделі - це моделі, що служать для точного чи дещо видозміненого відтворення певних систем, процесів, явищ.

Властивості моделей

Розглядаючи властивості моделей з матеріалістичної точки зору в першу чергу відзначимо найбільш важливі, а саме:

обмеженість;

спрощеність;

адекватність;
вірність моделі.

Обмеженість моделей зумовлена обмеженістю ресурсів (матеріальних, енергетичних, інформаційних, часових), які ми використовуємо при створенні моделей. Всякий об'єкт існує у просторі й часі. Він має нескінченне число відношень з іншими об'єктами. При створенні моделі ми враховуємо тільки певне число відношень об'єкта, створюємо модель обмеженою у просторі, маємо обмежений час для моделювання. Тому моделі завжди обмежені. Якщо так, то виникає питання, чи можна пізнати безмежний об'єкт обмеженими методами. Відповідь на це запитання дає практичний досвід людства. Так, обмеженими засобами, використовуючи моделі, побудовані цими засобами, можна пізнати навколишній світ. Ці моделі правильно відображають безмежний світ. Проте знання про світ є відносні, на кожному етапі пізнання вони у певній мірі відповідають дійсності. Ми прагнемо до абсолютного знання, постійно наближаємось до нього, пізнаючи світ все більш повно, точно і детально. Процес пізнання світу, пізнання абсолютної істини безмежний. Н.Вінер відмічав, що обмежені моделі при всіх їх недоліках - це єдиний вироблений людством спосіб розуміння світу.

Іншою властивістю моделі є її спрощеність. Спрощеність моделі впливає з її обмеженості. Раз модель створена обмеженими засобами, то вона повинна бути спрощена. Здавалося, що спрощеність моделі повинна приводити до її невірності, невідповідності дійсності. Але парадоксом є те, що вірними є найбільш прості моделі. Для конкретних цілей моделювання спрощеність не тільки допускається, але і є необхідною. Тут є один загадковий момент: чомусь з двох моделей, що описують явище чи об'єкт, ближче до дійсності завжди знаходиться найбільш проста модель. Самий яскравий приклад - геліоцентрична система, яка замінила геоцентричну. Ньютон писав, що природа проста, не має надлишку причин. Простота - печатка істини.

Отже, спрощеність моделі - не тільки недолік, а часто й перевага моделі. Спрощена модель виділяє головне, зосереджує увагу на ньому, відкидає все другорядне, несуттєве. У багатьох визначеннях моделі підкреслюється, що всяка модель є спрощеною.

Крім властивостей обмеженості і спрощеності моделей особливе значення мають адекватність та її вірність.

Адекватність - це вірне відображення зв'язків та співвідношень.

Адекватна модель - здатність моделі дати правильну відповідь на запитання відносно об'єкта відповідно до цілей моделювання.

Адекватна модель - це модель, яка правильно відображає суттєві властивості і відношення предметів та явищ. Адекватною вважається модель, яка не взагалі в повній мірі відповідає об'єкту, а в тій мірі, що приводить до потрібної цілі, дозволяє одержати потрібні на практиці результати.

Вірність моделі - поняття не тотожне адекватності. Вірність поняття більш загальне, філософське означає, що модель повністю відповідає дійсності. Судити

про вірність моделі ми не завжди можемо і користуємось більш вузьким і точним поняттям, а саме поняттям адекватності. Адекватна модель - це модель яка дає однозначні вірні відповіді на поставлені питання. Вірність (істинність) моделі - питання досить глибоке і знаходить відображення у філософії. Оскільки між моделлю і об'єктом завжди є різниця, то виникає питання про вірність наших знань, що сконцентровані в моделях світу. Чи ця різниця є такою, що її неможливо усунути, чи можна подібність моделі до об'єкта весь час збільшувати.

Розглядаючи властивості моделей, ще раз звернемо увагу на співвідношення вірного й невірного в моделі. Крім істинного, вірного в моделі завжди є дещо невірне, дещо таке, що не відповідає об'єкту моделювання. Співвідношення вірного і невірного по-різному виявляється в пізнавальних і прагматичних моделях. Якщо для прагматичної моделі невірне згубне для моделі, призводить до відмови від моделі, то в пізнавальних моделях це один із стимулів прогресу, можливість відірватися від деяких фактів, які часом не відіграють суттєвої ролі. В пізнавальних моделях важливе значення мають гіпотези. Ейнштейн сказав: "Уява важливіша від знань, бо знання обмежені, а уява охоплює весь світ і є джерелом знань". Але це не означає, що не потрібно вчитися, бо тільки знання дають критерій, що вірне, а що невірне, де шукати істину. Той же Ейнштейн говорив: "Не намагайтесь недостатність знань компенсувати навіть найсильнішою уявою".

Звідси видно, що кожна модель має свої границі істинності. Однією з небезпек моделювання є використання моделей без перевірки умов і границь, при яких забезпечується адекватність моделі. На жаль, на практиці ми з цим зустрічаємось набагато частіше, ніж вважаємо. Інколи ми просто не задумуємося над таким питанням і дивуємося, коли одержані результати суперечать дійсності.

Лекція 7

Сучасні прикладні програми для інженерних розрахунків

На теперешній час існує багато різних прикладних програм для виконання інженерних розрахунків. В англійській літературі вони мають загальну назву **CAE**.

CAE(англ. *Computer-aided engineering*) — загальна назва для програм, призначених для вирішення різних інженерних задач: розрахунків, аналізу і симуляції фізичних процесів. Розрахункова частина пакетів найчастіше заснована на численних методах рішення диференціальних рівнянь (див.: метод кінцевих елементів, метод кінцевих об'ємів і ін.). Сучасні системи автоматизації інженерних розрахунків (CAE) застосовуються спільно з CAD-системами (часто інтегруються в них, в цьому випадку виходять гібридні CAD/CAE-системи). CAE-системи — це різноманітні програмні продукти, що дозволяють за допомогою розрахункових методів (метод кінцевих елементів, метод кінцевих різниць, метод кінцевих об'ємів) оцінити, як поводить себе комп'ютерна модель виробу в реальних умовах експлуатації. Допомагають переконатися в працездатності виробу, без залучення великих витрат часу і засобів. У російській мові є термін САПР який має на увазі CAD/CAE/PDM.

Історію розвитку CAD / CAM / CAE-систем можна досить умовно розбити на три основні етапи, кожен з яких тривав, приблизно, по 10 років.

Перший етап розпочався в 1970-і роки. В ході його було отримано ряд науково-практичних результатів, що довели принципову можливість проектування складних промислових виробів. Під час другого етапу (1980-ті) з'явилися і почали швидко поширюватися CAD / CAM / CAE-системи масового застосування. Третій етап розвитку ринку (з 1990-х років до теперішнього часу) характеризується вдосконаленням функціональності CAD / CAM / CAE-систем та їх подальшим поширенням у високотехнологічних виробництвах (де вони найкраще продемонстрували свою ефективність).

На початковому етапі користувачі CAD / CAM / CAE-систем працювали на графічних терміналах, приєднаних до мейнфреймів виробництва компаній IBM і Control Data, або ж міні-ЕОМ DEC PDP-11 і Data General Nova. У мейнфреймів того часу був ряд істотних недоліків. Наприклад, при поділі системних ресурсів дуже великим числом користувачів навантаження на центральний процесор збільшувалася до такого ступеня, що працювати в інтерактивному режимі ставало важко. Але в той час користувачам CAD / CAM / CAE-систем нічого, крім громіздких комп'ютерних систем з поділом ресурсів (по встановлюваним пріоритетам), запропонувати було нічого, оскільки мікропроцесори були ще вельми недосконалими.

Розвиток додатків для проектування шаблонів друкарських плат і шарів мікросхем зробило можливою появу схем високого ступеня інтеграції (на базі яких і були створені сучасні високопродуктивні комп'ютерні системи). Протягом 1980-х років було здійснено поступове переведення САД-систем з мейнфреймів на персональні комп'ютери (ПК). У той час ПК працювали швидше, ніж багатозадачні системи, і були дешевші.

Слід сказати, що на початку 1980-х років відбулося розділення САД-систем на спеціалізовані сектори. Електричний і механічний сегменти САД-систем розділилися на галузі ECAD і MCAD. Розійшлися по двох різних напрямках і виробники робочих станцій для САД-систем, створених на базі ПК: частина виробників зорієтувалася на архітектуру IBM PC на базі мікропроцесорів Intel x86, інші виробники воліли орієнтацію на архітектуру Motorola (ПК її виробництва працювали під управлінням ОС Unix від AT & T, ОС Macintosh від Apple і Domain OS від Apollo).

Продуктивність САД-систем на ПК в той час була обмежена 16-розрядної адресацією мікропроцесорів Intel і MS-DOS. Внаслідок цього, користувачі, що створюють складні твердотілі моделі і конструкції, воліли використовувати графічні робочі станції під ОС Unix з 32-розрядної адресацією і віртуальною пам'яттю, що дозволяє запускати ресурсомісткі програми.

До середини 1980-х років можливості архітектури Motorola були повністю вичерпані. На основі передової концепції архітектури мікропроцесорів з усіченим набором команд (Reduced Instruction Set Computer - RISC) були розроблені нові чіпи для робочих станцій під ОС Unix (наприклад, SunSPARC). Архітектура RISC дозволила істотно підвищити продуктивність САД-систем.

З середини 1990-х років розвиток мікротехнологій дозволило компанії Intel здешевити виробництво своїх транзисторів, підвищивши їх продуктивність. Внаслідок цього з'явилася можливість для успішного змагання робочих станцій на базі ПК з RISC / Unix-станціями. Системи RISC / Unix були широко поширені в 2-й половині 1990-х років, і їх позиції все ще сильні в сегменті проектування інтегральних схем. Зате зараз системи з ОС Windows практично повністю домінують в областях проектування конструкцій і механічного інжинірингу, проектування друкованих плат та ін.

Найбільш поширені САЕ-системи:

- APM WinMachine 2010 - універсальна система для проектування і розрахунку в галузі машинобудування, що включає КЕ аналіз з вбудованим пре-/постпроцесором;

- APM Civil Engineering 2010 - універсальна система КЕ аналізу з

вбудованим пре-/постпроцесором для проектування і розрахунку металевих, залізобетонних, армокам'яних і дерев'яних конструкцій;

- OpenFOAM - вільно-поширювана універсальна система КО просторового моделювання механіки суцільних середовищ;

- SALOME - платформа для проведення розрахунків МСС (підготовка даних - моніторинг розрахунку - візуалізація та аналіз результатів);

- CAELinux - дистрибутив операційної системи Лінукс, що включає в себе ряд вільних CAE-програм, у тому числі OpenFOAM і SALOME.

- EULER (Ейлер) - програмний комплекс автоматизованого динамічного аналізу багатокомпонентних механічних систем;

- ФРУНД - комплекс моделювання динаміки систем твердих і пружних тіл;

- Femap - незалежний від САПР пре-і постпроцесор для проведення інженерного аналізу методом кінцевих елементів;

- QForm 2D/3D - спеціалізований програмний комплекс для моделювання та оптимізації технологічних процесів об'ємного штампування;

- MBDyn - система комплексного аналізу та розрахунків нелінійної динаміки твердих і пружних тіл, фізичних систем, "розумних" матеріалів, електричних мереж, активного управління, гідравлічних мереж, аеродинаміки літаків і вертольотів. Поширюється на умовах ліцензії GNU GPL 2.1.;

- SimulationX - програмний комплекс для моделювання та аналізу динаміки і кінематики автомобілів, індустриального обладнання, електро-, пневмо-і гідроприводів, ДВС, гібридних двигунів і т. д.

- FEM-models - програмний комплекс для моделювання та аналізу методом кінцевих елементів. Спеціалізація програми - геотехнічні розрахунки, спільні розрахунки систем будівля-основа.

Також однією з універсальних систем для проведення інженерних розрахунків є MathCad. MathCad є потужним, спеціалізованим, програмним пакетом, призначеним для вирішення самих різних математичних задач. Його головна перевага в тому, що завдання можна вирішувати, практично не складаючи програму, тобто без використання мови програмування. Саме це і приваблює в пакеті самих різних користувачів. Адже конкретного фахівця цікавить лише результат поставленої задачі, а не те, як для цього скласти програму.

У цьому пакеті є три процесори: текстовий, математичний і графічний.

Текстовий процесор фактично являє собою досить скромний текстовий редактор з дуже обмеженим набором можливостей. Він використовується в основному для постачання виконуваних математичних розрахунків деякими текстовими ремарками. У цьому редакторі занадто обмежений вибір текстового шрифту. Найчастіше це шрифти Arial, Times New Roman. Цей редактор не виконує перевірок граматики і синтаксису, в ньому досить складно вставляти символи, таблиці та формули.

Математичний процесор, навпаки, вельми і вельми розвинений. Він дозволяє виконувати послідовні, розгалужені і циклічні розрахунки. Спектр операцій в ньому дуже широкий - від простих, арифметичних, до операцій диференціювання й інтегрування. Процесор має широкий набір вбудованих функцій - від стандартних до спеціалізованих функцій рішення рівнянь і систем, інтерполювання, апроксимації. Крім числових розрахунків цей процесор може виконувати і символічні, тобто, наприклад, диференціювати або інтегрувати шляхом символічних перетворень вихідних формул. Основним шрифтом для роботи в пакеті є ЛАТИНСКИЙ, хоча можливо вживання символів російської або грецької мов. Символи грецького алфавіту розміщені на відповідній палітрі інструментів.

Графічний процесор також вельми розвинений. Він дозволяє будувати складні графіки розрахункових залежностей, як на площині, так і в тривимірному просторі з дотриманням масштабів, викреслюванням осей, числових міток і т.д.

Література

1. Карімов І.К. Інформатика та програмування: Навч. посіб./ І.К.Карімов, О.І.Литвин, С.А.Нужна та інш. – Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2014.- 387 с.
2. Клименко Г.П., Васильченко Я.В., Шаповалов М.В. Якість і надійність технологічних систем: Навчальний посібник.- Краматорськ: ДДМА, 2018.- 199с.
3. Основи теорії систем і системного аналізу: Навч. посібник /К.О. Сорока. - ХНАМГ2004. - 291 с.
4. Надійність різального інструменту та оптимізація технологічних систем. Зб. статей. — Краматорськ: ДДМА, 1990-2018 р.р.
5. Долженков В.А. Microsoft Excel 2003 / В.А. Долженков, Ю.В. Колесников. - СПб. : БХВ- Петербург, 2004. - 1023 с.
6. Михеева В.Д. Microsoft Access 2003 / В.Д. Михеева, И.А. Харитонова. - БХВ-Петербург,2004. -1069 с.
7. Кирьянов Д.В. Mathcad 14. - СПб.: БХВ-Петербург, 2007.- 686 с.
8. Павленко, П. М. Основи математичного моделювання систем і процесів: навч. посіб. / К.: Книжкове вид-во НАУ, 2010. – 201 с.
9. Автоматизоване проектування різальних інструментів: навч. посіб. / В. Б. Копей, О.Р. Онисько, Л.О. Борушак, Л.Я. Роп'як. - Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2012. - 208 с.
10. Васильев Г.Н. Автоматизация проектирования металлорежущих станков. М.: Машиностроение, 1987. - 280 с.
11. Системы автоматизированного проектирования станков: Проектирование моделей, управляемых таблицами параметров. // С. А. Гаков. Краматорск.: ДГМА, 2010. 44 с.
12. Расчетный анализ деформационных, динамических и температурных характеристик шпиндельных узлов при проектировании: Методические рекомендации / М. Левина и др. М.: ЭНИМС, 1989. 64 с.
13. Самоучитель SolidWorks 2010 / Н.Ю. Дударева, С.А. Загайко. – СПб.:БХВ-Петербург, 2011.–416 с.: ил.