



Факультет інформатики та обчислювальної техніки

Кафедра автоматики і управління в технічних системах

Дисципліна «Системна інженерія»

<https://do.ipu.kpi.ua/>

Семестр 6.

Розділ 1.

Тема 1-2. Ландшафт системної інженерії.

**Викладач: Сокульський Олег Євгенович –
старший викладач кафедри автоматики і управління в технічних
системах, кандидат технічних наук**

Київ, 2019

Умовні скорочення

скорочення	повна назва

План лекції:

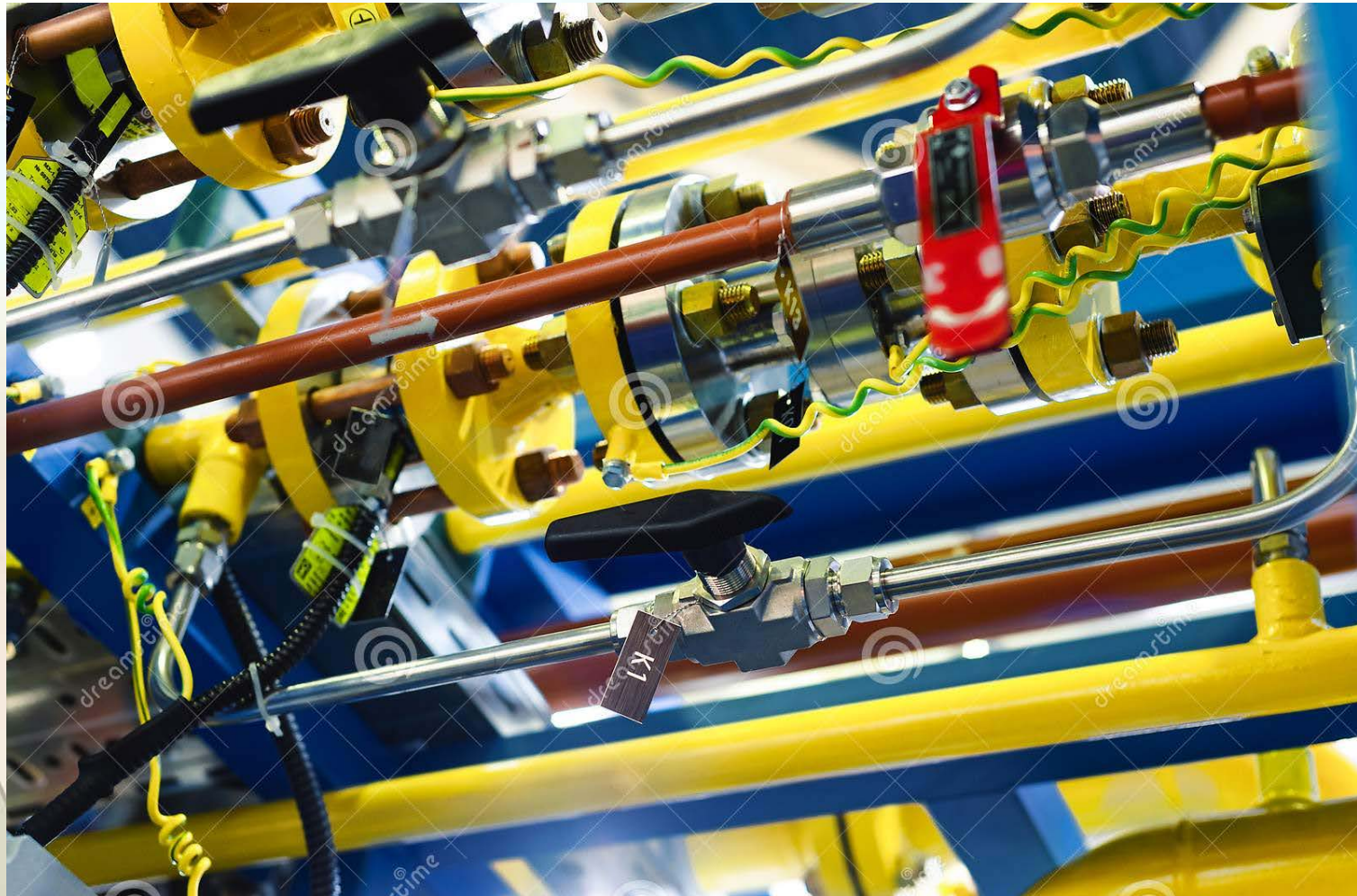
1. Точка зору системного інженера.
2. Представлення в системній інженерії.
3. Предметні області, пов'язані з системами.
4. Сфери діяльності, пов'язані з системною інженерією.
5. Підходи системної інженерії.
6. Системна інженерія. Дії та результати.

1. Точка зору системного інженера.

Вище ми показали, що поява комплексних систем в умовах швидкого розвитку передових технологій, загострення конкурентної боротьби і поглиблення спеціалізації (як власне в інженерних дисциплінах, так і в діяльності організацій, зайнятих створенням інженерних об'єктів) призвело до виникнення нової професії - системний інженер. Лише значно пізніше ця професія була доповнена новою академічною дисципліною, а спочатку вона черпала кадри з поміж вчених і інженерів, які на власному досвіді навчилися успішно очолювати програми розробки складних систем. Для цього їм довелося істотно розширити свій технічний кругозір і, що ще важливіше, виробити нову, особливу точку зору на інженерне мислення, яка отримала назву «точка зору системного інженера».



Суть цієї точки зору в тому, що в центрі уваги знаходиться система як ціле поряд з успішним вирішенням поставлених перед нею завдань. Це в свою чергу означає, що завдання, які вирішуються окремими елементами системи, і їх характеристики підпорядковуються цілям створення і характеристикам всієї системи. У разі, коли будь-яка другорядна мета суперечить головній, системний інженер завжди виступає на стороні системи в цілому.



Успішні системи

З самого початку розробки в центрі уваги системного інженера знаходиться успіх системи, тобто задоволення вимог і досягнення поставлених цілей, успішна промислова експлуатація і довгий термін корисної служби. Точка зору системного інженера охоплює всі ці аспекти. Системний інженер намагається за очевидним і лежачим на поверхні розгледіти справжні потреби користувача, а також зрозуміти, в яких умовах система буде експлуатуватися на практиці. Системний інженер ставить за мету знайти таке технічне рішення, яке спростило б ТО і ремонт системи в процесі експлуатації і в той же час дозволило б провести модернізацію, яка рано чи пізно буде потрібно. Він намагається передбачити проблеми і вирішувати їх на можливо більш ранній стадії циклу розробки; а в тих випадках, коли це практично неможливо, системний інженер ратує за підготовку резервних планів для реалізації їх у міру необхідності.



З метою успішної розробки систем в організаціях необхідно послідовно і усвідомлено застосовувати підхід системної інженерії. Це має на увазі реалізацію систематичних, добре формалізованих і старанно контрольованих заходів, що включають ретельне планування, аналіз, критичні огляди і документування. Але не менш важлива та сторона системної інженерії, якої часто приділяють недостатньо уваги, а саме: інновації. Щоб нова складна система була конкурентоспроможна в обстановці швидких технологічних змін і зберігала лідируюче положення на протязі багатьох років служби, в її ключових компонентах обов'язково повинні бути реалізовані останні технічні досягнення.



Це неминуче тягне за собою ризики - як відомі, так і ще невідомі, а значить, будуть потрібні додаткові зусилля, щоб довести нові підходи до проектування до стану зрілості і згодом виконати валідацію подібних проектних рішень стосовно компонентів системи. Вибір найбільш багатообіцяючих технічних рішень, оцінка пов'язаних з ними ризиків, планування вирішальних експериментів і продумування варіантів дій на випадок невдачі - все це важливі обов'язки системного інженера. Таким чином, точка зору системного інженера враховує одночасно як прийняття ризиків, так і пом'якшення їх наслідків.



«Найкраща» система

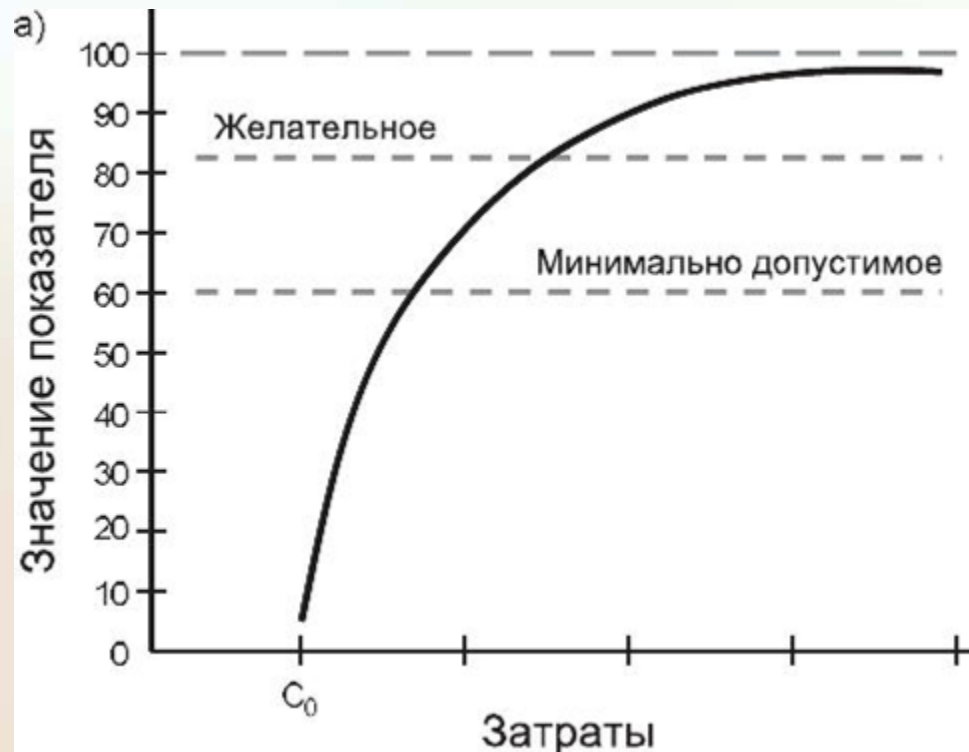
Під час обговорення точки зору системного інженера часто доводиться чути, що «краще - ворог хорошого» і що «системна інженерія - це мистецтво вибору досить хорошого». Ці твердження можна інтерпретувати помилково, вважаючи, ніби системна інженерія готова задовольнитися другосортним.



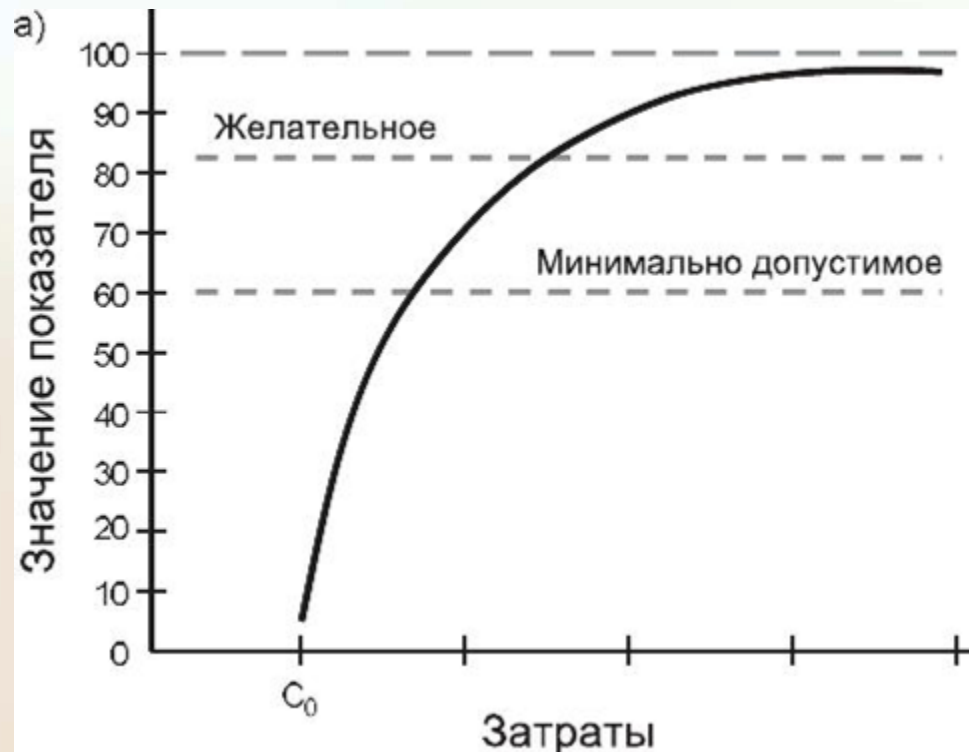
Насправді ж все інакше: системний інженер прагне побудувати найкращу систему з можливих, але це часто зовсім не система з найкращими функціональними характеристиками. І суперечності тут немає: вся справа в тому, що розуміти під словом «кращий». У наведених вище твердженнях епітети «краще» і «досить добре» ставляться до показників функціонування системи, тоді як з точки зору системного інженера ці показники лише елемент безлічі базових характеристик системи; не менш важливі цінова доступність, зручність використання, витрати часу, необхідні на приведення в працездатний стан, простота обслуговування, а також можливість виконання робіт відповідно до погодженого графіка. Таким чином, системний інженер шукає найкращий баланс критично важливих властивостей системи з точки зору успішності програми розробки і цінності системи



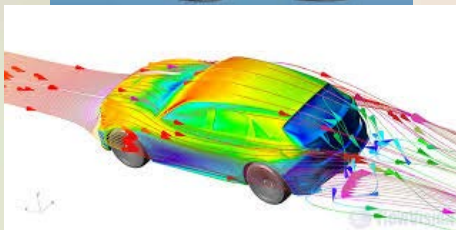
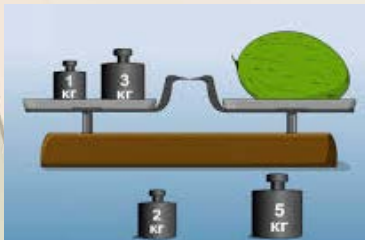
Взаємозалежність між показниками функціонування і вартістю можна зрозуміти виходячи з закону спадної дохідності. Припустимо, що прийнятий якийсь технічний підхід до досягнення заданого показника функціонування розроблюваної системи. На рисунку представлений типовий графік залежності між значенням показника функціонування гіпотетичного компонента системи і витратами на його розробку. Верхня горизонтальна лінія представляє теоретичний максимум значення даного показника при обраному технічному підході. При більш витонченому підході максимум може виявитися вище, але ціною великих витрат. Пунктирні лінії представляють мінімально допустимий і бажане значення параметра.



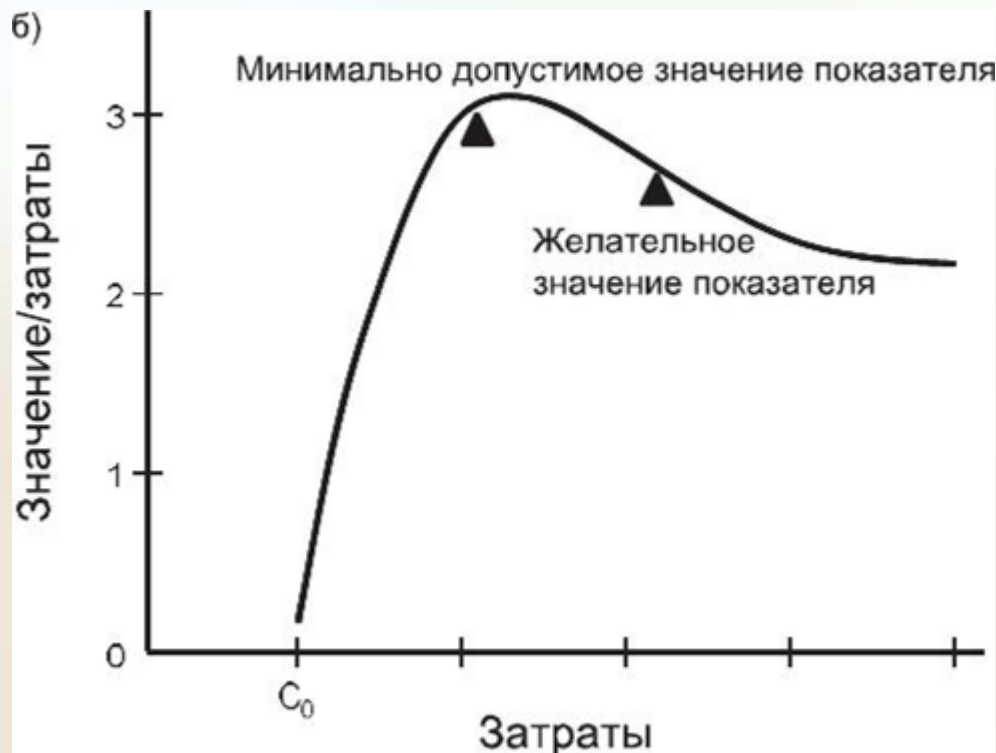
Крива на рисунку починається в точці C_0 , яка характеризує витрати на досягнення хоч скільки-небудь прийнятного значення показника функціонування. Спочатку крива круто йде вгору, але в міру асимптотичного наближення до теоретичного максимуму стає більш пологою. Крутизна кривої є мірою збільшення показника функціонування у відповідь на збільшення витрат. Поступове падіння крутизни обумовлено законом спадної дохідності, який можна застосувати практично до будь-якої діяльності, пов'язаної з розробками.



Як приклад розглянемо розробку автомобіля, максимальна швидкість якого буде вище, ніж у прототипу. Очевидне рішення - поставити більш потужний двигун. Але, як правило, масо-габаритні характеристики у такого мотора гірше, а крім того падає паливна ефективність. Крім того, зі збільшенням швидкості зростає і лобовий опір повітря, для подолання якого потужність двигуна повинна бути збільшена нелінійно. Якщо ставиться вимога залишити витрати палива на колишньому рівні і по можливості не збільшувати розмір і масу автомобіля, то слід подумати про використання або про розробку більш передового двигуна, про поліпшення обтічності корпусу, про застосування спеціальних полегшених матеріалів - і взагалі пошукати способи компенсації небажаних побічних ефектів збільшення швидкості. Все це підвищить вартість модифікованого автомобіля, причому чим ближче конструктори підходять до теоретичних меж застосовуваних технічних рішень, тим більше виявляється приріст витрат. Тому очевидно, що для досягнення розумного балансу для будь-якої експлуатаційної характеристики не можна вибирати граничне (або близьке до граничного) значення.



Підхід до відшукування такого балансу зображений на рисунку де представлена залежність між відношенням показника функціонування до витрат і власне цими витратами (тобто y/x і x). Відношення значення технічного або функціонального показника до витрат еквівалентно поняттю економічної ефективності. Видно, що у кривій є максимум, за яким ефективність падає. Звідси випливає, що значення показника функціонування кращої в цілому системи, швидше за все, буде близьким до крапки, де відношення показника до витрат досягає максимуму, - за умови що отримане значення буде вище мінімально допустимого.



Збалансована система

Одне з словникових визначень слова «баланс», особливо доречне в контексті проектування систем, звучить так: «гармонійне або відповідне співвідношення або пропорція частин або елементів деякої конструкції або композиції». Найважливіша функція системної інженерії - знайти баланс між різними компонентами системи, які, як уже зазначалося вище, проектувалися вузькими предметними фахівцями, що прагнули оптимізувати характеристики конкретних компонентів.



Нерідко це завдання виявляється дуже важким, що і продемонстровано на рисунку. Тут показано, як, згідно з уявленнями художника, могла б виглядати керована ракета, якби її проектував фахівець в одній з предметних областей, що мають відношення до ракетобудування. Звичайно, це перебільшення, але малюнки відображають той безперечний факт, що фахівець-предметник прагне оптимізувати саме ті характеристики системи, в яких найкраще розбирається.

У загальному випадку слід очікувати, що фахівець з проектування хоча і розуміє, що система - це сукупність компонентів, лише спільне функціонування яких дозволяє домогтися бажаного її поведінки, в ході розробки все одно буде приділяти особливу увагу тим аспектам, які найбільшою мірою відносяться до його компетенції і службових обов'язків.



Навпаки, системний інженер повинен зосередитися на системі в цілому і займатися приватними справами тільки в тій мірі, в якій вони можуть вплинути на функціонування всієї системи, на властиві розробці ризику, на витрати або на життєздатність системи в довгостроковій перспективі. Коротше кажучи, системний інженер відповідає за управління розробкою, так щоб кожному компоненту було приділено належну увагу і виділені необхідні ресурси, але при цьому забезпечувалося оптимальне поведінка системи в цілому. Часто такий фахівець виступає в ролі «чесного технічного посередника», який вирішує, на які технічні компроміси в проекті можна піти, щоб добитися задовільного взаємодії ключових елементів системи.



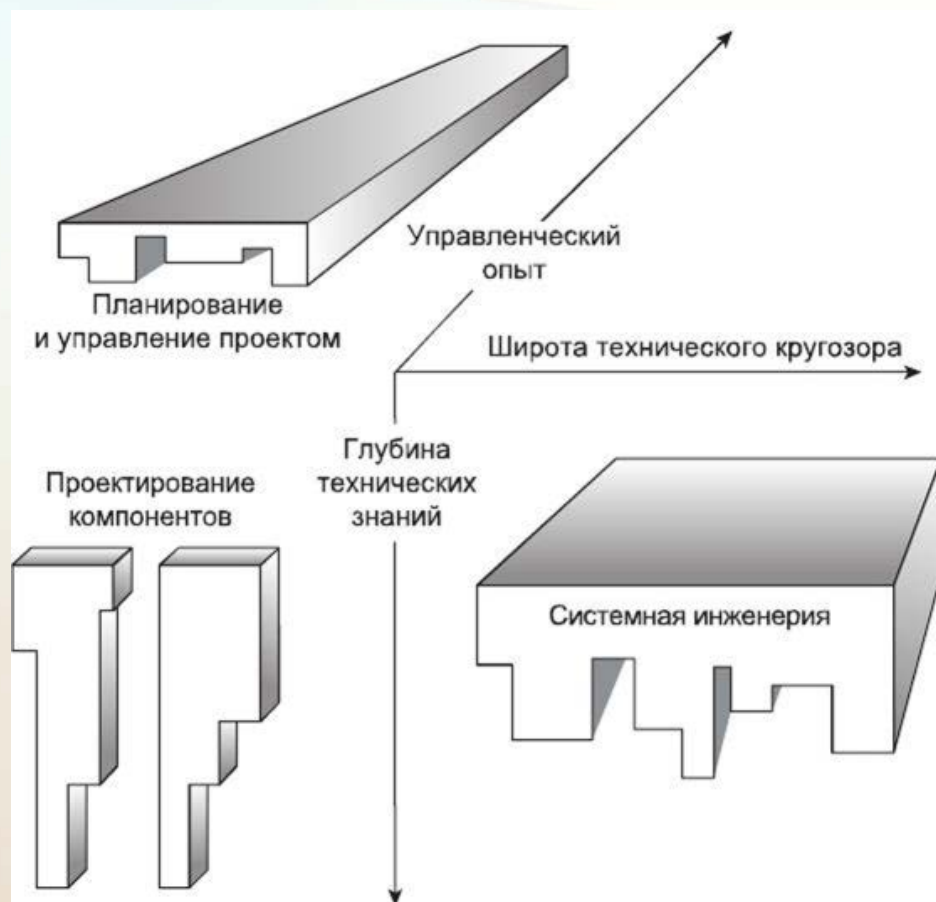
Збалансована точка зору

Отже, системний погляд на увазі першочергова увага до балансу інтересів, прагнення до того, щоб жоден з показників системи не поліпшувався за рахунок іншого, не менш або навіть більш важливого: наприклад, функціональні змоги не нарощувалися ціною збільшення вартості, швидкість - ціною дальності, пропускна здатність - ціною збільшення частоти помилок. Оскільки практично всі критично важливі параметри взаємозалежні, належний баланс слід шукати у всіх проектних рішеннях. Зазвичай, як в наведених вище прикладах, подібні характеристики практично не піддаються порівнянню, тому судити про правильне їх співвідношення може тільки людина, яка добре розбирається в тому, як система працює. Подібні судження системні інженери повинні виносити щодня, тому вони зобов'язані вміти мислити на рівні, що охоплює всі характеристики системи.



Для оцінки системи з точки зору системного інженера необхідно інше поєднання навичок і знань, ніж те, яке потрібно інженеру-проектувальнику або керівнику проекту. На рисунку проілюстрована загальна природа цих відмінностей. Використовуючи три виміри для подання глибини технічних знань, широти технічного кругозору і управлінського досвіду відповідно, ми наочно показуємо, що фахівець з проектування може не дуже розбиратися в управлінні, але повинен мати глибокі знання в одній або декількох взаємопов'язаних областях техніки.

У свою чергу керівник проекту може знати кожен конкретну технічну дисципліну не надто глибоко, але зобов'язаний мати широкий кругозір і здатність керувати людьми і роботами. Системного ж інженера необхідні значні знання і досвід за всіма трьома напрямками, щоб в цілому охопити всі потреби, що виникають при розробці системи. У цьому сенсі системний інженер має справу з великим числом «вимірів», ніж його колеги.



2. Представлення в системній інженерії.

Хоча в останні кілька десятиліть рівень зрілості системної інженерії швидко зростає, в рамках цієї дисципліни існують і будуть існувати і використовуватися різні уявлення, підходи і точки зору. Це зумовлено розширенням наших знань про потенціал і користь системних підходів для вирішення все більш складних завдань, що виникають в світі. Про підйом системної інженерії свідчить зростаюча кількість академічних програм та випускників вузів за цим напрямком. У деяких аналітичних оглядах наголошується, що системну інженерію багато хто вибирає як професію, що обіцяє відмінні кар'єрні перспективи. Роботодавці у всіх секторах - як урядових, так і приватних - полюбляють досвідчених системних інженерів. Експерти з підготовки трудових ресурсів б'ються над тим, як переконати учнів середніх шкіл і коледжів одночасно спеціалізуватися в області науки, техніки, інженерії та математики. Набувши досвіду і додаткові знання, такі студенти зможуть стати кваліфікованими системними інженерами.



Оскільки для вирішення найбільш складних і відповідальних завдань часто необхідно не тільки освіта, але і професійний досвід, вироблення системного способу мислення - «вміння думати, як системний інженер» - є найвищим пріоритетом на будь-якому життєвому етапі. З позиції зрілості мислення можна розмежувати системне мислення, системну інженерію і системобудування. Щоб стосовно системі розібратися в оточенні, процесах і політиках, необхідно володіти системним мисленням. При такому підході слід розглянути предметну область і межі завдання і описати її кількісно. Людина розглядає параметри, які допомагають визначити завдання, потім - шляхом дослідження та аналізу - формулює свої висновки про оточення, в якому завдання існує, і нарешті пропонує варіанти вирішення. Цей підхід був би корисний в середній школі, щоб учні могли оцінити «загальну картину» при вивченні фундаментальних наук і отриманні інженерних навичок.

Системне мислення	Системна інженерія	Системобудування (engineering systems)
Зосередженість на процесі	Зосередженість на виробі в цілому	Зосередженість як на процесі, так і на виробі
Розгляд проблем	Рішення складних технічних завдань	Рішення складних міждисциплінарних технічних, соціальних і управлінських проблем
Оцінка багатьох факторів і впливів	Розробка і перевірка системних рішень, придатних для матеріального втілення	Надання впливу на політику і процеси і використання системної інженерії для розробки системних рішень
Виявлення принципів організації і зв'язків, вироблення загального розуміння	Необхідність виконувати вимоги, результати і вирішувати завдання	Об'єднання людського фактора і технічного потенціалу в їх розвитку

Підхід системної інженерії, з яким ми познайомилися раніше, передбачає, що в центрі уваги повинні перебувати наслідки і вирішення проблеми з наміром розробити або побудувати систему, яка допоможе впоратися з цим завданням. Цей підхід носить в основному технічний характер і включає опитування потенційних користувачів і розробників системних рішень з метою з'ясування найважливіших потреб, вимог, а також концепції функціонування; лише після цього можна приступати до функціонального і фізичного проектування, розробки проектних специфікацій, виробництва та випробування системи, що вирішує поставлене завдання.

Системне мислення	Системна інженерія	Системобудування (engineering systems)
Зосередженість на процесі	Зосередженість на виробі в цілому	Зосередженість як на процесі, так і на виробі
Розгляд проблем	Рішення складних технічних завдань	Рішення складних міждисциплінарних технічних, соціальних і управлінських проблем
Оцінка багатьох факторів і впливів	Розробка і перевірка системних рішень, придатних для матеріального втілення	Надання впливу на політику і процеси і використання системної інженерії для розробки системних рішень
Виявлення принципів організації і зв'язків, вироблення загального розуміння	Необхідність виконувати вимоги, результати і вирішувати завдання	Об'єднання людського фактора і технічного потенціалу в їх розвитку

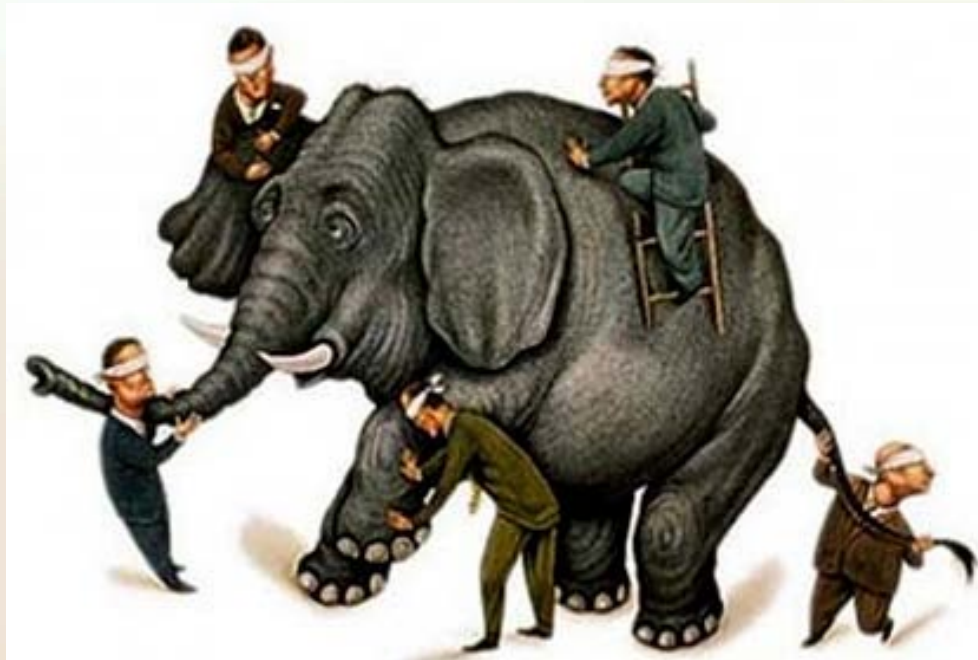
При цьому увагу слід зосередити на взаємодіях підсистем і необхідності отримання життєздатних і відчутних результатів. На практиці такий підхід можна застосувати до систем різного рівня складності, але в будь-якому випадку очікується, що кінцевий вироб буде успішно функціонувати в реальних умовах. Придатність підходу системної інженерії до розробки продукції доведена на численних прикладах створення систем комерційного та оборонного призначення.

Системне мислення	Системна інженерія	Системобудування (engineering systems)
Зосередженість на процесі	Зосередженість на виробі в цілому	Зосередженість як на процесі, так і на виробі
Розгляд проблем	Рішення складних технічних завдань	Рішення складних міждисциплінарних технічних, соціальних і управлінських проблем
Оцінка багатьох факторів і впливів	Розробка і перевірка системних рішень, придатних для матеріального втілення	Надання впливу на політику і процеси і використання системної інженерії для розробки системних рішень
Виявлення принципів організації і зв'язків, вироблення загального розуміння	Необхідність виконувати вимоги, результати і вирішувати завдання	Об'єднання людського фактора і технічного потенціалу в їх розвитку

Більш широкий і вільний від помилок погляд на системний підхід до вирішення особливо великих і складних інженерних задач на основі об'єднання досягнень інженерних, управлінських і соціальних наук із застосуванням передових методологій моделювання отримав назву «системобудування» (engineering systems). Ідея полягає в тому, щоб, при вирішенні серйозних проблем, які стоять перед суспільством і можуть мати глобальні наслідки, з'ясувати, як складні інженерні об'єкти будуть взаємодіяти один з одним з урахуванням соціальних, економічних і екологічних факторів. Цей підхід охоплює інженерну справу, громадські науки і процеси управління, але не передбачає обов'язкового використання чітко регламентованих, строгих процедур, властивих системної інженерії. Тому системобудування зазвичай зосереджено на проблемах, що стоять в області критично важливої інфраструктури, охорони здоров'я, енергетики, охорони навколишнього середовища, інформаційної безпеки, і на інших глобальних завданнях

Системне мислення	Системна інженерія	Системобудування (engineering systems)
Зосередженість на процесі	Зосередженість на виробі в цілому	Зосередженість як на процесі, так і на виробі
Розгляд проблем	Рішення складних технічних завдань	Рішення складних міждисциплінарних технічних, соціальних і управлінських проблем
Оцінка багатьох факторів і впливів	Розробка і перевірка системних рішень, придатних для матеріального втілення	Надання впливу на політику і процеси і використання системної інженерії для розробки системних рішень
Виявлення принципів організації і зв'язків, вироблення загального розуміння	Необхідність виконувати вимоги, результати і вирішувати завдання	Об'єднання людського фактора і технічного потенціалу в їх розвитку

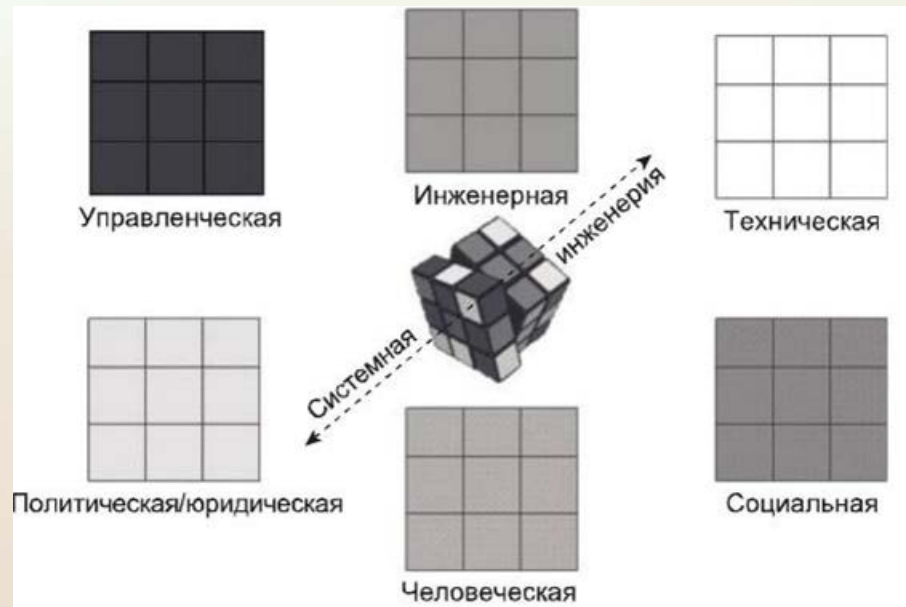
Предмет системної інженерії можна розглядати в термінах різних предметних областей, де вона застосовується. Залежно від професійної підготовки фахівців і потреб, які покликана задовольнити система, системне оточення може описуватися мовою, характерною для сфери діяльності і технологій, що застосовуються для отримання рішення. Можна також використовувати уявлення, що базується на методології і підходах, прийнятих для вирішення завдань і розробки складних систем. У будь-якій зрілої дисципліни існують процеси, стандарти, керівництва та програмні інструменти, якими системний інженер може скористатися для організації та підвищення ефективності своєї роботи. Міжнародна рада з системної інженерії (International Council on Systems Engineering - INCOSE) випускає огляди поточного стану справ в цих областях.



3. Предметні області, пов'язані з системами.

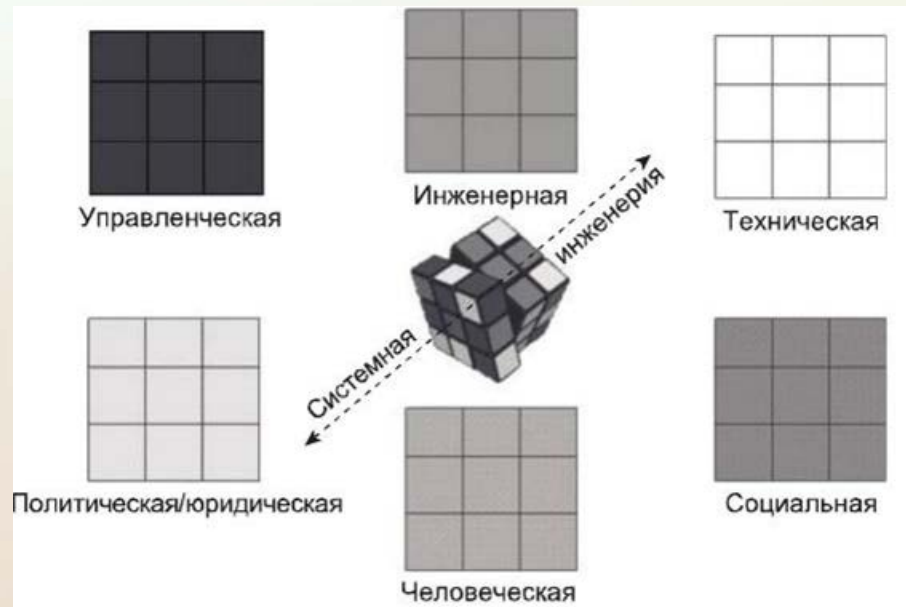
Якщо ширше поглянути на розробку систем, то стає ясно, що традиційний підхід до створення систем істотно збагатився за рахунок включення нових предметних областей. І, як в кубику Рубіка, різні предметні межі тепер складаються в уявлення системного інженера про спільну (але складної) картині. У число предметних областей-«граней», що мають відношення до створення систем, показаних на рисунку входять не тільки інженерна, технічна та управлінська діяльність, але також соціальна і політична / юридична сфери і науки про людину. Ці останні більш «м'які» виміру потребують пильної уваги і вивчення, щоб ми могли в повній мірі усвідомити їх вплив на процес розробки систем і потенційну корисність - особливо коли ми переходимо до рівня складності, характерному для систем рівня підприємства і глобальних систем.

Предметні області
системної інженерії



Особливий інтерес представляють області з масштабом порядку нано або мікро, а також системи, що працюють (часто автономно) в екстремальних навколишніх умовах, наприклад глибоко під водою або в космосі. Якщо фізичні закони залежать від масштабу, то чи не повинен так само змінюватися підхід системної інженерії? Чи повинна практика застосування системної інженерії еволюціонувати для вирішення завдань, пов'язаних з підводними апаратами, космічними апаратами для дослідження планет або внутрішньосудинним роботизованими системами?

Предметні області системної інженерії



4. Сфери діяльності, пов'язані з системною інженерією.

Оскільки системна інженерія наводить мости між такими традиційними інженерними дисциплінами, як електротехніка, механіка, аеродинаміка, цивільне будівництво та багато інших, то слід очікувати, що сприйняття системної інженерії фахівцем, зайнятим певною діяльністю, буде зміщено в бік його спеціальності. Аналогічно, оскільки системна інженерія - це керівництво з проектування систем, яке часто використовується в контексті конкретного проекту або програми, керівники різного рівня і профілю схильні вважати адміністративно-управлінські елементи планування і контролю ключовими аспектами розробки системи. Функції підтримки управлінської діяльності, без яких немислимий успіх системної інженерії, - управління якістю, управління персоналом і фінансовий менеджмент - можуть претендувати на чільну, інтеграційну роль в розробці систем.

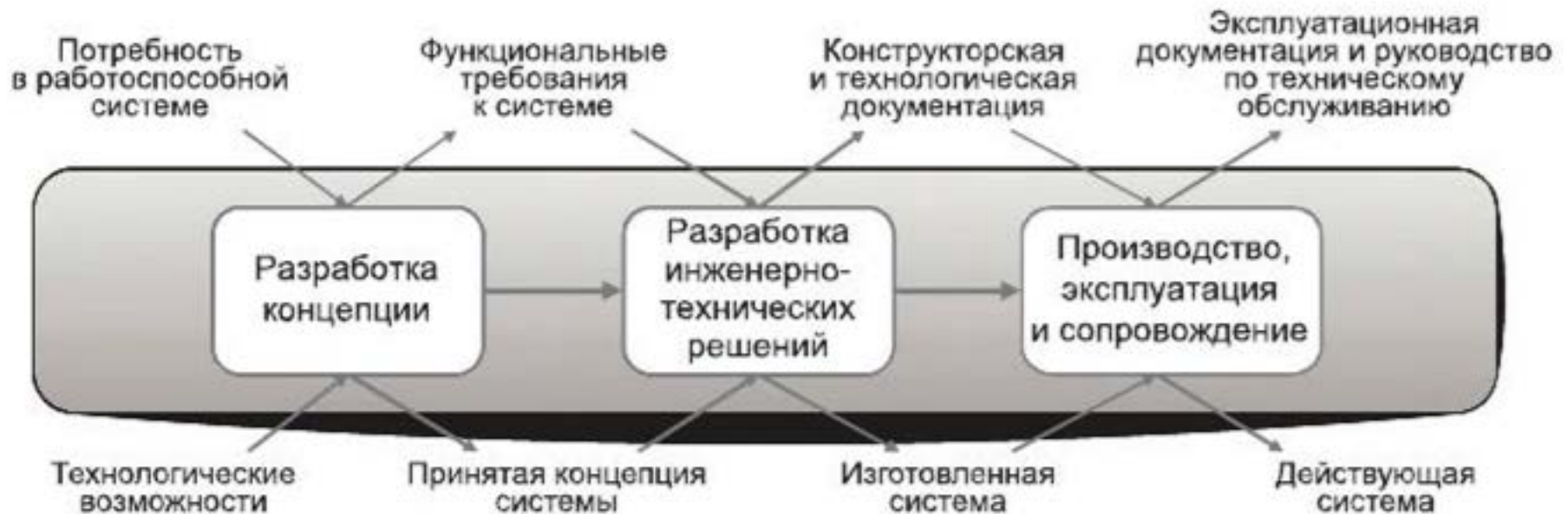


Ці сприйняття показані на рисунку поряд з додатковими областями, відповідними традиційними уявленнями про методи і практичне застосування системної інженерії. Прикладом може служити область «Дослідження операцій», яка привносить в системну інженерію засоби, що дозволяють проводити кількісний аналіз альтернативних варіантів і приймати оптимальні рішення. У проектуванні систем приймають також участь фахівці з структур та архітектур. У таких несхожих галузях, як виробничі та автономні системи, можлива ще одна інтерпретація системної інженерії, що виходить від розробників САУ, які спираються на принципи системної інженерії, що відносяться до управління сполученнями і зворотним зв'язком. Нарешті, перекриття системної інженерії з областю «Математичне та імітаційне моделювання» відповідає уявленню, характерному для дослідження економічної ефективності систем з точки зору задоволення потреб і вимог користувачів. У міру розвитку системної інженерії та розширення її застосування в різних галузях будуть примножуватися і сфери діяльності, пов'язані з системною інженерією.

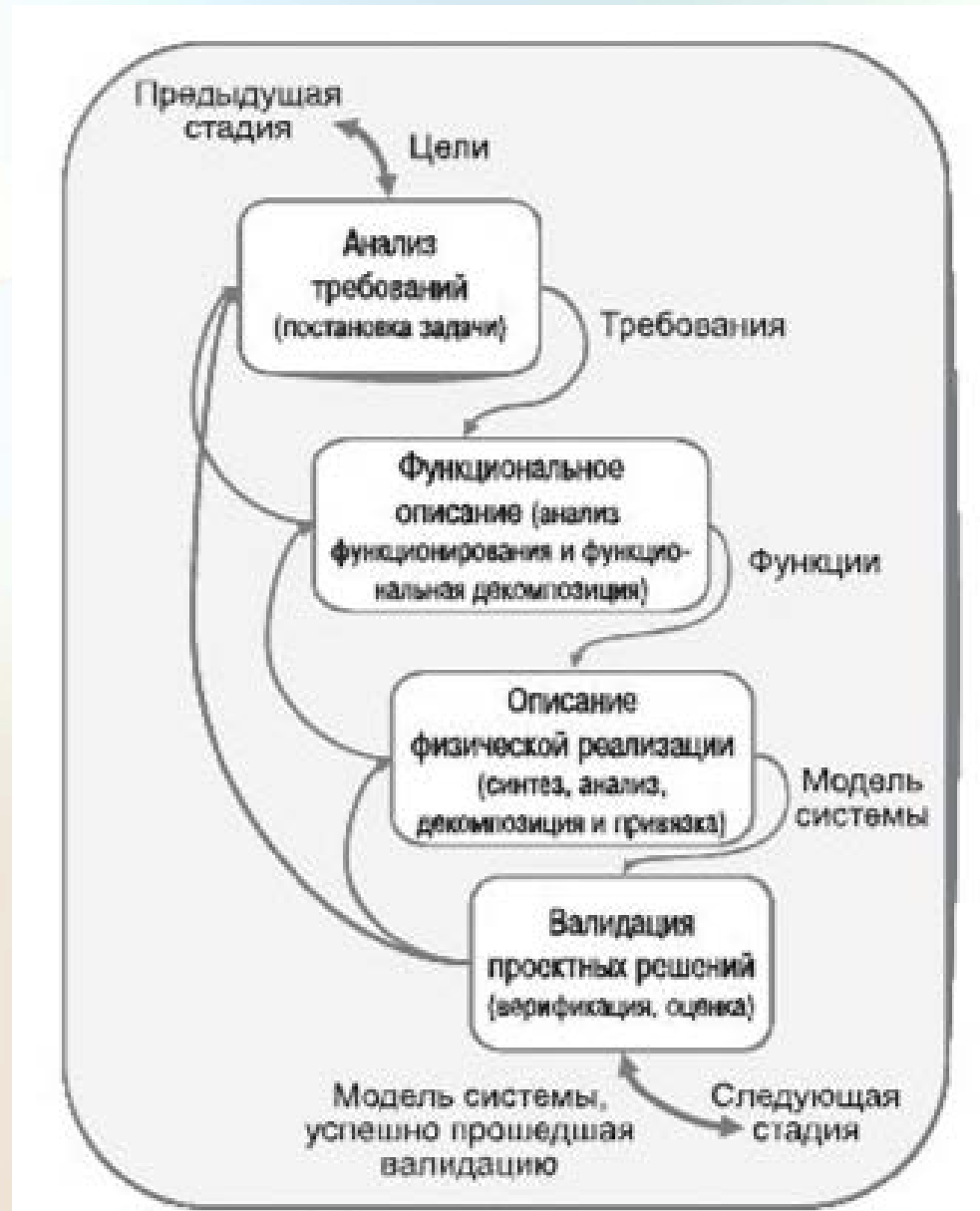


5. Підходи системної інженерії.

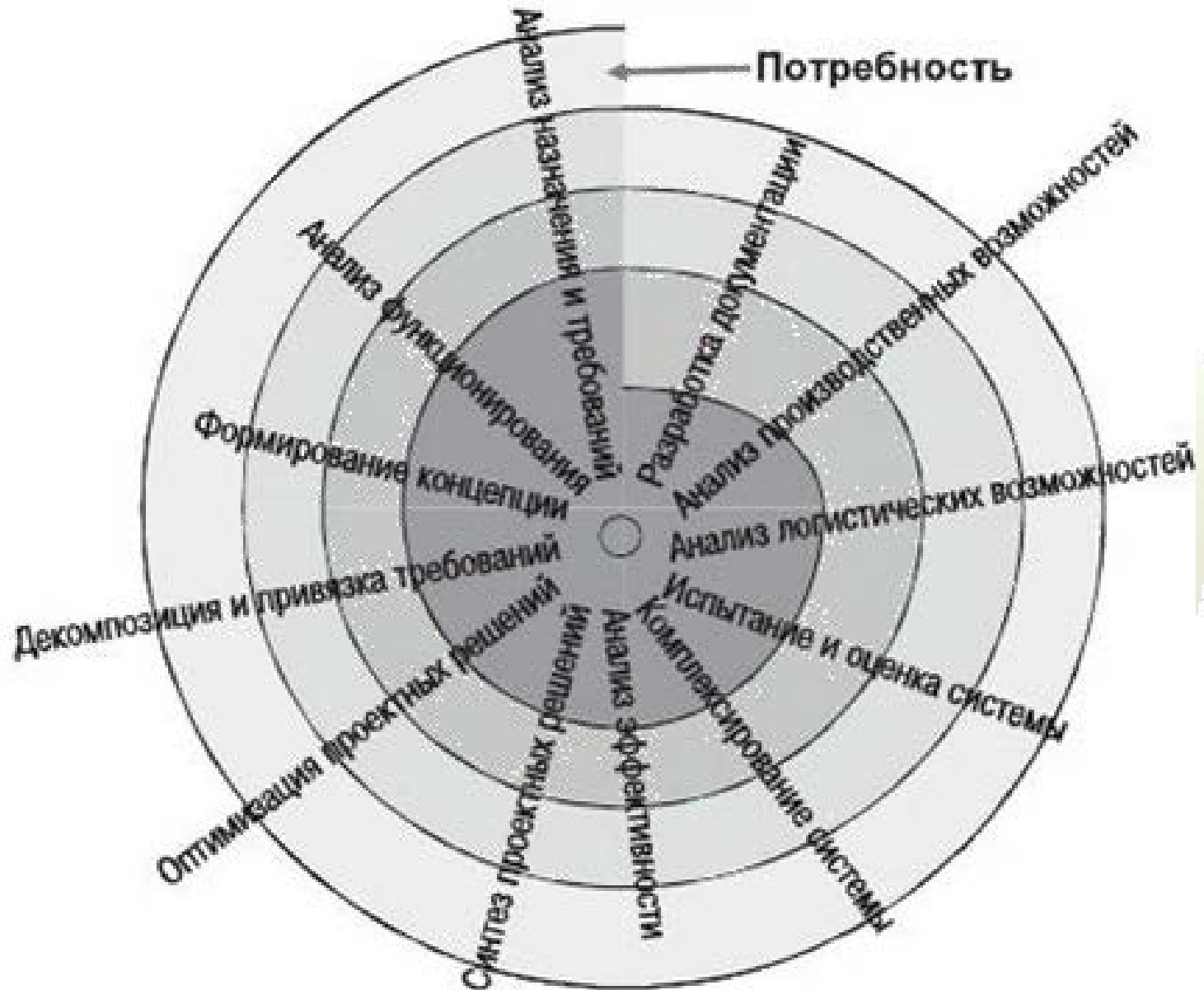
Системну інженерію можна також розглядати у вигляді послідовності процесів і методик, що застосовуються при проектуванні, розробці, комплексуванні і випробуванні системи. На першій схемі в якості логічного засобу досягнення узгодженості та життєздатності показаний процес лінійного виконання ряду дій, які часто здійснюються ітеративно.



Невеликі відмінності характеризують каскадну схему; такий підхід надає додаткові, більш гнучкі засоби для показу взаємозв'язків і взаємодії.



Наявність великої кількості повторюваних і взаємозалежних кроків породжує спіральні або циклічні схеми.



Популярні в системній інженерії V-подібні схеми надають можливість показати життєвий цикл розробки, в якому чітко простежуються зв'язки між вимогами і описом системи, з одного боку, і виготовленим, які пройшли випробування виробом - з іншого.



На рисунку детально показаний повний ЖЦ системи, включаючи раціональний розподіл управлінських дії на кожній його стадії. Малюнок ілюструє тісні зв'язки між управлінським плануванням і контролем, з одного боку, і процесами системної інженерії - з іншого.



PERT-діаграма (Program Evaluation and Review Technique - метод оцінки і узгодження програми)

CDR-діаграма (Critical Design Review - критичний аналіз проектних рішень)

PDR-діаграма (Preliminary Design Review - попередній аналіз проектних рішень)

6. Системна інженерія. Дії та результати.

Іноді, подібно до «дорожній карті» ЖЦ розробки системи може бути поєднаний з результатами дій системного інженера і керівника проекту, які перераховані в таблиці. Кількість і різноманітність результатів цих дій відображають труднощі, з якими стикалися першопрохідники, намагаючись зрозуміти, наскільки корисним може бути застосування системної інженерії.

Системна інженерія. Дії та документи.

Контекстні діаграми	Оцінки можливостей	Комплексування прототипу
Постановка задачі	Варіанти концепцій	Випробування і оцінка прототипу
Ідентифікація користувача / власника	Аналіз ризиків / план управління	План виробництва / експлуатації
Потреби користувачів	Функції системи	Експлуатаційні випробування
Концепція функціонування	Фізична декомпозиція	Верифікація і валідація
Сценарії і плани дій	Інтерфейси компонентів	Підтримка експлуатації/технічне обслуговування і ремонт
Варіанти використання	Відстеження	Ефективність системи/продукції
Вимоги	Дослідження витрат	Розвиток/модернізація
Технологічна готовність	Розробка і випробування компонентів	Ліквідація / повторне використання

Висновок

У центрі уваги системної інженерії знаходиться створення успішної системи, яка задовольняє вимогам, а також цілям розробки, придатна до успішної експлуатації в реальних умовах і безперебійно функціонує протягом всього терміну служби. Щоб досягти цього ідеалу, системний інженер повинен знайти баланс між можливо високими показниками функціонування, ціною доступністю і обмеженнями за термінами. Насправді багато в чому системна інженерія і є пошук балансу між конфліктуючими цілями. Наприклад, системному інженерові при створенні нової системи зазвичай потрібно використовувати нову технологію і поряд з цим керувати ризиками, які неминуче приносять інновації.

Протягом періоду розробки системний інженер концентрує увагу на всій системі, приймаючи ті чи інші рішення в залежності того, як вони впливають на систему в цілому. Щоб забезпечити таке комплексне рішення, нерідко доводиться наводити мости між різними предметними областями. Співробітник, що спеціалізується, наприклад, на проектуванні, «одновимірний» - він глибоко знає свою технічну область, але йому бракує технічного кругозору і управлінського досвіду. Спеціаліст з планування та управління «двовимірний» - у нього є багатий досвід керівництва, помірно широкий технічний кругозір і поверхневі знання в конкретних технічних дисциплінах. Системний інженер «тривимірний» - у нього широкий технічний кругозір поєднується з досить глибокими технічними знаннями і досвідом керівництва.

Для розуміння системної інженерії використовується кілька уявлень: від загальноприйнятого підходу системного мислення до вирішення завдань до підходу, що бере за основу процес розвитку, характерного для системної інженерії і, в ширшій перспективі, - до системобудування.

Погляд на системну інженерію як на системобудування охоплює не тільки традиційні інженерні дисципліни, але також технічну та управлінську області поряд з урахуванням соціального, політичного / законодавчого та людського факторів. В силу своєї складності особливий інтерес представляють великомасштабні системи.

Системна інженерія охоплює або частково зачіпає різні сфери діяльності і галузі знання, в числі яких інженерна справа, менеджмент, системний аналіз і дослідження операцій, архітектурне проектування, математичне та імітаційне моделювання та багато інших.

У міру становлення системної інженерії та розширення спектра її застосування було розроблено кілька процесних моделей, в тому числі лінійна, V-образна, спіральна і каскадна.

Уявлення про повний життєвий цикл системи допомагає побачити його тісний взаємозв'язок з процесом управління, і виділити широкий спектр різних дій і їх результатів.

Дякую за увагу!