



## Факультет інформатики та обчислювальної техніки

Кафедра автоматики і управління в технічних системах

Дисципліна «Системна інженерія»

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

Семестр 6.

Розділ 1.

Тема 1-1. Системна інженерія і сучасні системи.

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. Що таке системна інженерія?
2. Походження системної інженерії.
3. Приклади систем, які потребують системного інженера.
4. Системна інженерія як професія.
5. Модель розвитку кар'єри системного інженера.
6. Сила системної інженерії.

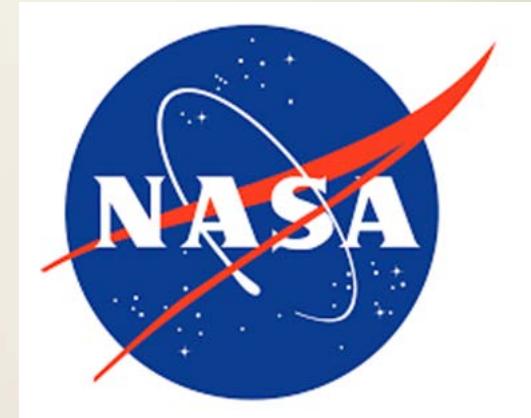
# 1. Що таке системна інженерія?

Визначені системної інженерії чимало, і всі вони при формальній відмінності чітко відбивають ті чи інші аспекти цієї дисципліни.

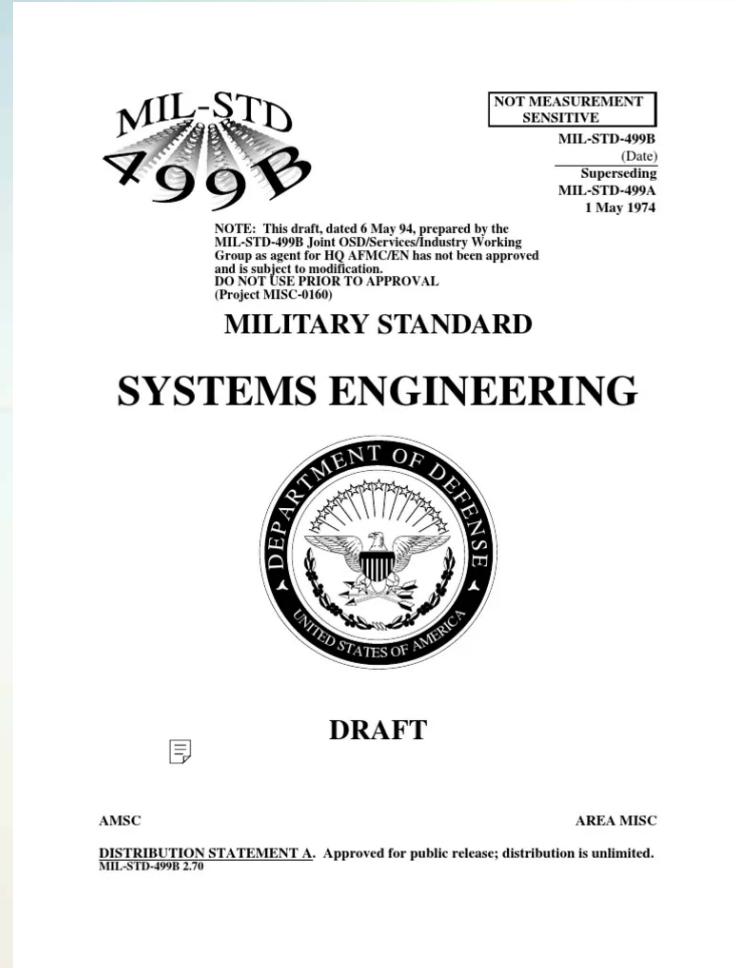
Міжнародна рада з системної інженерії визначає її як «міждисциплінарний підхід та засоби для створення успішних систем».



Довідкове керівництво NASA з системної інженерії дає таке формулювання: «системна інженерія - робастний підхід до проектування, створення та функціонування систем».



Військовий стандарт США MIL-STD 499B: Системна інженерія - міждисциплінарний підхід, що охоплює всі технічні зусилля щодо розвитку та верифікації інтегрованого та збалансованого у ЖЦ безлічі системних рішень, що стосуються людей, продукту та процесу, які задовольняють потреби замовника.



Колишній президент INCOSE Д. Хітчінс характеризує системну інженерію як «Мистецтво та науку створення ефективних систем на основі цілісного підходу до системи та принципів її життя».

## Принципи системної інженерії

Загальні визначення не дають конкретного розуміння, які принципи становлять суть системної інженерії як міждисциплінарного підходу. Нижче дається короткий перелік одинадцяти підходів, гармонізацію яких у своєму складі передбачає системна інженерія.

### 1. Перехід від редукціоністського до системного підходу

Ціле неможливо звести до суми частин цього цілого - ось суть системного підходу. Саме виділення цілого як «фігури з фону» не може бути довільним, те саме відноситься до елементів системи: важлива мета системи, важливо взаємодія елементів для досягнення цієї мети, а не просто наявність довільно вибраних частин. Будь-яка система має надсистему та підсистеми, системи ієрархічні. Кордони системи з оточуючими її системами важливі і вимагають явного визначення: всі учасники міждисциплінарного обговорення повинні говорити про одну й ту саму систему в тих самих межах, щоб не підміняти системи в ході їх обговорення.

Це досить просто звучить, але за фактом «редукціоністський» (виділення окремих рис досліджуваного або проектованого об'єкта, без обговорення принципів, якими ці окремі риси були виділені) або «натуральний» («природний», «здорового глузду») підхід застосовується повсюдно досі. Системне мислення не стає системним лише тому, що у текстах згадується слово «система» та «виділяються частини системи».

## 2. Переход від структурного до процесного підходу

Головне, що відбувається у системі – це її зміни у часі. Розгляд системи (організації, двигуна внутрішнього згоряння, людини або навіть суспільства) з погляду його структури (схеми, що відбиває зв'язку елементів-підсистем) зовсім недостатньо, необхідно розглядати зміни в часі та взаємодії, що розгортаються у часі.

Наприклад, в організаційних системах зараз повсюдно переходят від органіграми як основного засобу уявлення організації до процесних діаграм. Управління проектами - це відображення того ж тренду: мережевий графік проекту набагато краще відображає стан справ, ніж список декомпозиції робіт.

Сюди ж зазвичай відносять концепцію повного життєвого циклу, всі варіанти проектного підходу та пов'язані з ним методи управління життєвим циклом.

## 3. Переход від однієї групи описів до множинності груп описів

Жодної професійної точки зору недостатньо, щоб отримати більш-менш повний реалізаційний опис системи. Для системи повинні бути отримані різні групи взаємопов'язаних описів, частоодержувані міждисциплінарно. У системній інженерії це ISO 42010 стандарт архітектурних описів.

## 4. Перехід від робочого проектування (конструювання, дизайну) до обов'язкового попереднього архітектурного

Замість того, щоб одразу працювати з «кодом» програм, «кресленнями» обладнання, «інструкціями» організації та іншими реалізаційними описами систем, для початку потрібно зробити те, що не залежить від деталей реалізації, а саме опис створюваної системи: архітектуру. Архітектура описує основні підсистеми та їх взаємодію в мові, вільної від деталей реалізації. Одній архітектурі може відповідати безліч різних реалізацій. Архітектура більш живуча, ніж її реалізації.

## 5. Перехід від безпосередньої реалізації до моделіцентричної реалізації

Замість того, щоб будувати реальну систему, для початку створюються всілякі моделі системи - як абстрактні архітектурні, так і імітаційні, що залежать від реалізації. Ці моделі представляють більш-менш адекватний реальності докладний опис системи, до якого можливо ставити питання «а що якщо» (тобто йдеться насамперед про імітаційне моделювання, включаючи імітаційні прогони архітектурних моделей). Спочатку система «будується» в ідеальному світі моделювання, і лише потім у реальному світі: всі помилки приираються на етапі моделювання, а не на етапі реального втілення у світі.

Сюди відноситься ідея про те, що описи системи (включаючи архітектурні описи) повинні бути представлені не природною мовою, а формальною мовою, що передбачає можливість якогось відчуженого від читання людиною «машинного виконання».

## 6. Переход від документоцентризму до датацентризму

Різні описи системи повинні готовуватися у вигляді окремих документів. Всі ці описи повинні зберігатися у вигляді взаємопов'язаних окремих інформаційних одиниць-даних, готових для об'єднання в тій чи іншій формі - йдеться про зберігання інформації у вигляді БД та доступ до цієї інформації з різноманітними запитами. Більше того, робота зі змінами має вестись у термінах окремих даних, а не «документів». Думати про інформацію в такий спосіб дуже важко, бо БД (тим більше - розподілені БД) з'явилися в історії людства зовсім недавно, а вся матеріальна культура і мова підтримує роботу з документами на листах папіру.

## 7. Переход від роботи «для одного господаря» до роботи з багатьма зацікавленими сторонами

Для будь-якої системи завжди є безліч зацікавлених сторін, думку яких потрібно враховувати. Це означає, що вимоги до системи завжди суперечливі, виходять із різних джерел, і потрібна спеціальна робота за їх узгодженням – значна частина цієї роботи зводиться не до технічних рішень, а до проведення переговорів між зацікавленими особами. Наявність безлічі зацікавлених у системі сторін істотно змінює зміст інженерної діяльності: ця діяльність з «інженерії вимог» вже не проходить у світі виключно технічних рішень, а має враховувати суперечливі інтереси різних людей.

## 8. Переход від «перевірки» до окремих верифікацій та валідації

Ідея верифікації (перевірка на відповідність формальним вимогам) всім звична. Багато важче сприймається ідея, що такої перевірки явно недостатньо: важлива не так відповідність вимогам, як те, щоб системою можна було користуватися – бо при розробці системи помилка могла зафарбуватися в самі вимоги. Тому потрібна не лише верифікація, а й валідація – перевірка того, що вимоги конкретного зовнішнього споживача чи користувача продукту, послуги чи системи задоволені.

## 9. Переход від методів «пророкування майбутнього» до використання гнучких методів

Ідея про те, що будь-які передбачення майбутнього (у тому числі в таких формах, як ретельно розроблені плани) є свідомо неповними та неточними, і з планами треба працювати як із «прогнозами», а не «обіцянками», сприймається дуже важко. Особливо важко перейти до ризик-орієнтованих форм ЖЦ, що мають на увазі покрокове виділення ресурсів на основі постійного перегляду структури їх виділення на основі безперервно змінних оцінок проектної ситуації. Гнучкі методи ведуть до модифікацій основних практик системної інженерії, коли доводиться планувати в умовах відсутності прецедентів (так, ідея про те, що вимоги повинні змінюватися протягом усього ЖЦ, розуміється дуже важко – адже у методах «пророкування майбутнього» всі повні та детальні вимоги мають бути «передбачені» на початку розробки).

## 10. Перехід від «технологічного конвеєра» до «замовлень-постачання»

Процес управління ЖЦ не можна вважати "конвеєром", просто виконанням серії технологічно запропонованих робіт (в теорії управління організаційними процесами це називається «оркеструванням»). У житті незалежні дійові особи беруть участь у процесі, виконуючи договір надання послуги у своїй частині участі у процесі (в теорії управління організаційними процесами це називається «хореографія»). У системній інженерії це питання обговорюється як окрема група контрактних практик, причому найважчим тут є розуміння того факту, що контракти можуть бути не тільки явні між різними юридичними особами, а й неявні усередині дійових осіб у межах однієї організації.

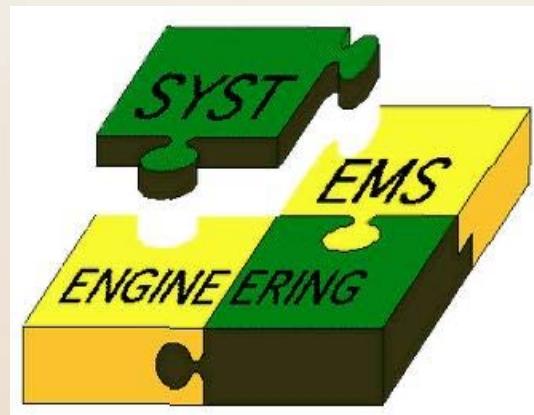
## 11. Перехід від монодисциплінарного до міждисциплінарного підходу

Елементи складної системи гетерогенні, тому для її проектування і розробки потрібне знання різних інженерних дисциплін. Щоб система функціонувала правильно, кожен її елемент повинен коректно працювати в зв'язці з іншими елементами - одним або декількома. Реалізація таких взаємопов'язаних функцій залежить від складного комплексу фізичних і функціональних взаємодій між елементами, які проектувалися окремо.

Призначення системної інженерії полягає в тому, щоб керувати створенням складних систем.

Слова з цього визначення вживаються в своєму звичайному сенсі так, як це пояснено нижче.

Слово «керувати» означає «очолювати, керувати або направляти, зазвичай на основі багатого досвіду по втіленню в життя обраного курсу», а також «показувати шлях». Тут підкреслюється ідея вибору одного з безлічі можливих шляхів, за яким підуть інші люди, - це і є першочергове завдання системної інженерії. У тлумачному словнику інженерія визначається як «застосування наукових принципів до практичних завдань, наприклад: проектування, будівництво і експлуатація ефективних і економічних конструкцій, обладнання та систем». У цьому визначенні слова «ефективний» і «економічний» - ознаки гарної системної інженерії.

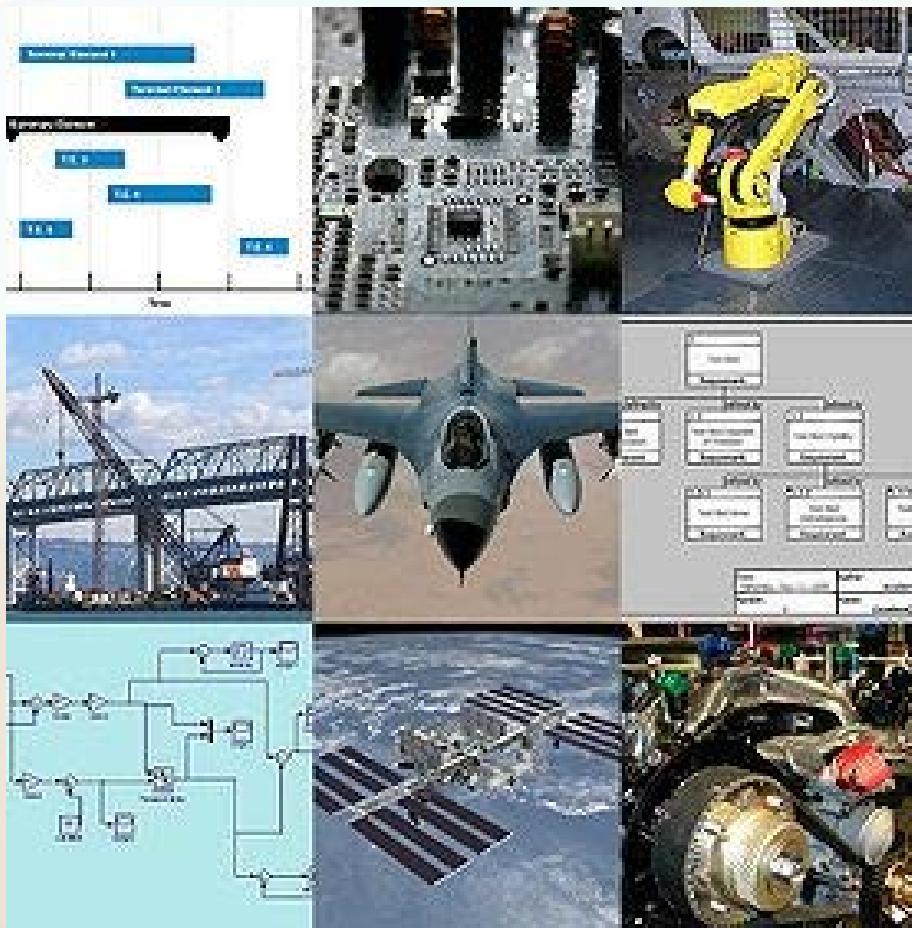


Слово «система», як і інші поширені, загальновідомі слова в англійській мові, трактується дуже широко. Часто система визначається як «сукупність взаємопов'язаних компонентів, які працюють спільно для досягнення спільної мети». Це визначення передбачає наявність декількох взаємодіючих частин, які спільно виконують якусь значиму функцію. Слово "складний" обмежує це визначення системами, в складі яких є різноманітні елементи, пов'язані між собою нетривіальним чином.

Так, побутовий прилад, наприклад пральну машину, не слід вважати досить складним, що складається з неоднорідних елементів пристроєм, для створення якого необхідна системна інженерія, незважаючи на те що до складу пральної машини входять сучасні елементи автоматики. З іншого боку, в розряд систем, створення яких пов'язане з інженерною діяльністю, не потрапляють такі складні об'єкти, як живі організми та екосистеми. Обмеження терміну «система» лише складними системами, створення яких вимагає серйозних інженерних зусиль, дозволяє підкреслити його застосованість до функції системної інженерії в загальноприйнятому сенсі.



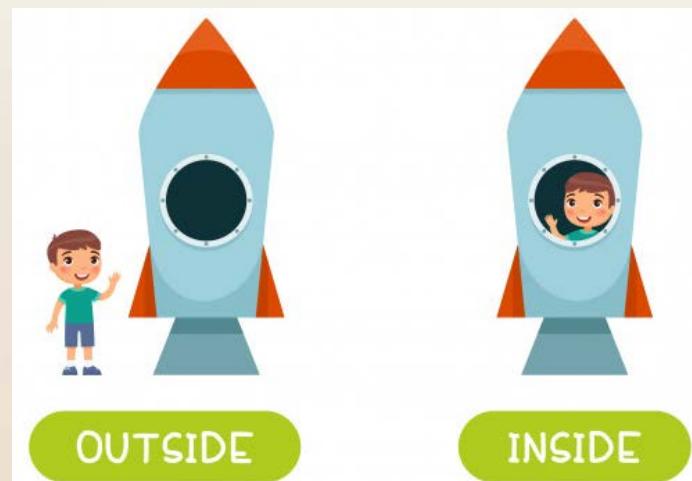
Наведені нами визначення «системна інженерія» і «система» не претендують на унікальність або перевагу над визначеннями, які приводилися в інших підручниках, - кожне з цих визначень в чимось відрізняється від інших. Щоб уникнути плутанини сенс цих ключових термінів, що мається на увазі в даній книзі, визначений на самому початку, ще до переходу до розгляду більш важливих предметів - зон відповідальності, завдань, видів діяльності і інструментів системної інженерії.



## Системна інженерія і традиційні інженерні дисципліни

З наведеного вище визначення випливає, що системна інженерія відрізняється від механіки, електротехніки та інших інженерних дисциплін в декількох суттєвих аспектах:

1. У центрі уваги системної інженерії знаходиться система в цілому, це надає особливого значення функціонуванню системи як єдиного цілого. Системний інженер дивиться на систему як зовні (тобто оцінює її у взаємодії з іншими системами і оточенням), так і зсередини. Він цікавиться не тільки технічним проектом системи, але і зовнішніми факторами, які можуть накладати істотні обмеження на проектні рішення. Сюди входить виявлення потреб замовника, визначення умов експлуатації, взаємодія з іншими системами, логістичні вимоги, вимоги до кваліфікації обслуговуючого персоналу і інші чинники, які повинні бути належним чином відображені в документах, що містять вимоги до системи, і враховані при її проектуванні.



**2. Хоча основна мета системної інженерії полягає в тому, щоб керувати, це не означає, що системні інженери самі не приймають істотної участі в проектуванні системи.** Навпаки, вони відіграють провідну роль на початковій стадії створення нової системи (розробка концепції), яка завершується функціональним проектуванням системи, здатної задовольнити потреби користувача. Важливі проектні рішення, що приймаються на даній стадії, не можуть в тій же мірі, як це прийнято в традиційних інженерних дисциплінах, спиратися на кількісне знання, але швидше за повинні ґрунтуючися на якісних оцінках, які враховують необхідність досягнення балансу між безліччю різноманітних показників, а також досвід, накопичений в різноманітних дисциплінах, особливо якщо мова йде про нову технологію.



**3. Системна інженерія наводить мости між традиційними інженерними дисциплінами.** Елементи складної системи гетерогенні, тому для її проектування і розробки потрібне знання різних інженерних дисциплін. Щоб система функціонувала правильно, кожен її елемент повинен коректно працювати в зв'язці з іншими елементами - одним або декількома. Реалізація таких взаємопов'язаних функцій залежить від складного комплексу фізичних і функціональних взаємодій між елементами, які проектувалися окремо.

Таким чином, елементи системи не можна розробити незалежно, а потім просто з'єднати, сподіваючись отримати при цьому працевдатну систему. Насправді системний інженер повинен спрямовувати та координувати проектування окремих елементів, стежачи за тим, щоб взаємодії і сполучення між елементами системи забезпечували сумісність і взаємну підтримку пристрій в складі системи. Така координація особливо важлива, коли окремі елементи системи проектуються, випробовуються і поставляються різними організаціями.



## Системна інженерія і управління проектом

Розробка нової складної системи зазвичай починається зі стадії дослідження. На цій стадії з метою задоволення виявленої потреби або використання відкрилася технологічної можливості розробляється концепція нової системи. Після того як прийнято рішення про втілення нової концепції в працючу систему, настає черга великих заходів, в яких, як правило, задіються безліч людей з різними знаннями і навичками. З моменту розробки концепції до введення системи в експлуатацію часом минають роки.



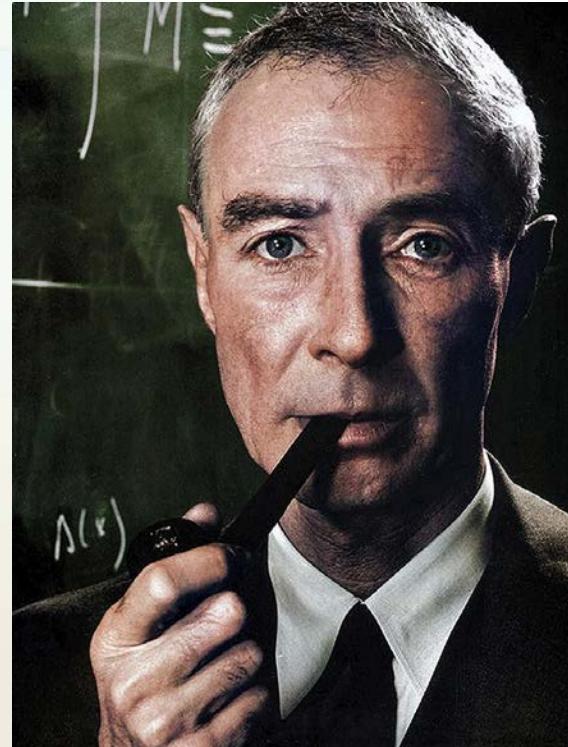
Масштаб і складність завдань, що виникають при створенні нової системи, вимагають формування спеціальної групи для управління роботою і координації зусиль. Таке підприємство називається «проектом»; на чолі його стоїть керівник проекту, в підпорядкуванні якого знаходиться проектна група. Системна інженерія є невід'ємною частиною управління проектом - тією частиною, яка пов'язана з керівництвом власне інженерними роботами: визначенням цілей, контролем виконання, оцінкою результатів і прийняттям необхідних коригувальних заходів для того, щоб проект розвивався за планом. Управління, пов'язане з плануванням і контролем фінансових та договірних зобов'язань, а також взаємовідносин з замовниками, хоча і підтримується системної інженерією, але зазвичай не вважається її функцією.

Визнання важливості системної інженерії усіма учасниками проекту розробки системи - необхідна умова його ефективної реалізації. Для досягнення цієї мети найчастіше корисно призначити керівника групи системної інженерії на посаду, що передбачає відповідальність за технічні аспекти і певні владні повноваження в проекті.



«Манхеттенський проект» (Manhattan Project) – кодова назва програми розробки ядерної зброї у Сполучених Штатах Америки, здійснення якої почалося у вересні 1942 року.

Проектом керували американський фізик Роберт Оппенгеймер і генерал Леслі Гровз інженерного корпусу Армії США.



Керівник Манхеттенського проекту генерал Леслі Гровс

Роберт Оппенгеймер. 1959 рік

## Основні стандарти системної інженерії англійською мовою

Найважливішим компонентом методологічного базису системної інженерії є офіційні міжнародні стандарти, що містять опис підходів та методів створення систем різних класів та призначення, а також задають правила роботи, що застосовуються у сфері системної інженерії. Такі стандарти виділені у сімейство стандартів системної та програмної інженерії (СПІ), розвиток яких йде не лише шляхом удосконалення системи офіційних міжнародних стандартів СПІ, а й за рахунок прискореного формування розвиненого набору фактичних стандартів.

Серед офіційних стандартів СПІ чільне місце сьогодні займають специфікації, які розробляє сьомий підкомітет Об'єднаного технічного комітету 1 ICO та МЕК – Системна та програмна інженерія (ISO/IEC JTC1/SC7 Software and systems engineering), а також деякими іншими підкомітетами.

У складі стандартів СПІ традиційно виділяють 4 групи специфікацій:

- стандарти основ СПІ;
- стандарти створення систем;
- стандарти управління та оцінки властивостей систем та процесів;
- стандарти опису систем та процесів.

Важливою характеристикою системи стандартів СПІ є цілісність. У плані підвищення цілісності JTC1/SC7 проводить роботи з горизонтальної, вертикальної та міжгалузевої гармонізації стандартів СПІ. Горизонтальна гармонізація ведеться в розрізі процеси СПІ - зрілість процесів - якість процесів, вертикальна – у розрізі системи загалом – домени – окремі процеси, а міжгалузева шляхом узгодження планів та змісту робіт із стандартизації, що проводяться різними групами.

Одним із важливих підсумків цієї роботи є поява у 2008 р. гармонізованих між собою стандартів:

ISO/IEC 15288:2015 Systems and software engineering – System life cycle processes.

Встановлює загальні засади опису ЖЦ систем, створених людьми. Визначає набір процесів ЖЦ та відповідну термінологію.

ISO/IEC 12207:2008 System and software engineering – Software life cycle processes.

Встановлює, використовуючи чітко визначену термінологію, загальну систему процесів ЖЦ ПС, на яку можна орієнтуватися в програмній індустрії.

На сьогоднішній момент це основні, базові стандарти в галузі СПІ, на основі яких розробляються фактичні стандарти для окремих галузей та процесів. Також розвиток фактичної стандартизації у галузі СПІ сьогодні пов'язано з формуванням правил та рекомендацій щодо застосування, або, як їх ще називають, посібників з архітектури (Architecture Framework). У цих посібниках описуються особливості практичного використання апробованих архітектурних стилів та передового досвіду розробки у різних галузях господарської діяльності.

Серед фактичних стандартів можна назвати такі:

ISO/IEC TR 19760:2003 Systems engineering – A guide for the application of ISO/IEC 15288 (System life cycle processes). Системна інженерія. Посібник із застосування ISO/IEC 15288. Містить рекомендації щодо адаптації стандарту ISO/IEC 15288 до конкретних систем та проектів.

ISO/IEC TR 24748-1:2010 Systems and software engineering – Life cycle management – Guide for life cycle management. СПІ. Посібник з управління ЖЦ. У контексті стандартів ISO/IEC 15288 та ISO/IEC 12207 визначає порядок використання моделей ЖЦ.

ISO/IEC/IEEE 16326:2009 - СПІ. Процеси ЖЦ. Управління проектами.

ISO/IEC 16085:2006 - СПІ. Процеси ЖЦ. Управління ризиками. Визначає процес управління ризиками у ЖЦ. Може використовуватись самостійно або як додовнення до процесів ЖЦ, визначених ISO/IEC 15288 та ISO/IEC 12207.

ISO/IEC 15939:2007 - СПІ. Процес виміру. Визначає процес вимірювання, придатний для використання у галузі СПІ, а також менеджменту.

ISO/IEC TR 24774:2007 - СПІ. Управління ЖЦ. Посібник з опису процесу. Встановлює загальні правила побудови еталонних моделей процесів ЖЦ з використанням характеристик цілей процесу, його результатів, виконуваних дій та робіт.

# ISO/IEC 25010:2011 Systems and Software Engineering – Systems and Software Engineering Quality Requirements and Evaluation

ISO/IEC/IEEE 24765:2010 Systems and software engineering – Vocabulary

ISO/IEC/IEEE 42010:2011 Systems and software engineering – Architecture description

ISO 15926 Industrial automation systems and integration—Integration of life-cycle data for process plants including oil and gas production facilities

ISO/IEC 29110:2011 Systems Engineering Standards for Very Small Entities

Згадані специфікації є стандартами прямої дії. Вони містять рекомендації та положення щодо того, що слід робити, залишаючи рішення про те, як це робити, на розсуд сторін, які створюють систему та управлюють проектом.

Сучасні рекомендації щодо системної інженерії припускають, що кожна галузь або велика корпорація розробляє на основі стандартів, подібних ISO/IEC 15288 та ISO/IEC 12207, власні нормативні документи, адаптовані до корпоративних потреб, а з урахуванням отриманих результатів визначається сукупність методів та інструментів управління процесами ЖЦ під час створення систем.

Серед професійних стандартів процесу розробки найважливішими слід вважати стандарти

ISO/IEC 26702 (IEEE Std 1220:2005) Systems engineering – Application and management of the systems engineering process - Застосування та управління процесом розробки систем.

ISO/IEC/IEEE 29148 Systems and software engineering – Life cycle processes – Requirements engineering

стандарт Американського національного інституту стандартів (American National Standards Institute - ANSI) та Альянсу електронної індустрії (Electronic Industries Alliance - EIA) ANSI/EIA 632 розробки систем (Processes for Engineering a System).

## Основні стандарти системної інженерії українською мовою

ДСТУ ISO/IEC/IEEE 15288:2016 Інженерія систем і програмного забезпечення. Процеси життєвого циклу систем (ISO/IEC/IEEE 15288:2015, IDT)

Складність штучних систем збільшилася до безпрецедентного рівня. Цей факт сприяв появі нових можливостей, але, разом з тим, і створив нові проблеми для організацій, що створюють і використовують системи. Ці виклики проходять через уесь ЖЦ системи та всі рівні її архітектури. Цей стандарт містить модель узагальнених процесів, що описують ЖЦ створених людьми систем. Під час опису стандарт використовує інженерно-технічний підхід. Системна інженерія – це набір міждисциплінарних підходів і засобів, які сприяють створенню успішних систем. Вона фокусується на визначені потреб зацікавлених сторін і необхідних функціональних можливостях на ранніх стадіях циклу розроблення, документування вимог, а потім приступає до синтезу проектування та перевірення системи під час розгляду повного завдання. Вона інтегрує дисципліни та спеціалізації, утворюючи структурований процес розроблення, який містить усе від концепції та розроблення до експлуатації. Вона враховує бізнесові й технічні потреби всіх зацікавлених сторін для надання якісного продукту, який відповідає потребам користувачів й інших зацікавлених сторін. Цей ЖЦ охоплює концепцію від зародження системи до її списання. Він описує процеси придбання та постачання систем. Він допомагає поліпшити взаємодію та співробітництво між сторонами, які створюють, використовують й управляють сучасними системами. Крім того, ця модель передбачає оцінювання та вдосконалення процесів ЖЦ.

**ДСТУ ISO/IEC/IEEE 12207:2018 Інженерія систем і програмних засобів.  
Процеси життєвого циклу програмних засобів (ISO/IEC/IEEE 12207:2017, IDT).**

## **ПІДТВЕРДЖУВАЛЬНЕ ПОВІДОМЛЕННЯ**

Державне підприємство  
«Український науково-дослідний і навчальний центр  
проблем стандартизації, сертифікації та якості»  
(З питань придбання офіційного видання звертайтеся до національного органу стандартизації  
(ДП «УкрНДНЦ»))

Наказ від 06.08.2018 № 261

**ISO/IEC/IEEE 12207:2017**

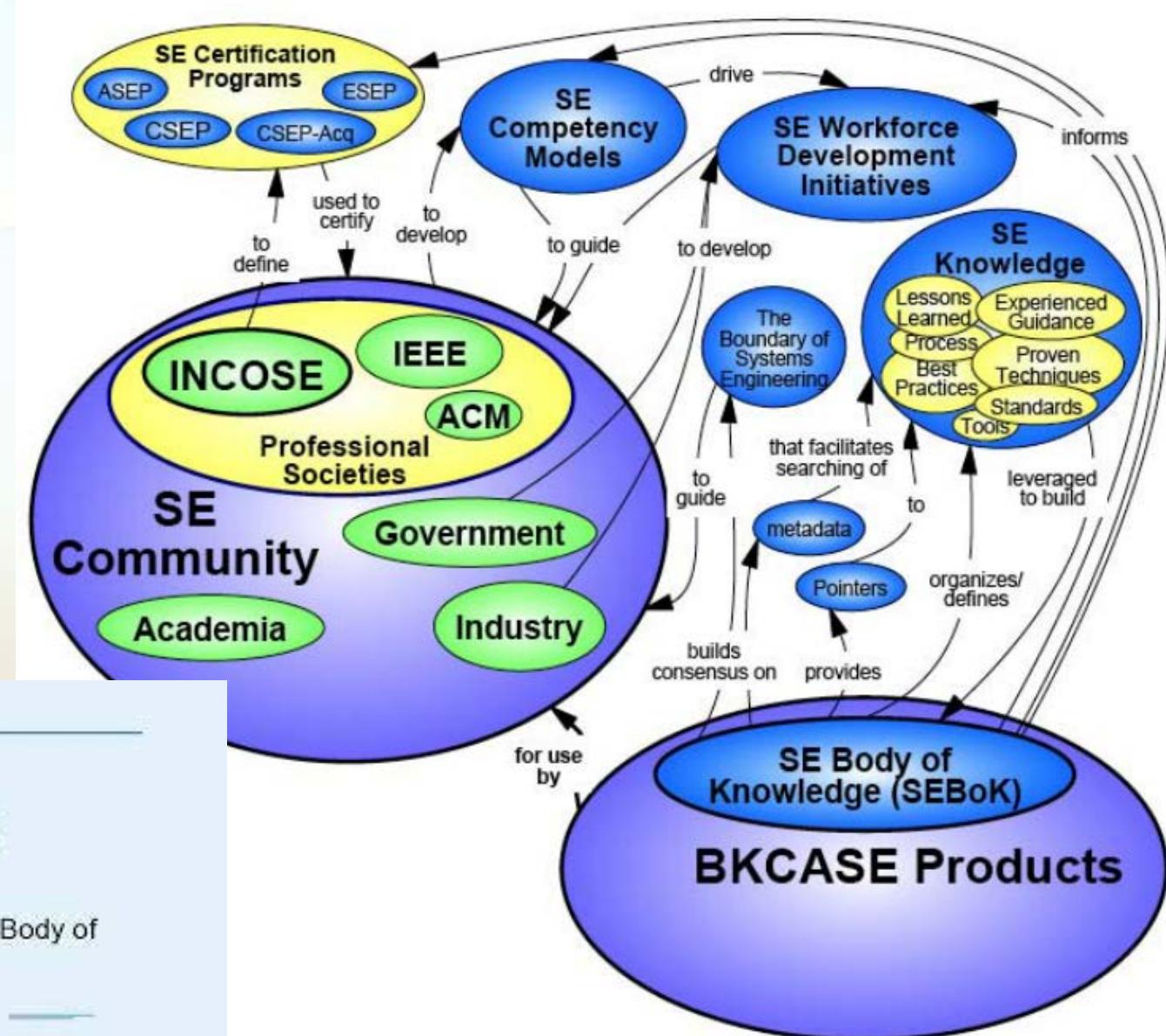
**Systems and software engineering — Software life cycle processes**

прийнято як національний стандарт  
методом «підтвердження» за позначенням  
Відповідає офіційному тексту

**ДСТУ ISO/IEC/IEEE 12207:2018  
(ISO/IEC/IEEE 12207:2017, IDT)**

**Інженерія систем і програмних засобів.  
Процеси життєвого циклу програмних засобів**

Systems Engineering Body of Knowledge (Звід знань в області системної інженерії) - огляд системної інженерії, з переліком літератури та глосарієм.



Technology, IT etc.

## SEBOK

means

Software Engineering Body of Knowledge

Перелік Національних стандартів України для створення, впровадження та супровождження автоматизованих і інформаційних систем:

ДСТУ 3008-95 „Документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення”;

ДСТУ 3973-2000 „Правила виконання науково-дослідних робіт. Загальні положення”;

ДСТУ 3974-2000 „Правила виконання дослідно-конструкторських робіт. Загальні положення”;

ДСТУ 3396.0-96 Захист інформації. Технічний захист інформації. Основні положення;

ДСТУ 3396.1-96 Захист інформації. Технічний захист інформації. Порядок проведення робіт;

ДСТУ 3396.2-97 Захист інформації. Технічний захист інформації. Терміни та визначення;

ДСТУ 2844-94 Програмні засоби ЕОМ. Забезпечення якості. Терміни та визначення;

ДСТУ 2873-94 Системи оброблення інформації. Програмування. Терміни та визначення;

ДСТУ 2941-94 Системи оброблення інформації. Розроблення систем. Терміни та визначення;

ДСТУ ISO/IEC 2382-15:2005 Інформаційні технології. Словник термінів. Частина 15. Мови програмування;

ДСТУ ISO/IEC 2382-5:2005 Інформаційні технології. Словник термінів. Частина 5. Подання даних;

ДСТУ ISO/IEC 2382-4:2005 Інформаційні технології. Словник термінів. Частина 4. Організація даних;

ДСТУ ISO/IEC 2382-17:2005 Інформаційні технології. Словник термінів. Частина 17. Бази даних;

ДСТУ ISO/IEC 2382-18:2005 Інформаційні технології. Словник термінів. Частина 18. Розподілене оброблення даних;

ДСТУ ISO/IEC 2382-9:2005 Інформаційні технології. Словник термінів. Частина 9: Обмін даними;

ДСТУ ISO/IEC 2382-14:2005 Інформаційні технології. Словник термінів. Частина 14. Безвідмовність, ремонтопридатність і готовність;

- ДСТУ ISO/IEC 90003:2006 Програмна інженерія. Настанови щодо застосування ISO 9001:2000 до програмного забезпечення (ISO/IEC 9003:2004, IDT);
- ДСТУ 4071-2002 Інформаційні технології. Архітектура відкритого розподіленого керування та підтримка загальної архітектури брокера об'єктних запитів (CORBA);
- ДСТУ 4072-2002 Інформаційні технології. Мови програмування, їхні середовище і системний інтерфейс. Незалежний від мов виклик процедур (LIPC);
- ДСТУ ISO/IEC TR 14369:2003 Інформаційні технології. Мови програмування, їхні середовище і системний інтерфейс. Настанова щодо підготовки незалежних від мов специфікацій сервісу (LISS);
- ДСТУ 4249:03 Інформаційні технології. Настанова щодо POSIX-сумісних середовищ відкритих систем (POSIX-OSE) (ISO/IEC TR 14252:1996, MOD);
- ДСТУ 2850-94 Програмні засоби ЕОМ. Показники і методи оцінювання якості;
- ДСТУ 2851-94 Програмні засоби ЕОМ. Документування результатів випробувань;
- ДСТУ 2853-94 Програмні засоби ЕОМ. Підготовлення і проведення випробувань;
- ДСТУ 3919-99 (ISO/IEC 14102:1995) Інформаційні технології. Основні напрямки оцінювання та відбору CASE-інструментів;
- ДСТУ 4302:2004 Інформаційні технології. Настанови щодо документування комп'ютерних програм (ISO/IEC 6592:2000, MOD) ;
- ДСТУ ISO/IEC TR 12182:2004 Інформаційні технології. Класифікація програмних засобів (ISO/IEC TR 12182:1998, IDT) ;
- ДСТУ ISO/IEC 14598-1:2004 Інформаційні технології. Оцінювання програмного продукту. Частина 1. Загальний огляд (ISO/IEC 14598-1:1999, IDT) ;
- ДСТУ ISO/IEC 14598-2:2005 Інформаційні технології. Оцінювання програмного продукту. Частина 2. Планування та керування (ISO/IEC 14598-2:2000, IDT) ;
- ДСТУ ISO/IEC 14598-3:2005 Інформаційні технології. Оцінювання програмного продукту. Частина 3. Процес для розробників (ISO/IEC 14598-3:2000, IDT) ;
- ДСТУ ISO/IEC 14598-4:2005 Інформаційні технології. Оцінювання програмного продукту. Частина 4. Процес для замовників (ISO/IEC 14598-4:1999, IDT) ;
- ДСТУ ISO/IEC 14598-5:2005 Інформаційні технології. Оцінювання програмного продукту. Частина 5. Процес для оцінювачів (ISO/IEC 14598-5:1998, IDT) ;

ДСТУ ISO/IEC 14598-6:2005 Інформаційні технології. Оцінювання програмного продукту.

Частина 6. Документація модулів оцінювання (ISO/IEC 14598-6:2001, IDT);

ДСТУ ISO/IEC 14764-2002 Інформаційні технології. Супровід програмного забезпечення (ISO/IEC 14764:1999, IDT);

ДСТУ ISO/IEC TR 15504-1-2002 Інформаційні технології. Оцінювання процесів життєвого циклу програмних засобів. Частина 1. Концепції та вступна настанова (ISO/IEC TR 15504-1:1998, IDT) ;

ДСТУ ISO 9735-1:2006 Електронний обмін даними для адміністрування, у торгівлі і на транспорті (EDIFACT). Правила синтаксису прикладного рівня (номер версії синтаксису: 4, номер редакції синтаксису: 1); у 10 частинах.

ДСТУ ISO/TS 20625:2007 Обмін електронними даними для управління, торгівлі і транспорту (EDIFACT). Правила генерації файлів XML-схем (XSD) на основі настанови з реалізації EDI(FACT);

ДСТУ 4145:2002 Інформаційні технології. Криптографічний захист інформації. Електронний цифровий підпис, що ґрунтуються на еліптичних кривих;

ДСТУ ISO/IEC 13888-2002 Інформаційні технології. Методи захисту. Неспростовність»: Частина 1. Загальні положення;

ДСТУ ISO/IEC 13888-2002 Інформаційні технології. Методи захисту. Неспростовність»: Частина 3. Механізми з використанням асиметричних методів

ДСТУ ISO/IEC 14888-1:2002 Інформаційні технології. Методи захисту. Цифрові підписи з доповненням» Частина 1. Загальні положення

ДСТУ ISO/IEC 14888-2:2002 Інформаційні технології. Методи захисту. Цифрові підписи з доповненням» Частина 2. Механізми на основі ідентифікаторів

ДСТУ ISO/IEC 14888-3:2002 Інформаційні технології. Методи захисту. Цифрові підписи з доповненням» Частина 3. Механізми на основі сертифікатів

ДСТУ ISO/IEC 10118-1:2000 Інформаційні технології. Методи захисту. Геш функції. Частина 1. Загальні положення

ДСТУ ISO/IEC 10118-2:2000 Інформаційні технології. Методи захисту. Геш функції. Частина 2. Геш функції, що використовують n-бітний блоковий шифр

ДСТУ ISO/IEC 10118-3:2004 Інформаційні технології. Методи захисту. Геш функції. Частина 3. Спеціалізовані геш функції

ДСТУ ISO/IEC 13335-1:2004 Інформаційні технології. Методи захисту. Керування інформацією та безпекою технології комунікацій. Частина 1. Поняття та моделі для інформації та керування безпекою технології комунікацій

ДСТУ ISO/IEC 15946-1:2008 Інформаційні технології. Методи захисту. Криптографічні методи, засновані на еліптичних кривих. Частина 1. Загальні положення

ДСТУ ISO/IEC 18014-1:2002 Інформаційні технології. Методи захисту. Послуги штемпелювання часу - Частина 1: Структура

ДСТУ ISO/IEC 18014-2:2002 Інформаційні технології. Методи захисту. Послуги штемпелювання часу. Частина 2. Механізми, що генерують незалежні токени

ДСТУ ISO/IEC 9798-1:1997 Інформаційні технології. Методи захисту. Автентифікація сущності. Частина 1. Загальні положення

ДСТУ ISO/IEC 9798-3:1998 Інформаційні технології. Методи захисту. Автентифікація сущності. Частина 3. Механізми, що використовують методи цифрового підпису

ДСТУ ISO/IEC TR 13335-1:2001 Інформаційні технології. Настанова для керування IT безпекою. Частина 5. Настанова керування безпекою мережі

ДСТУ-П CWA 14172-1:2008 Настанова EESSI з оцінювання відповідності. Частина 1: Загальні положення

ДСТУ-П CWA 14172-2:2008 Настанова EESSI з оцінювання відповідності. Частина 2. Послуги та процеси органу сертифікації

ДСТУ-П CWA 14172-3:2008 Настанова EESSI з оцінювання відповідності. Частина 3. Надійні системи, що управлюють сертифікатами для електронних підписів

ДСТУ-П CWA 14172-4:2008 Настанова EESSI з оцінювання відповідності. Частина 4. Застосування для накладання підпису та загальні настанови з перевірки електронного підпису

ДСТУ-П CWA 14172-5:2008 Настанова EESSI з оцінювання відповідності. Частина 5. Безпечні засоби створення підпису

ДСТУ-П CWA 14172-6:2008 Настанова EESSI з оцінювання відповідності. Частина 6. Засіб створення підписів, що підтримує підписи, крім кваліфікованих

ДСТУ-П CWA 14172-7:2008 Настанова EESSI з оцінювання відповідності. Частина 7. Криптографічні модулі, використовувані провайдерами послуг сертифікації для операцій підписування та послуг генерування ключів

ДСТУ-П CWA 14172-8:2008 Настанова EESSI з оцінювання відповідності. Частина 8. Послуги та процеси органу штемпелювання часу

ДСТУ CWA 14365-1:2008 Настанова з використання електронних підписів. Частина 1. Юридичні та технічні аспекти

ДСТУ ISO/IEC 8824-1:2008 Інформаційні технології. Нотація абстрактного синтаксису (ASN.1) Частина 1: Специфікація базової нотації

ДСТУ ISO/IEC 8824-2:2008 Інформаційні технології. Нотація абстрактного синтаксису 1 (ASN.1). Частина 2. Специфікація інформаційного об'єкту

ДСТУ ISO/IEC 8824-3:2008 Інформаційні технології. Нотація абстрактного синтаксису 1 (ASN.1) Частина 3. Специфікація обмежень

ДСТУ ISO/IEC 8824-4:2008 Інформаційні технології Нотація абстрактного синтаксису 1 (ASN.1) Частина 4: Параметризація специфікацій ASN.1

ДСТУ CWA 14167-3:2008 Криптографічний модуль для послуг генерування ключів провайдером послуг сертифікації. Профіль захисту CMCKG-PP

ДСТУ ETSI TS 101 733:2009 Електронні підписи та інфраструктури (ESI). CMS-розширені електронні підписи (CAdES)

ДСТУ ETSI TS 102 734:2009 Електронні підписи й інфраструктури; Профілі CMS розширених електронних підписів, що ґрунтуються на TS 101 733 (CAdES)

ДСТУ ETSI TS 101 903:2009 XML-розширені електронні підписи (XAdES)

ДСТУ ETSI TS 102 904:2009 Електронні підписи й інфраструктури. Профілі розширених електронних підписів XML, що ґрунтуються на TS 101 903 (XAdES)

ДСТУ ETSI TS 101 862:2009 Профіль посилених сертифікатів

ДСТУ ETSI TS 101 861: 2009 Профіль штемпелювання часу

ДСТУ ETSI TS 102 176-1:2009 Електронні підписи й інфраструктури (ESI). Алгоритми й параметри для безпечних електронних підписів Частина 1. Геш-Функції й асиметричні алгоритми

ДСТУ ETSI TS 102 176-2:2009 Електронні підписи й інфраструктури (ESI). Алгоритми та параметри для безпечних електронних підписів. Частина 2. Протоколи безпечного каналу й алгоритми для засобів накладання підпису

ДСТУ ETSI TS 102 023:2009 Електронні підписи й інфраструктури (ESI). Вимоги політики для органів штемпелювання часу

ДСТУ ETSI TS 102 047:2009 Міжнародна гармонізація форматів електронних підписів

ДСТУ ETSI TS 102 045:2009 Електронні підписи й інфраструктури (ESI). Політика підписів для розширеної бізнес-моделі

ДСТУ 4353-5:2004 Інформаційні технології. Восьмибітні однобайтні набори кодованих графічних символів. Частина 5: Латиниця/кирилиця (ISO/IEC 8859-5:1999)

ДСТУ 4354-1:2004 Інформаційні технології. Універсальний мультиоктетний набір кодованих символів (UCS). Частина 1: Архітектура і базова мультилінгвістична плата (ISO/IEC 10646-1:2000)

ДСТУ 4355-2004 Інформаційні технології. Процедура реєстрації ESCAPE-послідовностей і наборів кодованих символів (ISO/IEC 2375:2003)

ДСТУ 4356-2004 Інформаційні технології. Міжнародне впорядкування і зіставлення рядків. Метод порівняння символьних рядків і опис порядку підгонки загальних шаблонів (ISO/IEC 14651:2001)

ДСТУ 4358-2004 Інформаційні технології. Процедури реєстрації культурних елементів (ISO/IEC 15897:1999)

ДСТУ ISO/IEC TR 11017:2004 Інформаційні технології. Середовище інтернаціоналізації (ISO/IEC TR 11017:1998)

ДСТУ 3986:2000 (ISO 8879:1986) Інформаційні технології. Електронний доку-ментообіг. Стандартна мова узагальненої розмітки (SGML)

ДСТУ 3719:1998 (ISO/IEC 8613:1989) Інформаційні технології. Електронний документообіг. Архітектура службових документів (ODA) та обмінний формат. Частини 1-4

ГОСТ 19.001-77. Єдина система програмної документації. Загальні положення;

ГОСТ 19.005-85. Єдина система програмної документації. Р-схеми алгоритмів та програм. Позначення умовні графічні та правила виконання;

ГОСТ 19.101-77 (СТ С3В 1626-79). Єдина система програмної документації. Види програм і програмних документів;

ГОСТ 19.102-77. Єдина система програмної документації. Стадії розробки;

ГОСТ 19.103-77. Єдина система програмної документації. Позначення програм програмних документів;

ГОСТ 19.104-78 (СТ С3В 2088-80). Єдина система програмної документації. Основні написи;

ГОСТ 19.105-78 (СТ С3В 2088-80). Єдина система програмної документації. Загальні вимоги до текстових програмних документів;

ГОСТ 19.106-78 (СТ С3В 2088-80). Єдина система програмної документації. Вимоги до програмних документів, що виконані друкованим способом;

ГОСТ 19.201-78 (СТ С3В 1627-79). Єдина система програмної документації. Технічне завдання. Вимоги до змісту та оформлення;

ГОСТ 19.202-78 (СТ С3В 2090-80). Єдина система програмної документації. Специфікація. Вимоги до змісту та оформлення;

ГОСТ 19.301-79 (СТ С3В 3747-82). Єдина система програмної документації. Програма та методика випробувань. Вимоги до змісту та оформлення;

ГОСТ 19.401-78 (СТ С3В 3746-82). Єдина система програмної документації. Текст програми. Вимоги до змісту та оформлення;

ГОСТ 19.402-78 (СТ С3В 2092-80). Єдина система програмної документації. Опис програми;

ГОСТ 19.403-79. Єдина система програмної документації. Відомість утримувачів оригіналів;

ГОСТ 19.404-79. Єдина система програмної документації. Пояснювальна записка. Вимоги до змісту та оформлення;

ГОСТ 19.501-78. Єдина система програмної документації. Формуляр. Вимоги до змісту та оформлення;

ГОСТ 19.502-78 (СТ С3В 2093-80). Єдина система програмної документації. Опис застосування. Вимоги до змісту та оформлення;

ГОСТ 19.503-79 (СТ С3В 2094-80). Єдина система програмної документації. Насстанова системного програміста. Вимоги до змісту та оформлення;

ГОСТ 19.504-79 (СТ С3В 2095-80). Єдина система програмної документації. Настанова програміста. Вимоги до змісту та оформлення;

ГОСТ 19.505-79 (СТ С3В 2096-80). Єдина система програмної документації. Настанова оператора. Вимоги до змісту та оформлення;

ГОСТ 19.506-79 (СТ С3В 2097-80). Єдина система програмної документації. Опис мови. Вимоги до змісту та оформлення;

ГОСТ 19.507-79 (СТ С3В 2091-80). Єдина система програмної документації. Відомість експлуатаційних документів;

ГОСТ 19.508-79. Єдина система програмної документації. Посібник з технічного обслуговування. Вимоги до змісту та оформлення;

ГОСТ 19.602-78. Єдина система програмної документації. Правила дублювання, обліку та зберігання програмних документів, що виконані друкарським способом;

ГОСТ 19.603-78 (СТ С3В 2089-80). Єдина система програмної документації. Загальні правила внесення змін;

ГОСТ 19.604-78 (СТ С3В 2089-80). Єдина система програмної документації. Правила внесення змін до програмних документів, що виконані друкарським способом;

ГОСТ 19.701-90 (ІСО 5807-85). Єдина система програмної документації. Схеми алгоритмів, програм, даних та систем;

ГОСТ 19781-90 Програмне забезпечення систем обробки інформації. Терміни та визначення;

ГОСТ 28195-89. Оцінка якості програмних засобів. Загальні положення. ГОСТ 28806-90. Якість програмних засобів. Терміни та визначення;

ГОСТ 34.003-90. Інформаційна технологія. Комплекс стандартів на автоматизовані системи. Автоматизовані системи. Терміни та визначення;

ГОСТ 34.201-89. Інформаційна технологія. Комплекс стандартів на автоматизовані системи. Види, комплектність і позначення документів при створенні автоматизованих систем;

ГОСТ 34.601-90. Інформаційна технологія. Комплекс стандартів на автоматизовані системи. Автоматизовані системи. Стадії створення;

ГОСТ 34.602-89. Інформаційна технологія. Комплекс стандартів на автоматизовані системи. Технічне завдання на створення автоматизованої системи;

ГОСТ 34.603-92. Інформаційна технологія. Види випробувань автоматизованих систем;

РД 50-34.698-90. Методичні вказівки. Інформаційна технологія. Комплекс стандартів і керівних документів на автоматизовані системи. Автоматизовані системи. Вимоги до змісту документів;

РД 50-682-89. Методичні вказівки. Інформаційна технологія. Комплекс стандартів і керівних документів на автоматизовані системи. Загальні положення;

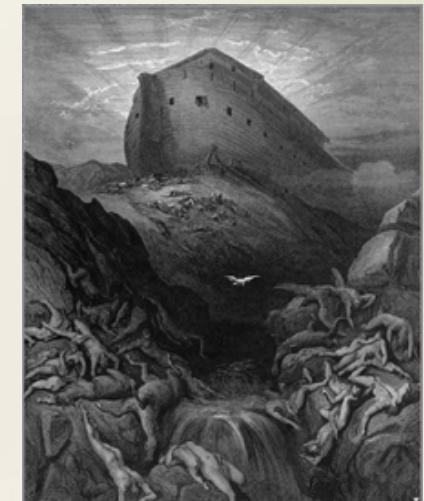
ГОСТ Р ИСО/ МЭК ТО 9274-93. Інформаційна технологія. Настанова з управління документуванням програмного забезпечення;

ГОСТ Р ИСО/МЭК ТО 10000-1-93. Інформаційна технологія. Основи та таксономія функціональних стандартів. Частина 1. Основи.

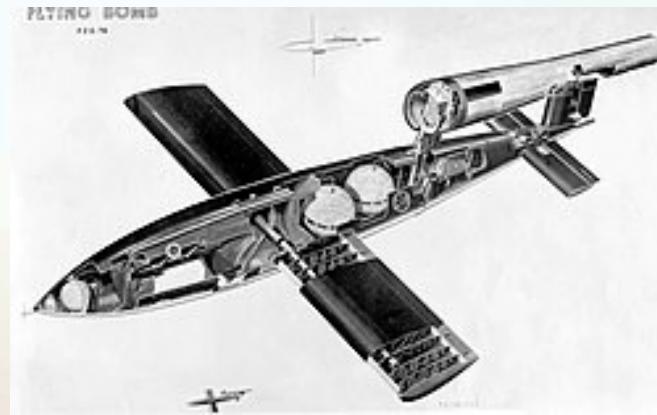
## 2. Походження системної інженерії.

Неможливо назвати конкретну дату виникнення системної інженерії як окремої дисципліни. Її принципи на тому чи іншому рівні застосовувалися ще при будівництві пірамід, а може бути, і того раніше. (В Біблії сказано, що Ноїв ковчег був побудований згідно системної специфікації.)

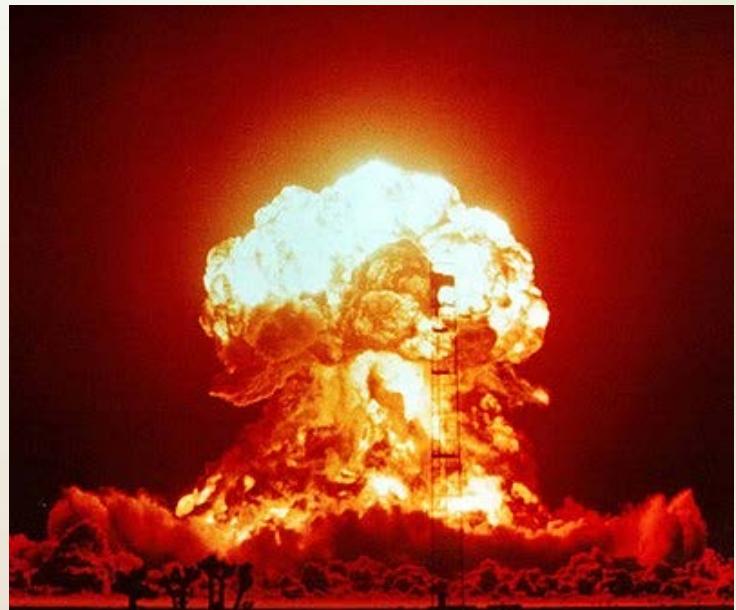
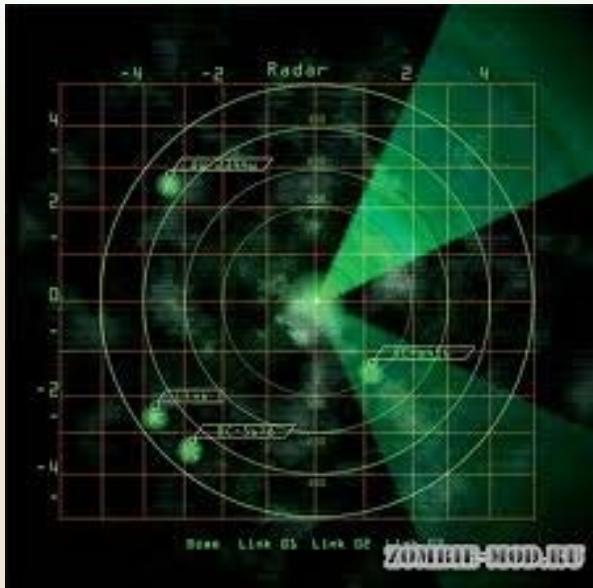
И сказал [Господь] Бог Ною: конец всякой плоти пришёл пред лице Мое, ибо земля наполнилась от них злодеяниями; и вот, Я истреблю их с земли. Сделай себе ковчег из дерева гофер; отделения сделай в ковчеге и осмоли его смолою внутри и снаружи. И сделай его так: длина ковчега триста локтей; ширина его пятьдесят локтей, а высота его тридцать локтей. И сделай отверстие в ковчеге, и в локоть сведи его вверху, и дверь в ковчег сделай с боку его; устрой в нём нижнее, второе и третье [жильё].



Виділення системної інженерії в якості особливої сфери діяльності часто пов'язують з наслідками Другої світової війни, особливо з 1950-1960-ми роками, коли вийшло кілька підручників, де системна інженерія вперше трактувалася як самостійна дисципліна і було визначено її місце в процесі створення систем. Взагалі, визнання системної інженерії в якості самостійного, особливого виду діяльності стало неминучим наслідком швидкого виникнення нових технологій і їх застосування в великих військових і комерційних розробках в другій половині ХХ століття.

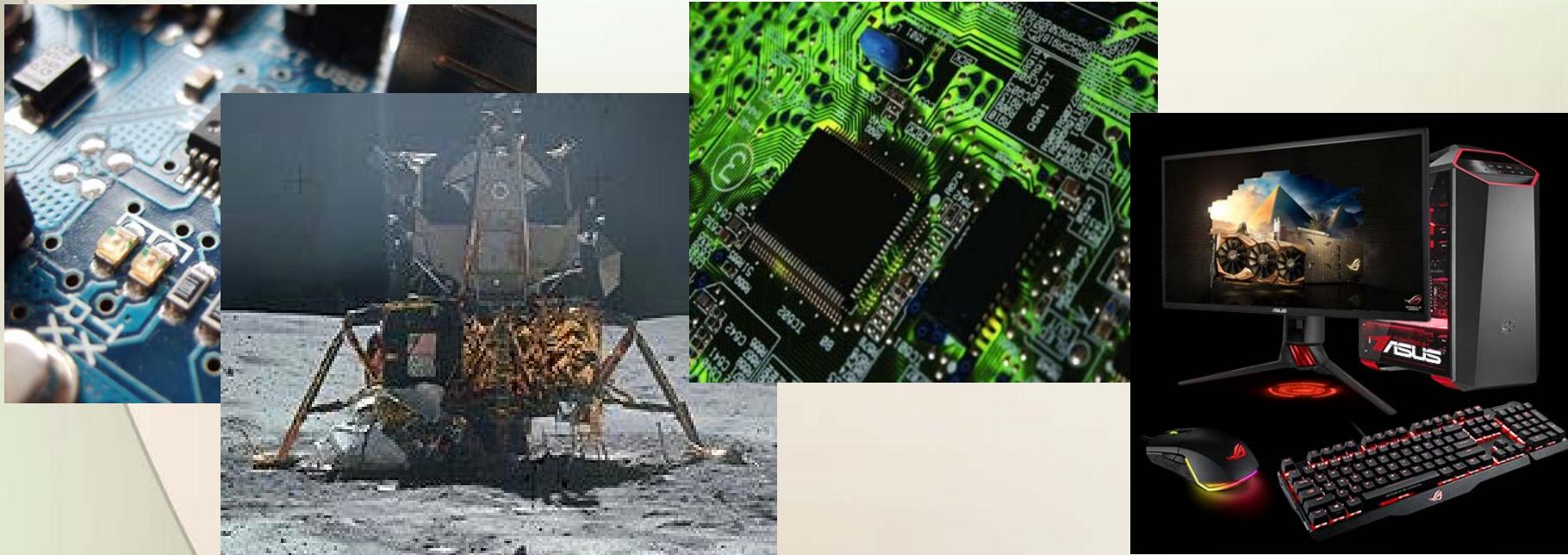


Пожежа Другої світової війни, різко прискорила розвиток технологій з метою отримання військової переваги. Розробка високоманеврових літаків, військових радарів, дистанційних детонаторів, німецьких ракет Фау-1,2 і особливо атомної бомби зажадали революційних проривів в області енергетики, матеріалознавства та ІТ. Ці системи були складні, поєднували в собі досягнення кількох технічних дисциплін, і при їх розробці виникли інженерні завдання набагато складніші, ніж ті, з якими доводилося стикатися раніше. До того ж гранично стислі терміни, які диктуються війною, зумовили необхідність такого рівня організації та ефективності, який зажадав нових підходів до планування програм і проектів, технічної координації та управління інженерною діяльністю. Системна інженерія в тому вигляді, в якому ми її сьогодні знаємо, стала відповіддю на ці виклики.



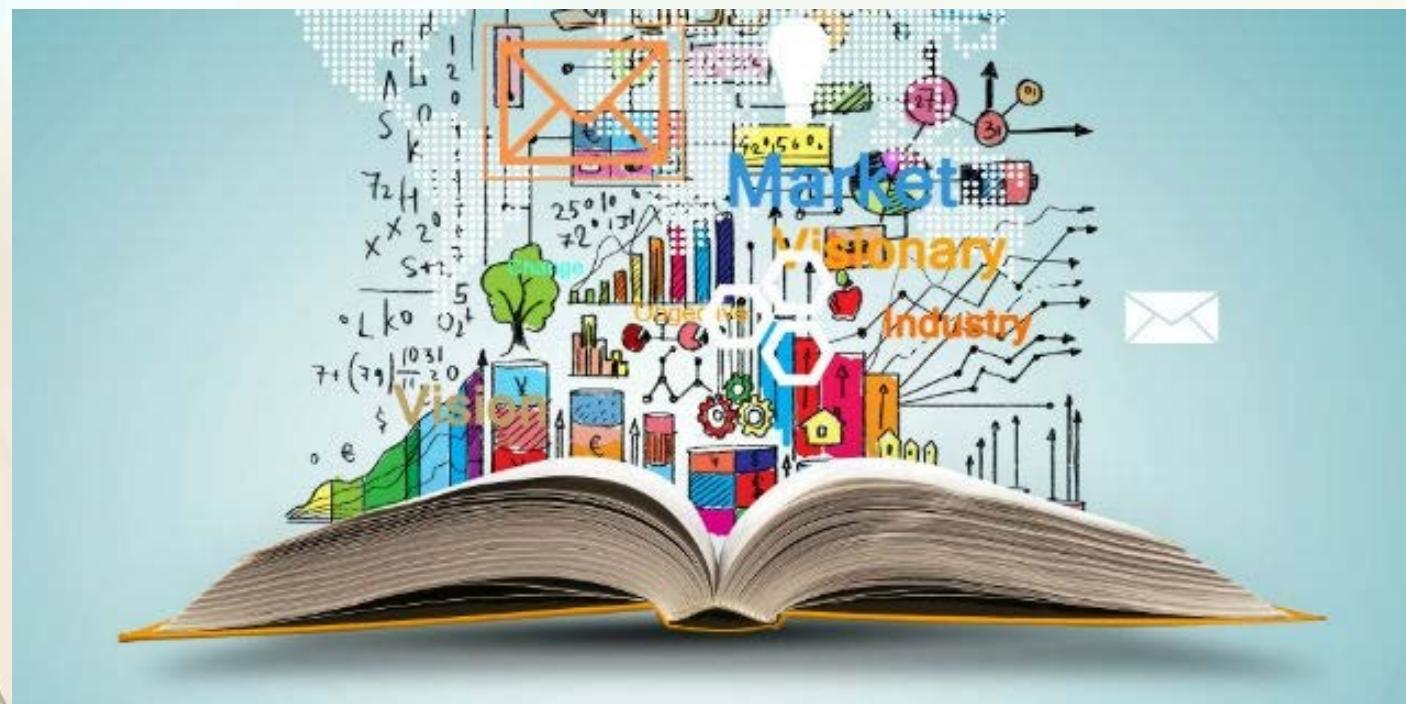
За часів «холодної війни» в період 50-70-х років вимоги військових продовжували стимулювати технологічний прогрес в області реактивних двигунів, систем управління та розробки нових матеріалів. Однак більш значний вплив на розвиток технологій зробив, інший напрямок - напівпровідникова електроніка. Саме завдяки їй став можливий триває і понині «вік інформації», коли обчислювальна техніка, мережі та засоби зв'язку дозволили розширити можливості і сферу використання систем далеко за раніше мисливі межі.

У зв'язку з цим особливого значення набуває створення цифрового комп'ютера і керуючого їм ПЗ, завдяки чому на зміну ручному стало приходити автоматичне керування системами. Комп'ютерне управління дозволяє якісно підвищити складність систем і представляє особливий інтерес для системної інженерії.



Зв'язок сучасної системної інженерії з її витоками найпростіше зрозуміти, взявши до уваги три основні чинники:

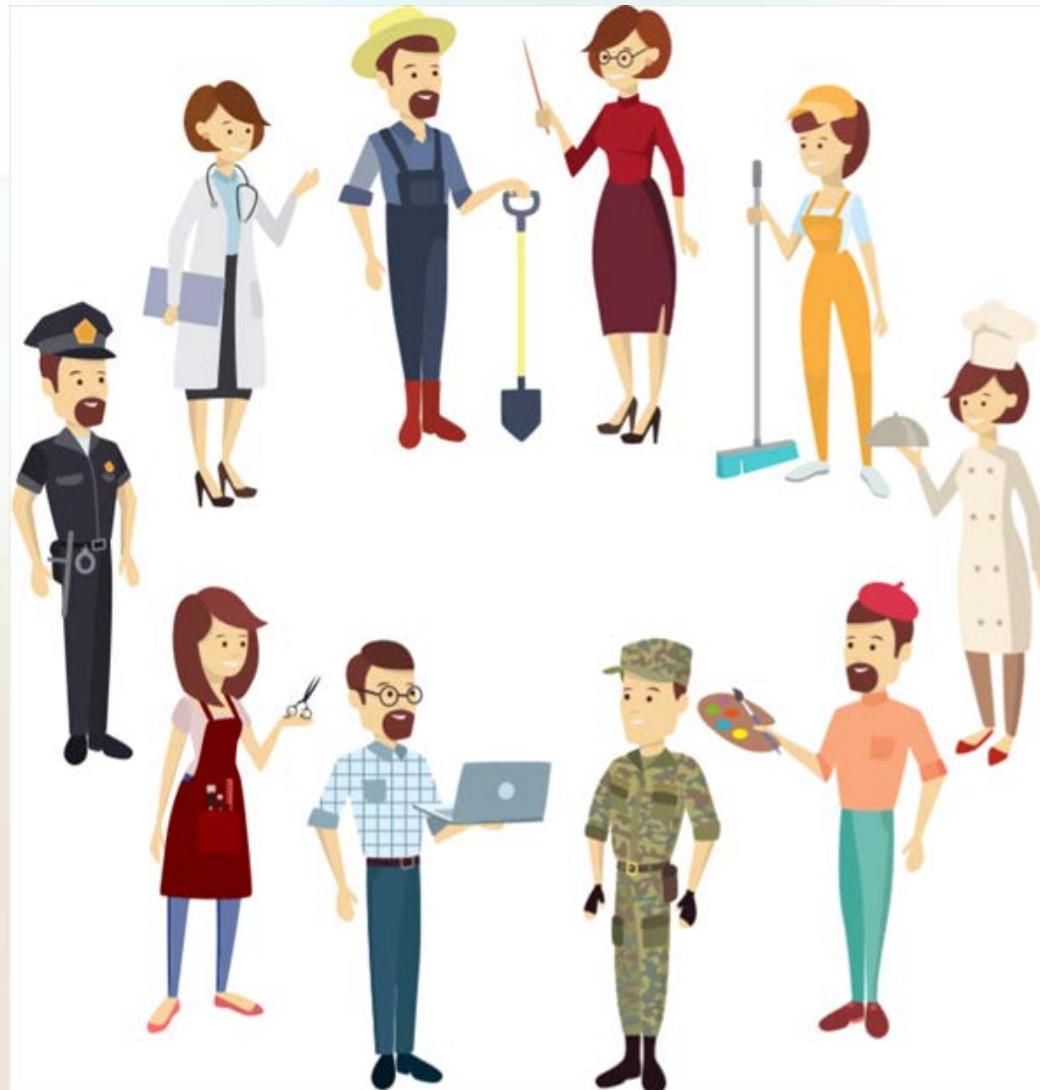
1. Технічний прогрес, який дає шанси для підвищення функціональних і інших можливостей системи, але одночасно приводить до появи ризиків, що відносяться безпосередньо до розробки, для управління якими потрібно керівництво з боку системного інженера; ні в якій іншій області це не проявляється настільки наочно, як у сфері автоматизації. Технологічні досягнення в галузі людино-машинного взаємодії, робототехнічних пристройів і ПЗ роблять саме цю область одним з місць, де з найбільшою швидкістю зростає вплив технологій на системне проектування.



2. Конкуренція, різні форми якої вимагають пошуку кращих (а значить і більш передових) системних рішень, для чого необхідно на різних рівнях системної ієрархії шукати компроміси між альтернативними підходами.



3. **Спеціалізація**, яка вимагає розбиття системи на складові частини, що відповідають конкретним типам виробів, які можуть бути спроектовані і виготовлені фахівцями, а також наявності строго встановлених правил сполучення цих частин і взаємодії між ними.



## Технічний прогрес: ризики

Вибуховий розвиток технологій у другій половині ХХ століття і в столітті нинішньому стало найважливішим фактором, що спричинило визнання системної інженерії невід'ємною частиною інженерної діяльності по створенню складних систем. Технічний прогрес не просто істотно розширив можливості колишніх систем, наприклад літаків, телекомунікаційних систем і електростанцій, а й призвів до створення абсолютно нових систем, заснованих на використанні реактивних двигунів, супутникового зв'язку і навігації, а також цілого ряду заснованих на комп'ютерах систем в сфері виробництва, фінансів, транспорту, розваг, охорони здоров'я та інших продуктів і послуг. Розвиток технологій не тільки вплинуло на природу продукції, а й принципово змінило способи проектування, виробництва і експлуатації. Це особливо важливо на ранніх стадіях розробки системи.



Сучасні технології зробили величезний вплив на сам підхід до інженерної справи. Традиційно інженерія зводилася до застосування відомих принципів до практичних завдань. Однак інновації приносять з собою нові матеріали, пристрой та процеси, характеристики яких ще не до кінця відомі і зрозумілі. При використанні нових технологій в процесі створення нових систем зростає ризик зіткнутися з несподіваними властивостями і ефектами, які можуть вплинути на роботу системи, а також вимагати внесення дорогих змін і привести до припинення програми або проекту.

Але і відмова від застосування новітніх технологій тягне за собою ризики, а саме ризик створити неповноцінну систему, яка занадто швидко застаріє. Якщо конкуренту вдасться подолати проблеми, пов'язані з впровадженням нових технологій, то його рішення буде мати більше шансів на успіх. Тому на правильно організованому підприємстві допускаються ретельно зважені технологічні ризики, які долаються за допомогою вмілого проектування, а також майстерного застосування системної інженерії та управління проектом.



Підхід системної інженерії до випереджаючого використанню новітніх технологій втілюється в практиці «управління ризиком». Управління ризиком - це процес, який передбачає оцінку ризику шляхом належної організації процесів аналізу, розробки, випробувань і технічного нагляду.

Облік ризиків - одна з найважливіших задач системної інженерії; вона вимагає великих знань про систему в цілому і про її критичних елементах. Зокрема, саме системна інженерія лежить в основі прийняття рішення про оптимальний баланс ризиків, тобто про те, які елементи системи найбільше виграють від застосування нових технологій, а які краще робити з перевірених часом компонентів. Крім того, системна інженерія допомагає прийняти рішення і про те, як зменшити неминучі ризики за допомогою правильно організованих процесів розробки і випробувань.



Поява цифрового комп'ютера і технологій створення ПЗ, про які говорилося вище, заслуговує на окрему згадку. Ця подія призвела до масштабного впровадження засобів автоматизації в різні системи управління, що застосовуються на заводах, в установах, лікарнях і в суспільстві в цілому. Автоматизація, що зводиться головним чином до програмно-апаратної обробки інформації, і її рідна сестра - автономність, яка додає можливість управління і контролю, розвиваються дуже швидкими темпами і мають величезний вплив на розробку сучасних систем.

Підвищення ступеня автоматизації позначається і на людях, які експлуатують системи: їх кількість зменшується, але при цьому зростають вимоги до кваліфікації і, отже, до проходження спеціального навчання. Людино-машинний інтерфейс і інші види взаємодії між людиною і системою також є предметом системної інженерії.



Постійно розширюється сфера застосування програмних засобів в інженерній справі; завдяки своїй потужності і гнучкості програмні засоби можуть замінити технічні засоби при реалізації деяких системних функцій, і частка таких функцій стає дедалі більше. Таким чином, можливості сучасних систем все в більшій мірі залежать від того, чи належним чином спроектовані і супроводжуються програмні компоненти системи. В результаті зусиль системних інженерів у все зростаючій мірі направляються на управління проектуванням програмного забезпечення і його застосування.



## Конкуренція: компроміси

Конкуренція тисне на процес розробки системи на декількох різних рівнях. У разі оборонних систем основним стимулом є ріст військового потенціалу передбачуваного супротивника, що знижує ефективність систем протидії. В кінцевому рахунку такий тиск змушує здійснювати програми розробок з метою відновлення паритету у військовій області за рахунок створення нової, більш ефективної системи або кардинальної модернізації існуючої.

Ще одне джерело конкуренції пов'язаний з використанням тендерів на модернізацію системи. Протягом тендера, який може охоплювати і початкові етапи розробки нової системи, учасники прагнуть придумати найбільш економічно ефективну програму або проект створення продукції, яка перевершує за своїми якостями пропозиції конкурентів.



При розробці комерційної продукції майже завжди є кілька компаній, які конкурують на одному і тому ж ринку. В такому випадку завдання полягає в тому, щоб створити новий ринок або захопити велику частку ринку, випустивши продукт, що перевершує пропозиції конкурентів з відливом, який буде зберігатися ще протягом ряду років. У всіх перерахованих ситуаціях для отримання конкурентної переваги майже завжди потрібно застосовувати найсучасніші технології.

Залучення коштів в обсягах, достатніх для фінансування розробки нової складної системи, також має на увазі конкуренцію, але на зовсім іншому рівні. Зокрема, як в урядових установах, так і в промислових компаніях заявок на ресурси набагато більше, ніж можна задовольнити, тому доводиться ретельно зважувати відносну окупність пропонованих програм. Це основна причина, по якій до розробок нових систем застосовується поетапний підхід, коли для переходу до все більш дорогим подальших етапах потрібні обґрунтування і формальне затвердження. Результати, отримані на кожному етапі великого проекту, повинні переконати відповідальних за прийняття рішення в тому, що кінцева мета буде з високою ймовірністю досягнута в рамках виділеного бюджету і в заплановані терміни.



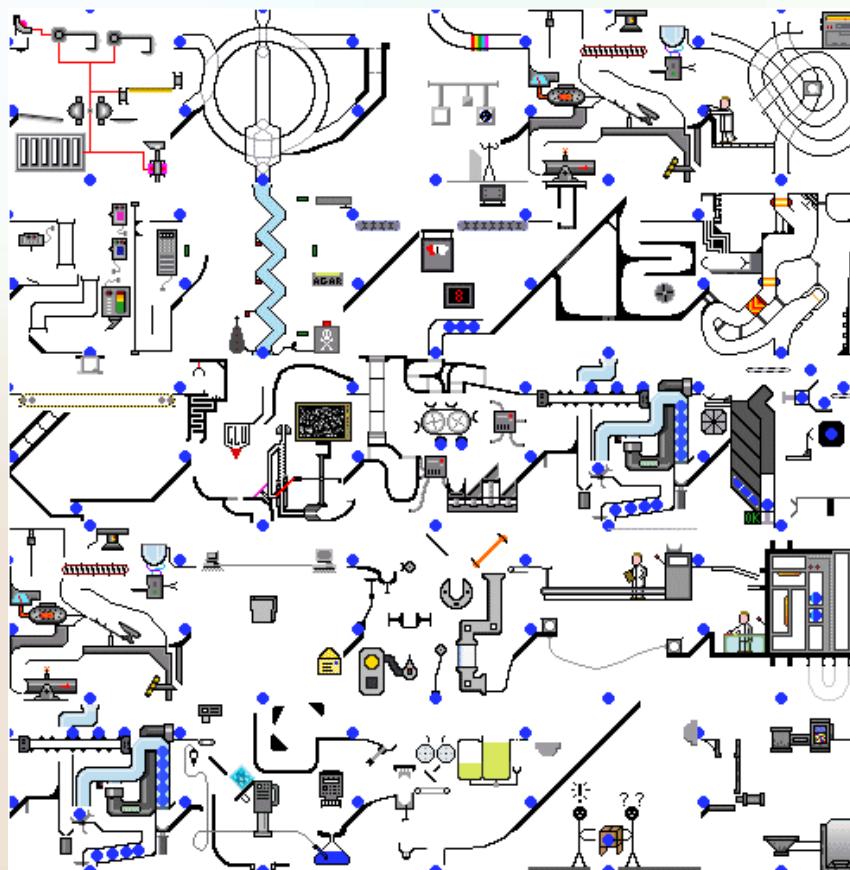
Існує також конкуренція між істотними характеристиками системи, і її обов'язково слід враховувати при розробці. Наприклад, завжди є конкуренція між функціональними характеристиками, вартістю і термінами розробки; оптимізувати всі відразу неможливо. Багато програм провалювалися через спроби домогтися рівнів показників функціонування, при яких проект опинявся неприйнятно дорогим. Можна провести аналогію з такими показниками функціонування автомобіля, як швидкість і пробіг. Вони не є незалежними - ефективність більшості транспортних засобів, а значить, і пробіг, знижуються зі збільшенням швидкості. Тому необхідно дослідити, в яких межах можуть змінюватися ці характеристики, і вибирати поєднання, яке найкращим чином відповідає потребам користувача.

Всі види конкуренції так чи інакше впливають на процес розробки, змушуючи прагнути до створення системи, яка має найкращими характеристиками, з найменшими витратами і в найкоротші терміни. Для вибору найбільш доцільного підходу потрібно досліджувати численні альтернативи і володіти широким технічним кругозором і аналітичними здібностями, наявними тільки у досвідчених системних інженерів. Ця процедура, яку часто називають «аналізом компромісів», є одним з наріжних каменів системної інженерії.



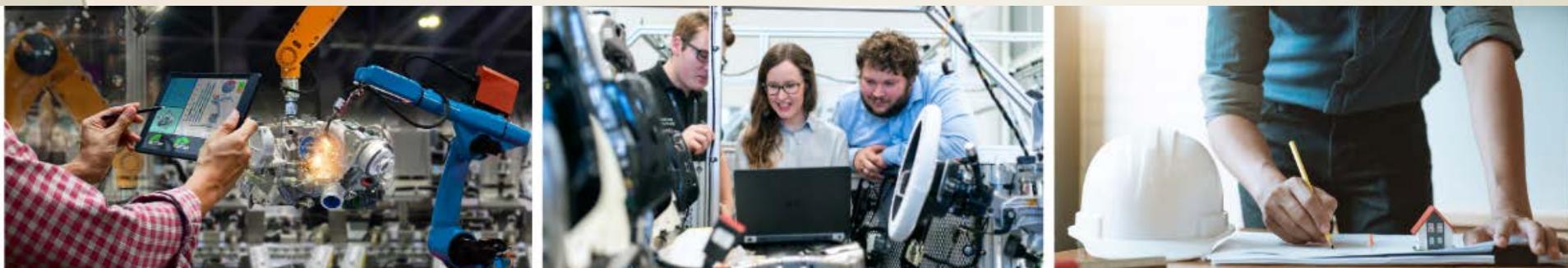
## Спеціалізація: сполучення

Складна система, що виконує різноманітні функції, повинна при необхідності мати таку компоновку, щоб кожна важлива функція була втілена в окремому компоненті, який, в свою чергу, може бути специфікований, розроблений, виготовлений і випробуваний як незалежний об'єкт. Такий підхід до поділу системи на частини дозволяє задіяти досвід організацій, що спеціалізуються на виробництві конкретних виробів, а значить, здатних розробити і провести компоненти найвищої якості за найменшою ціною.



Неосяжність і різноманітність інженерних знань, обсяг яких постійно зростає, змушують вибудовувати освітній процес і практичну інженерну діяльність з урахуванням прийнятого переліку інженерних спеціальностей. Щоб придбати досить глибокі знання в будь-який з цих областей, необхідна подальша спеціалізація (робототехніка, проектування цифрових схем, гідродинаміка). Таким чином, інженерна спеціалізація є першочерговою умовою в сфері інженерної діяльності та виробництва, її слід розглядати як найважливішу обставину в процесі розробки систем.

У всіх інженерних галузях створені спеціалізовані інструменти та засоби для автоматизації проектування і виробництва виробів. Великі й малі компанії зазвичай формують одну або кілька інженерних груп для розробки і виробництва пристройів, що відповідають потребам комерційного ринку або системно-орієнтованої галузі промисловості. Розробка взаємозамінних частин і автоматизованого складання стали одним з найбільших досягнень індустрії США.



Але за зручність розбиття складної системи на окремі складові частини доводиться платити. Цією платою є комплексування (агрегування) розрізнених частин в ефективно і безперебійно функціонуючу систему. Успішне комплексування означає, що кожна з частин ідеально з'єднана зі своїми сусідами і з зовнішнім оточенням, з яким вона взаємодіє. «Стиковка» повинна бути не тільки фізичної, а й функціональної, тобто конструкція одного елемента впливає на конструкцію і поведінку інших елементів і сама залежить від них, а спільне завдання полягає в тому, щоб система відгукувалася на що надходять із зовнішнього оточення сигналами точно так, як передбачено проектом. Фізичне стикування на кордонах компонентів називається сполученням або інтерфейсом. Інтерфейс - елемент апаратного або ПЗ, який пов'язує між собою два або більше елементів системи для передачі інформації між ними (ISO/IEC 24765). Функціональні зв'язки називаються взаємодіями.

Завдання аналізу, специфікації і валідації сполучень компонентів між собою і з зовнішнім оточенням входить за рамки компетенції окремих фахівців з проектування та є прерогативою системного інженера.

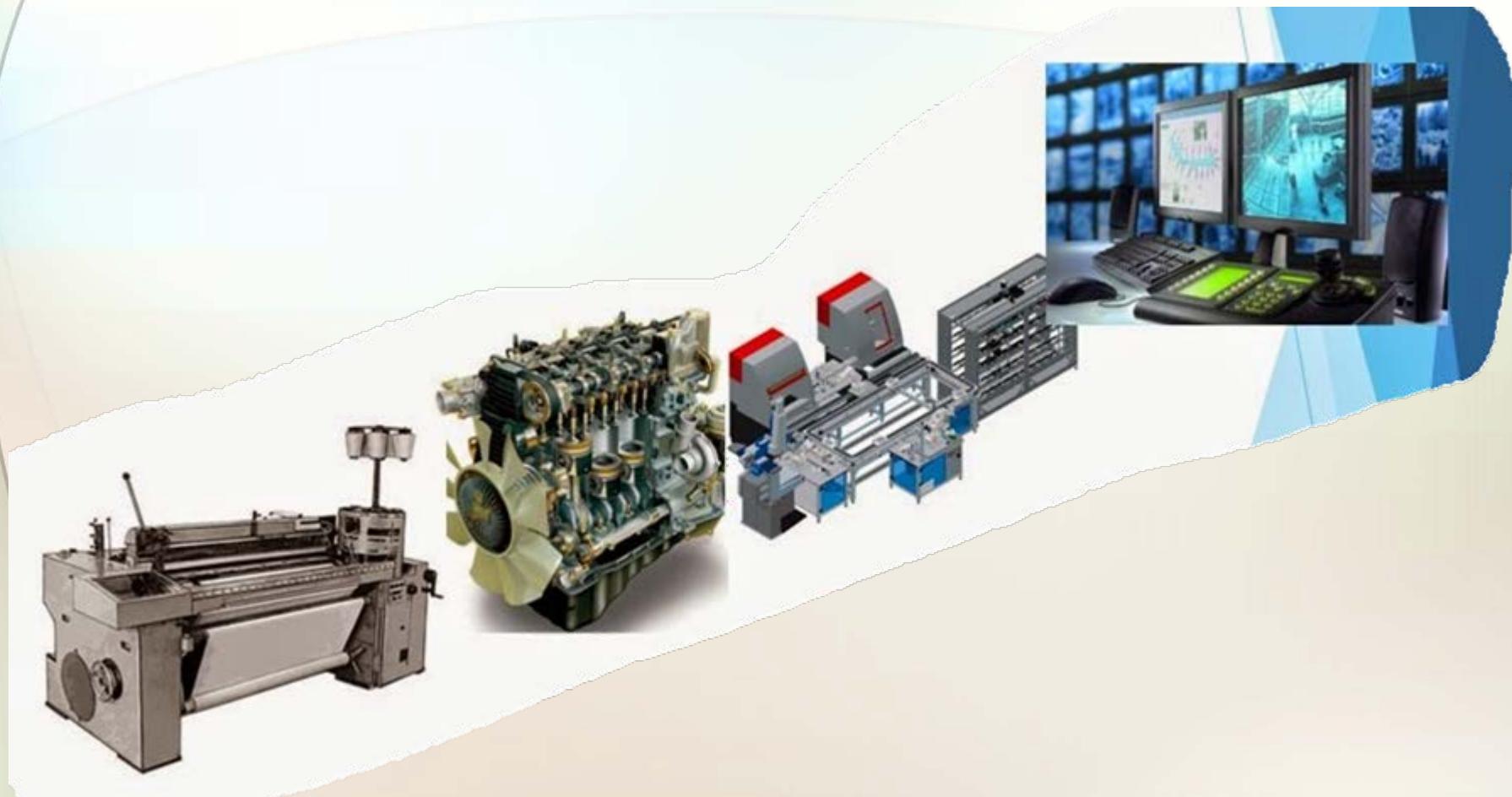


Прямим наслідком того, що систему прийнято розбивати на складові частини, є концепція модульності. **Модульність** - це міра, що характеризує ступінь взаємної незалежності окремих компонентів системи. **Модульність** - ступінь, в якій система або програма може бути охарактеризована як така, що складається з окремих елементів, таких, що зміна одного з компонентів призводить до мінімального впливу на інші компоненти (ISO/IEC 24765). Найважливіша мета системної інженерії полягає в досягненні високого ступеня модульності для того, щоб інтерфейси і взаємодії були максимально простими. Досягнення цієї мети дозволяє ефективно організувати виробництво і комплексування системи, її випробування, технічне обслуговування та ремонт в процесі експлуатації, а також підвищити надійність і полегшити модернізацію без виведення з експлуатації. Процес розбиття системи на складові частини-модулі ми будемо називати **функціональною декомпозицією**, цей процес є ще одним дуже важливим інструментом системної інженерії.



### 3. Приклади систем, які потребують системного інженера.

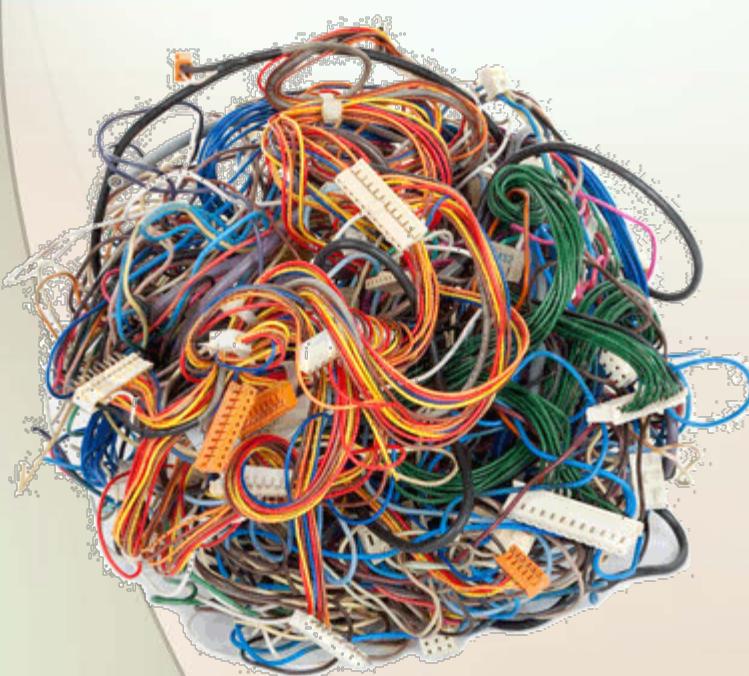
Наведене на початку широке визначення системи як сукупності взаємопов'язаних компонентів, які працюють спільно як єдине ціле для досягнення спільної мети, підходить і для більшості побутових приладів.

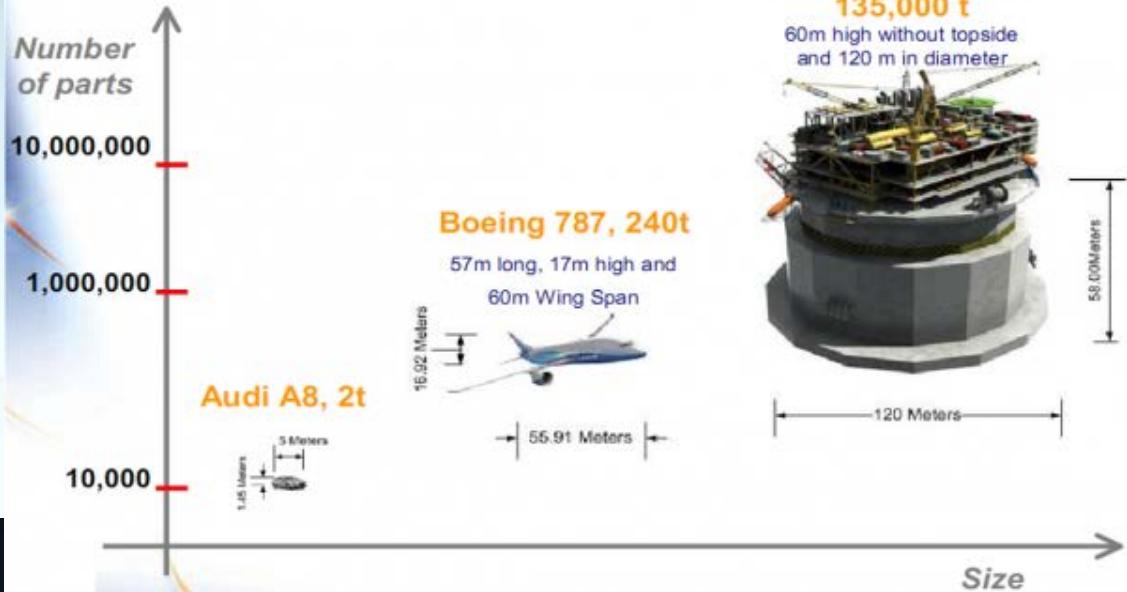


Пральна машина складається з головного барабана для завантаження білизни, електромотора, мішалки, насоса, таймера, внутрішнього обертового барабана і різних клапанів, датчиків і органів управління. Вона виконує послідовність часових операцій і різні допоміжні функції, що залежать від тривалості прання та режиму роботи, заданого оператором. Холодильник, мікрохвильова піч, посудомийна машина, пилосос і радіоприймач - всі вони виконують корисні операції систематичним чином.



Однак при створенні цих пристрійв використовуються лише одна-две інженерні дисципліни, а їх конструкція визначається давно усталеною технологією. Тому вони не відповідають **критерію складності**, і ми не будемо розглядати розробку нової моделі пральної машини або холодильника як завдання, для вирішення якої необхідно залучати системну інженерію в тому сенсі, в якому ми її розуміємо - хоча, звичайно, зусилля інженерів будуть потрібні для забезпечення надійності та управління витратами. Зрозуміло, в побутових пристроях все ширше застосовуються інтелектуальні автоматичні пристрої на основі нових мікропроцесорів, але подібні пристрої зазвичай автономні, а їх функціональні можливості, як правило, надлишкові і не в повній мірі використовуються для реалізації основної функції пристроя.



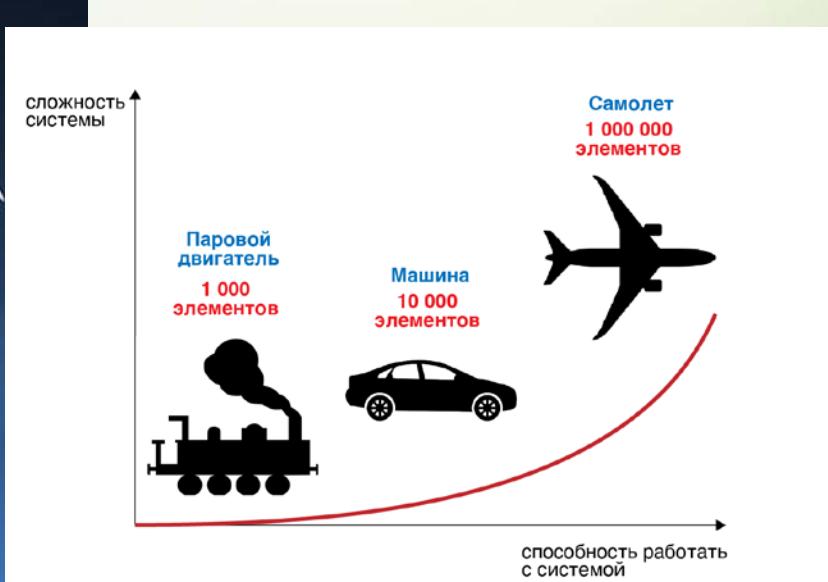


## The Boeing Extended Global Supply Chain

**783** million parts are procured in one year

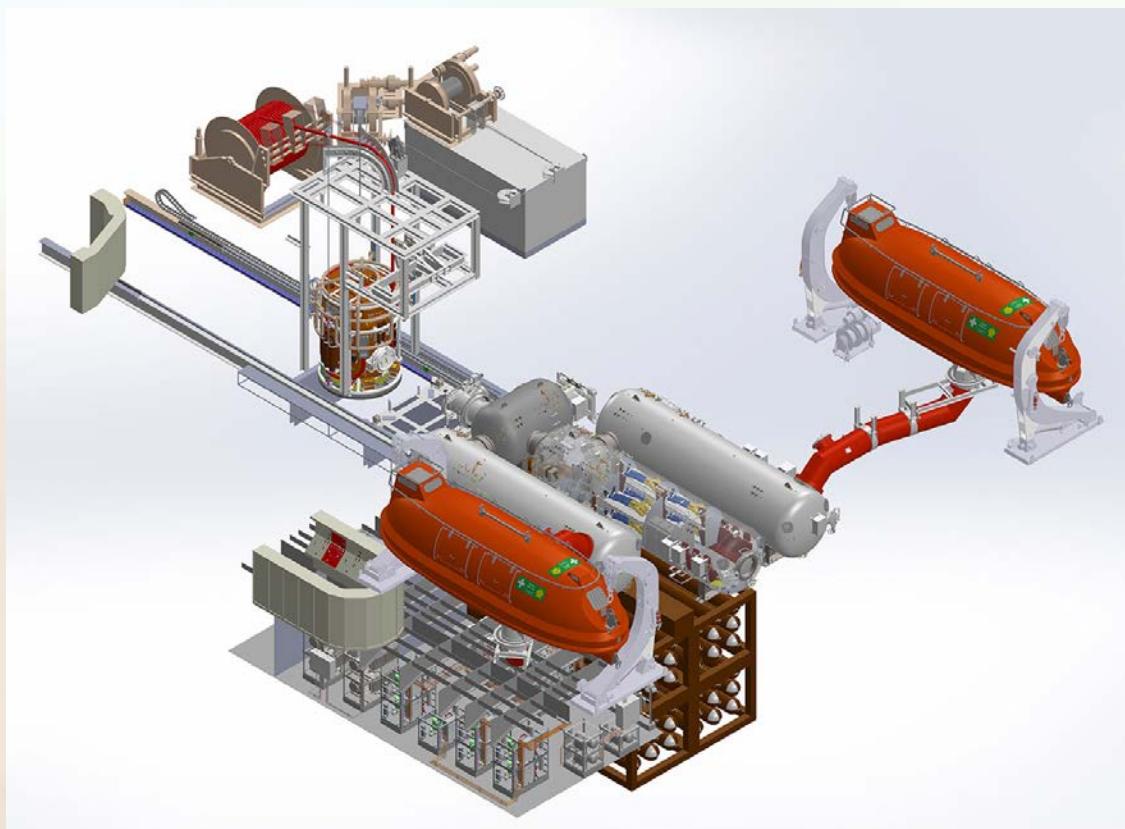


\$28 Billion spend • 5,400 factories • 500,000 people



Оскільки розробка нових сучасних систем в значній мірі стимулюється зміною технологій, ми додаємо в визначення системи, створення якої вимагає участі системного інженера, ще одну характеристику, а саме: хоча б в деяких з ключових елементів застосовується передова технологія. Система, для розробки, випробування і застосування якої потрібні системний інженер і системна інженерія, характеризується наступними ознаками:

- Інженерна насиченість виробу і, як наслідок, можливість задоволення на цій основі певної потреби;



- Гетерогенність, тобто система складається з різномінних, різномірних компонентів з нетривіальними взаємозв'язками і, як наслідок, її створення ведеться з використанням мультидисциплінарного підходу, а сама система відносно складна;



- Використання передових технологій так, що саме ці технології життєво необхідні для досягнення найважливіших функціональних можливостей системи і, як наслідок, її створення пов'язане з ризиком і часто обходиться відносно дорого.



До числа інженерно насичених комплексних систем відносяться, зокрема:

- Метеорологічні супутники;
- Системи управління повітряним рухом в зоні аеропорту;
- Системи стеження за вантажівками;
- Системи бронювання авіаквитків;
- Медичні інформаційні системи;
- Пасажирський літак;
- Сучасний збиральний комбайн;
- Нафтопереробний завод;
- Автоскладальний завод;
- Електростанція.



## 4. Системна інженерія як професія.

У міру того як складні системи все глибше проникають в сучасне суспільство, а роль системної інженерії в їх розробці зростає, професія системного інженера отримує все більш широке визнання. І перш за все це стосується компаній, що спеціалізуються на розробці великих систем. У багатьох таких компаніях створені відділи системної інженерії, а працюють в них люди іменуються системними інженерами. Крім того, для вирішення глобальних проблем, що виникають в таких областях, як охорона здоров'я, зв'язок, охорона навколишнього середовища та багатьох інших, для отримання життєздатного рішення теж потрібно залучати методи системної інженерії.

Недостатньо швидке визнання системної інженерії як професії пояснюється тим, що їй не відповідає ніяка традиційна інженерна дисципліна. В основі традиційних інженерних дисциплін лежать кількісні співвідношення, відомі фізичні закони і властивості матеріалів, що піддаються вимірюванню, енергії або інформації. З іншого боку, системна інженерія має справу переважно з завданнями, які вивчені не в повному обсязі, для яких не існує відомих рівнянь, що зв'язують змінні; завданнями, при вирішенні яких потрібно відшукати баланс між конфліктуючими цілями з непомірними атрибутами. У минулому відсутність кількісних знань перешкоджало становленню системної інженерії як самостійної дисципліни.



Незважаючи на всі перепони, потреба в системній інженерії, усвідомлена промисловістю і державою, стимулювала розробку ряду академічних програм для отримання магістерського і докторського ступеня з системної інженерії. Зростає також кількість університетів, де можна отримати ступінь бакалавра з цієї дисципліни.

**121 - Інженерія програмного забезпечення**

**122 - Комп'ютерні науки**

**123 - Комп'ютерна інженерія**

**124 - Системний аналіз**

**125 - Кібербезпека**

**126 - Інформаційні системи та технології**

Проект з розробки  
типового навчального плану з  
сучасної системної інженерії  
(Body of Knowledge and  
Curriculum to Advance Systems  
Engineering - BKCASE) -  
<http://www.bkcase.org/>



## **Graduate Reference Curriculum for Systems Engineering (GRCSE™)**

A product of the Body of Knowledge and Curriculum to Advance Systems  
Engineering (BKCASE™) project



**GRCSE™ version 1.1 November 2015**

**International Council on Systems  
Engineering (INCOSE)**



Визнання системної інженерії як професії призвело до утворення професійного співтовариства - Міжнародної ради по системної інженерії (International Council on Systems Engineering - INCOSE), однією з головних цілей якого є пропаганда системної інженерії та визнання її в якості сфери професійної діяльності.

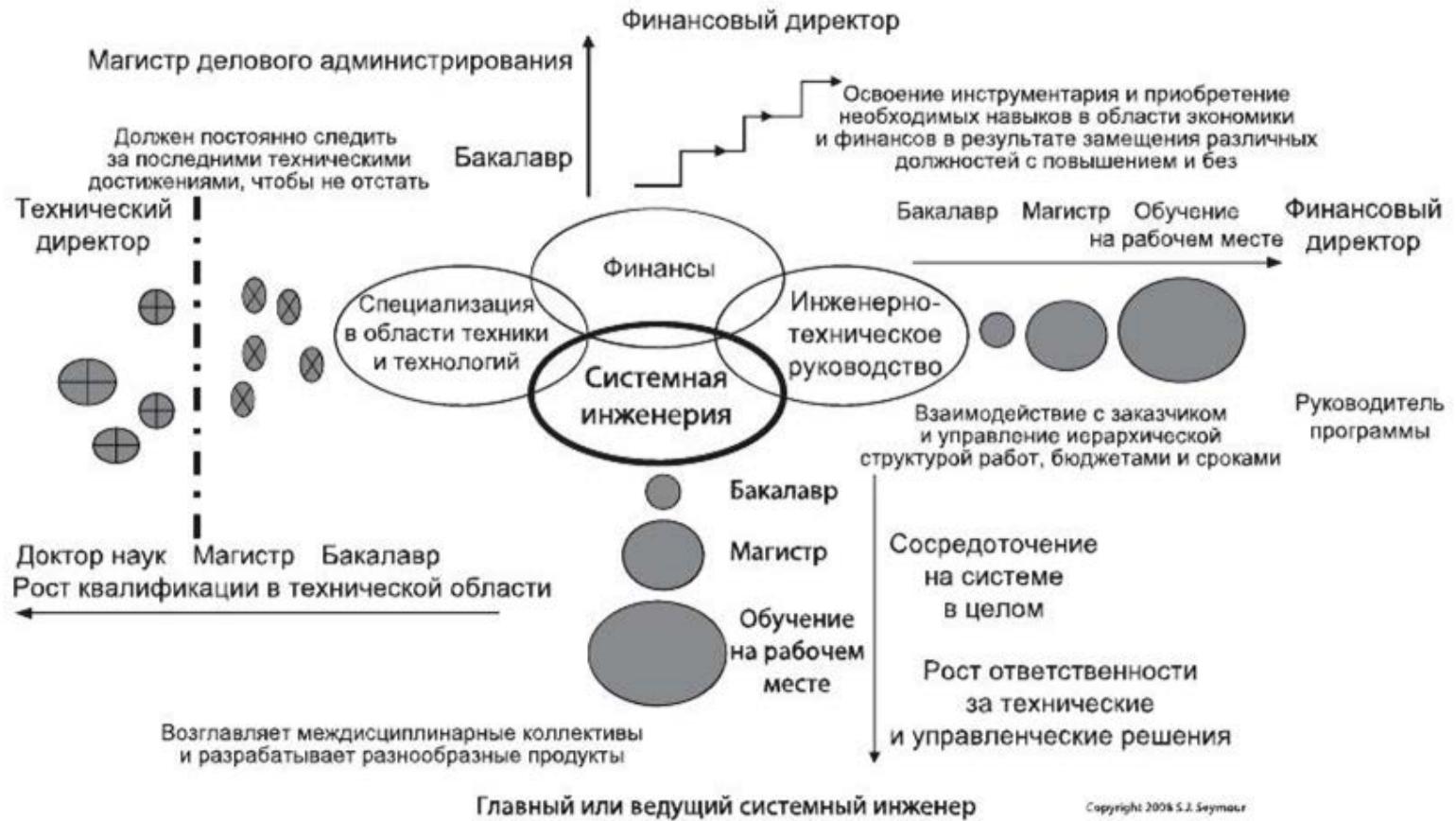
<b>Founded</b>	1990
<b>Type</b>	Professional Organization
<b>Focus</b>	Systems Engineering
<b>Location</b>	<a href="#">San Diego</a> , California, U.S.
<b>Origins</b>	National Council on Systems Engineering (NCOSE)
<b>Area served</b>	Worldwide
<b>Method</b>	Industry standards, Conferences, Publications
<b>Members</b>	17,000+
<b>Key people</b>	Kerry Lunney (current president)
<b>Website</b>	<a href="http://www.incose.org">www.incose.org</a>

## Вибір кар'єри

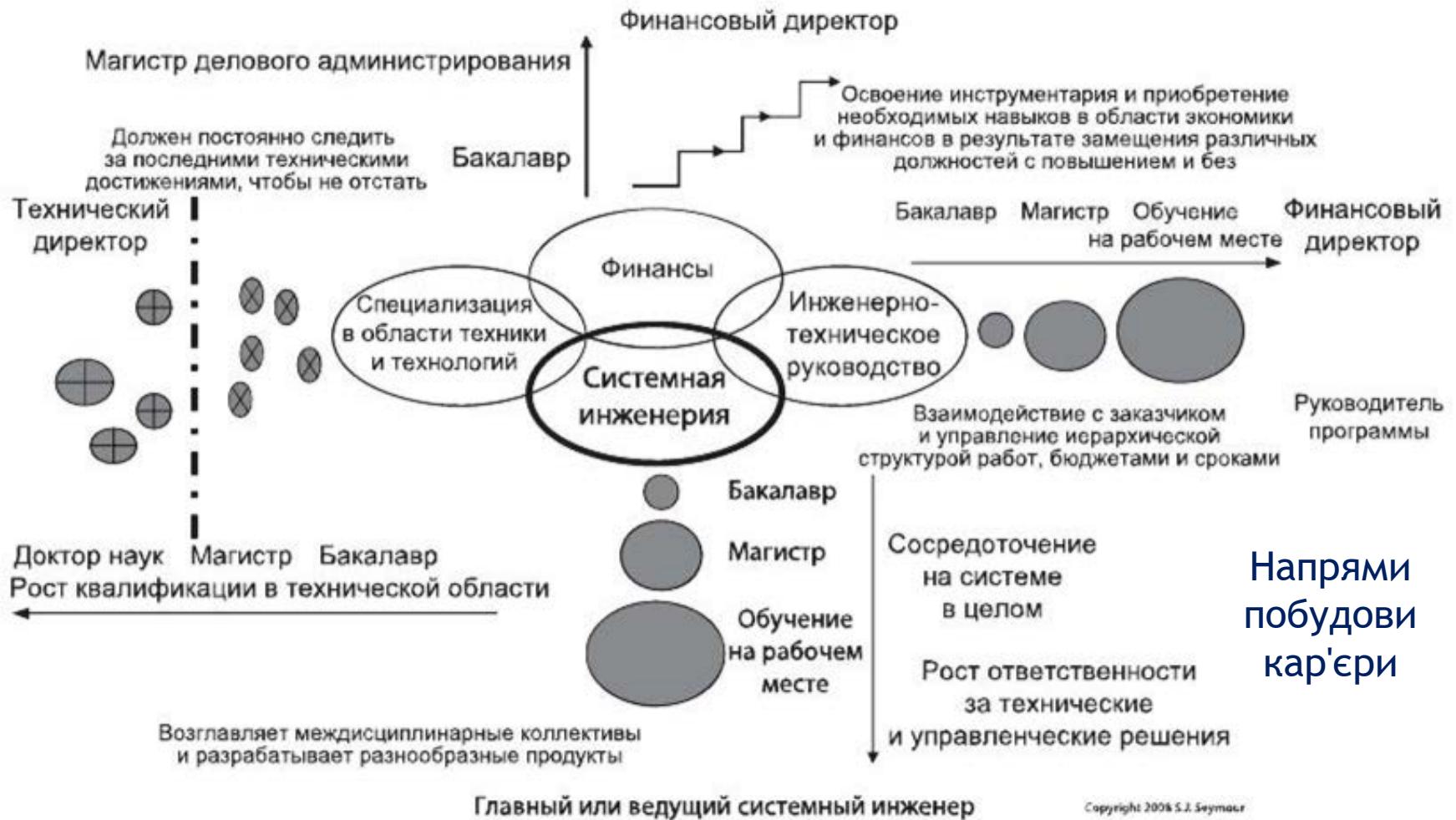
Системні інженери дуже затребувані, оскільки їх професійні знання доповнюють знання в інших галузях і часто служать сполучною ланкою, без якого неможливе практичне втілення нових ідей. Однак вибір кар'єри і відповідного їй освіти складний в чималому ступені через відсутність чіткого розуміння ролі і обов'язків системного інженера.



# Напрями побудови кар'єри



На рисунку показані 4 потенційних напрямки побудови кар'єри: фінанси, управління, техніка і системна інженерія. Всупереч симетрії малюнка ступінь перекриття цих напрямків різиться. У центрі уваги системного інженера знаходитьться система в цілому; він спрямовує роботу і співпрацює з багатьма членами технічного департаменту, слідуючи прийнятим в системній інженерії циклу розробки, організовує вивчення альтернативних варіантів і стежить за системними інтерфейсами. Як правило, становлення системного інженера відбувається в процесі практичної роботи після початкового отримання ступеня бакалавра або магістра з системної інженерії.



У міру накопичення досвіду він бере участь у дедалі більших проектах, на нього покладають все більше відповідальності і в кінцевому рахунку він стає головним або провідним системним інженером в проекті розробки великомасштабної системи або системи систем. Звернемо увагу на перекриття і відзначимо, що системний інженер повинен розуміти суть роботи і ролі технічних фахівців, а також погоджувати свою діяльність з керівником проекту.

# Напрями побудови кар'єри



Керівник проекту зазвичай має освіту в області техніки або управління і відповідає за взаємодію з замовником, постановку задачі, розробку планів, контроль ходу робіт і поставку готового продукту замовнику. Часто керівник проекту підвищує свою кваліфікацію безпосередньо на робочому місці, очолюючи проекти все більшого розміру і ваги, і тим самим збагачує базові знання, отримані за програмою підготовки магістра в галузі технічного менеджменту або управління проектами / програмами. Нерідко (хоча і не завжди) генеральний директор організації висувається з лав керівників проектів.

# Напрями побудови кар'єри



Кар'єра в області фінансів або адміністративного управління, яка в кінцевому рахунку може привести до посади фінансового директора, зазвичай передбачає отримання ступеня бакалавра або магістра ділового адміністрування. Працівник переміщається по кар'єрних сходах по горизонталі або вертикалі; часто цей процес супроводжується спеціалізацією в галузі. Знання та навички, необхідні керівнику проекту в сфері управління договорами та угодами, а також фінансового управління, перекриваються.

# Напрями побудови кар'єри



Багато кар'єр починаються з отримання ступеня бакалавра з якої-небудь інженерної або наукової спеціальності або ж в області ІТ. Технічний фахівець привносить свої знання в колектив, відточуючи навички і набуваючи досвіду в ході розробки і випробування окремих компонентів або алгоритмів, які є частиною більшої системи. Поступово, у міру успішної участі в нових проектах, розвивається вміння використовувати передові рішення, а також своєчасно і якісно виконувати доручену роботу і до такого фахівця приходить професійне визнання.

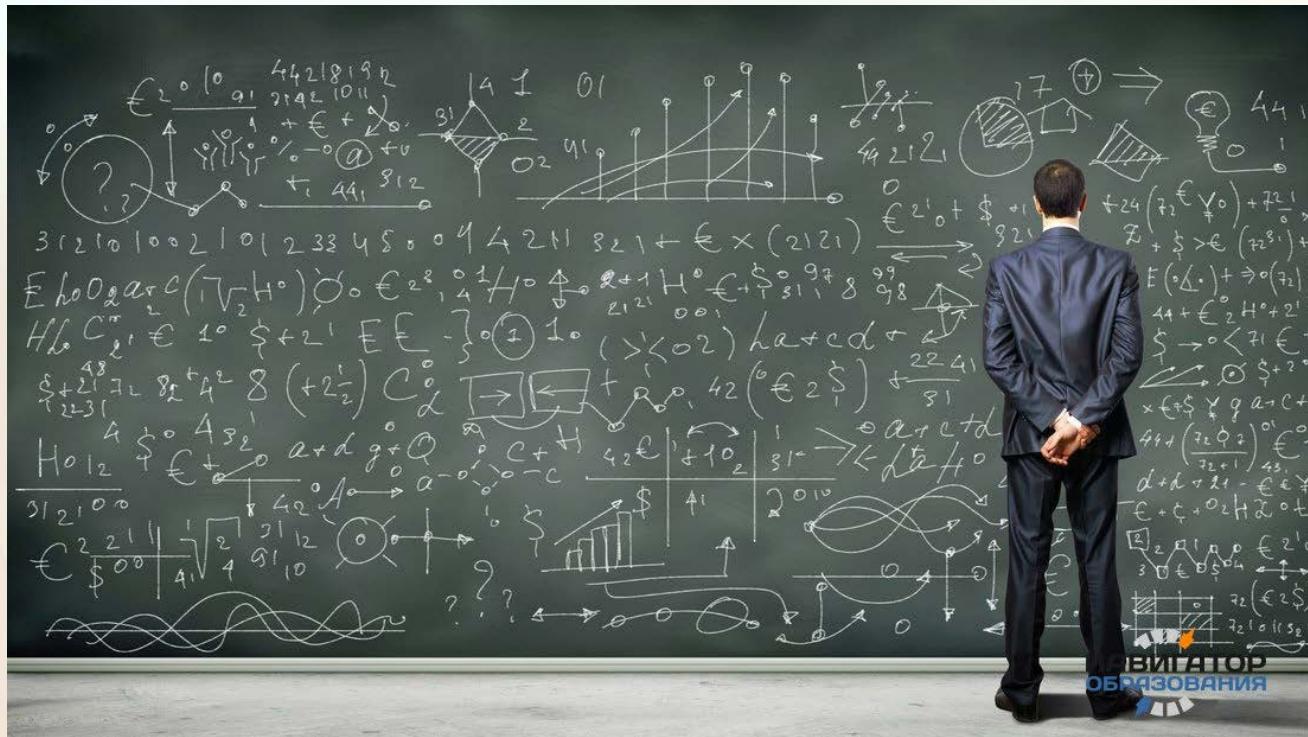
# Напрями побудови кар'єри



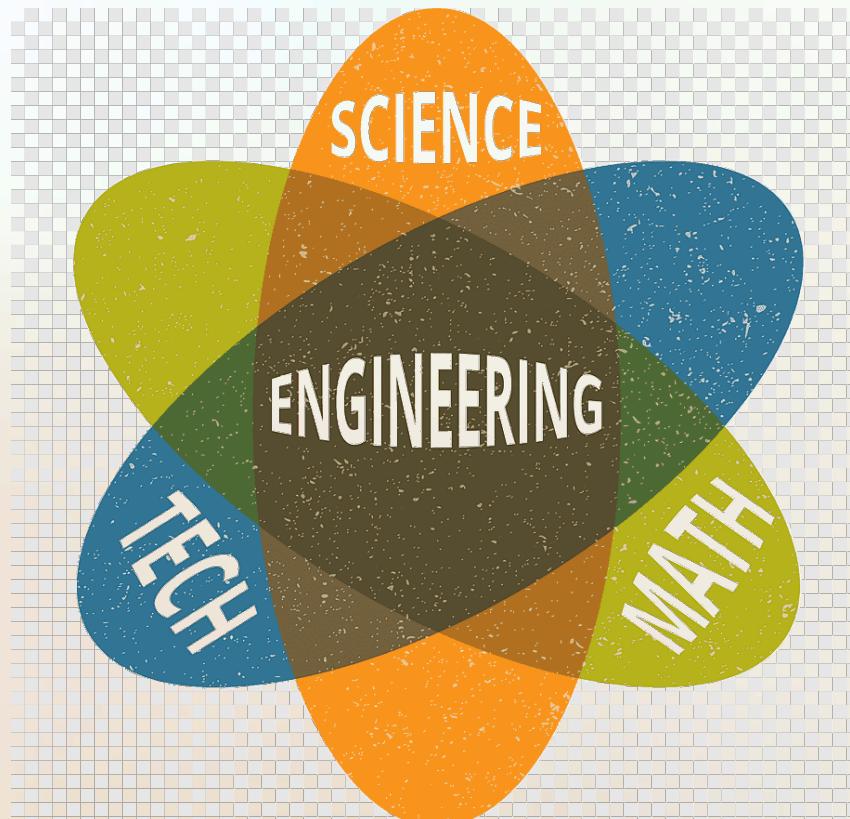
Технічний фахівець повинен постійно підвищувати кваліфікацію, щоб не відстали від часу і не втратити конкурентоспроможність у порівнянні з наступним поколінням випускників вузів. Часто для отримання додаткових знань і умінь, а також для підвищення своєї цінності на ринку праці фахівець прагне отримати вищу вчений ступінь (магістра або доктора наук). В ході кар'єрного зростання він може зайняти посаду провідного інженера, провідного наукового співробітника або технічного директора. Фахівці з більш широким кругозором і багатим досвідом часто подумують про кар'єру в області системної інженерії.

## Орієнтація технічних фахівців

Ставлення системних інженерів до технічних дисциплін буде простіше зрозуміти, якщо взяти до уваги, що технічні фахівці істотно розрізняються не тільки за своїми професіями, а й з інтелектуальних цілям, інтересам і схильностям. Типовий вчений прагне зрозуміти природу і поведінку матеріального світу. Вчений ставить перед собою питання «Чому?» і «Як?». Математик зазвичай займається виведенням логічних наслідків з набору припущень, які можуть ніяк не співвідноситися з реальним світом. Для математика представляє інтерес висловлювання «якщо А, то Б». Інженера цікавить в першу чергу створення корисного продукту. Він вигукує: «Ось це до діла!».



Ці орієнтації принципово різні - і тут схована відповідь на питання, чому технічні фахівці зосереджують увагу на тих чи інших аспектах науки і техніки. Однак у більшості фахівців професійна орієнтація не задана раз і назавжди: нерідко вченому доводиться ставати інженером, щоб сконструювати якийсь апарат, а інженеру необхідно застосовувати математику для вирішення завдань управління. Тому в загальному випадку модель орієнтації технічного фахівця можна умовно представити у вигляді суми трьох ортогональних векторів, що відображають схильність людини до наукової роботи, математики або інженерної діяльності.

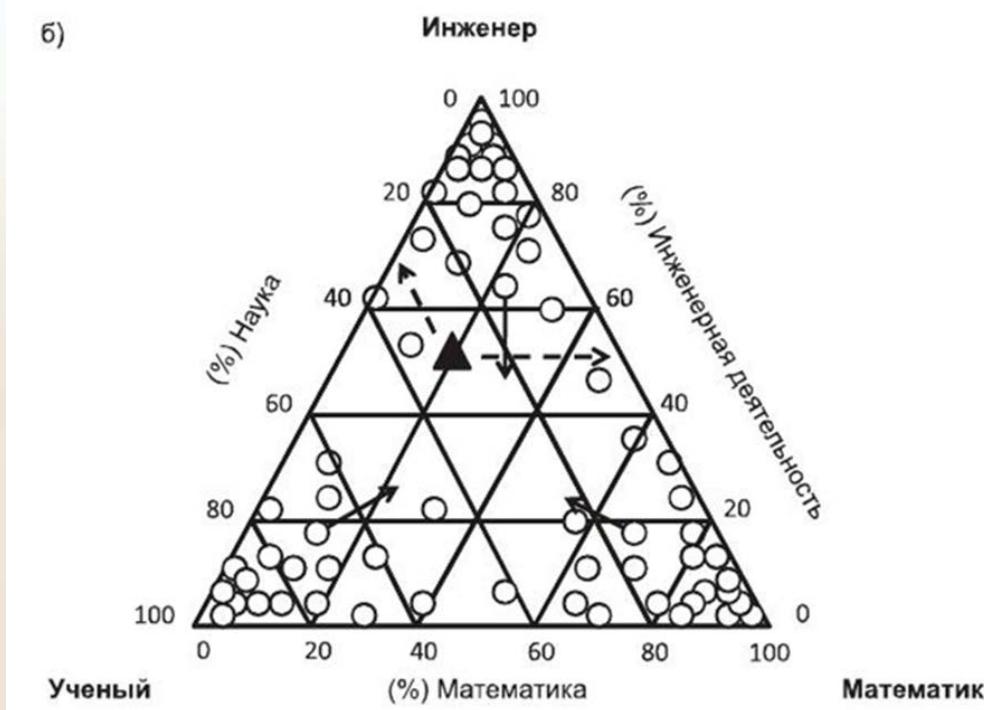


Для наочного уявлення цієї моделі зручно скористатися діаграмою, що відображає співвідношення трьох вищезазначених компонентів. На рисунку на подібній діаграмі умовно показані наука, математика та інженерія. У вершинах трикутника частка відповідного компонента становить 100%. Щоб кількісно описати композицію, відповідну малому трикутнику, виділеного на малюнку, потрібно здійснити проекцію на всі три сторони діаграми. Таким чином, діяльність, виділена на малюнку, може бути охарактеризована як складається на 70% з наукової, на 20% з математичної і на 10% з інженерної діяльності.



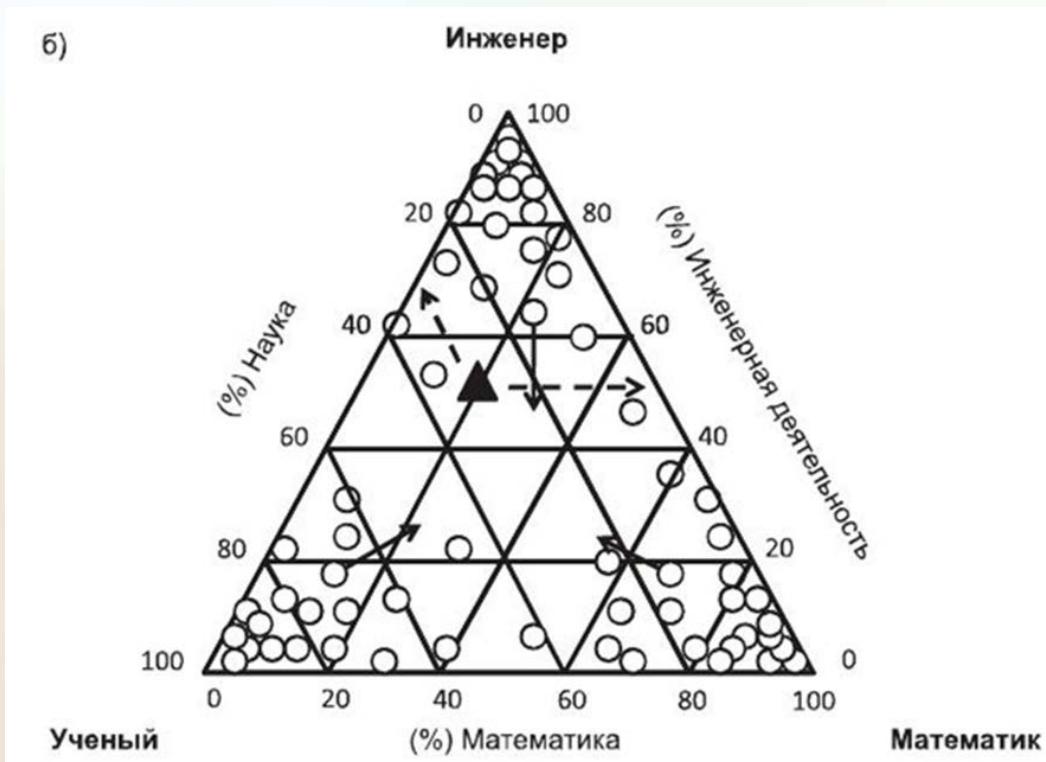
Оскільки навчальний курс з технічних дисциплін зазвичай сфокусований на спеціальних предметах, більшість випускників мають лише обмеженими загальними знаннями. На рисунку видно, що кола, що відображають орієнтацію окремих випускників, концентруються в кутах, що свідчить про високий ступінь спеціалізації.

Після того як студенти закінчують вуз, тенденція до поділу за спеціальностями і інтересам зазвичай посилюється, тому що вчорашні випускники прагнуть до визнання в своїй предметній області. Більшість технічних фахівців противляється перетворенню в фахівців широкого профілю, тому що побоюються втратити або втратити лідеруюче положення на професійній ниві і не отримати відповідного визнання.



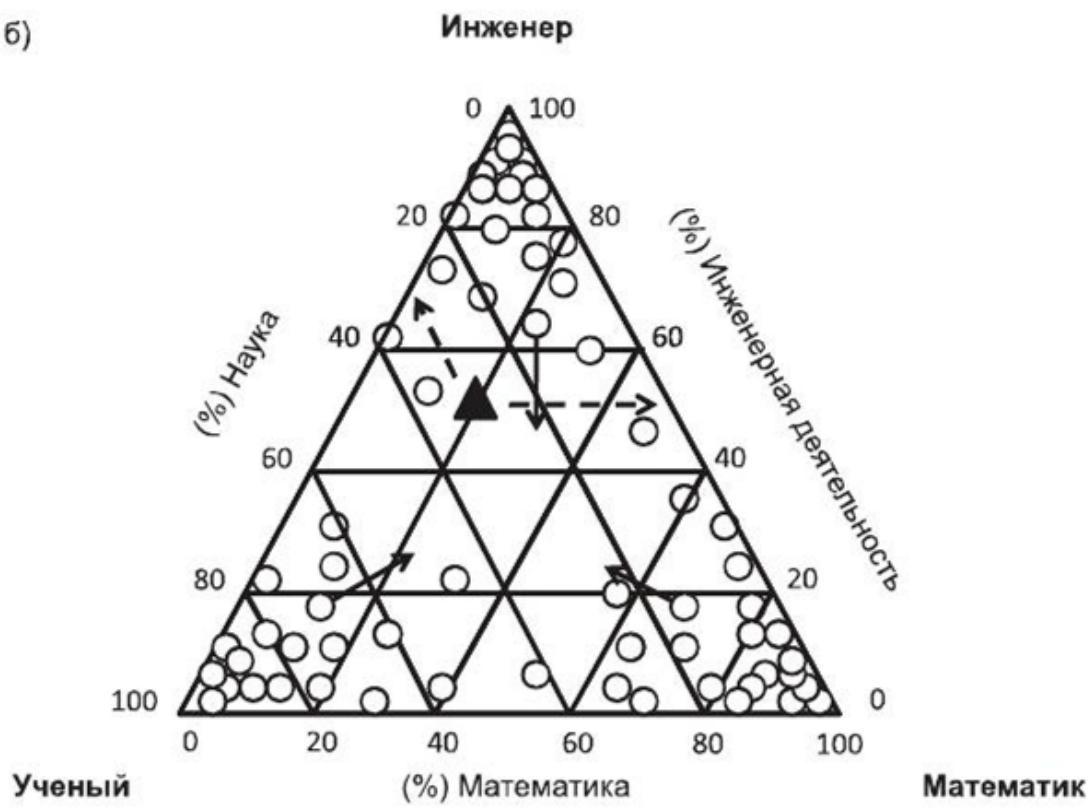
Така вузька спеціалізація заважає спілкуванню професіоналів один з одним; мовний бар'єр - одна з серйозних перешкод, але відмінності в базових цілях і способах мислення є ще більш глибокою проблемою. Ось і виходить, що рішення складних задач на стику декількох дисциплін залежить від порівняно рідко зустрічаються особистостей, які з тієї чи іншої причини після затвердження в основній професії зацікавилися системними проблемами і навчилися працювати спільно з фахівцями з інших областей.

б)



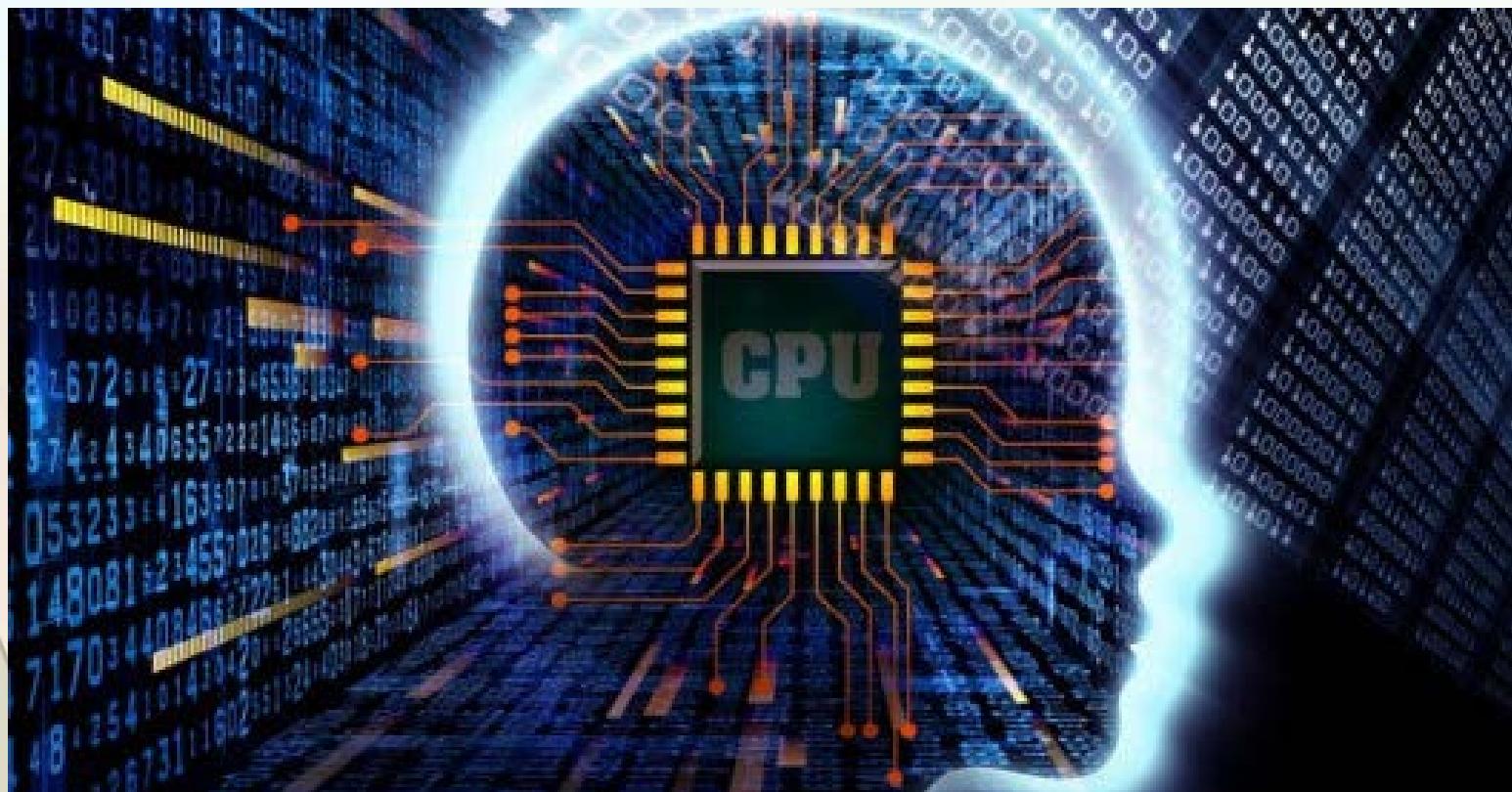
Еволюція, яка іноді відбувається, технічного фахівця в системного інженера на рисунку позначена стрілками, спрямованими від вершин до центру. Чорний трикутник на схемі відповідає еволюціонували індивідууму, в діяльності якого наукова складова оцінюється в 30%, інженерна - в 50% і математична - в 20%. Таке співвідношення між складовими могло б бути корисним при вирішенні завдань, з якими зазвичай стикається системний інженер. Технічними керівниками програм розробки систем стають саме ті деякі фахівці, які дорошли до рівня системних інженерів або системних архітекторів.

б)



## Виклики системної інженерії

Один з факторів, що гальмують становлення професійного системного інженера, - необхідність перейти від обраної відомої спеціальності до більш різноманітної та складної діяльності. Оскільки діяльність системного інженера суттєво відрізняється від тієї, якої вимагала колишня професія, потрібно затратити чимало часу і сил, щоб набути досвіду і істотно розширити свою інженерну базу, а також оволодіти необхідними навичками спілкування і керівництва.



З наведених причин інженер, обдумує можливу кар'єру в області системної інженерії, може прийти до висновку, що дорога дуже важка. Зрозуміло, що доведеться багато вчитися, що необхідно мати освіту в якійсь традиційної інженерної області і що не так вже й багато інструментів і вимірних факторів, які могли б допомогти у прийнятті рішень. Тут все хитко і абстрактно, ясні і недвозначні рішення не лежать на поверхні. Може здатися, що в області системної інженерії мало можливостей для особистих досягнень і ще менше - для визнання і заохочення. Успіх системного інженера оцінюється за досягненнями всього колективу розробників, а не тільки його лідера.



## У чому притягальна сила системної інженерії?

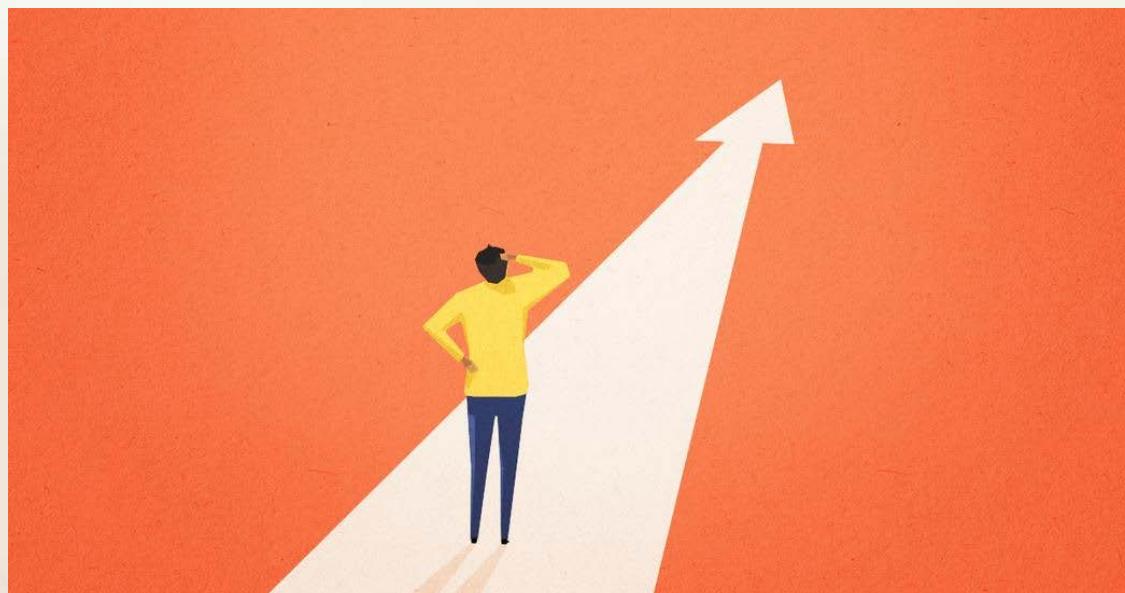
Відповідь на це питання, можливо, пов'язаний не стільки з винагородою за працю, скільки з проблемами, які стоять перед системної інженерією. В процесі розробки системи системні інженери мають справу з найбільш важливими питаннями. Вони від початку до кінця проектиують архітектуру системи, вибирають технічні підходи і керують іншими членами колективу, зайнятими проектуванням компонентів. Спільно із замовником вони ранжирують вимоги до системи, домагаючись того, щоб різні її властивості належним чином враховувалися при врівноваженні різноманітних технічних факторів. Вони вирішують, які ризики прийнятні, а які - ні, і як застрахуватися від ризиків, щоб привести програму до успішного завершення.

Саме системні інженери прокладають курс програмі розробки, в якій чітко визначені види і терміни проведення випробувань та імітаційного моделювання. За ними залишається останнє слово у вирішенні питання про те, як забезпечити потрібні функціональні можливості системи за прийнятною ціною.



Коли в ході розробки виникають несподівані проблеми - а це неминуче, - саме системні інженери вирішують, як з ними впоратися. Вони визначають, чи знадобиться для усунення проблеми абсолютно новий підхід або досить залучити більше сил; чи слід для компенсації труднощів внести зміни в якусь частину системи або краще пом'якшити вимоги, через які проблема виникла.

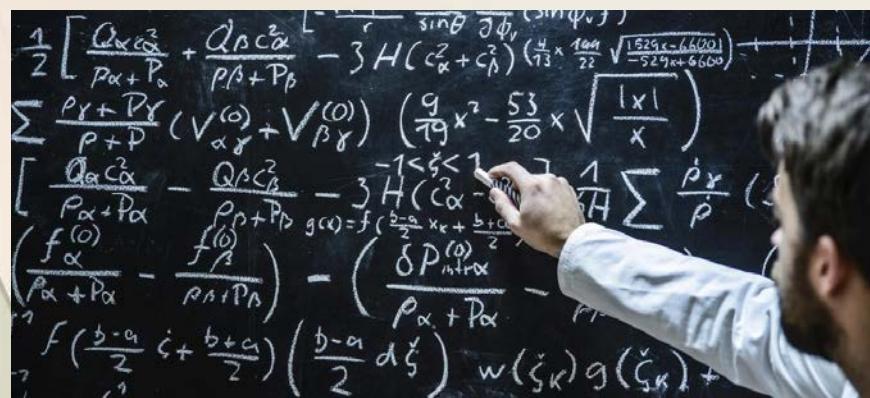
Системний інженер набуває здатність керувати розробкою системи не тому, що займає свою посаду, а завдяки чудовій знанню системи в цілому, її призначення, особливостей роботи її частин, а також всіх технічних факторів, що підлягають обліку при розробці. Він набуває цю можливість ще й тому, що зумів на практиці довести своє вміння проводити складні програми крізь лабіринт труднощів до успішного фіналу



## Відмінні риси і мотивація системного інженера

Для того щоб виявити кандидатів, які можуть зробити кар'єру системного інженера, корисно розглянути характеристики, що відрізняють людей, здатних успішно займатися системною інженерією, від тих, яким системна інженерія не так цікава або які не володіють необхідним потенціалом для досягнення успіху в цій галузі. У студентів, які здатні стати успішними системними інженерами, швидше за все, добре йде справа з математикою і природничими дисциплінами.

Системного інженера належить працювати на стику різних дисциплін, і від нього вимагається вміння схопити суть кожної з них. Саме тут здатності до заняття науковою і інженерною кмітливістю виявляється дуже до речі, тому що таким людям набагато легше діється вивчення нових дисциплін. Справа не в тому, щоб глибоко знати вищу математику, а скоріше в тому, що людині зі слабкою математичною підготовкою важко буде розбиратися в предметах, що мають в своїй основі математичні концепції.


$$\begin{aligned} & \frac{1}{2} \left[ \frac{Q_\alpha c_\alpha^2}{P_\alpha + P_\beta} + \frac{Q_\beta c_\beta^2}{P_\beta + P_\alpha} - 3H(c_\alpha^2 + c_\beta^2) \left( \frac{4}{73} \times \frac{100}{22} \sqrt{\frac{1529+6600}{-529+6600}} \right) \right] + \\ & \sum \frac{P_\alpha + P_\beta}{P_\alpha + P_\beta} \left( V_{\alpha\gamma}^{(0)} + V_{\beta\gamma}^{(0)} \right) \left( \frac{g}{79} x^2 - \frac{53}{20} x \sqrt{\frac{1+x}{x}} \right) \\ & \left[ \frac{Q_\alpha c_\alpha^2}{P_\alpha + P_\alpha} - \frac{Q_\beta c_\beta^2}{P_\beta + P_\beta} - 3H(c_\alpha^2 - c_\beta^2) \right] \frac{1}{6H} \sum \frac{P_\gamma}{P} \left( \dots \right) \\ & \left( \frac{f_\alpha^{(0)}}{P_\alpha + P_\alpha} - \frac{f_\beta^{(0)}}{P_\beta + P_\beta} \right) - \left( \frac{\delta P_{\alpha\beta}^{(0)}}{P_\alpha + P_\beta} - \right. \\ & \left. f\left(\frac{b-a}{2}\right) \zeta + \frac{b+a}{2} \right) \left( \frac{b-a}{2} d\zeta \right) w(\zeta_k) g(\zeta_k) + \end{aligned}$$



У системного інженера повинні бути творча жилка і смак до вирішення практичних завдань. Інтерес до роботи повинен переважати над інтересом до кар'єрного росту.



Системна інженерія - це скоріше пошук, ніж швидкий шлях до вершини. Нижче перераховані якості, характерні для більшості успішних системних інженерів. Подібні фахівці:

1. Отримують задоволення від вивчення нового і рішення задач.
2. Люблять, коли їм кидають виклик.
3. Скептично ставляться до недоведених тверджень.
4. Відкриті для нових ідей.
5. Мають солідну підготовку в природничо-наукових і інженерно-технічних дисциплінах.
6. Продемонстрували технічні досягнення в певній предметній області.
7. Мають знання в декількох інженерних областях.
8. Швидко засвоюють нові ідеї та інформацію.
9. Мають хорошими навичками міжособистісного спілкування та комунікативними здібностями.



Щоб досягти успіху в професії, необхідно володіти певним набором особистісних якостей:

- сталий психоемоційний стан;
- вміння працювати в команді, з аудиторією;
- здатність до багатозадачності;
- найвища старанність;
- терпіння, спокійний норов;
- акуратність, зосередженість;
- схильність до аналізу, концентрації.



## 5. Модель розвитку кар'єри системного інженера.

Якщо людина володіє зазначеними якостями і налаштований стати системним інженером, в виробничому середовищі повинні бути присутніми чотири додаткові елементи, що дозволяють йому досягти цієї мети. Як показано на рисунку, перед таким співробітником слід ставити проблеми і завдання, для вирішення яких потрібна повна самовіддача, а також розширення технічних знань і розвиток творчих здібностей. Хоч би яка була доручена робота, важливо бачити її в контексті і враховувати конкретні обставини; з іншого боку, необхідно розуміти картину в цілому.

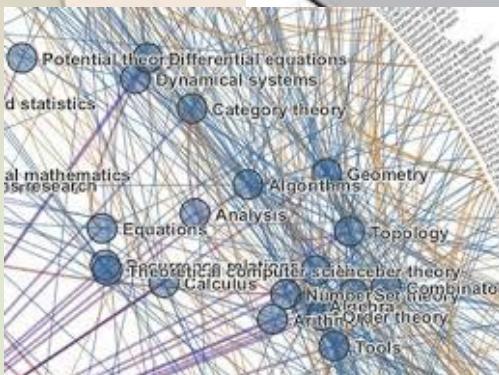


### Условия становления системного инженера



Від системного інженера очікують, що він зможе займатися кількома справами одночасно, що він, володіючи широким кругозором, буде здатний глибоко занурюватися відразу в кілька тем. Така здатність до розподілу уваги виробляється лише з часом. Нарешті, системного інженера не повинні лякати складні проблеми, тому що саме в таких умовах протікає його робота. Зрозуміло, що цього не навчиш у вузі - подібний досвід набувається тільки в ході професійної діяльності. Все вищезгадане принципово для кар'єрного зростання системного інженера.

### Условия становления системного инженера



Роботодавець, який прагне виростити системних інженерів, щоб зберегти конкурентоспроможність при вирішенні все складніших завдань, повинен подбати про те, щоб ключові працівники могли набути практичного досвіду роботи системним інженером, вели діяльність, що вимагає розвиненого системного мислення, і мали можливість навчання та стажування в області системної інженерії. Як показано на рисунку, подібний досвід можна не тільки придбати шляхом вирішення важких завдань, але також перейняти у кваліфікованих наставників і накопичити, вирішуючи взяті з реальної практики завдання.

б)

### Развитие системного инженера



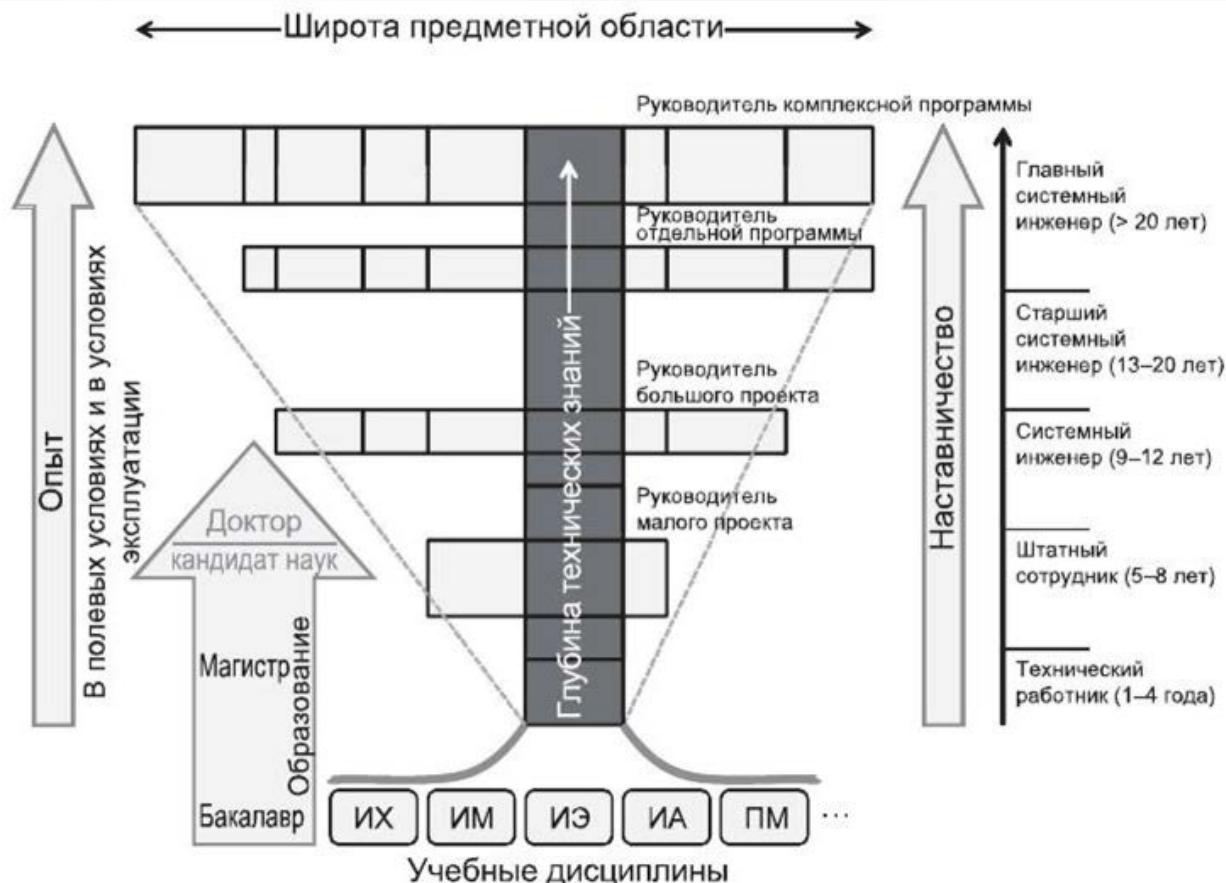
Пропонуючи працівнику застосувати системний підхід до дослідження складних проблем в різних сферах, слід заохочувати пошук творчих і нестандартних рішень. Часто технічно підготовлені люди строго дотримуються одних і тих же підходів і застарілих, які перестали бути ефективними рішень. Витяг уроків з минулих програм і проектів та вивчення практичних прикладів можуть привести до поліпшень. Стажування та використання інструментів системної інженерії також вносять свій внесок у підготовку працівника до вирішення складних завдань.

б)

### Развитие системного инженера



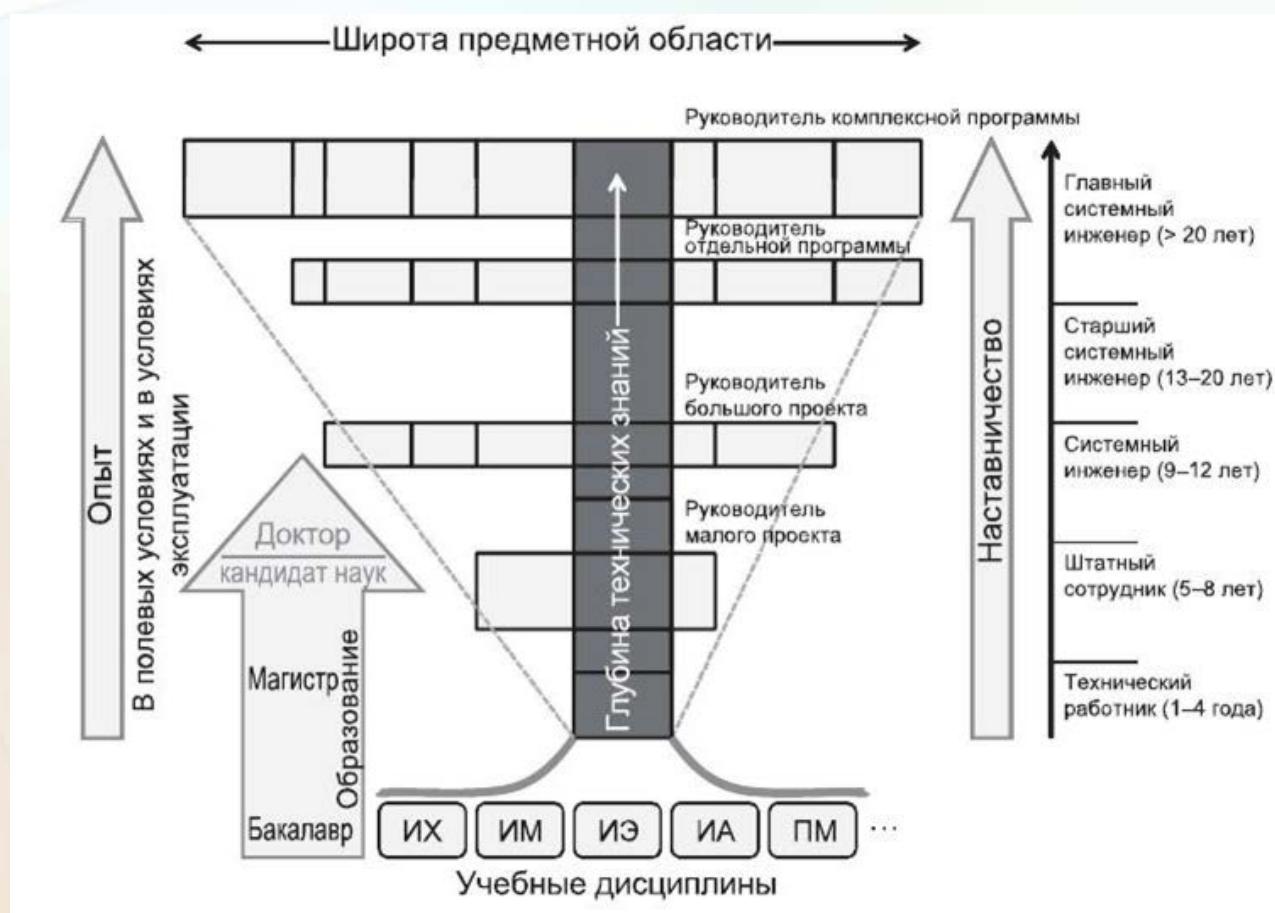
Врахування інтересів та індивідуальних особливостей працівників, організація навчання і створення сприятливих умов створюють передумови для перетворення співробітників в успішних системних інженерів. Поєднання цих факторів відображене в Т-подібної моделі розвитку кар'єри системного інженера. Знизу вгору відкладаються тимчасові віхи професійної кар'єри. Після отримання ступеня бакалавра (цей етап показаний в самому низу діаграми) випускник вступає в професійне життя на посаді технічного працівника, який вносить вклад у досягнення загального результату.



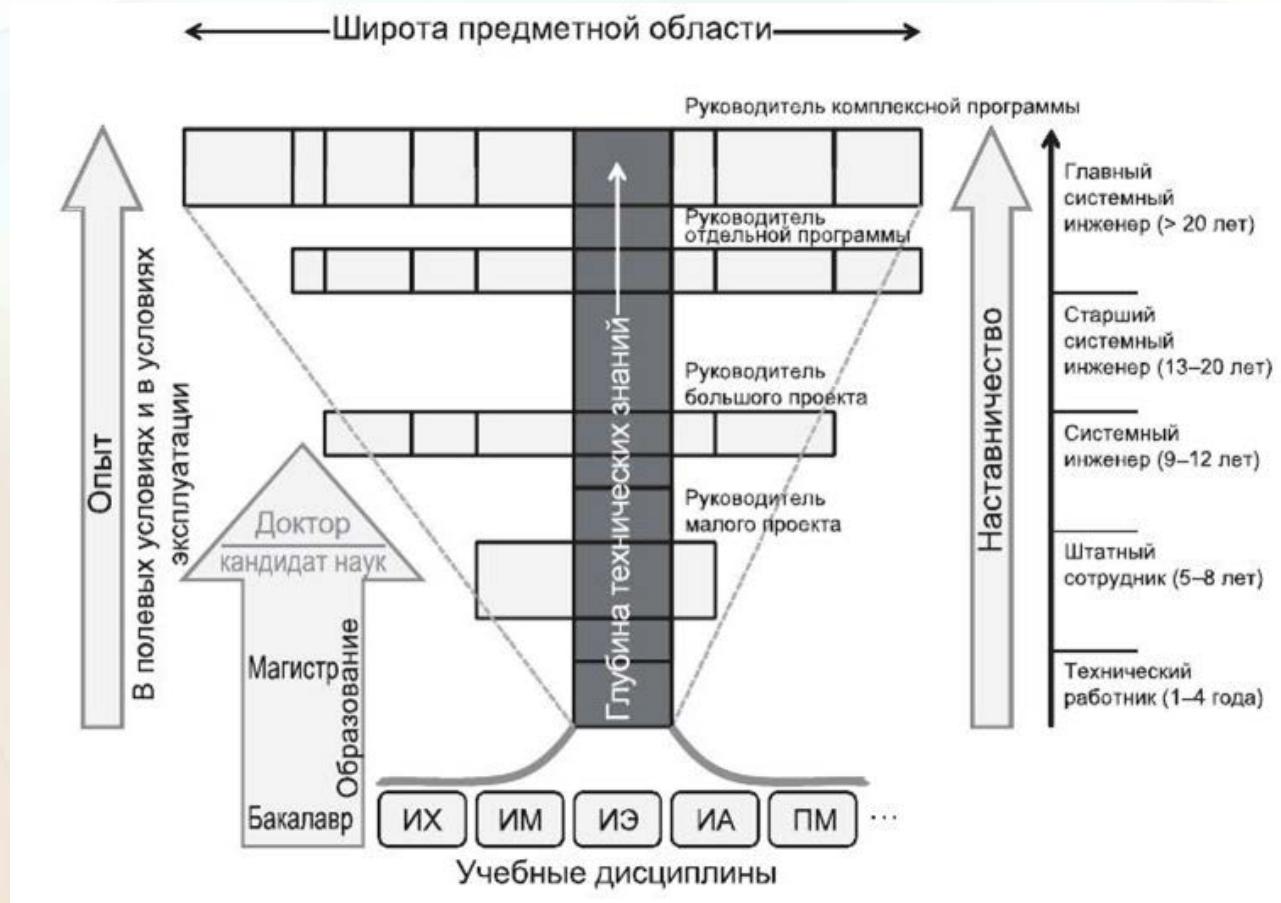
Це може бути частина проекту або програми, що відноситься до конкретної предметної області - аеродинаміки, біомедицині, бойової системі, інформаційній системі або космічних досліджень. В рамках будь-якої предметної області завжди є ряд технічних компетенцій, які важливі для забезпечення експлуатації або розробки системи.



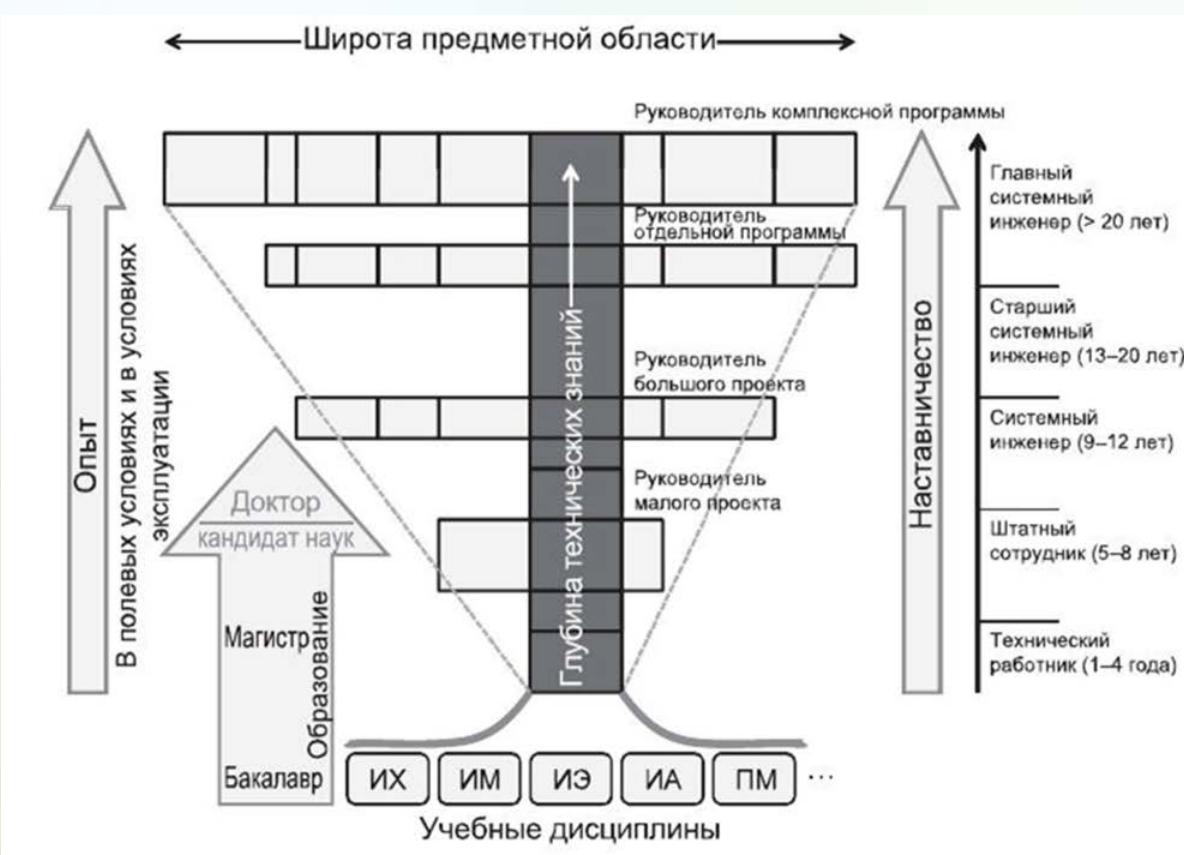
Буква Т утворена зрізами, зробленими протягом професійної кар'єри, які по горизонталі відображають рівень кваліфікації, досягнутий до певного часу і дозволяє виконувати обов'язки, відповідні аналізованого етапу розвитку професійної кар'єри. Набравшись досвіду в одній-двох предметних областях в якості технічного працівника, працівник просувається по службі і в кінці кінців стає керівником невеликої технічної групи. Через вісім або більше років професіонал накопичує достатньо досвіду в різних предметних областях, щоб вважатися системним інженером.



У міру успішного виконання нових завдань йому доручають керівництво системної частиною проекту або програми і нарешті призначають на посаду старшого системного інженера в програмі розробки великої системи, де йому будуть потрібні знання всіх технічних дисциплін, що складають предметну область.



Паралельно з розширенням і поглибленням технічного досвіду і компетентності успішна кар'єра доповнюється дорученнями або відрядженнями, які мають на увазі роботу в польових умовах або в умовах реальної експлуатації, а також отриманням додаткової освіти, підвищеннем кваліфікації і розвиненою програмою наставництва. Щоб краще зрозуміти умови, в яких буде експлуатуватися розробляється система, і з перших рук почерпнути знання про вимоги до неї, початківець системний інженер повинен побувати в «бойовій обстановці» і на місці експлуатації. Навчання повинно тривати протягом всієї кар'єри.



Для системного інженера існує чимало можливостей продовжити освіту як в аудиторії, так і дистанційно. Як і у випадку з більшістю інженерних дисциплін, учень, що не збирається будувати академічну кар'єру, може розраховувати на ступінь не вище магістра. Освітня програма зазвичай включає курс системної інженерії поряд з курсами, які передбачають детальне вивчення окремих розділів і задач предметної області. Студенти повинні написати курсову роботу або виконати практичний проект, продемонструвавши тим самим свої знання і навички в рішенні реальної системної проблеми. Великі комерційні компанії також пропонують курси для системних інженерів і системних архітекторів з прикладами і інструментами, специфічними для продукції, що випускається цими компаніями продукції. Нарешті, робота молодого професіонала в парі з досвідченим системним інженером також сприяє навчанню.



## 6. Сила системної інженерії.

Якщо оцінювати силу за рівнем повноважень при керівництві людьми або розпорядженні грошима, то системні інженери, які є членами команди розробників системи, знаходяться далеко не в перших рядах. Однак якщо сила вимірюється ступенем впливу на процес розробки системи і її основних характеристики, а також на можливий успіх або провал цієї розробки, то системний інженер може виявитися більш могутнім керівника проекту. Джерелом цієї сили є знання, вміння і ставлення до справи.



## Сила мультидисциплінарного знання

Як правило, проект розробки великої системи можна уподобити до Вавилонської вежі. У проекті беруть участь десятки фахівців в різних областях, причому для успішної розробки і виробництва нової системи необхідні колективні зусилля. Кожна група фахівців говорить особливою професійною мовою, в якій багато акронімів, наділених цілком конкретним змістом - але вона не зрозуміла нікому, крім посвячених в таємниці професії. За кожним такою мовою стоїть певна база знань, яку фахівці використовують в своєму ремеслі. У базах знань зберігаються відомості, специфічні для конкретної дисципліни, а також сукупність співвідношень, багато з яких описуються в математичних термінах. Ці співвідношення дозволяють фахівцям обчислювати характеристики компонентів на основі прийнятих в проекті припущень. Для непосвячених ці бази знань також є таємницею за сімома печатками.



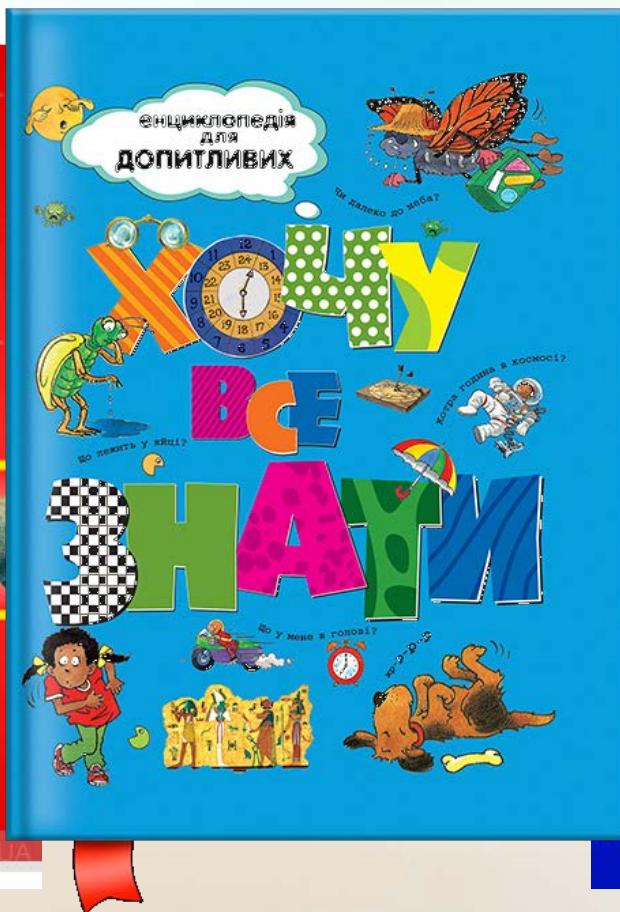
Таке скучення «різномовних» працівників ніколи не змогло б спільно розробити нову систему без сторонньої допомоги, як вавилоняни не змогли побудувати свою вежу. Саме системні інженери забезпечують і надають зв'язку, необхідні для об'єднання розрізнених груп в згуртовану команду. Здійснити цей подвиг їм допомагає знання кількох дисциплін. Це означає, що системні інженери настільки досвідчені в різних областях, необхідних для створення конкретної системи, що розуміють мови всіх зайнятих цим фахівців, розбираються в їхніх насущних проблемах і здатні пояснити ці проблеми мовою, доступною всім учасникам роботи. Таким чином, системного інженера можна уподобити поліглоту на міжнародній конференції, з яким кожен учасник говорить на своїй рідній мові. Разом з умінням розуміти різні мови приходить здатність координувати зусилля людей, які інакше ніколи не змогли б досягти спільної мети. Ця здатність дозволяє системному інженеру виступати в ролі лідера і арбітра, який вирішує проблеми, для всіх інших нерозв'язні. Наділений таким могутністю, системний інженер грає центральну і вирішальну роль в розробці системи.



Важливо відзначити, що знання, необхідні для ефективного спілкування з фахівцями в окремій області, зовсім не обов'язково повинні бути настільки глибокі, щоб в цій області можна було успішно працювати. Кількість нових найбільш уживаних в окремій технічній сфері акронімів, які належить вивчити, близче до десятку, ніж до сотні. До того ж виявляється, що, якщо не брати до уваги семантичні відмінності, то в різних дисциплінах є чимало загальних принципів і схожих співвідношень. Наприклад, в теорії зв'язку є рівняння, що зв'язує сигнал, шум, коефіцієнт посилення антени, чутливість приймача і інші параметри, у якого є повний аналог в акустиці.



Все це означає, що системному інженеру немає потреби витрачати все життя на те, щоб стати експертом в суміжних дисциплінах. Цілком достатньо придбати робочі знання, прочитавши необхідну літературу і, найголовніше, розмовляючи з колегами, які знаються на конкретній області. Необхідно розуміти, які принципи, співвідношення, акроніми та інші важливі речі на системному рівні, а які є несуттєвими. Могутність, що дається міждисциплінарними знаннями, настільки велике, що зусилля, витрачені системним інженером на їх придбання, безумовно окупаються.

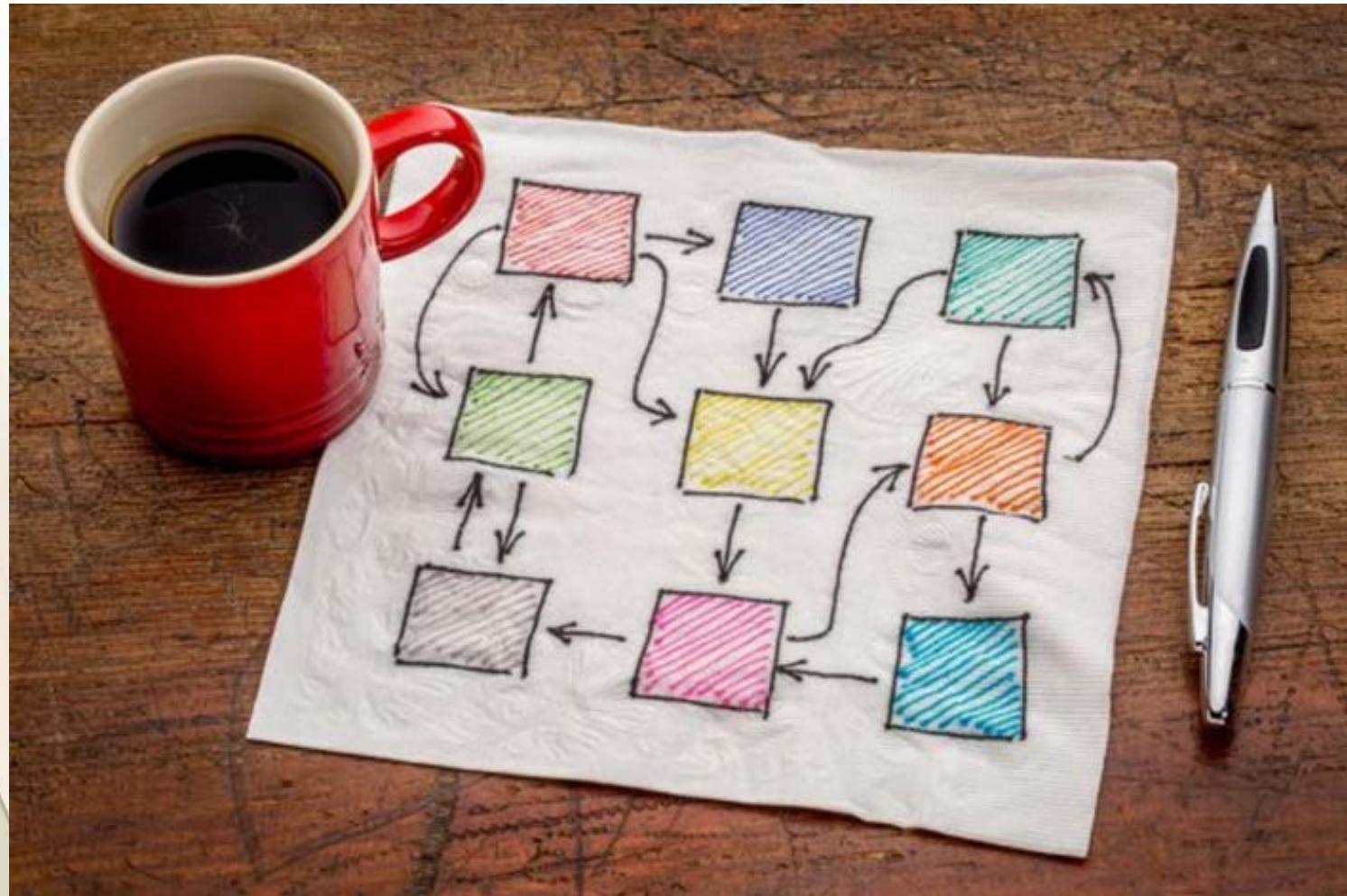


## Сила наближених обчислень

Для практичного застосування системної інженерії одних лише міждисциплінарних знань недостатньо. Уміння проводити розрахунки «на серветці», щоб перевірити на істинність результат складного обчислення або випробування, - неоціненне якість системного інженера. Іноді це можна зробити інтуїтивно, спираючись на минулий досвід, але частіше необхідно дати грубу оцінку і переконатися, що не було допущено принципової помилки. Більшість успішних системних інженерів здатні, використовуючи базові принципи, застосувати основні співвідношення, наприклад рівняння теорії зв'язку, або виконати інше просте обчислення для того, щоб оцінити порядок величини з похибкою, що дозволяє виконати необхідну перевірку. Це особливо важливо, якщо результати розрахунку або експерименту сильно відрізняються від тих, що очікувалися.

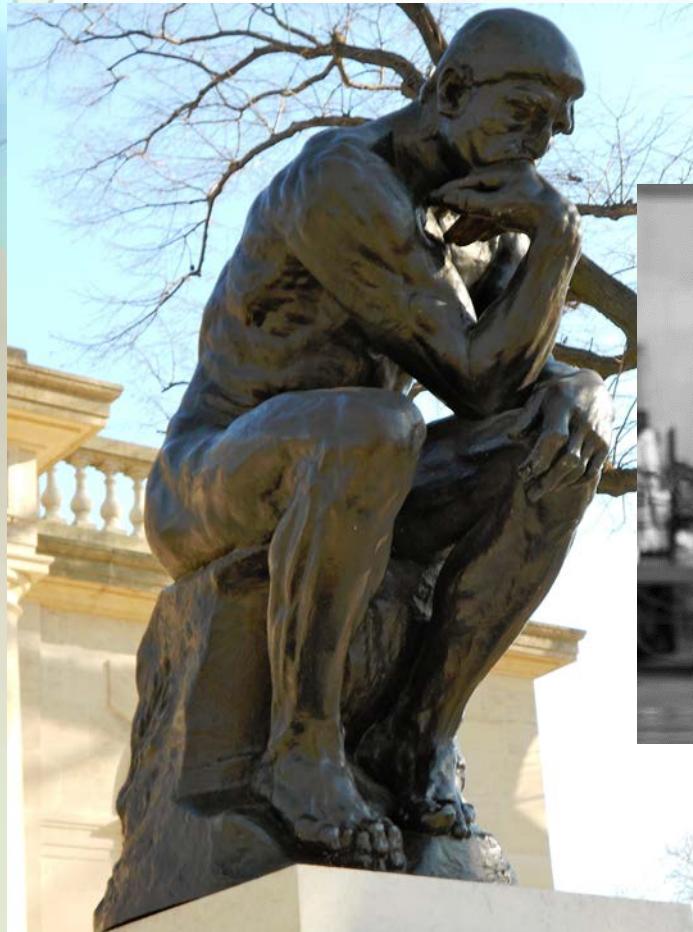


Якщо перевірка на істинність не підтверджує результатів моделювання або експерименту, то слід повернутися назад і піддати ретельному перегляду припущення і умови, які були взяті за основу. Досвід показує, що досить часто при такому перегляді виявляється помилка в зроблених раніше допущених або умовах моделювання або експерименту.

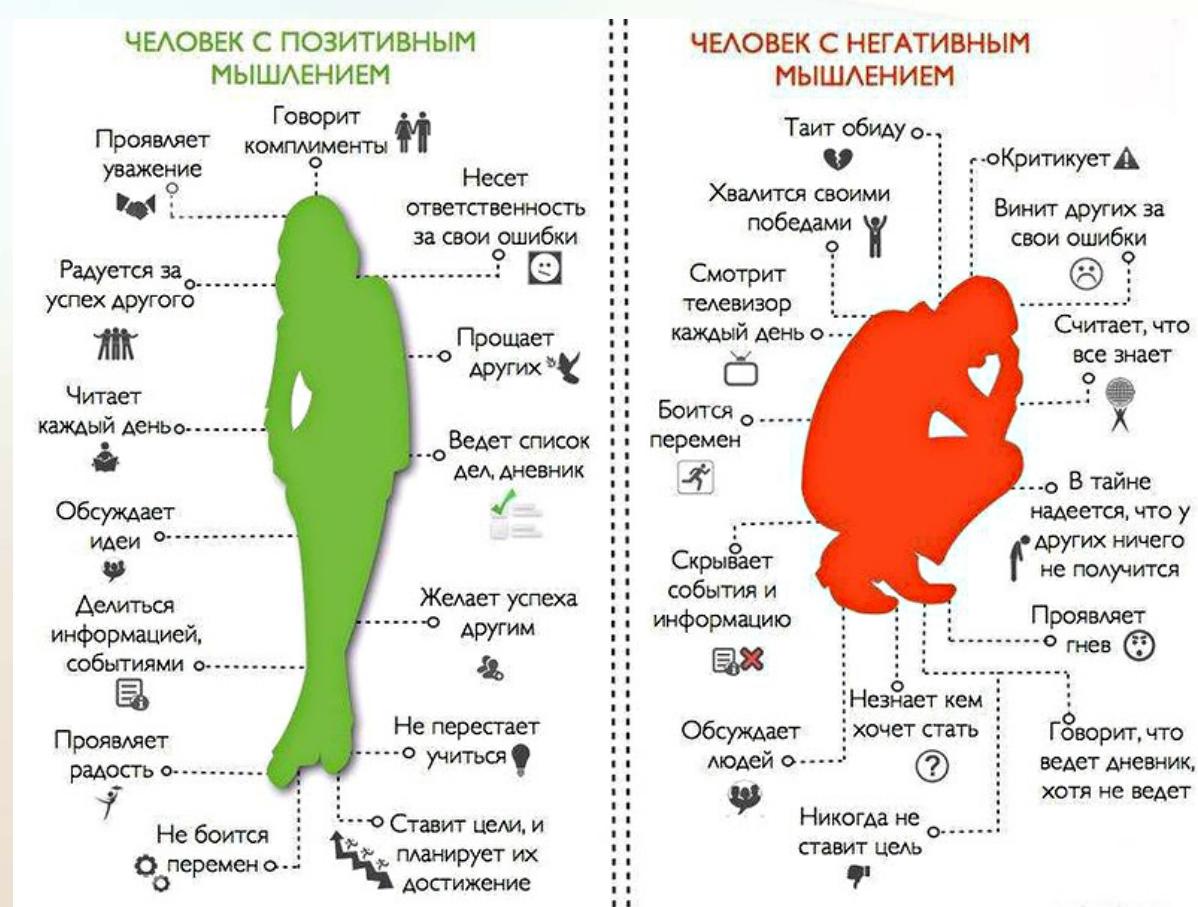


## Сила скептичного позитивного мислення

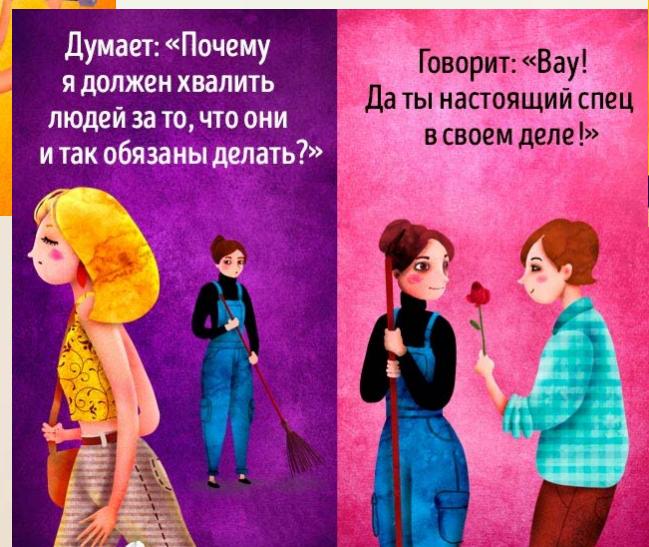
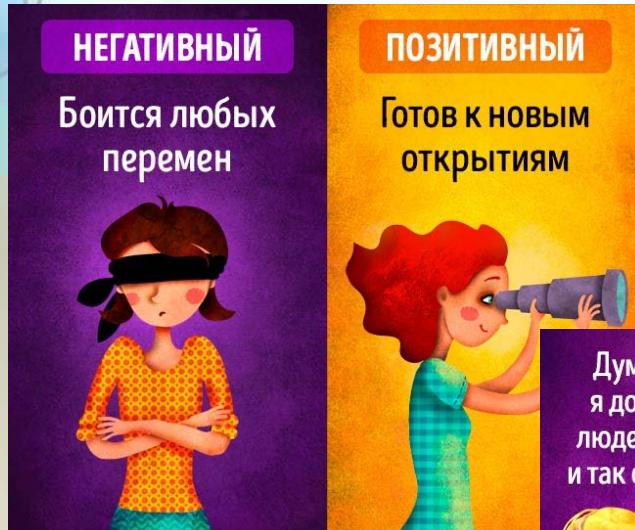
Цей заголовок, незважаючи на суперечність, висловлює важливе якість успішного системного інженера. Скептицизм необхідний для стримування традиційного оптимізму фахівця з проектування, оцінює ймовірність успіху обраного підходу до проектування. Саме цей скептицизм велить настоюти на валідації обраного підходу при першій же можливості, що представилася.



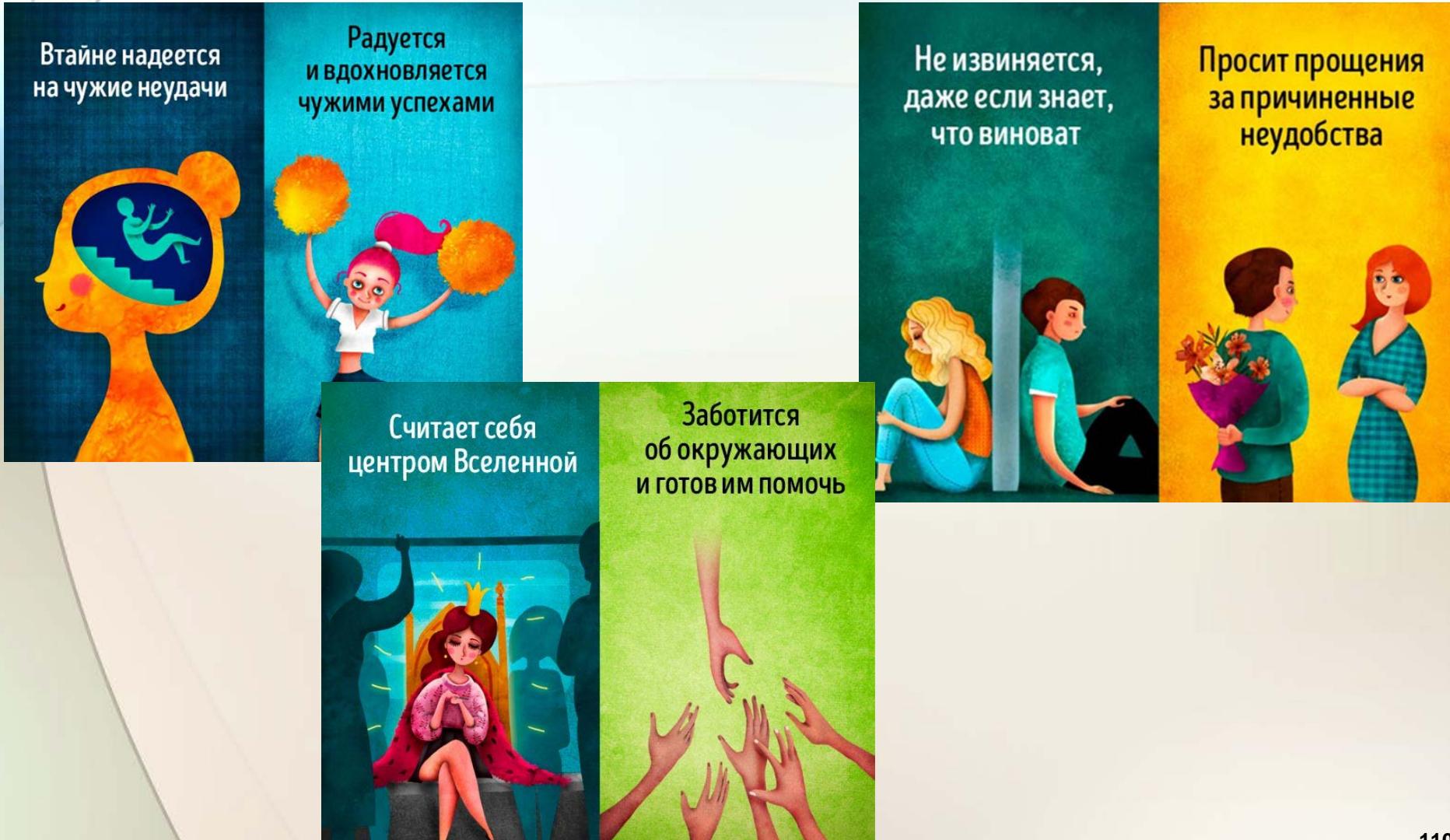
Інша сторона скептицизму, яка безпосередньо пов'язана з позитивністю мислення, - це реакція на реальну або уявну неспроможність обраної методики або підходу до проектування. Багато фахівців з проектування, зіткнувшись з несподіваною невдачею, впадають у відчай. Але системний інженер не може дозволити собі розкіш заламувати руки, а зобов'язаний перш за все проявити здоровий скептицизм щодо умов, при яких невдача сталася. Часто виявляється, що саме ці умови не дозволили правильно випробувати систему.



Якщо ж доведено, що з умовами все в порядку, то системний інженер повинен знайти способи обійти причину невдачі. Традиційна відповідь - «через невдачі доведеться почати все спочатку і піти іншим шляхом» - призводить до зриву термінів і подорожчання програми. Взагалі кажучи, подібне рішення можна приймати тільки в разі, якщо всі героїчні зусилля знайти альтернативу зазнали краху. Саме в таких ситуаціях знання кількох дисциплін дає системному інженерові шанс відшукати альтернативний варіант в якісь іншій частині системи і зменшити навантаження на невдало спроектований компонент.



Позитивний склад розуму - якість, абсолютно необхідне як системному інженеру, так і керівнику проекту, оскільки вони повинні підтримувати впевненість в успіху у замовника, у керівництва компанії і у членів проектної групи. Без відповідного настрою («Ми можемо це зробити!») В організації неминуче постраждають командний дух і результати проекту.



Думает только  
о собственной  
выгоде



Поступает так,  
чтобы не задеть  
чувства других



В своих ошибках  
обвиняет других



Берет на себя  
ответственность  
за свои неудачи



Не выносит  
критики  
в свой адрес



Готов  
к конструктивному  
обсуждению

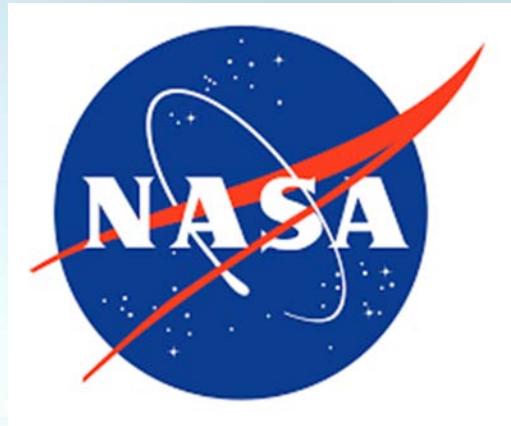


Уверен,  
что знает все



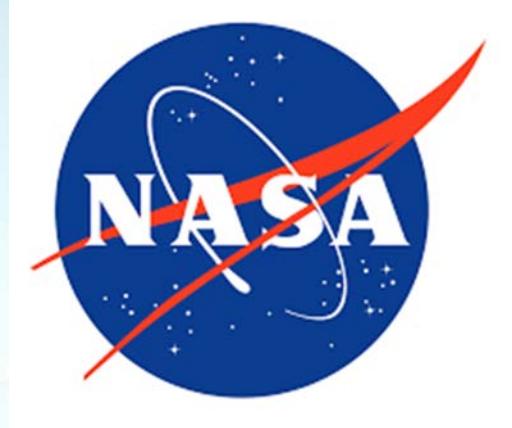
Стремится  
пополнить свою  
копилку знаний



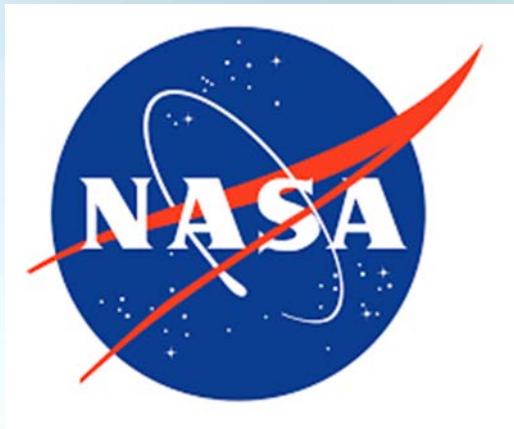


У публікації NASA було названо 11 особистих якостей, які повинен мати хороший системний інженер:

- інтелектуальна допитливість, що виражається насамперед у здатності та бажанні постійно вчитися новому;
- здатність бачити ціле навіть за наявності безлічі дрібних деталей, що включає, зокрема, уміння не втрачати основну головну мету та об'єднувати для розмови однією мовою вчених, розробників, операторів та інші зацікавлені сторони, незважаючи на зміни, що виникають у міру розвитку ЖЦ;
- здатність до виділення загальносистемних зв'язків та закономірностей, за допомогою якої першокласний системний інженер може допомогти іншим членам команди проекту у встановленні місця їх системних рішень у загальній картині та у роботі на досягнення загальних системних цілей;



- висока комунікабельність — здатність слухати, писати та говорити таким чином, що сприяє наведенню мостів між інженерами та управлінцями на основі використання єдиних термінів, процесів та процедур;
- виражена готовність до лідерства та до роботи в команді, що передбачає, зокрема, наявність глибоких та багатосторонніх технічних знань, ентузіазму у досягненні поставлених цілей, креативності та інженерного інстинкту;
- готовність до змін, що передбачає серед іншого та розуміння неминучості змін;
- пристосованість до роботи в умовах невизначеності та недостатності інформації, що передбачає, зокрема, здатність до тлумачення неповних та суперечливих вимог;



- специфічна переконаність у тому, що слід сподіватися на краще, але планувати найгірше, що передбачає, зокрема, що системний інженер постійно перевіряє і перевіряє ще раз деталі, що мають відношення до забезпечення технічної цілісності системи;
- наявність різноманітних технічних навичок - здатність застосовувати обґрунтовані технічні рішення, що вимагає від системного інженера знання безлічі технічних дисциплін лише на рівні експерта;
- впевненість у собі і рішучість, але не зарозумілість, тому що навіть хороший системний інженер може помилитися;
- здатність суворо виконувати розпорядження щодо реалізації процесу при розумінні того, коли треба зупинитися та внести зміни, що передбачає здатність системного інженера не лише формально описати, а й «відчути» процеси.

Серед найважливіших компетенцій системного інженера, зокрема, називаються:

- уміння керувати вимогами на всіх рівнях системної ієрархії;
- володіння сучасними методами та інструментами розробки систем, включаючи архітектурний підхід;
- володіння методами та інструментами аналізу систем, включаючи моделювання, аналіз надійності, аналіз ризиків, аналіз техніко-економічних характеристик тощо.
- вміння організовувати та проводити випробування систем та аналізувати результати випробувань;
- уміння налагоджувати ефективну людино-машинну взаємодію;
- уміння реалізовувати інтегровані системні рішення, що враховують гетерогенність та можливу розподіленість елементів, що становлять систему;
- володіння процесним підходом;
- уміння керувати змінами.

# Висновок

Призначення системної інженерії полягає в керівництві розробкою складних, комплексних систем. Система визначається як сукупність взаємопов'язаних компонентів, які працюють спільно для досягнення спільної мети. Далі, комплексна інженерно налаштована система - в тому сенсі, в якому ми розуміємо її в цій книзі - 1) складається з декількох різноманітних, різновидних елементів, які пов'язані між собою складним чином і 2) вимагає застосування системної інженерії для керівництва розробкою. Системна інженерія відрізняється від традиційних дисциплін тим, що 1) предметом її розгляду є система в цілому; 2) її цікавлять потреби замовника і умови експлуатації; 3) вона спрямовує розробку концепції системи; 4) вона наводить мости між традиційними інженерними дисциплінами і долає нерозуміння між окремими фахівцями.

Системна інженерія є невід'ємною частиною керівництва проектом, оскільки необхідна для планування і напрямки інженерних зусиль. Сучасна системна інженерія з'явилася в результаті того, що передові технології в поєднанні зі зростанням ступеня автоматизації принесли з собою ризики та підвищення складності; при цьому конкурентна боротьба вимагала йти на ризик після ретельної оцінки можливих наслідків, а поглиблення спеціалізації диктувало необхідність міждисциплінарних зв'язків і побудови інтерфейсів.

До числа інженерно насичених комплексних систем відносяться, зокрема:

- Метеорологічні супутники;
- Системи управління повітряним рухом в зоні аеропорту;
- Системи стеження за вантажівками;
- Системи бронювання авіаквитків;
- Медичні інформаційні системи;
- Пасажирський літак;
- Сучасний збиральний комбайн;
- Нафтопереробний завод;
- Автоскладальний завод;
- Електростанція.

В даний час системна інженерія визнана як професія і грає все зростаючу роль в державних установах і промисловості. В США реалізується чимало освітніх програм, розрахованих на отримання ступеня магістра (є також кілька програм підготовки бакалаврів). Існує спеціально створена організація професійних системних інженерів - Міжнародна рада з системної інженерії (INCOSE). Випускники технічних вузів мають дуже вузьку спеціалізацію. І лише мало хто цікавиться завданнями на стику дисциплін; саме такі люди і стають системними інженерами.

Професія системного інженера важка, але ці труднощі окупаються. Типовий системний інженер із задоволенням береться за абстрактні, що допускають неоднозначне рішення задачі, і нагородою йому служить усвідомлення своєї ключової ролі в проекті. Отже, успішний системний інженер володіє наступними якостями:

- 1) Добре вміє вирішувати завдання і вітає складні проблеми;
- 2) Має хорошу технічну підготовку і широкий кругозір;
- 3) Має аналітичний, системний склад розуму і при цьому проявляє творчі здібності;
- 4) Прекрасно володіє навичками спілкування, природжений лідер.

На Т-образній моделі представлено поєднання досвіду, освіти, системи наставництва і глибини технічних знань, яке необхідне для становлення успішного і впливового системного інженера.

У загальному і цілому системна інженерія - це дисципліна, що має високий потенціал, вимагає мультидисциплінарних знань і дозволяє агрегувати різноманітні системні елементи. Системний інженер повинен уміти виконувати наближені розрахунки щодо складних випадків, щоб перевірити результат на істинність. І нарешті, він повинен володіти скептичним, але разом з тим позитивним складом розуму - необхідна умова виправданого ризику.

Дякую за увагу!