Факультет інформатики та обчислювальної техніки

Кафедра автоматики і управління в технічних системах

Дисципліна «Системна інженерія»

https://do.ipo.kpi.ua/

Семестр 6.

Розділ 2.

Тема 2-2. Управління системною інженерією.

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

Київ, 2019

Умовні скорочення

скорочення	повна назва
ЖЦ	життєвий цикл
ПЗ	програмне забезпечення

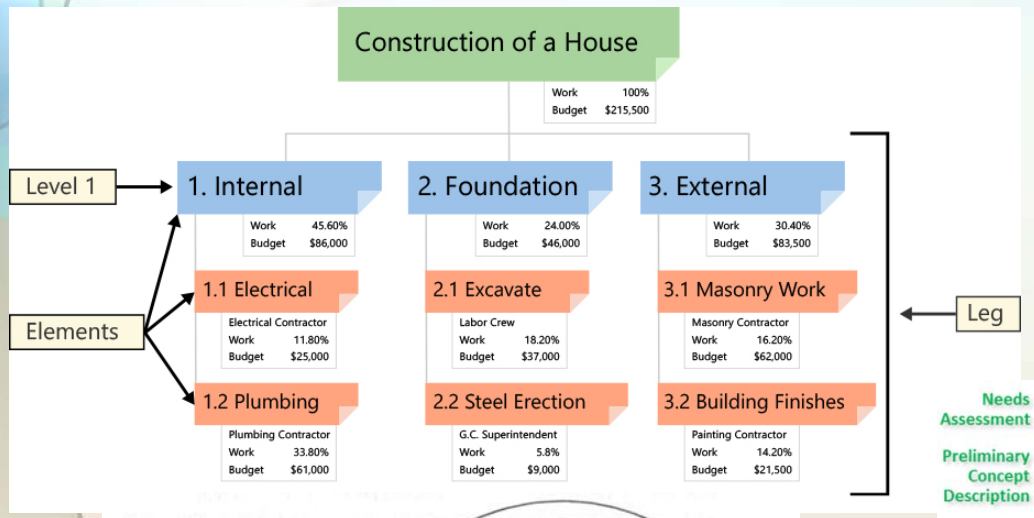
План лекції:

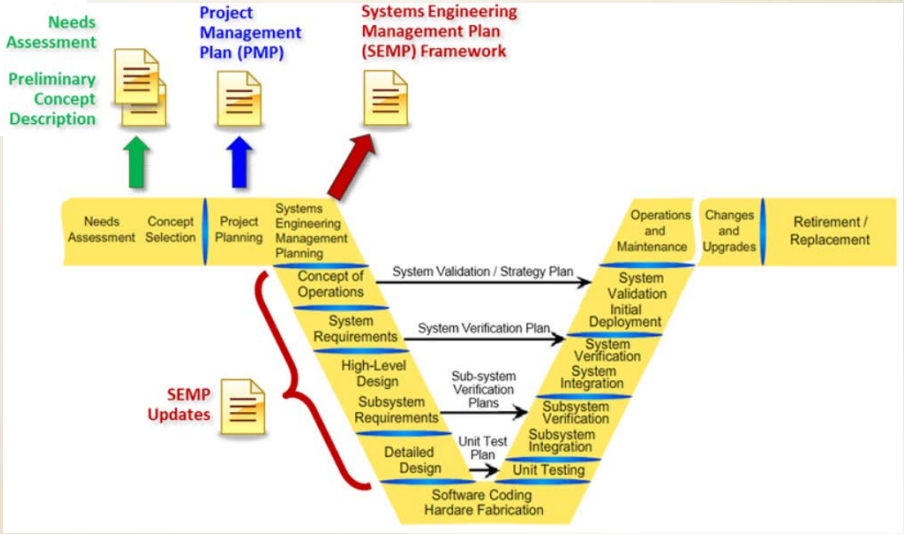
1. Управління розробкою системи і ризиками.
2. Ієрархічна структура робіт.
3. План управління системною інженерією.
4. Управління ризиком.
5. Організація системної інженерії.

1. Управління розробкою системи і ризиками.

Як зазначалося вище, системна інженерія - невід'ємна частина управління проектом розробки системи. На діаграмі Венна на рисунку показана роль системної інженерії в управлінні проектом. Овалами на діаграмі позначені область управління проектом в цілому і її основні складові: системна інженерія та планування і контроль проекту. Видно, що обидві складові цілком укладені всередині галузі управління проектом, причому технічне керівництво залишається за системної інженерією, а керівництво програмою, фінансові справи та супровід договорів входять до складу планування і контролю проекту. Виділення ресурсів і постановка задач по необхідності є загальними функціями.

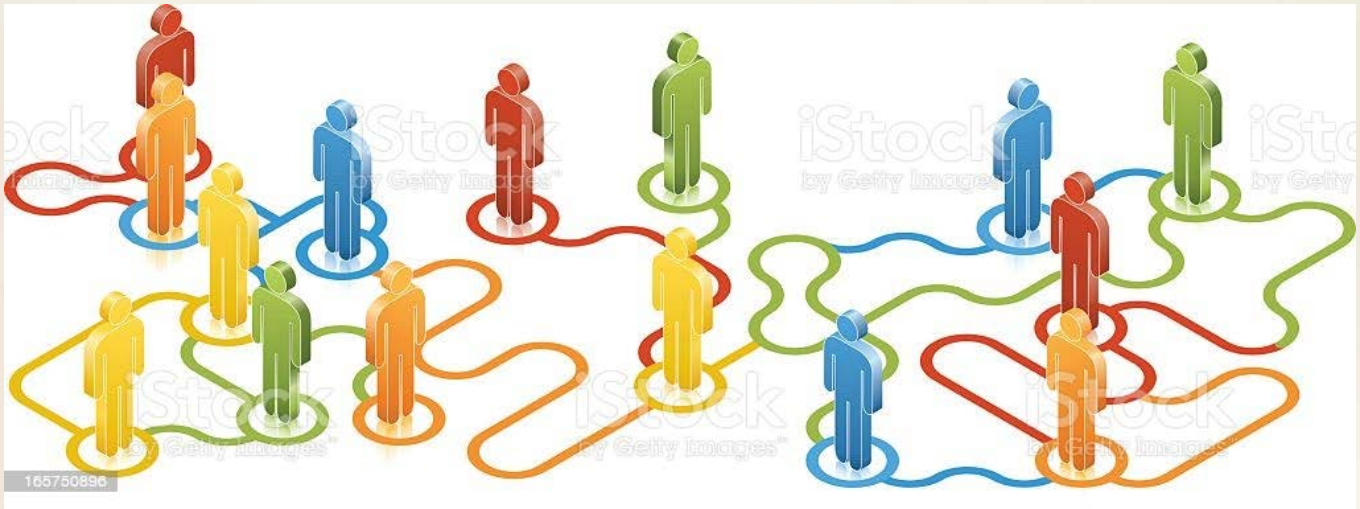
Щоб краще розібратися в численних і різноманітних функціях системної інженерії, ми обговоримо деякі основні особливості загальної схеми управління проектом, зокрема ***<u>ієрархічну структуру робіт</u>*** (work breakdown structure - WBS), ***<u>організацію проекту</u>*** і ***<u>план управління системної інженерією</u>*** (systems engineering management plan - SEMP). Тут же порушується питання про управління ризиком, описуються організація заходів системної інженерії та інтегрована модель зрілості можливостей в тому вигляді, в якому вона може бути застосовна до системної інженерії.





Створення складної системи включає безліч взаємопов'язаних робіт, виконуваних десятками або сотнями людей, а також рядом субпідрядників та інших юридичних осіб. І це не тільки власне процес розробки, а й все, що зазвичай необхідно для забезпечення функціонування системи, в тому числі технічне обслуговування, документація, навчання і багато іншого. Потрібно розробити, придбати і забезпечити доступність випробувального та інше необхідне обладнання, приміщень та транспортних засобів. Не можна випустити з уваги жодну сторону управління проектом і системної інженерії, в тому числі планування, складання графіків і кошторисів робіт, управління конфігурацією.

Розділи цієї теми відносяться до управління будь-якими видами діяльності в сфері системної інженерії для всіх типів складних систем. Однак в програмних системах, де практично всі функціональні можливості визначаються ПЗ, існує ряд особливостей, які потребують окремого розгляду. Про них ми поговоримо далі в темі «Управління програмною інженерією».



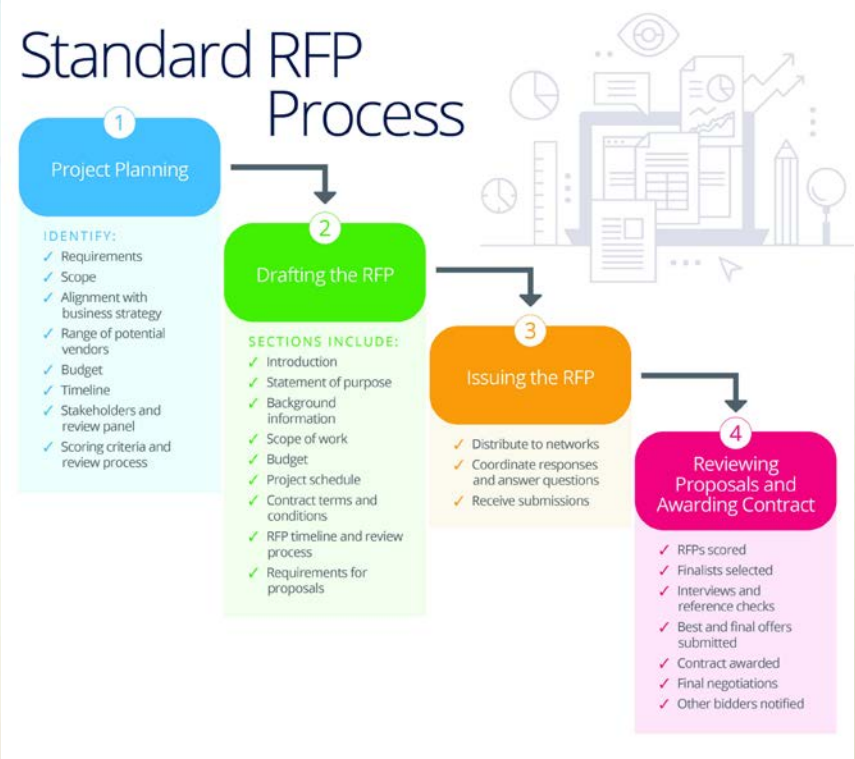
Підготовка пропозиції та технічне завдання

Розробку системи часто ініціює сторона, що має деяку потребу, наприклад замовник, у якого в конкурентному середовищі звернення за допомогою нерідко відбувається в формі ***запиту пропозиції*** (request for proposal - RFP).

Це документ процесу закупки, метою якого є запросити перспективних постачальників до подачі своїх комерційних пропозицій для участі в процесі вибору постачальника відповідного типу матеріалу чи послуги (постачання).

Замовлення на пропозиці повинно мати графи, які відповідають на такі питання:

- ЩО — точний опис товару, марка;
- СКІЛЬКИ — кількісний складник;
- ЯКИЙ — опис специфічних характеристик;
- ЧИЙ — виробник матеріалу;
- ДЕ — опис місця застосування;
- КОЛИ — на яку дату слід поставити;
- КУДИ — місце доставки;
- НАВІЩО — опис потреби в закупівлі;
- КОМУ — замовник (не обов'язково);
- ЯКЕ — вид упакування й тари;
- ЯК — умови поставки;
- ЗА СКІЛЬКИ Й ЯК — ціна та умови оплати;
- ХТО СКЛАВ — автор запиту й кому направляти пропозиції;
- ХТО КУПУЄ — реквізити компанії;
- ДО КОЛИ — до якого строку приймаються пропозиції.



Подібна інформація у замовленні на комерційну пропозицію потрібна для усунення непорозумінь між відділом постачання та перспективним постачальником. Цей документ є основою для вибору постачальника чи проведення конкурентних торгів чи тендерів у процесі закупки.

Після того як організація прийме рішення відгукнутися на RFP, призначається керівник програми або група професіоналів, які повинні підготувати пропозицію. Хоча системний інженер може офіційно і не входити до складу групи, важливо мати впевненість, що технічні ідеї, а також непрямі проектні рішення і інтерфейси практично здійсненні. Тому навіть на ранніх стадіях проекту необхідна тісна співпраця між системним інженером і керівництвом проекту.

Найважливіший елемент пропозиції - ***технічне завдання*** (statement of work - SOW). Це словесний опис робіт, які належить виконати для того, щоб створити систему, що відповідає потребам замовника.

Системний інженер приділяє особливу увагу підлягає розробці виробу і стежить за тим, щоб в описуваний обсяг робіт були включені всі необхідні продукти і послуги. Точніше, системний інженер зосереджений на потребах замовника і відповідає за те, щоб в основу SOW була покладена концепція функціонування, яка заслуговує довіри. Він аналізує, чи використовуються в неявної проектному рішенні успадковані компоненти, і якщо так, то чи доступні вони; перевіряє, чи включені в пропоновану систему комерційні COTS-продукти, і визначає рівні технологічної готовності важливих підсистем, що згадуються в попередньому проекті системи. На цій ранній стадії планування закладається фундамент, на якому згодом доведеться зводити будівлю проекту всім його технічним учасникам.

ГОСТ 34.602-89

Інформаційна технологія. Комплекс стандартів на автоматизовані системи. Технічне завдання на створення автоматизованої системи.

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ СОЮЗА ССР

ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ.
Комплекс стандартов на автоматизированные системы

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ НА СОЗДАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ **34.602-89**

Information technology. Set of standards for automated systems. Technical directions for developing of automated system

ОКСТУ 0034

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

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ СОЮЗА ССР

Единая система программной документации

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ. ТРЕБОВАНИЯ К СОДЕРЖАНИЮ И ОФОРМЛЕНИЮ

ГОСТ 19.201-78

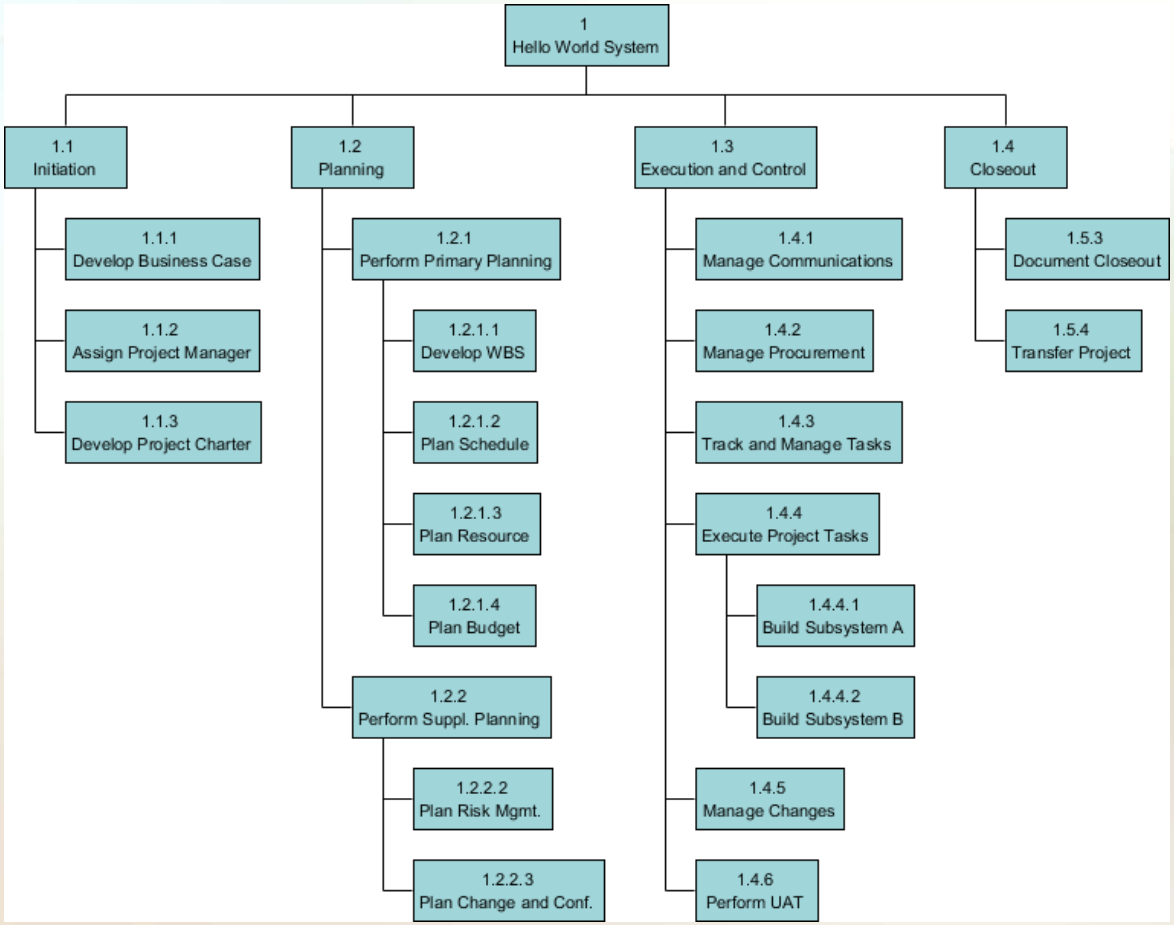
United system for program documentation.
Technical specification for development. Requirements to contents and form of presentation

(СТ СЭВ 1627-79)

2. Ієрархічна структура робіт.

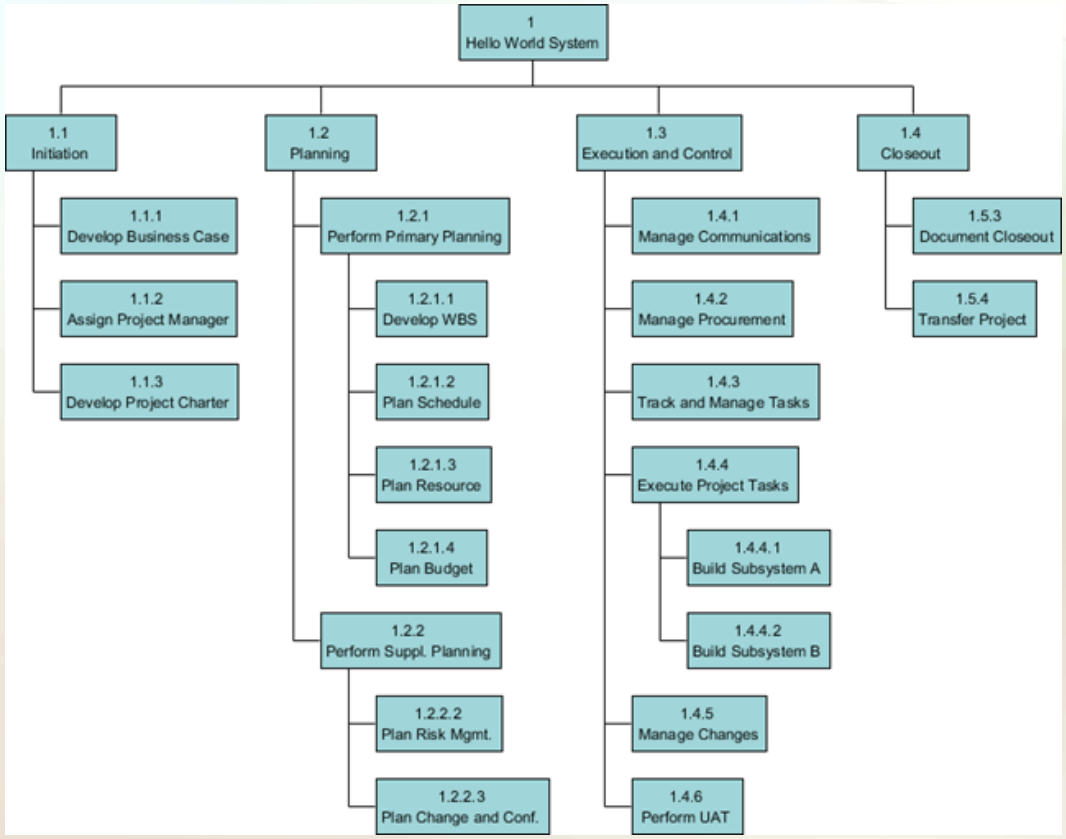
Для того щоб успішно керувати розробкою системи необхідні спеціальні методики, які гарантують, що всі завдання, які підлягають вирішенню, правильно поставлені і розподілені між виконавцями, що для них визначені терміни і забезпечений належний контроль.

Одна з найбільш важливих методик - системна організація проектних завдань у формі ***ієрархічної структури робіт*** (work breakdown structure - WBS) або, в більш рідкісних випадках, ***ієрархічної структури проекту або системи***. ***Ієрархічна структура робіт*** - орієнтована на результат поставки ієрархічна декомпозиція робіт, виконуваних командою проекту для досягнення цілей проекту і необхідних результатів поставки (PMBOOK).



У цьому форматі все окремі роботи описуються в термінах їх результатів (виробів і послуг), які повинні бути отримані в ході виконанню проекту і представляються у вигляді ієрархічної структури. Побудова ієрархічної структури починається з самого початку етапу розробки концепції і служить вихідною точкою при аналізі альтернатив. На наступних стадіях WBS деталізується і використовується в якості основи для оцінки витрат протягом ЖЦ системи. У конкурентному середовищі наявність документа з описом WBS часто є вимогою при укладанні договору на розробку системи.

Зазвичай за допомогою WBS структурується і визначається все, що має безпосереднє відношення до системи, яка повинна бути розроблена, виготовлена, випробувана, розгорнута і в подальшому підтримана, в тому числі технічне і ПЗ, послуги і дані. Ця структура задає каркас, або концептуальну основу, на якій в подальшому буде реалізований проект.



Елементи типової ієрархічної структури робіт

Формат WBS, взагалі кажучи, підлаштовується під конкретний проект, але завжди має ієрархічну деревоподібну структуру, в якій кожної суттєвої частини (пакету) робіт, які виконуються в рамках проекту, відведено своє місце. Для ілюстрації ми опишемо нижче основні елементи WBS для типової системи.

Уровень 1	Уровень 2	Уровень 3	Уровень 4	Уровень 5
1. Производство системы				
	1.1 Производство системы			
		1.1.1 Подсистема А		
			1.1.1.1 Компонент А1	
				1.1.1.1.1 Функциональный проект
				1.1.1.1.2 Технический проект
				1.1.1.1.3 Изготовление
				1.1.1.1.4 Испытание отдельного блока
				1.1.1.1.5 Документация
			1.1.1.2 Компонент А2	
				1.1.1.2.1 Функциональный проект и т. д.
		1.1.2 Подсистема В		
			1.1.2.1 Компонент В1	
				1.1.2.1.1 Функциональный проект и т. д.
		1.1.3 Подсистема С		
		1.1.4 Сборочное оборудование		
		1.1.5 Сборочное оборудование		

Якщо проект системи помістити на рівень 1 ієрархії (іноді WBS починають з рівня 0), то на рівні 2 можуть перебувати такі категорії:

1.1. Виробництво системи.
1.2. Супровід (підтримка) системи.
1.3. Випробування системи.
1.4. Керівництво проектом.
1.5. Системна інженерія.

1.1. ***Виробництво системи*** - це повна сукупність зусиль, спрямованих на розробку, виготовлення і комплексування системи разом з допоміжним обладнанням, необхідним для її функціонування. У таблиці наведено приклад WBS по виробництву системи. На рівні 3 ми бачимо кілька підсистем, а також обладнання, необхідне для їх комплексування (складальне обладнання), та інше допоміжне обладнання, що використовується відразу в декількох підсистемах. У таблиці показано також приклад 4-го і 5-го рівнів декомпозиції для однієї з підсистем.

Уровень 1	Уровень 2	Уровень 3	Уровень 4	Уровень 5
1. Производство системы				
	1.1 Производство системы			
		1.1.1 Подсистема А		
			1.1.1.1 Компонент А1	
				1.1.1.1.1 Функциональный проект
				1.1.1.1.2 Технический проект
				1.1.1.1.3 Изготовление
				1.1.1.1.4 Испытание отдельного блока
				1.1.1.1.5 Документация
			1.1.1.2 Компонент А2	
				1.1.1.2.1 Функциональный проект и т. д.
		1.1.2 Подсистема В		
			1.1.2.1 Компонент В1	
				1.1.2.1.1 Функциональный проект и т. д.
		1.1.3 Подсистема С		
		1.1.4 Сборочное оборудование		
		1.1.5 Сборочное оборудование		

В результаті декомпозиції виділені компоненти, що входять до складу підсистеми, які є непідвладними визначенню продуктами (результатами) проектно-конструкторських, інженерних та виробничих зусиль. Бажано, щоб комплексування і випробування апаратних і програмних компонентів проводилися окремо для кожної підсистеми, а потім перевірені підсистеми об'єднувалися в цільову систему для випробування.

Уровень 1	Уровень 2	Уровень 3	Уровень 4	Уровень 5
1. Производство системы				
	1.1 Производство системы			
		1.1.1 Подсистема А		
			1.1.1.1 Компонент А1	
				1.1.1.1.1 Функциональный проект
				1.1.1.1.2 Технический проект
				1.1.1.1.3 Изготовление
				1.1.1.1.4 Испытание отдельного блока
				1.1.1.1.5 Документация
			1.1.1.2 Компонент А2	
				1.1.1.2.1 Функциональный проект и т. д.
		1.1.2 Подсистема В		
			1.1.2.1 Компонент В1	
				1.1.2.1.1 Функциональный проект и т. д.
		1.1.3 Подсистема С		
		1.1.4 Сборочное оборудование		
		1.1.5 Сборочное оборудование		

Нарешті, для складання кошторису і контролю на рівні 5 кожен компонент розбивається на пакети робіт, в яких визначено кілька кроків проектування, розробки і випробування компонентів. На цьому і більш низьких рівнях WBS елементи (операції) часто визначають дієсловами: закупити, спроектувати, комплексувати, випробувати і т.д.

Уровень 1	Уровень 2	Уровень 3	Уровень 4	Уровень 5
1. Производство системы				
	1.1 Производство системы			
		1.1.1 Подсистема А		
			1.1.1.1 Компонент А1	
				1.1.1.1.1 Функциональный проект
				1.1.1.1.2 Технический проект
				1.1.1.1.3 Изготовление
				1.1.1.1.4 Испытание отдельного блока
				1.1.1.1.5 Документация
			1.1.1.2 Компонент А2	
				1.1.1.2.1 Функциональный проект и т. д.
		1.1.2 Подсистема В		
			1.1.2.1 Компонент В1	
				1.1.2.1.1 Функциональный проект и т. д.
		1.1.3 Подсистема С		
		1.1.4 Сборочное оборудование		
		1.1.5 Сборочное оборудование		

1.2. ***Підтримка системи*** (або інтегроване логістичне забезпечення) має на увазі надання обладнання, приміщень і послуг, необхідних для розробки та експлуатації системи. Відповідні елементи можна розбити на шість категорій, що відносяться до рівня 3:

1.2.1. Постачання.

1.2.2. Випробувальне обладнання.

1.2.3. Транспортно-навантажувальні операції.

1.2.4. Документація.

1.2.5. Приміщення та обладнання.

1.2.6. Кадри і навчання.

1.2.7. Кожен з перерахованих вище елементів підтримки може ставитися як до процесу розробки, так і до експлуатації системи, хоча дії на цих етапах можуть бути різними.

Уровень 1	Уровень 2	Уровень 3	Уровень 4	Уровень 5
1. Производство системы				
	1.1 Производство системы			
		1.1.1 Подсистема А		
			1.1.1.1 Компонент А1	
				1.1.1.1.1 Функциональный проект
				1.1.1.1.2 Технический проект
				1.1.1.1.3 Изготовление
				1.1.1.1.4 Испытание отдельного блока
				1.1.1.1.5 Документация
			1.1.1.2 Компонент А2	
				1.1.1.2.1 Функциональный проект и т. д.
		1.1.2 Подсистема В		
			1.1.2.1 Компонент В1	
				1.1.2.1.1 Функциональный проект и т. д.
		1.1.3 Подсистема С		
		1.1.4 Сборочное оборудование		
		1.1.5 Сборочное оборудование		

1.3. ***<u>Випробування системи</u>*** починаються після того, як за результатами випробувань буде виконана валідація проектних і конструкторських рішень для окремих компонентів. Вельми значна частка зусиль, пов'язаних з випробуваннями, зазвичай ставиться до проведення випробувань системи в цілому, що включають 4 категорії випробувань:

1.3.1. ***<u>Інтеграційне тестування</u>*** (integration testing). Ця категорія супроводжує покрокове комплексування компонентів і підсистем до тих пір, поки не буде зібрана система в цілому.

Уровень 1	Уровень 2	Уровень 3	Уровень 4	Уровень 5
1. Производство системы				
	1.1 Производство системы			
		1.1.1 Подсистема А		
			1.1.1.1 Компонент А1	
				1.1.1.1.1 Функциональный проект
				1.1.1.1.2 Технический проект
				1.1.1.1.3 Изготовление
				1.1.1.1.4 Испытание отдельного блока
				1.1.1.1.5 Документация
			1.1.1.2 Компонент А2	
				1.1.1.2.1 Функциональный проект и т. д.
		1.1.2 Подсистема В		
			1.1.2.1 Компонент В1	
				1.1.2.1.1 Функциональный проект и т. д.
		1.1.3 Подсистема С		
		1.1.4 Сборочное оборудование		
		1.1.5 Сборочное оборудование		

Уровень 1	Уровень 2	Уровень 3	Уровень 4	Уровень 5
1. Производство системы				
	1.1 Производство системы			
		1.1.1 Подсистема А		
			1.1.1.1 Компонент А1	
				1.1.1.1.1 Функциональный проект
				1.1.1.1.2 Технический проект
				1.1.1.1.3 Изготовление
				1.1.1.1.4 Испытание отдельного блока
				1.1.1.1.5 Документация
			1.1.1.2 Компонент А2	
				1.1.1.2.1 Функциональный проект и т. д.
		1.1.2 Подсистема В		
			1.1.2.1 Компонент В1	
				1.1.2.1.1 Функциональный проект и т. д.
		1.1.3 Подсистема С		
		1.1.4 Сборочное оборудование		
		1.1.5 Сборочное оборудование		

1.3.2. ***<u>Системне тестування</u>*** (system testing). Дана категорія включає виконання всіх перевірок системи в цілому з подальшою оцінкою результатів випробувань.

1.3.3. ***<u>Приймальні випробування</u>*** (acceptance testing). Ця категорія являє випробування готової системи на заводі, а також випробування поставленої споживачу системи після її установки на місці експлуатації.

1.3.4. ***<u>Експлуатаційні випробування та атестація</u>*** (operational testing and evaluation). Дана категорія призначена для перевірки ефективності всієї системи в умовах реальної експлуатації.

Уровень 1	Уровень 2	Уровень 3	Уровень 4	Уровень 5
1. Производство системы				
	1.1 Производство системы			
		1.1.1 Подсистема А		
			1.1.1.1 Компонент А1	
				1.1.1.1.1 Функциональный проект
				1.1.1.1.2 Технический проект
				1.1.1.1.3 Изготовление
				1.1.1.1.4 Испытание отдельного блока
				1.1.1.1.5 Документация
			1.1.1.2 Компонент А2	
				1.1.1.2.1 Функциональный проект и т. д.
		1.1.2 Подсистема В		
			1.1.2.1 Компонент В1	
				1.1.2.1.1 Функциональный проект и т. д.
		1.1.3 Подсистема С		
		1.1.4 Сборочное оборудование		
		1.1.5 Сборочное оборудование		

Які випробування проводити на кожному рівні, описується в окремих планах і процедурах випробувань. Однак загальний опис цілей і змісту випробувань, а також перелік обов'язкових випробувань повинні бути викладені у зведеному документі з планування та управління випробуваннями, який в США стосовно галузі оборонних закупівель називається «***план управління випробуваннями і атестацією***» (test and evaluation management plan - TEMP).

1.4. ***Керівництво проектом*** включає завдання, до яких відносяться всі дії, пов'язані з плануванням і контролем проекту, в тому числі підготовка та супровід WBS, складання графіків і кошторисів, оцінка ефективності, аналіз ходу робіт і звітність і т.д.

Уровень 1	Уровень 2	Уровень 3	Уровень 4	Уровень 5
1. Производство системы				
	1.1 Производство системы			
		1.1.1 Подсистема А		
			1.1.1.1 Компонент А1	
				1.1.1.1.1 Функциональный проект
				1.1.1.1.2 Технический проект
				1.1.1.1.3 Изготовление
				1.1.1.1.4 Испытание отдельного блока
				1.1.1.1.5 Документация
			1.1.1.2 Компонент А2	
				1.1.1.2.1 Функциональный проект и т. д.
		1.1.2 Подсистема В		
			1.1.2.1 Компонент В1	
				1.1.2.1.1 Функциональный проект и т. д.
		1.1.3 Подсистема С		
		1.1.4 Сборочное оборудование		
		1.1.5 Сборочное оборудование		

1.5. Задачі ***системної інженерії*** включають діяльність системних інженерів по керівництву розробкою системи на всіх етапах концептуального і технічного проектування. Зокрема, сюди входять аналіз вимог, дослідження компромісів (аналіз альтернатив), технічна експертиза, вимоги до випробувань і оцінки їх результатів, технічні вимоги до системи, управління конфігурацією і т.д. - все, що включено в план управління системної інженерією. Ще одна важлива діяльність - підключення спеціального проектування на ранніх етапах проекту, іншими словами, те, що прийнято називати ***паралельної інженерією*** (concurrent engineering).

Уровень 1	Уровень 2	Уровень 3	Уровень 4	Уровень 5
1. Производство системы				
	1.1 Производство системы			
		1.1.1 Подсистема А		
			1.1.1.1 Компонент А1	
				1.1.1.1.1 Функциональный проект
				1.1.1.1.2 Технический проект
				1.1.1.1.3 Изготовление
				1.1.1.1.4 Испытание отдельного блока
				1.1.1.1.5 Документация
			1.1.1.2 Компонент А2	
				1.1.1.2.1 Функциональный проект и т. д.
		1.1.2 Подсистема В		
			1.1.2.1 Компонент В1	
				1.1.2.1.1 Функциональный проект и т. д.
		1.1.3 Подсистема С		
		1.1.4 Сборочное оборудование		
		1.1.5 Сборочное оборудование		

WBS структурується так, щоб кожного завдання було знайдено відповідне місце в ієрархії WBS. Системний інженер допомагає керівнику проекту розробляти WBS таким чином, щоб вона дійсно досягала своєї мети. Використання WBS в якості основи для організації проектних робіт починається, як правило, на етапі дослідження концепції.

Уровень 1	Уровень 2	Уровень 3	Уровень 4	Уровень 5
1. Производство системы				
	1.1 Производство системы			
		1.1.1 Подсистема А		
			1.1.1.1 Компонент А1	
				1.1.1.1.1 Функциональный проект
				1.1.1.1.2 Технический проект
				1.1.1.1.3 Изготовление
				1.1.1.1.4 Испытание отдельного блока
				1.1.1.1.5 Документация
			1.1.1.2 Компонент А2	
				1.1.1.2.1 Функциональный проект и т. д.
		1.1.2 Подсистема В		
			1.1.2.1 Компонент В1	
				1.1.2.1.1 Функциональный проект и т. д.
		1.1.3 Подсистема С		
		1.1.4 Сборочное оборудование		
		1.1.5 Сборочное оборудование		

На етапі опису концепції WBS вже деталізована і може служити основою для організації робіт, а також для складання графіків та кошторисів. У цій точці визначені підсистеми та виявлено складові їх компоненти. Крім того, прийняті рішення, принаймні орієнтовні, про закупівлі елементів системи у сторонніх постачальників. Відповідно, потрібно вирішити, до якого рівня повинна бути детально описана WBS.

Зрозуміло, що WBS буде змінюватися по ходу просування розробки системи. Однак у своїй основі її структура повинна залишатися стабільною.

Уровень 1	Уровень 2	Уровень 3	Уровень 4	Уровень 5
1. Производство системы				
	1.1 Производство системы			
		1.1.1 Подсистема А		
			1.1.1.1 Компонент А1	
				1.1.1.1.1 Функциональный проект
				1.1.1.1.2 Технический проект
				1.1.1.1.3 Изготовление
				1.1.1.1.4 Испытание отдельного блока
				1.1.1.1.5 Документация
			1.1.1.2 Компонент А2	
				1.1.1.2.1 Функциональный проект и т. д.
		1.1.2 Подсистема В		
			1.1.2.1 Компонент В1	
				1.1.2.1.1 Функциональный проект и т. д.
		1.1.3 Подсистема С		
		1.1.4 Сборочное оборудование		
		1.1.5 Сборочное оборудование		

Складання кошторису та контроль його виконання

WBS лежить в основі складання кошторису проекту та контролю її виконання. Вона організована так, що неподільним пакетам робіт відповідають окремі статті кошторису. Наприклад, на початку проекту виділений бюджет розподіляється за попередньо визначеними пакетам робіт, а потім кожна стаття ділиться на пакети нижчого рівня, у міру того як ті ідентифікуються. Контроль витрат за проектом проводиться шляхом порівняння фактичних витрат з кошторисними і виявлення тих пакетів робіт, для яких спостерігається значне відхилення від кошторису.

Кошторис у сумі 19,225 тис.грн.

Затверджено

Замовник

_____

[посада, підпис (ініціали, прізвище)]

"____" _____ 20__ р.

Будова - Ремонт приміщень по вул. Радянська, 1 у м. Борисполі

Шифр проекту - 11/10/2011

Локальний кошторис № 2-1-1

на Загальнобудівельні роботи

Основа:		Кошторисна вартість	16,480	тис. грн.
креслення (специфікації) №		Кошторисна трудомісткість	0,307	тис.люд.-год.
		Кошторисна заробітна плата	6,283	тис. грн.
		Середній розряд робіт	3,8	розряд

Складений в поточних цінах станом на "12 жовтня" 2011 р.

№ п/п	Шифр і номер позиції нормативу	Найменування робіт і витрат, одиниця виміру	Кількість	Вартість одиниці, грн.		Загальна вартість, грн.			Витрати труда робітників, люд.-год.	
				всього	експлуатації машин	всього	заробітної плати	експлуатації машин	не зайнятих обслуговуванням машин	
				заробітної плати	в тому числі заробітної плати			в тому числі заробітної плати	тих, що обслуговують машини	
									на одиницю	всього
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
		Відділ 1. Приміщення №1								
		Розділ 1. Двері								
1	Р6-17-1	Знімання дверних полотен 100м2	0,015	850,22 766,71	83,51 32,85	13	12	1 -	44,68 1,78	1 -
2	Р6-16-1	Демонтаж дверних коробок в кам'яних стінах з відбиванням штукатурки в укосах 100шт	0,01	3757,00 3196,98	557,13 233,55	38	32	6 2	184,37 11,17	2 -

Деталізація кошторису витрат аж до рівня компонентів і розподіл витрат по основних етапах розробки, конструювання та виробництва системи важливі також з точки зору поповнення БД, яку організація зможе використовувати для оцінки вартості майбутніх проектів. При розробці нових компонентів кошторисна вартість виводиться на основі фактичної вартості раніше розроблених схожих виробів на найнижчому рівні агрегування, для якого є дані про витрати. На більш високих рівнях відмінності між системами стають занадто великими, щоб можна було використовувати раніше зібрані дані без істотного коректування.

Форма № 1

(назва організації, що затверджує)

Затверджено

Зведений кошторисний розрахунок у сумі 2707,930 тис.грн.
У тому числі зворотних сум -- тис.грн.

(посилання на документ про затвердження)

"___" _____ 20__ р.

ЗВЕДЕНИЙ КОШТОРИСНИЙ РОЗРАХУНОК ВАРТОСТІ БУДІВНИЦТВА

Капітальний ремонт даху, трубопроводів, опалення, туалетних приміщень адміністративного будинку за адресою м. Київ, вул. Бастіонна, 6

Складений в поточних цінах станом на 25 червня 2012 р.

№ п/п	Номери кошторисів і кошторисних розрахунків	Найменування глав, об"єктів, робіт і витрат	Кошторисна вартість, тис.грн.			Інші витрати, тис.грн.	Загальна кошторисна вартість, тис.грн.
			будівельних робіт	монтажних робіт	устаткування, меблів та інвентарю		
1	2	3	4	5	6	7	8
		Глава 2. Основні об'єкти будівництва					
1	2-1	Капітальний ремонт даху, трубопроводів, опалення, туалетних приміщень адміністративного будинку за адресою м. Київ, вул. Бастіонна, 6	1822,201	74,508	-	-	1896,709
		---	---	---	---	---	---
		Разом по главі 2:	1822,201	74,508	-	-	1896,709
		Разом по главах 1-7:	1822,201	74,508	-	-	1896,709
		Разом по главах 1-8:	1822,201	74,508	-	-	1896,709
		Глава 9. Інші роботи та витрати					
2	ДБН Д.1.1-1-2000 п.3.2.10	Додаткові витрати при виконанні будівельно-монтажних робіт у зимовий період (1Х0,47)%	8,564	0,350	-	-	8,914

Не слід очікувати, що рівень неподільності робіт буде однаковим для різних підсистем і компонентів. Наприклад, якщо підсистема купується за договором субпідряду з фіксованою вартістю, то цей договір цілком можна вважати в WBS неподільним пакетом робіт для даної підсистеми. У загальному випадку контроль виконання програми, в тому числі кошторису витрат, проводиться на рівні, де є детальні специфікації, визначення інтерфейсів і завдання на проведення робіт, що представляють, по суті, договір між основним підрядником і організацією, якій доручено розробка, конструювання або виготовлення даних елементів системи.

Програмний комплекс АВК-5 (2.10.4) - 1 - 10_СД_ЛС4_2-1-1

Форма № 4

Будова - монтаж ліній резервного живлення та їх пусконалагодки, оновлення існуючих зовнішніх ліній живлення між корпусами та додавання нових ліній резервного живлення від резервного джерела з підведенням до кінцевих споживачів

Шифр проекту - 01.12.2009

Локальний кошторис № 2-1-1

на оновлення існуючих зовнішніх ліній живлення між корпусами та додавання нових ліній резервного живлення від резервного джерела з підведенням до кінцевих споживачів

Пологовий будинок с.м.т. Ворзель

Основа:
креслення (специфікації) №

Кошторисна вартість	80,490 тис. грн.
Кошторисна трудомісткість	4,001 тис.люд.-год.
Кошторисна заробітна плата	55,591 тис. грн.
Середній розряд робіт	4,2 розряд

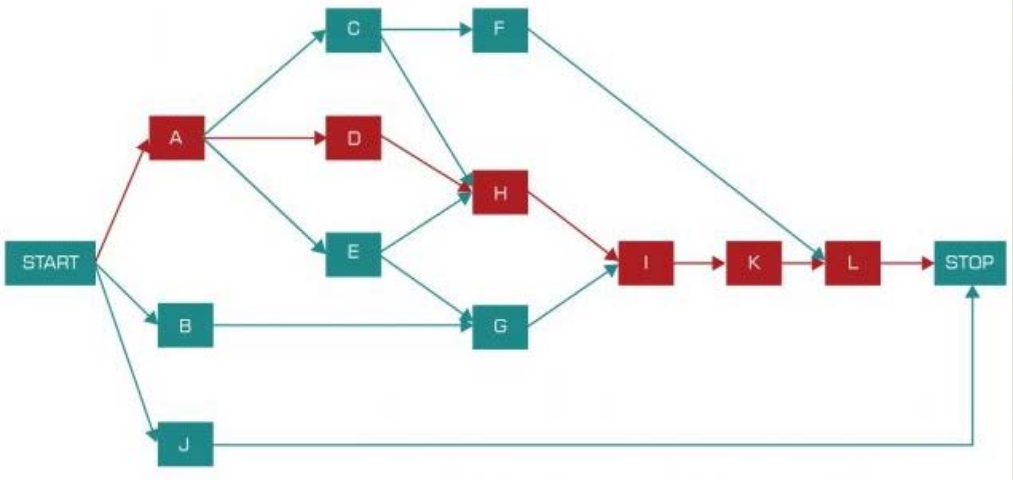
Складений в поточних цінах станом на "1 червня" 2010 р.

№ п/п	Шифр і номер позиції нормативу	Найменування робіт і витрат, одиниця виміру	Кіль-кість	Вартість одиниці, грн. всього	Вартість одиниці, грн. експлуатації машин	Загальна вартість, грн. всього	Загальна вартість, грн. заробітної плати	Загальна вартість, грн. експлуатації машин	Витрати труда робітників, люд.-год. не зайнятих обслуговуванням машин на одиницю	Витрати труда робітників, люд.-год. не зайнятих обслуговуванням машин всього	Витрати труда робітників, люд.-год. тих, що обслуговують машини на одиницю	Витрати труда робітників, люд.-год. тих, що обслуговують машини всього
		заробітної плати	в тому числі заробітної плати					в тому числі заробітної плати				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
		Розділ 1. Монтажні роботи										
1	8 М39-51-7-1	Улаштування щита керування ДЕС	1	715,16	-	715	715	-	53,33	53		
		шт		715,16	-			-	-	-		
2	8 М39-56-1-1	Монтаж розподільчого щитка до 6 мод	3	55,36	-	166	166	-	3,94	12		
		шт		55,36	-			-	-	-		
3	8 М39-50-1-1	Монтаж щита керування АВР/ДЕС	1	815,33	-	815	815	-	60,80	61		
		пристрій		815,33	-			-	-	-		
4	8 М39-56-1-2	Монтаж та улаштування розподільчої шафи / щита від 12 мод	1	285,07	-	285	285	-	20,29	20		
		шт		285,07	-			-	-	-		
5	Р17-8-1	Прокладання кабелю перерізом до 6 мм2 на	3,8	2787,72	-	10593	10593	-	200,70	763		

Метод критичного шляху

Для планування і контролю виконання проекту часто застосовується техніка мережевого планування. Мережі складаються з подій і дій, необхідних для виконання проекту. Події еквівалентні точкам прийняття рішень, що позначає моменти початку і закінчення дії. Дії уособлюють роботу або завдання, яка повинна бути виконана і, як правило, визначена в WBS. ***Метод критичного шляху*** (CPM, Critical path method) - важливий інструмент управління проектом, що дозволяє простежити, як великі елементи системи з'являються в міру розробки їх складових частин. Оцінити можна не тільки вартість, але і тимчасові витрати на кожному кроці. Шлях, яким відповідають завдання, для виконання яких потрібно максимальний час для завершення, називається ***критичним***.

Різниця між цим часом і часом, обчисленим для будь-якого іншого шляху, називається ***резервом*** цього шляху. Розраховані критичні шляху - прямий наслідок застосування WBS, яку системний інженер використовує, щоб зрозуміти, які залежності існують між завданнями, встановити пріоритетність різних робіт і графічно представити весь хід виконання програми.



3. План управління системною інженерією.

При розробці складної системи важливо, щоб всі ключові учасники процесу знали не тільки свою сферу відповідальності, але і розуміли, як взаємодіяти один з одним. Як для контролю над системними інтерфейсами потрібна спеціальна документація, так і зв'язку між різними сферами відповідальності та керівними органами повинні бути визначені і підконтрольні. Зазвичай це досягається шляхом підготовки і поширення ***плану управління системною інженерією*** (SEMP) або еквівалентного документа. Обов'язок по створенню такого плану управління інженерною діяльністю покладається на керівників проекту, зайнятих системною інженерією.

Важливість наявності затвердженого плану управління інженерною діяльністю визнана в США в програмах з оборонних закупівель, де підрядник зобов'язаний підготувати SEMP в ході розробки концепції. Основна функція SEMP - гарантувати, що всі численні учасники проекту (керівники робіт по підсистемах, розробники компонентів, інженери-випробувачі, системні аналітики, інженери, провідні спеціальну проектну діяльність, субпідрядники і т.д.) розуміють свої обов'язки один перед одним.

Це точний аналог функції системної інженерії за визначенням взаємодій між частинами системи таким чином, щоб вони відповідали один одному і працювали безперебійно. Крім того, SEMP грає роль довідника з процедур, які необхідно виконати при вирішенні численних завдань системної інженерії. Місце SEMP в плануванні управління програмою (проектом) показано на рисунку.

SEMP - документ, що розвивається, який в початковий момент містить тільки загальні принципи, але деталізується і актуалізується в процесі розробки системи. Наявність затвердженого SEMP дозволяє також контролювати повноту рішення запланованих завдань.

Елементи типового плану управління системною інженерією

План управління системної інженерією (systems engineering management plan - SEMP) містить детальний опис того, як повинні бути реалізовані функції системної інженерії в ході розробки системи. Вважають, що існують 3 види дій:

1. ***Планування і контроль програми розробки***: обумовлюються завдання системної інженерії по управлінню програмою розробки, в тому числі:
   - опис робіт;
   - організація;
   - календарне планування;
   - аналіз ходу робіт за програмою, проектних рішень та готовності до випробувань;
   - управління ризиком.
2. ***Процес системної інженерії***: описується процес системної інженерії в частині його застосування до розробки системи, в тому числі:
   - вимоги до функціональних можливостей;
   - аналіз функцій;
   - аналіз системи і стратегія прийняття компромісних рішень;
   - стратегія випробувань і атестації системи.
3. ***Інтеграція спеціальної інженерної діяльності***: описується, яким чином включити в проектування і розробку основної системи питання, які стосуються спеціальної інженерної діяльності, а саме:
   - надійність, ремонтопридатність, придатність до використання;
   - підготовка виробництва;
   - забезпечення безпеки, в тому числі техніку безпеки;
   - ергономічне проектування.

Структура типового SEMP адаптується до конкретної системи, яка підлягає розробці, але в загальному випадку може включати наступні розділи:

Вступ

Предмет, мета, загальний огляд, використовувані документи

Планування та управління програмою

Організаційна структура
Сфери відповідальності, процедури, керівні органи
WBS, контрольні точки, терміни
Важливі події в програмі
Аналітичні огляди програми, технічної готовності та готовності до випробувань
Контрольні показники - технічні і за термінами
Інтеграція з програмою розробки, плани організації взаємодії

Процес системної інженерії

Призначення, наочне опис системи
Аналіз вимог і функцій
Вивчення компромісів (аналіз альтернатив)
Аналіз і планування технічних інтерфейсів
Дерево специфікацій / специфікації
Математичне та імітаційне моделювання
Планування випробувань
Аналіз логістичного забезпечення
Інструменти системної інженерії

Комплексування системи

Проект / плани комплексування
Спеціальна проектна діяльність
Аналіз сумісності і взаємних перешкод
Вивчення можливості виробництва

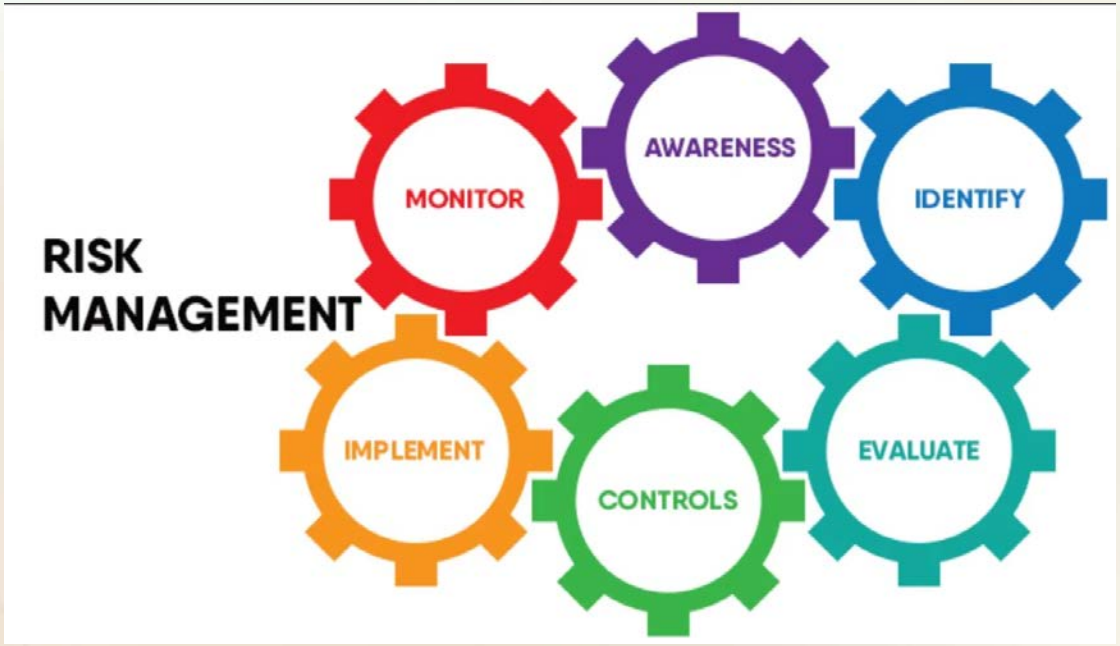
4. Управління ризиком.

Управління ризиком (Risk Management, Risk Control) - процес безперервної ідентифікації, оцінки, обробки і моніторингу ризиків (ISO/IEC 15288).

Розробка нової складної системи по суті своїй має на увазі придбання знань про передові, але ще не до кінця розроблених пристроях і процесах. Це необхідно, щоб грамотно керувати проектуванням системи і в результаті отримати виріб, який виконує поставлене перед ним завдання надійно і з прийнятними витратами. Однак на кожному кроці можна очікувати на несподіванки, які можуть призвести до ризиком неповноти функціональних можливостей, недостатньою стійкості до впливів навколишнього середовища, непридатності до виробництва і цілим рядом інших неприйнятних наслідків, які можуть вимагати внесення змін, негативно позначаються на вартість і терміни завершення програми. Одна з найскладніших завдань, що стоять перед системним інженером, - прокласти курс, який веде до максимальних результатів при мінімальних ризиках.

На початку розробки невизначеності (а значить, і ризики) присутні всюди. Реалістичні виявлені вимоги до функціональних можливостей? Чи залишаться вони такими протягом усього терміну служби нової системи? Чи будуть ресурси, необхідні для розробки і виготовлення системи, доступними, коли в них виникне потреба? Чи буде передова технологія, необхідна для досягнення заявлених функціональних можливостей, працювати, як очікується? Чи вдасться реалізувати передбачуваний рівень автоматизації виробництва? Чи не буде організація розробки страждати від затримок?

У завдання системної інженерії входить облік подібних можливостей і управління розробкою таким чином, щоб мінімізувати (пом'якшити) їх вплив в разі виникнення. Методологія, що застосовується для виявлення і мінімізації ризиків при розробці системи, називається «управління ризиком». Управління ризиком слід вести з самого початку розробки системи і далі по всій її довжині.



Зниження ризиків протягом життєвого циклу системи

Зниження ризиків - безперервний процес, що триває протягом усього ЖЦ системи. Наприклад, на етапі аналізу потреб знижується ризик приступити до розробки системи, в якій немає конкретної необхідності. На етапі дослідження концепції знижується ризик включення несуттєвих і нереалістичних вимог до показників функціонування системи. На етапі опису системи вибирається концепція, в якій задіяні технічні підходи, які не є ні занадто незрілими, ні надмірно витратними, але мають найкращі шанси задовольнити всі поставлені перед системою мети.

На рисунку схематично показано, як ризик програми розробки гіпотетичної системи (в довільно взятих одиницях виміру) зменшується в міру просування по етапах ЖЦ. По горизонтальній осі відкладається час в прив'язці до етапів розробки. Тут же представлено типовий графік відносних трудових витрат на кожному етапі.

Спадний характер кривої ризику обумовлений тим, що в міру розробки невизначеності (невідомі), які і є причиною непередбачених і небажаних подій, а значить, і ризиків, систематично усуваються або знижуються в результаті аналізу, експериментів, випробувань і змін напрямку робіт. Варіант цієї кривої іноді називається «водоспад пом'якшення ризиків». Висхідний характер кривої трудових витрат означає, що витрати на кожному наступному етапі розробки системи збільшуються, оскільки в міру переходу від розробки концепції до проектування, а потім до комплексування і атестації обсяг робіт постійно зростає.

PDR - попередній аналіз проектних рішень

CDR - критичний аналіз проектних рішень

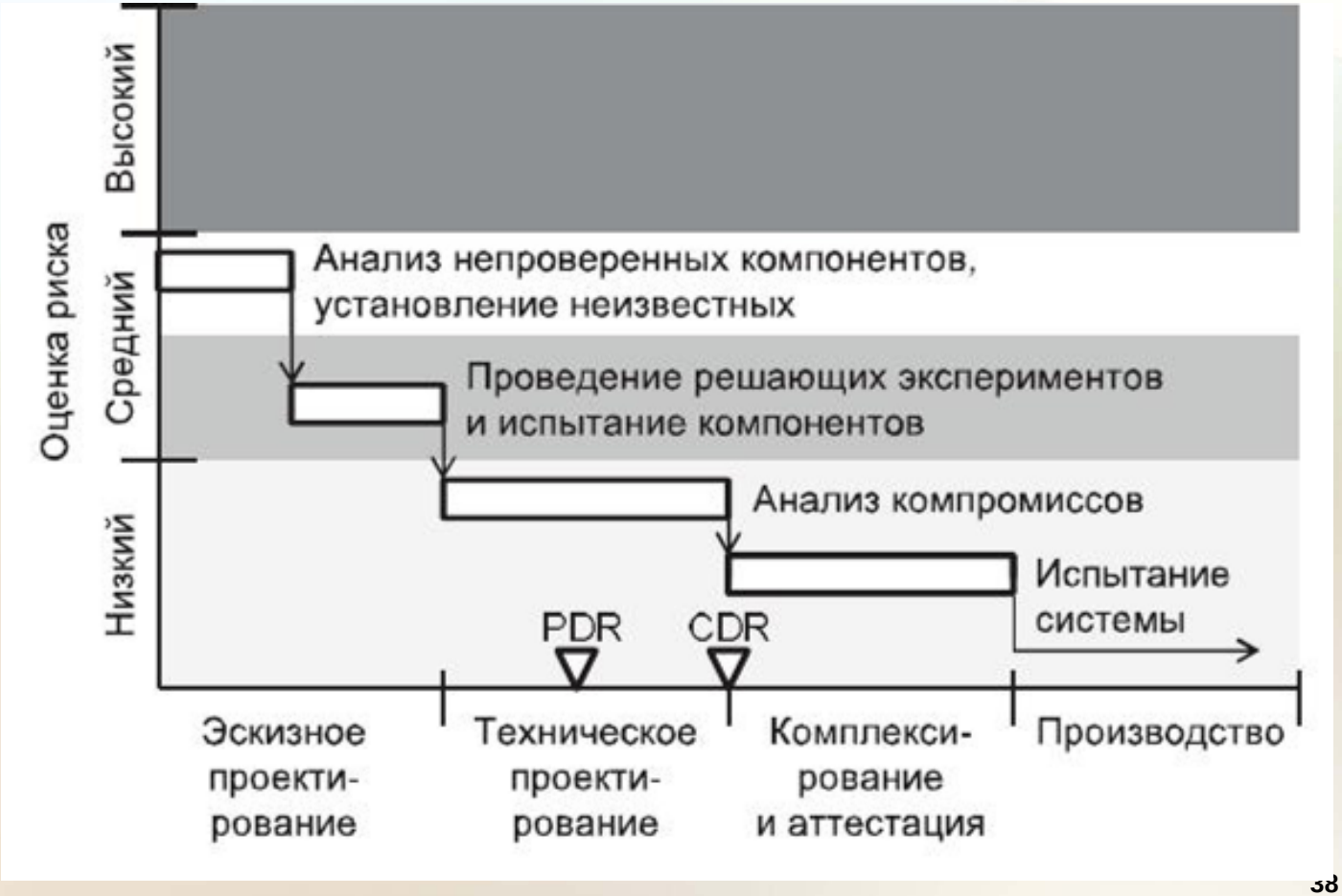


Рисунок ілюструє кілька важливих принципів.

1. У міру наближення до завершальних етапах розробки обсяг інвестицій в програму зазвичай різко збільшується. Для забезпечення продовження програми ризик невдачі необхідно відповідно знижувати так, щоб фінансові ризики залишалися на прийнятному рівні.

2. На початкових стадіях програми, коли приймаються основні рішення про вимоги до системи і її концепції, ризик знижується особливо відчутно. Це показує, наскільки важливо докласти максимум зусиль саме на цих визначальних етапах.

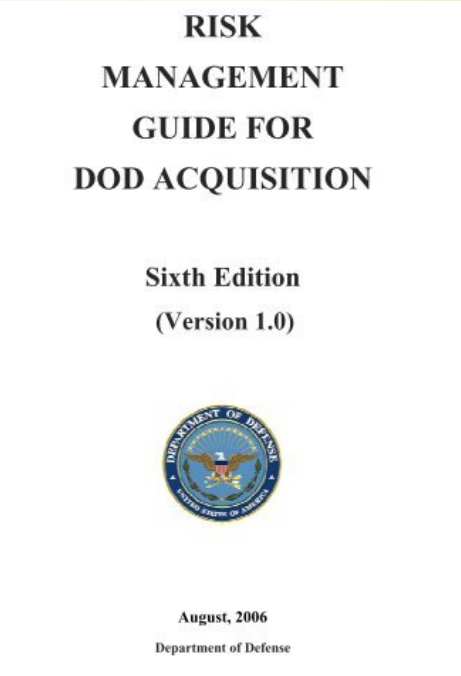
3. Найбільше зниження ризику зазвичай спостерігається на етапах дослідження концепції та ескізного проектування. В ході дослідження концепції закладається міцний концептуальний фундамент для формування підходу до розробки системи і побудови її архітектури. В ході ескізного проектування освоюються нові передові технології, щоб гарантувати, що з їх допомогою можна буде досягти необхідних робочих характеристик.

4. До моменту завершення розробки та готовності системи до виробництва та постачання залишковий рівень ризику повинен бути дуже низький - лише в цьому випадку можна розраховувати на успіх.

Складові частини управління ризиком

Управління ризиком формально визнано в стандартах системної інженерії і особливо в програмах державних закупівель. Передбачається, що кожна програма повинна включати план управління ризиком. При розробці великих систем для управління ризиком повинна бути створена окрема організація зі своїм штатом, БД, системою звітності та незалежною експертизою, причому управління ризиком має бути поширене на всі етапи розробки, виробництва, експлуатації та супроводу. Детальний опис управління ризиком складений МО США, міститься в документі «Risk Management Guide for DoD Acquisition» (Керівництво по управління ризиком при закупівлях для МО США), який опублікований Університетом підготовки фахівців з військових закупівель (Defense Acquisition University).

У цьому керівництві управління ризиком підрозділяється на планування ризиків, оцінку ризиків, встановлення пріоритетів ризиків, обробку ризиків і контроль ризиків. Нижче ми будемо розглядати дві найбільші категорії: ***оцінку ризиків***, що охоплює планування ризиків і встановлення пріоритетів ризиків, і ***пом'якшення ризиків***, куди входять обробка і контроль ризиків. Питання про планування ризиків вирішується в плані управління ризиком, який входить до складу SEMP.


RISK
MANAGEMENT
GUIDE FOR
DOD ACQUISITION

Sixth Edition
(Version 1.0)

August, 2006
Department of Defense

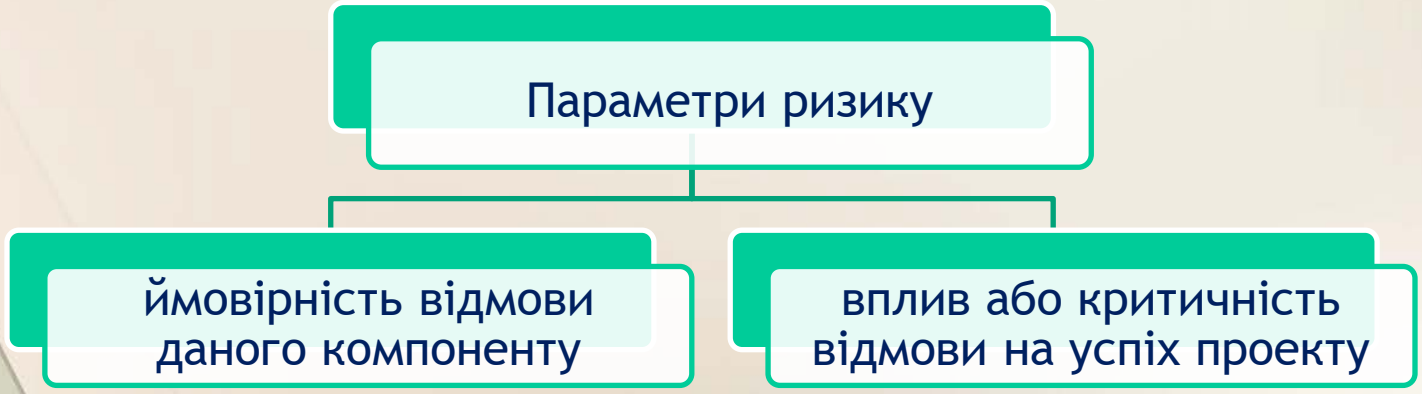
Оцінка ризиків

Загальний процес оцінки ризиків характерний для всіх рішень, в яких присутня невизначеність. Як буде описано далі, оцінка ризиків застосовується, щоб виключити з розгляду альтернативні концепції, надмірно залежні від недостатньо зрілих технологій і неперевірених технічних підходів, а також інші амбітні спроби використовувати все саме передове, але не гарантує в разі реалізації помітної переваги вигод над ризиком невизначеного результату. Деякі найбільш поширені джерела ризику для програми перераховані далі.

Як ми побачимо нижче, на етапі ескізного проектування оцінка ризиків - корисний підхід, що дозволяє виявити і охарактеризувати особливості запропонованих проектних рішень, що викликають досить високий проектний ризик (тобто ймовірність зазнати невдачі при задоволенні вимог) і надають настільки сильний вплив на програми, щоб обґрунтувати необхідність аналізу і, якщо знадобиться, розробки і випробування. Таким чином, в ході оцінки ризиків виявляються найслабші і погано опрацьовані деталі проекту і привертається увага до засобів, що дозволяє виключити можливість того, що ці деталі викличуть ускладнення на наступних етапах розробки і змусять вносити зміни в проект.

Після того як викликають сумніви компоненти системи виявлені, системний інженер повинен сформувати програму аналізу, розробки і випробування, яка дозволить або усунути слабкі місця, або вжити інших заходів до скорочення до прийнятного рівня пов'язаних з цим потенційних загроз для програми. У цій справі метод оцінки ризиків також може виявитися корисним, тому що пропонує засоби для визначення того, як оптимально розподілити наявні час і сили за виявленими зонами ризику. З цією метою може бути виконана оцінка ризиків для винесення судження про відносну серйозності ризиків, властивих проектним рішенням, які викликають сумніви.

Для порівняння потенційної значущості різних джерел ризику необхідно розглянути два параметра ризику: ***ймовірність того, що даний компонент може відмовити***, ***що не дозволить використовувати його за призначенням***, і ***вплив, або критичність, такої відмови для успіху програми в цілому***. Якщо вплив відмови катастрофічно, то неприпустима навіть мала ймовірність події. Навпаки, якщо ймовірність відмови при обраному підході велика, то зазвичай розсудливо прийняти якийсь інший підхід, навіть якщо вплив відмови хоча і не дуже сильно, але помітно.



Ці компоненти ризику часто зображують у вигляді «куба ризиків», як правило, має 3 або 5 вимірів. П’ятимірний куб показаний на рисунку, а тривимірний обговорюється нижче. Так як ймовірності зазвичай мають лише якісний характер, потрібна експертна оцінка для обґрунтованого виділення ризику. Важливо також брати до уваги відносність ризиків, оскільки робота в галузі фундаментальних наукових досліджень, природно, більш ризикована, ніж розробка системи за чітко визначеними специфікаціям. Наскільки толерантний до ризиків замовник, також залежить від предметної області і досвіду.

На основе работы Боба Скаламеры (Bob Skalamera)
"Risk Management – A Process Overview"

Какова вероятность, что риск станет реальностью?

Уровень		Ваш подход и процессы…
1	Невероятно	…должны привести к устранению или смягчению этого риска за счет применения стандартных процедур
2	Маловероятно	…обычно уже приводили к смягчению риска такого типа в аналогичных случаях при минимальном контроле
3	Вероятно	…могут смягчить этот риск, но потребуются обходные решения
4	Очень вероятно	…не способны смягчить этот риск, но, возможно, это удастся при другом подходе
5	Почти наверняка	…не способны смягчить риск такого типа; типовые процессы или обходные решения неизвестны

Если риск станет реальностью, то насколько сильным окажется влияние?

Уровень	Технические показатели	Сроки	Стоимость
1	Минимально или отсутствует	Минимально или отсутствует	Минимально или отсутствует
2	Небольшое снижение функциональных возможностей, выбранный подход не изменяется	Необходимы дополнительные действия, чтобы уложиться в сроки	Увеличение бюджета или стоимости производства одного экземпляра < 1 %
3	Умеренное снижение функциональных возможностей, имеются обходные решения	Небольшой сдвиг сроков, выйти на запланированные даты не удастся	Увеличение бюджета или стоимости производства одного экземпляра < 5 %
4	Недопустимое снижение функциональных возможностей, но имеются обходные решения	Влияет на критический путь проекта	Увеличение бюджета или стоимости производства одного экземпляра < 10 %
5	Недопустимое снижение функциональных возможностей, альтернативы неизвестны	Невозможно завершить основные этапы проекта в срок	Увеличение бюджета или стоимости производства одного экземпляра > 10 %

Вероятность

Імовірність ризику: ймовірність відмови. Невизначеностей занадто багато, щоб можна було чисельно розрахувати ймовірність того, що певна мета програми буде досягнута, тому при кількісній оцінці ризиків немає сенсу домагатися точних оцінок, досить встановити відносні пріоритети.

Оцінити відносну зрілість неперевіреної технології на основі відомостей про її технічний стан можна дуже приблизно. Для цього слід взяти один або кілька прикладів, коли ця технологія використовувалася в поєднанні з функціонально схожим додатком, і визначити рівень її опрацьованості (лабораторний зразок, експериментальний зразок, сертифікований серійний компонент). Високий, середній або низький ризик - цілком корисна з практичної точки зору шкала. Крім того, має сенс ранжувати частини системи за ступенем ризику і зосередити увагу на тих, що, згідно з експертною оцінкою, є найбільш незрілими і складними. Наявність занадто великого числа таких кандидатів може розцінюватися як ознака надмірної амбітності проекту і необхідність переглянути його.

Ризики, пов'язані з дуже складними компонентами і інтерфейсами, важче оцінити кількісно, ніж ризики застосування передових технологій. Інтерфейси взагалі вимагають підвищеної уваги, а якщо мова йде про людино-машинну взаємодію, то ще прототипування і випробування на ранніх стадіях проекту. І тут ранжування по відносної складності - ефективний спосіб вибору пріоритетів щодо зусиль з управління ризиком.

Призначення пріоритетів ризиків, пов'язаних з ПЗ, - також предмет експертної оцінки. Працюючі в реальному масштабі часу програми, які повинні обробляти численні зовнішні переривання, завжди потребують особливої уваги; те ж саме відноситься до паралельних процесів. Нові або значно перероблені ОС можуть стати джерелом особливо великих труднощів. Збої в програмах зі складною логікою, викликані помилками, які не виявленими при тестуванні, більш вірогідні, ніж в програмах, призначених переважно для обчислень.

У таблиці перераховані деякі розглянуті вище висновки про присвоєння пріоритетів можливостям ризиків.

Вероятность риска	Состояние проекта
Высокая	Существенное отличие от прошлых проектов Несколько новых, не проверенных на практике компонентов Сложные компоненты и/или интерфейсы Мало аналитических инструментов и данных
Средняя	Умеренное отличие от прошлых проектов Компоненты сложные, но не слишком сильно нагруженные Имеются аналитические инструменты
Низкая	Применение сертифицированных компонентов Компоненты средней сложности Зрелые технологии и инструменты

Критичність ризику: вплив відмови. Вище вже зазначалося, що ступінь серйозності ризику конкретного відмови можна виразити в термінах двох чинників: імовірності, що відмова дійсно станеться, і критичності його впливу на успіх програми. Напівкількісну оцінку серйозності ризику можна представити у вигляді поєднання двох цих чинників.

Як і у випадку з імовірністю ризику, не існує загальноприйнятої чисельної шкали тяжкості наслідків ризиків, так що можна прийняти за основу ті ж відносні рівні, що і для ймовірності: висока, середня, низька. Цим рівням необхідно дати якісь узгоджені визначення, як, наприклад, в таблиці.

Критичность	Влияние на систему	Влияние на программу
Высокая	Резкое снижение показателей функционирования (50–90 %) Серьезные проблемы с безопасностью	Резкий рост затрат и/или срыв сроков (30–70 %) Сокращение производства
Средняя	• Значительное снижение показателей функционирования (10–50 %) • Кратковременные выходы из строя • Увеличение затрат на сопровождение	• Значительный рост затрат и/или срыв сроков (10–30 %) • Требуется очень серьезно усилить работу по анализу и контролю • Задержки в производстве
Низкая	• Незначительное снижение показателей функционирования (< 10 %) • Редкие кратковременные задержки • Увеличение объема технического обслуживания и ремонта	• Незначительный рост затрат и/или срыв сроков (< 10 %) • Требуется заметно усилить работу по анализу и контролю

В середньому стовпці цієї таблиці перераховані очікувані наслідки для роботи системи в разі відмови схильного до ризику компонента. У правій колонці показано, якого впливу на програму в цілому можна очікувати, якщо непридатність компонента системи виявиться на пізніх етапах розробки.

Критичность	Влияние на систему	Влияние на программу
Высокая	Резкое снижение показателей функционирования (50–90 %) Серьезные проблемы с безопасностью	Резкий рост затрат и/или срыв сроков (30–70 %) Сокращение производства
Средняя	• Значительное снижение показателей функционирования (10–50 %) • Кратковременные выходы из строя • Увеличение затрат на сопровождение	• Значительный рост затрат и/или срыв сроков (10–30 %) • Требуется очень серьезно усилить работу по анализу и контролю • Задержки в производстве
Низкая	• Незначительное снижение показателей функционирования (< 10 %) • Редкие кратковременные задержки • Увеличение объема технического обслуживания и ремонта	• Незначительный рост затрат и/или срыв сроков (< 10 %) • Требуется заметно усилить работу по анализу и контролю

У деяких підручниках рекомендується обчислювати сукупний фактор ризику, перемножая чисельні оцінки ймовірності і критичності ризику, але ми вважаємо, що недоліки такого підходу переважують приблизні переваги, які оманливо дає простий єдиний фактор ризику: 1) призначення чисельних оцінок створює ілюзію кількісного знання, хоча ніяких реальних підстав для цього немає; 2) об'єднання двох індексів в один зменшує загальний обсяг наявної інформації, як було зазначено, в зв'язку з заміною показників якості окремих частин системи одним коефіцієнтом. Тому ми рекомендуємо, щоб окремі рейтинги виражалися у вигляді абстрактних характеристик, наприклад «високий», «середній», «низький», при збереженні прийнятого для двох параметрів ризику способу ідентифікації, а саме: середня - низька і т.п.

Критичность	Влияние на систему	Влияние на программу
Высокая	Резкое снижение показателей функционирования (50–90 %) Серьезные проблемы с безопасностью	Резкий рост затрат и/или срыв сроков (30–70 %) Сокращение производства
Средняя	• Значительное снижение показателей функционирования (10–50 %) • Кратковременные выходы из строя • Увеличение затрат на сопровождение	• Значительный рост затрат и/или срыв сроков (10–30 %) • Требуется очень серьезно усилить работу по анализу и контролю • Задержки в производстве
Низкая	• Незначительное снижение показателей функционирования (< 10 %) • Редкие кратковременные задержки • Увеличение объема технического обслуживания и ремонта	• Незначительный рост затрат и/или срыв сроков (< 10 %) • Требуется заметно усилить работу по анализу и контролю

Говорячи про шкалою критичності, відзначимо, що найвищий рівень критичності із зазначених в таблиці все ж не має на увазі практично повної втрати системою своїх функціональних можливостей, що означало б провал всієї місії. Такий розвиток подій, швидше за все, призвело б до відмови від програми і тому має вважатися неприйнятним. Отже, ризики проекту з подібною ступенем критичності взагалі не повинні прийматися до уваги при розгляді варіантів, які мають право на існування.

Критичность	Влияние на систему	Влияние на программу
Высокая	Резкое снижение показателей функционирования (50–90 %) Серьезные проблемы с безопасностью	Резкий рост затрат и/или срыв сроков (30–70 %) Сокращение производства
Средняя	• Значительное снижение показателей функционирования (10–50 %) • Кратковременные выходы из строя • Увеличение затрат на сопровождение	• Значительный рост затрат и/или срыв сроков (10–30 %) • Требуется очень серьезно усилить работу по анализу и контролю • Задержки в производстве
Низкая	• Незначительное снижение показателей функционирования (< 10 %) • Редкие кратковременные задержки • Увеличение объема технического обслуживания и ремонта	• Незначительный рост затрат и/или срыв сроков (< 10 %) • Требуется заметно усилить работу по анализу и контролю

Роль системної інженерії.

Завдання оцінки ризику (і наступна за нею завдання управління ризиком), очевидно, потрапляє в сферу відповідальності системної інженерії. Пояснюється це тим, що для винесення експертних оцінок необхідна широта знань про характеристики системи і застосовуваних в ній технологіях, що виходить за рамки знань фахівців з проектування, а також тим, що оцінка критичності ризику проводиться на рівні системи і програми в цілому. Отже, процес оцінки ризиків допомагає системному інженеру виявляти ті особливості системи, які повинні бути осмислені найбільш ретельно і підняті на такий рівень зрілості проектування, який характерний для повномасштабної інженерно-технічної розробки.

Пом'якшення ризиків

Нижче перераховані найбільш поширені методи вирішення проблем, пов'язаних з ризиками, в порядку зростання серйозності виявленого ризику.

1. Інтенсифікація аналізу процесу розробки з технічної та управлінської точок зору.

Технічний і управлінський аналіз. Формального аналізу може бути піддана ціла підсистема, але найбільш глибоко розглядаються ті аспекти проекту, які вважаються найважливішими. Системні інженери повинні подбати про те, щоб істотні ризики були представлені повністю і всебічно обговорені з метою привернути увагу керівництва і направити ресурси на проблеми, які потребують додаткових сил і засобів. Завдання полягає в тому, щоб вирішити проблеми якомога раніше, тому важливо не приховувати правду про виниклі і очікуваних труднощі. Процес аналізу проекту розглянуто далі.

2. Особливий контроль над розробкою попередньо виділених компонентів.

Контроль над розробкою попередньо виділених компонентів. Регулярні планові аналізи проекту проводяться не настільки часто і є недостатньо детальними, щоб належним чином контролювати відомі зони ризику. Виявленій проблемі надають особливий статус, завдяки якому вона постійно розглядається на нарадах і знаходиться під контролем старших конструкторів і системних інженерів. Там, де це доречно, до процесу слід залучати сторонніх консультантів. Необхідно скласти план пом'якшення ризиків і неухильно слідувати йому, поки проблеми не будуть вирішені.

3. Особливий аналіз і випробування критичних елементів конструкції.

Особливий аналіз і випробування. Для компонентів, в конструкції яких виявлені проблеми, не вирішені на етапі ескізного проектування, потрібно провести додатковий аналіз і, якщо знадобиться, виготовити і випробувати їх, щоб отримати достатньо даних для валідації обраного технічного підходу. На обробку результатів аналізу і випробувань буде потрібно виділити додаткові ресурси і внести зміни в графік розробки.

4. Швидке створення дослідних зразків і облік результатів їх випробувань в подальшій розробці.

Швидке прототипування. Для неперевірених компонентів, результати аналізу і обмежених випробувань яких не можуть служити достатньою підставою для схвалення проектних рішень, може виявитися необхідним сконструювати і випробувати прототипи / дослідні зразки, щоб переконатися в придатності цих компонентів. Зазвичай такі дії робляться на етапі ескізного проектування, але буває, що проблема в цей момент ще не виявлена; крім того, іноді вжитими заходами не вдається її вирішити.

5. Розгляд можливості послабити критичні технічні вимоги.

Ослаблення надмірних вимог. Досвід показує, що спроба задовольнити всім спочатку сформульованим вимогам часто буває невдалою: отримати на практиці повне рішення не вдається, і доводиться вносити корективи в деякі вимоги до показників функціонування або сумісності. Цю можливість слід розглянути, якщо всі зусилля для задоволення деякого вимоги в повній мірі призводять до вирішення, чинить надмірний складним, дорогим, ненадійним або ще в якомусь відношенні не відповідним з практичної точки зору. Подібна проблема знаходиться у винятковому веденні системної інженерії, оскільки необхідно прийняти до уваги відразу всі фактори: функціональні можливості, вартість та терміни. Вдаватися до цього засобу слід тільки в крайніх випадках, але і відкладати його до моменту, коли в марних спробах задовольнити вимогу буде витрачено непропорційно багато часу і ресурсів, теж не варто.

6. Організація паралельної розробки на випадок невдачі в основному варіанті.

Резервні альтернативи. Розробка альтернативних підходів до проектування найбільшою мірою стосується компонентів, в яких застосовується нова технологія з негарантованим результатом. У таких випадках на етапі ескізного проектування слід продумати резервні підходи, на які можна буде переключитися, якщо нова конструкція не виправдає очікувань. У більшості випадків подібні альтернативи призводять до погіршення показників функціонування, підвищення вартості або ще якимось недоліків в порівнянні з обраним підходом, але завдяки більш консервативному проекту вони мають більше шансів на успіх.

Нерідко етап технічного проектування починається раніше, ніж з'являється повна впевненість у кінцевому успіху обраного технічного підходу - і, отже, до того, як приймається остаточне рішення, чи переходити до більш консервативної альтернативі. У подібних випадках слід організувати прискорену програму додаткової розробки, аналізу та випробування, яка дозволила б прийняти таке рішення. І це також обов'язок системної інженерії. Часто зроблений вибір диктує необхідність перегляду первинних вимог, про що вже йшлося вище.

Розглянуті методи можна застосовувати поодинці, але набагато частіше оптимальний результат досягається, коли вони застосовуються спільно. Контроль входить в обов'язки керівника програми, а планування і оперативне керівництво - функція системного інженера.

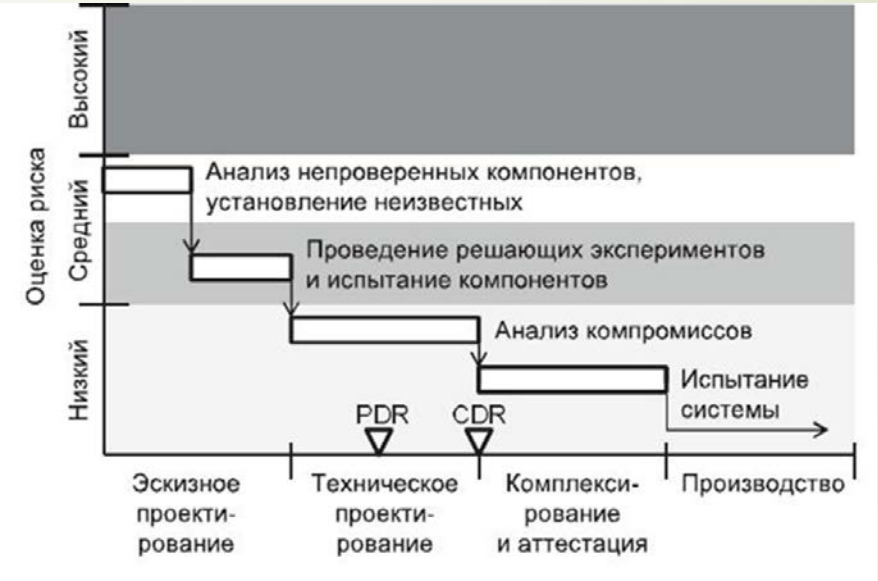
План управління ризиком

Описані вище дії настільки важливі для загального успіху розробки системи, що вони повинні бути включені в загальний процес управління програмою. З цією метою слід скласти і регулярно оновлювати офіційний план управління ризиком, основною частиною якого є пом'якшення ризиків.

Для кожного істотного ризику повинен існувати план мінімізації його потенційного впливу шляхом застосування спеціальних заходів - або одночасно з розробкою, або в разі матеріалізації прогнозованого ризику. План повинен бути сформульований з метою мінімізації загальної очікуваної вартості програми; це означає, що заплановані заходи обмеження ризиків програми не повинні обходитися дорожче, ніж очікуваний збиток від ризиків, якщо вони реалізуються. Якщо для деякого компонента розроблений резервний підхід, то в плані повинні бути вказані умови, при яких цей підхід набуває чинності. Якщо ж альтернативна розробка ведеться з самого початку, має бути зазначено, як довго її продовжувати, якщо явні свідчення непридатності основного підходу відсутні. На рисунку показана діаграма плану пом'якшення ризиків, відома під назвою «водоспад пом'якшення ризиків».

PDR - попередній аналіз проектних рішень

CDR - критичний аналіз проектних рішень



Приклад бланка плану управління ризиком наведено в таблиці.

Наименование риска:
Владелец риска:
Группа:
Дата предъявления:

Наименование проекта:
Дата последнего изменения:

Описание риска:

Основная причина:

Последствия, если риск реализуется:

Тип риска:

- ☐ Технический
- ☐ Сроки
- ☐ Бюджет
- ☐ Прочее

Поставьте X, 1, 2... в нужные клетки

План снижения рисков

Действие/этап	Дата	Критерий успеха	Уровень риска в случае успеха		Примечания
			Низкий	Критический	
1.					
2.					
3.					
4.					

5. Організація системної інженерії.

Існує багато думок, про те, яка організаційна форма найбільш ефективна для підприємства даного типу. З цієї причини організації, які беруть участь в проекті розробки системи, швидше за все, будуть влаштовані по-різному. Організаційний стиль складався історично і увібрав в себе досвід і особисті переваги вищого керівництва. Тому для досягнення успіху проекту розробки системи функція системної інженерії всупереч своїй центральній ролі зазвичай повинна пристосовуватися до сформованих організаційних структур.

Практично всі проекти розробки систем здійснюються під керівництвом однієї промислової компанії, і організаційна форма саме цієї компанії обумовлює організацію системної інженерії. У більшості випадків компанія розробляє деякі підсистеми самостійно, а на розробку інших укладає договори з субпідрядниками. Першу компанію ми будемо називати головним, або системним, підрядником, а сукупність субпідрядників - «підрядної командою». Це означає, що функція системної інженерії повинна охоплювати не тільки ряд різних дисциплін, а й кілька незалежних компаній.

Зазвичай компанія головного підрядника є різновидом «матричної організації», в якій велика частина інженерно-технічного персоналу організована в групи з дисциплін або технологіями. На чолі великих проектів стоять групи управління проектом, які підкоряються «віце-президенту з управління проектами» або особі, що займає еквівалентну посаду. Іноді ці групи називаються «***комплексними робочими групами***» (integrated product teams - IPT). Інженерно-технічні працівники призначаються на проекти в міру необхідності, але з точки зору штатного розкладу залишаються в складі своїх груп.

Варіації в структурі організацій матричного типу пов'язані головним чином з тим, що відбувається з більшою частиною працівників, призначених на проект: або вони фізично переміщаються в зону, відведену під роботи над цим проектом, і знаходяться там повний робочий день протягом майже всього періоду розробки, або залишаються на своїх постійних робочих місцях. З цим пов'язана інша відмінність: ступінь збереження керівниками вихідних груп владних повноважень в частині розподілу інженерно-технічних робіт.

Як вже зазначалося вище, організація функції системної інженерії за потребою залежить від організаційної структури головного підрядника. Однак повинні бути і якісь загальні принципи. Повертаючись до рисунку, ми бачимо, що у проекту великої системи повинен бути один відповідальний за функцію системної інженерії (системний інженер проекту), відокремленою від функції планування і контролю. Ця посада є невід'ємною частиною керівництва проектом і може бути названа «заступник керівника проекту з системної інженерії» або ще простіше - «головний системний інженер». Оскільки функцією системної інженерії є управління, то владні повноваження виражаються в постановці цілей (вимоги і специфікації), розподілі завдань, управлінні аналітичної діяльністю (розгляд проектних рішень, аналіз, випробування) і управлінні конфігурацією.

Ефективно організувати обмін технічною інформацією важко в будь-якій організації, і тому є багато причин, велика частина яких пов'язана з глибинними особливостями поведінки людей. Проте зробити це абсолютно необхідно, інакше розраховувати на успіх проекту неможливо. І якщо потрібно назвати одну найважливішу задачу системного інженера проекту, то, мабуть, це буде організація і підтримання ефективного спілкування між численними особами і групами всередині компанії і за її межами, які повинні працювати спільно. Ця функція «людського інтерфейсу» відповідає функціям фізичних інтерфейсів системи, завдяки яким її елементи можуть працювати як єдине ціле. Оскільки системний інженер зазвичай працює не в рамках сталої субординації, а паралельно їй, він повинен володіти видатними лідерськими якостями, щоб об'єднати людей, які повинні діяти спільно.

Існує кілька способів організації обміну інформацією, кожен з яких слід застосовувати у відповідних обставинах.

1. Всі основні учасники повинні знати, що вони повинні робити, коли і чому. Під «що» розуміються доручені завдання і WBS; під «коли» - календарні плани і графіки, терміни завершення основних етапів і критичні шляху, а відповідь на питання «чому» повинен міститися в вимогах і специфікаціях. Повна і чітке формулювання відповіді на це питання необхідна для того, щоб проектувальники, аналітики і випробувачі розуміли мети і обмеження доручених їм завдань.

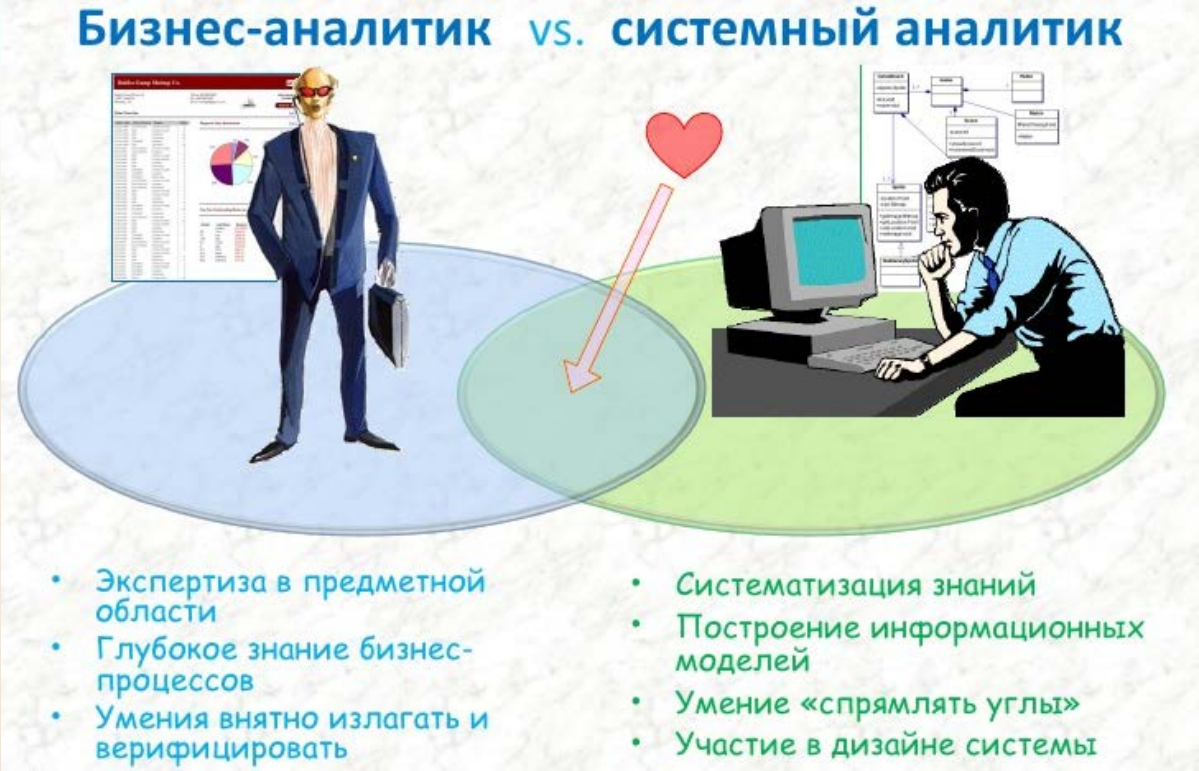
2. Учасники повинні знати, як їх частини системи взаємодіють з іншими ключовими елементами, і розуміти характер залежностей між ними. Подібні взаємодії, а особливо їх першопричини, неможливо досить повно висвітлити в специфікаціях. Знання про них можна отримати тільки в ході особистого спілкування відповідальних виконавців, а також з документально зафіксованих підсумкових угод, опису інтерфейсів і т.п., Нехай навіть дуже коротких і орієнтовних. Системна інженерія повинна стати «клеєм», який скріплює ці елементи проекту системи шляхом формування робочих груп і розробки контрольних документів по сполучень, а також організації менш формального спілкування в тих випадках, коли це необхідно.

3. Субпідрядники та інші ключові учасники, що знаходяться на інших територіях, повинні бути об'єднані інфраструктурою комунікації за проектом. На рівні керівництва за це відповідає керівник проекту системи, а на інженерному рівні - персонал відділу системної інженерії. Вкрай важливо, щоб обидві описані вище функції координації були доступні всій команді підрядника. Традиційних формальних договірних механізмів для цього ніколи не буває достатньо, а іноді вони навіть стають перешкодою. Тому необхідні особливі зусилля, щоб ефективно об'єднати різних членів команди для досягнення єдиної мети - розробки системи. Це слід робити на двох рівнях: 1) періодичні звіти з питань керівництва програмою за участю представників адміністрації підрядника і 2) часті координаційні наради щодо конкретних аспектів програми.

4. Особи, які здійснюють керівництво проектуванням системи, повинні регулярно і часто спілкуватися один з одним, щоб тримати руку на пульсі і швидко реагувати на виникаючі проблеми.

Відділ системного аналізу

При будь-якій організації системної інженерії важливим елементом є наявність штату висококваліфікованих і досвідчених аналітиків. Це необов'язково повинна бути єдина структурна одиниця: навіть організаційно вони можуть використовуватись не там, де знаходяться люди, що працюють над проектом; але це повинна бути частина організації системної інженерії, принаймні протягом розробки концепції і на ранніх етапах проектування. Системні аналітики повинні глибоко розбиратися в оточенні системи – в частині як функціональних, так і фізичних характеристик. В обох випадках вони повинні бути здатні побудувати математичну і комп'ютерну модель оточення, яка буде служити основою для аналізу ефективності моделей системи.



На етапі дослідження концепції відділ системного аналізу є джерелом кількісних даних, необхідних для опису функціональних можливостей, якими повинна володіти система, для того щоб задовольнити функціональним вимогам. На етапі опису концепції відділ системного аналізу відповідає за розробку імітаційних моделей системи, що застосовуються для аналізу компромісів і вибору найкращої концепції. На всьому протязі стадії розробки інженерно-технічних рішень аналітики беруть участь в різних дослідженнях компромісів при проектуванні компонентів. Вони аналізують результати випробувань для отримання кількісних характеристик функціональних можливостей дослідних зразків системи і беруть участь у визначенні кількісних аспектів проектних специфікацій системи.

Системні аналітики повинні не тільки володіти знаннями в галузі математичного моделювання та розробки ПЗ, мати інші спеціальні навички, а й уявляти собі, що розробляється в цілому і відмінно розбиратися в функціональних вимогах до неї.

Команда проектування системи

Управління та координація робіт в будь-який великий програмі вимагають тісної співпраці однієї або декількох груп ключових фахівців, що мають спільну думку з питань організації програм інженерно-технічних розробок. Команда проектування в проекті розробки складної системи повинна включати наступних фахівців:

- системний інженер;
- інженери по основних підсистем;
- програмний інженер;
- фахівець із забезпечення;
- інженери-випробувачі,
- представник замовника;
- інженери по спеціальному проектування і фахівці по паралельній організації робіт.

Представник замовника відстоює вимоги до системи. Перевага командного підходу - в тому, що він формує корпоративний дух, посилює мотивацію учасників і розширює їх кругозір в частині стану розробки пов'язаних частин системи і зустрілися там проблем. В результаті члени команди починають усвідомлювати себе причетними до системи в цілому, а не обмежуються своєю вузькою сферою відповідальності, як буває в багатьох організаціях. Тому реакція на несподівані проблеми і інші зміни в програмі виявляється ефективнішою.

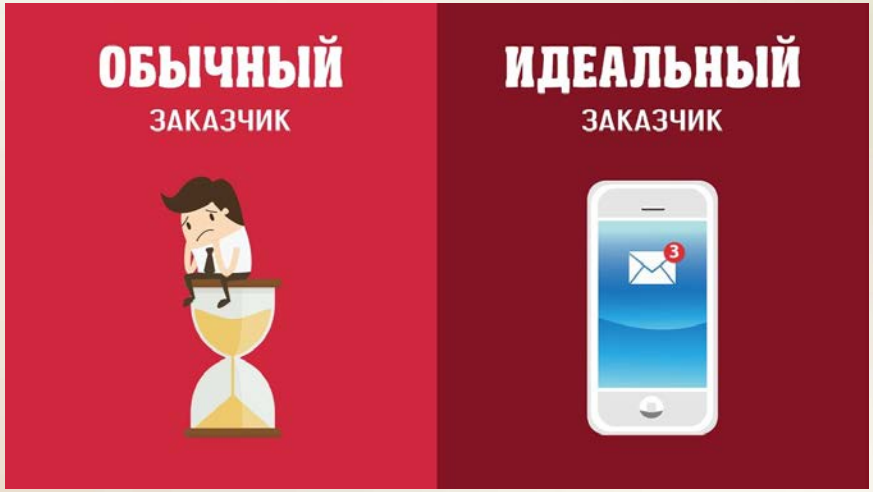
У конкретній ситуації керівництво розробкою системи має бути збудовано з урахуванням організаційної структури головного підрядника і рівня залучення замовника до процесу. Найбільш важливі наступні загальні фактори:

1. Лідерські якості керівника команди.
2. Представленість осіб, наділених ключовими повноваженнями.
3. Участь основних інженерно-технічних колективів.

Без енергійного лідера члени команди проектування системи зіб'ються зі шляху і розбредуться по своїх кутках. Якщо з якоїсь причини особа, призначена системним інженером проекту, не володіє необхідними лідеру особистими якостями, то цю роль повинен взяти на себе головний інженер проекту або старший системний інженер.

Наявність лідерів за основними напрямками розробки необхідно для того, щоб можна було залучити їх до процесу вироблення проектних рішень, а також для того, щоб вони були готові надати свої ресурси з метою розв'язання проблем. Зазвичай існує кілька старших системних інженерів, чий досвід і знання мають величезну цінність для проекту. Вони привносять в процес проектування найважливіші складові - мудрість і здоровий глузд.

Залученість замовника в процес проектування важлива, але в багатьох випадках стає перешкодою для вільних дискусій на нарадах команди. Бути може, краще не включати представників замовника в команду, а організовувати часті, але більш формальні зустрічі з їх участю.



Висновок

Системна інженерія - частина управління проектом; до сфери її відповідальності входять технічне керівництво, комплексування системи і координація роботи технічних підрозділів.

В обов'язки системного інженера входять також участь в розподілі ресурсів, постановці завдань і взаємодії з замовником та на початковому етапі - розробка WBS, ієрархічно організованої множини завдань, що має на меті розбити всю майбутню роботу на послідовно дедалі менші елементи роботи. Це створює основу для планування, складання бюджету та моніторингу, а також дозволяє здійснювати оцінку та контроль витрат.

Одним з ключових інструментів планування програми є метод критичного шляху. Цей метод, заснований на елементах роботи, включених в WBS, дозволяє побудувати мережу послідовних дій. За допомогою аналізу даної мережі системний інженер і керівник програми можуть ідентифікувати шляхи, для завершення яких потрібно найбільше часу.

У плані управління системної інженерією SEMP визначено шляхи виконання всіх завдань системної інженерії, в тому числі виявлені ролі і сфери відповідальності всіх учасників.

Управління ризиком - одна з найбільш складних проблем, що стоять перед системної інженерією, оскільки будь-яка розробка нової системи несе в собі невизначеності та ризики. Зниження ризиків програми - це безперервний процес, який триває протягом усього життєвого циклу; крім того, ризик необхідно знижувати в міру збільшення обсягу вкладених в програму фінансових коштів.

Для здійснення управління ризиком важливо скласти план управління ризиком. В процесі оцінки ризику його значимість визначається в термінах ймовірності виникнення і критичності ризику (впливу і наслідки в разі реалізації ризику).

Для пом'якшення ризику в критичних ділянках можна застосовувати такі методи: управлінський аналіз, особливий інженерний контроль (наприклад, над розробкою попередньо виділених компонентів), спеціальний аналіз і випробування, швидке створення дослідних зразків, ослаблення надмірно суворих вимог, організація паралельної розробки на випадок невдачі.

Організація системної інженерії охоплює різні дисципліни і задіяні в проекті організації, але також адаптується до організаційної структури компанії. Тому системна інженерія повинна ефективно довести до відома всіх зацікавлених сторін «що, коли і чому», а також надавати всім учасникам технічні звіти. У великих програмах системна інженерія підтримується фахівцями з системного аналізу.

Для великомасштабних програм необхідно створювати офіційно затверджені команди проектування системи, сфера відповідальності яких охоплює основні підсистеми, субпідрядників і результати роботи програмних інженерів. У ці команди входять представники служб інженерного забезпечення та випробувальної організації, а також, як правило, інженери, зайняті спеціальним проектуванням, і фахівці з паралельної організації робіт. При необхідності можуть бути включені і представники замовника. Ключова роль системної інженерії в таких командах - концентрувати їхню увагу на успіхах підприємства загалом.

Дякую за увагу!