

Міністерство надзвичайних ситуацій України

Академія пожежної безпеки
імені Героїв Чорнобиля

№9'2011

**ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА:
ТЕОРІЯ І ПРАКТИКА**

Збірник наукових праць

ББК 38.96

П 46

П 46 Пожежна безпека: теорія і практика : збірник наукових праць. – Черкаси : АНБ ім. Героїв Чорнобиля, 2011. – № 9. – 171 с.

Редакційна колегія:

к.психол.н., професор **Кришталь М.А.** – головний редактор
к.пед.н., доцент **Капал А.М.** – заступник головного редактора
д.ф.-м.н., професор **Акіншин В.Д.** – науковий редактор
д.т.н., професор **Осипенко В.І.** – заступник наукового редактора
к.т.н., доцент **Поздєєв С.В.** – заступник наукового редактора
к.т.н. **Качкар С.В.** – відповідальний секретар
д.т.н., професор **Ващенко В.А.**
д.психол.н., професор **Грибенюк Г.С.**
д.т.н., професор **Жартовський В.М.**
д.т.н., професор **Круковський П.Г.**
д.військ.н., професор **Мосов С.П.**
д.психол.н., професор **Охременко О.Р.**
к.психол.н., доцент **Бун В.П.**
к.т.н., доцент **Григор'ян Б.Б.**
к.т.н., доцент **Баракін О.Г.**
к.психол.н., доцент **Вареник В.В.**
к.психол.н., доцент **Теслюк П.В.**
к.т.н., доцент **Заїка П.І.**
к.т.н., доцент **Левченко А.Д.**
к.т.н., доцент **Стась С.В.**
к.т.н., доцент **Тищенко О.М.**
к.т.н., доцент **Цвіркун С.В.**
к.т.н., доцент **Кириченко О.В.**
к.ф.-м.н., доцент **Виноградов А.Г.**
к.т.н., доцент **Маладица І.Г.**

*Рекомендовано до видання
вченою радою Академії пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля
(Протокол № 2 від 23.11.2011 р.)*

*Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого залогу масової інформації
Серія КВ № 17574-6424 ПР, видане Міністерством юстиції України 21.03.11 р.*

*Включено ВАК до переліку фахових видань в галузі технічних наук, в яких можуть
публікуватись результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора
і кандидатів наук (Постанова ВАК від 27 травня 2009 року № 1-05/2)*

*За точність наведених фактів, а також за використання відомостей, що не рекомендовані
до відкритої публікації, відповідальність несуть автори опублікованих матеріалів.
При передрукуванні посилання на збірник «Пожежна безпека: теорія і практика» обов'язкове.*

ЗМІСТ

Азаров С.І., Сидоранко В.Л., Руденко О.В., Пруський А.В. Дослідження накопичення ^{137}Cs в повітрі при лісових пожежах в Чорнобильській зоні	5
Бабич А.В., Барчан А.А., Буханцов А.В., Муравьев С.Д., Троян А.Л. Устройство для подачи огнетушащего (флегматизирующего) состава за металлическую преграду	11
Ващенко В.А., Заяка П.И., Заяка Н.П., Омельченко А.Н. Влияние органических добавок на процессы горения нитратно-магниевых систем при различных внешних условиях	18
Виноградов А.Г., Гаск С.О. Математичне моделювання вільного падіння сферичної водної краплі у газовому середовищі	22
Виноградов С.А., Грицина І.М., Качкар Є.В., Біченко С.М. Визначення розмірів крапель, необхідних для гасіння газового фонтану	33
Голоднов О.І., Отрош Ю.А., Ткачук І.А., Семінов М.М. Визначення характеристик міцності бетону в арматурі при проведенні досліджень вогнестійкості залізобетонних колон	37
Жартовський В.М., Жартовський С.В. Активний і пасивний протипожежний захист об'єктів з пожежним навантаженням із целюлозовмісних матеріалів	44
Жартовський С.В., Коваль О.Д., Маладица І.Г., Кришталь В.М. Дослідження реологічних властивостей водної вогнегасної речовини ФСТ-2	53
Калиновський А.Я., Соколовський С.А. Моделювання поширення ландшафтної пожежі з урахуванням вологості пального матеріалу та флуктуцій вітру	61
Киричанко О.В., Акіньшин В.Д., Ващенко В.А., Цибунін В.В. Спалахування частинок алюмінію в продуктах розкладання нітратовмісних окислювачів та органічних речовин протектичних сумішей при підвищених температурах нагріву	65
Ковалюшин В.В. Єдиний підхід до математичного моделювання розвитку і гасіння пожеж різними засобами	71
Кривошей Б.І., Чигрин В.В. Причини виникнення дисбалансу при роботі відцентрових насосів	77
Липиненко І.В., Єлагін Г.І. Експериментальна перевірка можливості виникнення деяких пожеж в Україні у 2000-2009 рр. за механізмом теплового самонагрівання	82
Марієвський В.Ф., Стрикаленко Т.В., Мазьова Т.В., Нисенко Т.Ю. Ефективні заходи як важлива складова попередження епідемічних ускладнень внаслідок надзвичайних ситуацій, викликаних повеннями	88
Мосов С.П., Каля А.М., Чубань В.С., Ротар В.Б. Організаційно-управлінські заходи реформування органів управління та сил цивільного захисту	93
Нуждін О.М., Поздєєв С.В. Дослідження впливу конструкції вимірювальної арматури вогневих печей на адекватність результатів випробувань на вогнестійкість	99
Поздєєв А.В., Тищенко А.М., Некора О.В., Рудик Н.В. Влияние добавок, повышающих подвижность бетонной смеси на теплофизические характеристики при пожаре	106
Соколовський С.А., Лагутін В.Л., Гринченко Є.М. Визначення параметрів віброзахисної системи для транспортування вибухонебезпечних вантажів	115
Тимченко А.А., Підгорний М.В., Мельник В.П. Життєвий цикл створення систем моніторингу транспортування небезпечних вантажів	121
Тищенко С.О., Андрійко М.В., Трохимська І.О. Проблеми забезпечення пожежної безпеки резервуарів з нафтопродуктами	128

УДК 618.5:614.844

А.А. Тимченко, д. т. н., проф., М.В. Підгорний к. т. н., ЧДТУ,
В.П. Мельник, Академія пожежної безпеки ім. Героїв Чорнобиля

ЖИТТЄВИЙ ЦИКЛ СТВОРЕННЯ СИСТЕМ МОНІТОРИНГУ ТРАНСПОРТУВАННЯ НЕБЕЗПЕЧНИХ ВАНТАЖІВ

Розглядається питання створення систем моніторингу транспортування небезпечних вантажів на основі концепції життєвих циклів об'єктів нової техніки та послідовності етапів розвитку даних систем.

Ключові слова: життєвий цикл (ЖЦ), об'єкти нової техніки (ОНТ), нова техніка (НТ), системи автоматизованого проектування (САПР), великі технічні системи (ВТС).

Постановка проблеми.

Сучасні інформаційні технології дають можливість вести цілодобовий моніторинг за безпекою перевезення небезпечних вантажів різними видами транспорту. Велика небезпека під час транспортування небезпечних речовин вимагає не тільки проводити моніторинг але вчасно попереджувати виникнення надзвичайних ситуацій. Для швидкого реагування на надзвичайні ситуації при перевезенні небезпечних вантажів у світі розробляються глобальні навігаційні супутникові системи моніторингу які наділені функціями: прогнозування можливих ситуацій, та розвиток подій під час перевезення небезпечного вантажу; ситуаційне керування транспортом для уникнення аварій, створення безпечного коридору для прямування до місця призначення з координацією в автоматичному режимі з аварійними службами та рятувальними підрозділами.

Останнім часом намітилася тенденція до глобального моніторингу системи перевезень. Ці системи призначені для дистанційного збору інформації про стан об'єкту та аналізу інформації (стан обладнання, різних підсистем) подій, що відбуваються, використовуючи канали зв'язку, з метою оперативного реагування у випадку виникнення надзвичайних ситуацій.

Розвиток різноманітних видів перевезень та вимоги до безпеки повинні закладатись ще на стадії проектування (або планування) для ефективної роботи системи моніторингу. На сьогодні сучасні структури проектування порівняно легко застосовуються для простих, локальних систем моніторингу, разом з тим проектування багатоканальних систем моніторингу викликає труднощі, пов'язані з їхньою складністю. Суть проектування системи моніторингу полягає в створенні функціональної моделі їх роботи та планування технології одержання інформації.

Аналіз останніх досягнень і публікацій.

Концепція життєвих циклів (ЖЦ) об'єктів нової техніки (ОНТ) започаткована в середині 70-х років стосовно до проблем підвищення ефективності використання нової техніки (НТ) як основної матеріальної бази сучасного суспільства. Як відомо, узагальнене поняття техніка — деяка об'єктивна категорія, яка поєднує в собі машини, споруди, засоби комунікації та ін. Техніку можливо розглядати також як деяку узагальнену систему, що має дві структури: структуру видів техніки (видова структура) та структуру життєвого циклу (цільова структура) [1]. Основоположниками концепції ЖЦ об'єктів нової техніки є В.М. Глушков, А.Г. Івахненко, К.Д. Жук, Г.В. Пухов, А.А. Тимченко та ін.

Постановка задачі та її розв'язання.

В роботі досліджується життєвий цикл (ЖЦ) систем моніторингу перевезення небезпечних вантажів (СМПНВ) як основу техніко-економічної структури, що упорядковує у часі систему взаємопов'язаних процесів наукових досліджень, проектування, виготовлення та цільового використання об'єктів нової техніки ОНТ до яких відносяться СМПНВ.

Обґрунтування структура життєвих циклів створення систем моніторингу перевезення небезпечних вантажів та послідовність етапів їх розвитку.

Виклад основного матеріалу дослідження з обґрунтуванням отриманих наукових результатів.

Розвиток НТ має два аспекти. З одного боку, НТ виступає як об'єкт досліджень, проектування, будівництва і використання, що об'єднується єдиною структурою ЖЦ, у межах якого здійснюються витрата ресурсів і досягнення народногосподарських цілей. З іншої сторони, НТ створюється, функціонує і розвивається як система, для досягнення цілей якої необхідно вирішувати «внутрішні» питання динамічної відповідності технічних засобів споживчим задачам. Ефективність вирішення «зовнішніх» цільових задач буде визначатися ефективністю вирішення «внутрішніх» задач. На основі цих взаємозв'язків необхідно установити взаємні вимоги й обмеження, без коректного урахування яких поняття ефективності майже цілком втрачає зміст.

Одним з основних питань створення СМПНВ як великих технічних систем (ВТС) є створення сучасних систем інформації і процесів їхньої обробки. Існують принаймні два основних принципи функціонування систем інформації в інтегрованих автоматизованих системах управління (ІАСУ). Перший - функціональний - повинен визначити організацію загальносистемної інформаційної бази, що повинна створюватися, функціонувати і розвиватися по своїх законах, що має юридичну чинність. Другий - цільовий - принцип, що має прикладний зміст, повинен ґрунтуватися на механізмі відображення, інформаційного моделювання реальних об'єктів і процесів у середовищі ВТС для рішення цільових задач. Ці принципи повинні бути розвинуті в концепції ВТС як складові задачі внутрішнього і зовнішнього проектування систем інформації ВТС.

Життєвий цикл СМПНВ. Сучасна СМПНВ є складною людино-машинною системою. Складність СМПНВ визначається складністю об'єктів техніки, складністю тих систем, що проектують цю техніку і забезпечують цільове використання об'єктів нової техніки, і складністю самих процесів взаємозалежного функціонування різноманітних видів техніки. Для вирішення задач цільового використання ОНТ необхідний апарат опису самих об'єктів нової техніки і процесів, що відбуваються в цих об'єктах.

На сьогодні є дві основні проблеми в системних дослідженнях в області техніки: по перше це питання програмованої експлуатації нової техніки інтенсивно розробляється в даний час у теоретичному, методологічному і прикладному аспектах, та по друге це проблема системного проектування об'єктів сучасної техніки. Цілью розробки такого апарата є не тільки рішення конкретних прикладних задач проектування, виготовлення і цільового використання нової техніки, а також створення наукової основи про керований розвиток нових СМПНВ. Однією із задач програмування життєвих циклів нової техніки є дослідження:

1. Структури системи «об'єкт техніки - середовище функціонування».
2. Структури задач системного проектування і системних властивостей складних об'єктів.
3. Цілеорієнтація нової техніки в структурах життєвих циклів.
4. Механізми адаптації великих технічних систем в життєвих циклах.

СМПНВ проходять три основних етапи: проектування, виготовлення, цільове використання. На перших двох етапах об'єкт є пасивною категорією, лише на останньому він стає активною системою. Системи проектування і виготовлення є активними як і середовище функціонування об'єкта на фінальному етапі.

Життєвий цикл СМПНВ це послідовність етапів його розвитку від ідеї створення до використання за прямим призначенням, а саме (рис.1): дослідження, проектування, виготовлення, використання.

ЖЦ є такою основною техніко-економічною структурою, що упорядковує у часі систему взаємопов'язаних процесів наукових досліджень, проектування, виготовлення та

цільового використання СМПНВ, в рамках якої реалізуються процеси цілепокладання, цільового планування, розподілу ресурсів та керування ціледосягненням.

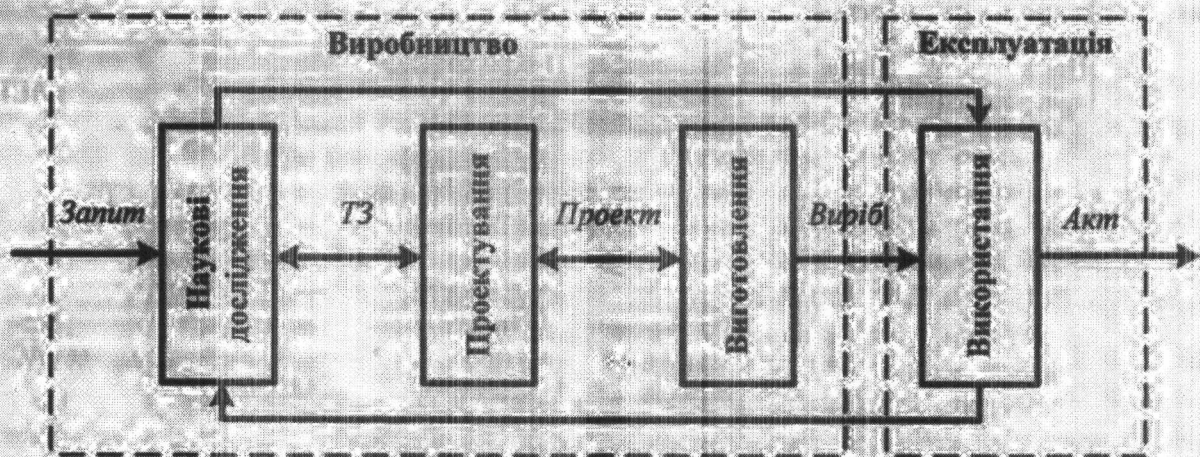


Рис. 1. Загальна схема етапів ЖЦ СМПНВ

Проектування ЖЦ розпочинається з формування концепції майбутньої СМПНВ. Цілі, для досягнення яких створюється сукупність об'єктів, визначаються координаційним органом, що здійснює макропланування. Техніко-економічний аналіз можуть проводити головні науково-дослідні інстанції галузей, що використовують СМПНВ. Таким чином, в ЖЦ закладається засобами автоматизованої системи наукових досліджень або САПР проблемної орієнтації. Такі САПР повинні створюватися по цільовій програмі відомств, що використовують СМПНВ. Подальший розвиток концепції СМПНВ повинен виконуватись галуззю, що розробляє і створює СМПНВ, а об'єктами автоматизації є процеси проектування та виготовлення СМПНВ. Процес закінчується випробуваннями готового зразка, запуском у серію і передачею в експлуатацію всього покоління СМПНВ. На цьому етапі «стикуються» галузь, що виготовляє, і галузь, що використовує СМПНВ. При цьому об'єктом автоматизації є процес випробувань, який проводять спільно обидві сторони.

Завершальним етапом ЖЦ СМПНВ є експлуатація (або його цільове використання) для задоволення суспільних потреб. На цьому етапі об'єктом автоматизації є програмована експлуатація СМПНВ (управління планування та процесу досягнення цілей).

Структура ЖЦ є стійкою компонентою при побудові глобального процесу досліджень — процесу розвитку СМПНВ. Всім елементам декомпозиції відповідають інформаційні моделі об'єкта та процесу на всіх етапах ЖЦ (табл. 1).

Відсутність загальної теорії СМПНВ як складних систем та об'єктивна потреба в такій теорії стали причиною широкого використання концепції ЖЦ для інформаційного доозначення різноманітних задач проектування [1].

Процес ЖЦ СМПНВ є багаторівневим (тобто таким, що розвивається у часі) та багаторівневим (оскільки схеми наукових досліджень, проектування і т.д. є ієрархічними).

Табл. 1 – Структура життєвих циклів СМПНВ

Глобальний життєвий цикл	Вкладені структури циклів				Вихідні рішення циклів	Інфраструктура циклів	
	Макро цикли	Цикли стадій	Цикли фаз	Цикли етапів ЖЦ			
Цикл програмування ідеї-замислу	Планування	Комплексно-цільове планування	1-Комплексно-цільові стратегічні дослідження. Прогностичний аналіз цілей розвитку суспільства.	Макроідея-замисел комплексу СМПНВ	Комплексно-цільова АСЦП		
			2-Оперативно-тактичні проблемно-цільові дослідження.	Ідея-замисел проблематики СМПНВ			
			3-Системні дослідження: аналіз та декомпозиція ближніх цілей. Формування вимог до ТЗ на розробку СМПНВ.	Вимоги до ТЗ на розробку СМПНВ		Цільова АСЦП	
	Цикл існування СМПНВ	Створення	Проектування	4-Системні проектні дослідження	ТЗ	АСНД-САПР	
				5-Науково-дослідне проектування	Задум СМПНВ	АСНД-САПР	
				6-Ескізне проектування	Ескізний проект	САПР	
				7-Технічне проектування	Технічний проект	САПР	
				8-Робоче проектування	Робочий проект	АСТПВ	
				Побудова	9-Побудова, монтаж	СМПНВ	АСУТП
				Доводка	10-Прийомо-здавочні випробування, доводка	Введення в експлуатацію	АСВД
				Функціонування	11-Програмована експлуатація	Елімінація	АСЦП-АСПЕ
				Елімінація ЖЦ	12-Модернізація, зміна ЖЦ	Зміна ЖЦ	АСЦП

Розглядаючи ЖЦ СМПНВ як деякий процес у суперсистемі, в якій існують системи, що виробляють, та системи, що забезпечують виробництво, в ЖЦ СМПНВ можна виділити такі цільові структури:

- структуру процесів наукових досліджень, проектування, побудови, використання;
- структуру самих підсистем, що виробляють та забезпечують виробництво;
- системну структуру вищого рівня, що визначає послідовність процесів у часі та їх взаємозв'язку та характеризує підлеглість цілей кожного процесу цілям процесів вищих рівнів;
- зовнішня структура ЖЦ відзеркалює взаємодію з іншими системами та дозволяє визначити важливі питання спільного функціонування та оптимальної взаємодії систем, що виробляють, і СМПНВ в середовищі функціонування при їх цільовому використанні [2].

Програмування ЖЦ СМПНВ. Методологічно програмування процесів розвитку СМПНВ повинне бути забезпечене розвитком банку моделей, інформаційною базою та апаратом моделювання цих процесів. Структура банку моделей повинна включати в себе моделі: СМПНВ як системи, що розвивається; ЖЦ поколінь СМПНВ; розподілу ресурсів, що забезпечують програму розвитку СМПНВ. Засобами цього банку можуть вирішуватися основні завдання програмування процесів розвитку СМПНВ. Сюди входять системний аналіз цілей, для досягнення яких створюється СМПНВ; побудова структури систем, що виробляють СМПНВ; інноваційний аналіз інформаційних ресурсів розвитку СМПНВ, оптимізація всіх ресурсів та програми розвитку НТ [3].

Інформаційна структура моделей ЖЦ дозволяє формулювати та вирішувати завдання програмування ЖЦ НТ в існуючому соціотехнічному середовищі.

Під програмуванням життєвих циклів СМПНВ розуміють багатоступінний та багаторівневий процес прийняття рішень, який здійснюється в САПР (у системі програмування ЖЦ нової техніки) з метою [4]:

- досягнення якості проектних рішень СМПНВ;
- аналізу розв'язуваності завдань розробки та створення СМПНВ по всьому ЖЦ СМПНВ;
- створення проекту.

Базовим для програмування ЖЦ СМПНВ є системне інформаційне зображення ОНТ.А

$$R = \langle V, U, B \rangle W, \quad (1)$$

де B - керовані підсистеми СМПНВ; U - керуючі підсистеми СМПНВ; V - інфраструктура СМПНВ, яка включає системи, що виробляють та обслуговують СМПНВ; W - зовнішнє середовище, що взаємодіє з B, U, W .

Складність системного проектування СМПНВ на основі принципу програмування ЖЦ визначається різноманітністю:

- а) складу елементів функціональних підсистем B , визначених функцією складності $S(B)$;
- б) сигнатури S_B — схеми співвідношень (керування) над елементами B , визначеної функцією складності $S(S_B)$;
- в) сигнатури S_{BV} — схеми співвідношень між підсистемами B та інфраструктурою $V(S(S_{BV}))$;
- г) сигнатури S_W — схеми співвідношень $\langle V, U, B \rangle$ із зовнішнім середовищем $W(S(S_W))$.

Нова техніка є складною системою, обумовленою як власне складністю її складових, так і складністю процесів створення, використання та функціонування видів СМПНВ.

Допускаючи адитивність функції складності, можна записати загальну складність СМПНВ:

$$S_r = S(B) + S(S_B) + S(S_{BV}) + S(S_W). \quad (2)$$

Складність СМПНВ та його ЖЦ роблять практично непридатною традиційну схему, при якій дослідження об'єкта суворими математичними методами може виконуватися тільки тоді, коли побудована його математична модель (або, іншими словами, описані його властивості на певній формальній мові) та доведена її адекватність фізичній ситуації (відсутність протиріч у логіці функціонування моделі та об'єкта). Це визначено рядом системних факторів:

- складність СМПНВ, що проектується, та створюється з різних частин і яка вирішується тільки в вигляді сукупності моделей;
- некоректність у формально-логічному об'єднанні постановки проблеми розробки та створення СМПНВ;
- відсутність об'єктивних прогнозованих даних внаслідок унікальності СМПНВ;
- неможливість ототожнення об'єкта проектування з об'єктом дослідження, а також пошукової, творчої характер розробки складного об'єкта, що вимагає брати до уваги всю гамму засобів і методів моделювання, у тому числі й евристичні розумово-мовні (ментально-вербальні) ситуації як засіб моделювання очікуваних фізичних ситуацій;
- динаміка суспільного розширеного відтворення, зміна науково-технічного світогляду людства внаслідок відкриттів, винаходів приводить до безперервної еволюції погляду на те, якою повинна бути СМПНВ, що проектується, і як його слід проектувати.

Еволюційно СМПНВ як складну систему можна виразити наступним чином:

$$\Sigma = \left(E, (\omega_\alpha)_{\alpha \in A}, (Z, (s))_{s \in T}, (f_{\alpha \sigma})_{\sigma \in K, \alpha \in A}, (\chi_{\alpha \sigma})_{\sigma \in K, \alpha \in A}, (J_{\alpha \sigma})_{\sigma \in K, \alpha \in A}, \chi, J \right) \quad (3)$$

де E - множина елементів СМПНВ; (ω_α) - сімейство структур, що реалізуються в Σ ; $(Z, (s))$ — сімейство просторів сигналів; $(f_{\alpha \sigma})$ — сімейство операторів елементів системи E ; $\chi_{\alpha \sigma}, \chi$ — простори цілей; $J_{\alpha \sigma}, J$ — цільові функції [6].

Задачі проектування СМПНВ характеризуються високою складністю та відносяться до слабо структурованих проблем. Практичною основою розв'язування цих задач залишається комплексний підхід та методи моделювання. Концентрованим виразом такого підходу є системні моделі систем, що проектуються.

Логічною основою програмування ЖЦ СМПНВ повинні бути взаємопов'язані процедури аналізу вирішуваності задач та інтегральні оцінки техніко-економічної ефективності розв'язків цих задач, виходячи з оперативної інформації, що є в системі програмування ЖЦ СМПНВ.

Висновки. Узагальнення досвіду проектування складних систем дало можливість комплексно представити процеси проектування СМПНВ. Серед комплексу нових задач створення СМПНВ, для розв'язання яких створюються сучасні автоматизовані системи, однією з центральних є задача програмованого розвитку (планування і керування) СМПНВ, як деякого цільового процесу, що організує в єдиний цикл процеси проектування, побудови та експлуатації.

Пов'язана послідовність етапів проектування, виготовлення та експлуатації СМПНВ визначається як їх життєвий цикл. Кожен із цих етапів як виробничий цілеспрямований процес реалізується у відповідній системі: системі проектування, системі побудови і системі програмованої експлуатації.

Задача програмування ЖЦ СМПНВ має чіткий економічний зміст і цільову постановку, а ЖЦ є основною техніко-економічною структурою, що задовольняє в часі систему взаємозалежних процесів проектування, побудови та цільового використання, у межах якої реалізуються процеси цілепокладання, цільового планування і керування.

Зміст задачі програмування ЖЦ СМПНВ зрештою полягає в досягненні необхідних цільових показників СМПНВ у середовищі функціонування за умови оптимального

розподілу обмеженого ресурсу за всіма етапами ЖЦ і в досягненні необхідної техніко-економічної ефективності систем і процесів проектування, побудови та забезпечення оптимального функціонування СМПНВ.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Ивахненко А. Г. Моделирование сложных систем / Ивахненко А. Г. — К. : Вища школа, 1987. — 136 с.
2. Математическая теория оптимальных процессов / Понтрягин Л. С., Болтянский В. Г., Гамкрелидзе Р. В., Мищенко Е. Ф. — М. : Издательство "Наука" 1983 — 393 с.
3. Жук К. Д. Исследование структур и моделирование логико-динамических систем / Жук К. Д., Тимченко А.А., Доленко Т.И. ; К.:— Наукова думка, 1975. — 199 с.
4. Тимченко А.А. Основи системного проектування та системного аналізу складних об'єктів / Тимченко А.А. — К. : Либідь, 2004. — 288с. — (Основи системного підходу та системного аналізу об'єктів нової техніки. Навч. Посібник за ред. Ю.Г. Леги).
5. Пухов Г.Е. Синтез многосвязных систем управления по методу обратных операторов / Г.Е.Пухов, К.Д. Жук. — К. : Наук. Думка, 1966 г. — 215 с.
6. Тимченко А.А. Эволюционное определение сложной системы. Вісник ЧПІ.-№1 — Черкаси, 2000. — с.105-110.