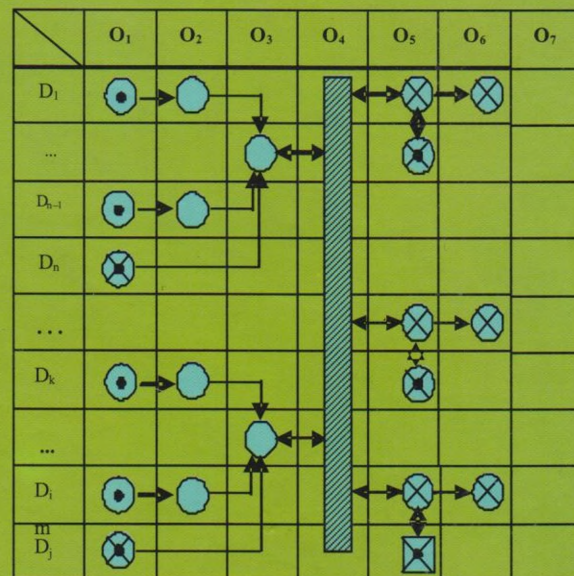
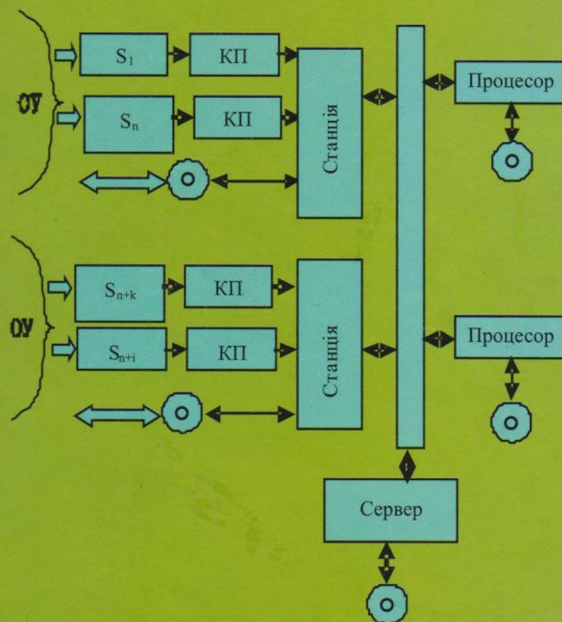


Николайчук Я.М., Возна Н.Я., Пітух І.Р.



# ПРОЕКТУВАННЯ СПЕЦІАЛІЗОВАНИХ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ

Навчальний посібник



Николайчук Я.М., Возна Н.Я., Пітух І.Р.

**ПРОЕКТУВАННЯ  
СПЕЦІАЛІЗОВАНИХ  
КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ**

**Навчальний посібник**

Тернопіль  
2010

УДК 681.215; 621.321.7

ББК 32.973.2

Н63

*Рекомендовано Вченою радою Тернопільського національного економічного  
університету (протокол №2 від 28.12.2010 р.)*

**Рецензенти:**

*Мельник А.О.* - доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри "Електронні обчислювальні машини" Національного університету „Львівська політехніка”, м. Львів;

*Горбійчук М.І.* - доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри комп'ютерних систем та мереж Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу, м. Івано-Франківськ;

*Карпінський М.П.* - доктор технічних наук, професор, професор кафедри комп'ютерної інженерії Тернопільського національного економічного університету, м. Тернопіль.

Николайчук Я.М., Возна Н.Я., Пітух І.Р.

Н63 Проектування спеціалізованих комп'ютерних систем./Навчальний посібник/ -  
Тернопіль: ТзОВ «Терно-граф», 2010.- 392 с., іл.

ISBN 978-966-457-108-8

*Мета пропонованого навчального посібника - комплексний аналіз теоретичних основ, інформаційних технологій, моделей та стратегій проектування архітектур та компонентів спеціалізованих комп'ютерних систем, висвітлення наукового та навчального змісту дисципліни «Проектування спеціалізованих комп'ютерних систем».*

*Навчальний посібник характеризується новизною теоретичного, методологічного та технолого-інформаційного матеріалу. Більша частина посібника у системно впорядкованому вигляді публікується вперше в Україні. Глибокому засвоєнню курсу сприятимуть навчальні тренінги, до складу яких входять контрольні запитання, завдання та приклади рішення задач, пов'язаних з технологією проектування спеціалізованих комп'ютерних систем (СКС) на базі розроблених авторами інформаційних основ побудови сімейства моделей та епюр руху даних в однорівневих та багаторівневих СКС.*

*У додатках наведено умови завдань розробки проектних рішень та приклади проектування розподілених СКС.*

*Навчальний посібник належить до методичного забезпечення дисципліни «Проектування спеціалізованих комп'ютерних систем» напряму «Комп'ютерна інженерія» професійного спрямування " Спеціалізовані комп'ютерні системи" і може використовуватися у ВНЗ під час вивчення суміжних дисциплін: «Основи побудови спеціалізованих комп'ютерних систем», «Проектування комп'ютерних систем», «Проблемно-орієнтовані комп'ютерні системи» та інші.*

*Для студентів, аспірантів, наукових співробітників, проєктантів КС та інших категорій спеціалістів у галузі комп'ютерних систем та інформаційних технологій.*

ББК 32.973.2

Усі права застереженні

ISBN 978-966-457-108-8

© Николайчук Я.М., 2010

© Возна Н.Я., 2010

© Пітух І.Р., 2010

© ТзОВ «Терно-граф», 2010

## ЗМІСТ

<b>СПИСОК СКОРОЧЕНЬ</b>	8
<b>ПЕРЕДМОВА</b>	9
<b>РОЗДІЛ 1 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ, ВИЗНАЧЕННЯ ТЕРМІНІВ ТА ПРОЦЕСІВ ПРОЕКТУВАННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ</b>	16
1.1. Теорія та методологія побудови систем	16
1.2. Комп'ютерні системи	22
1.3. Спеціалізовані комп'ютерні системи (СКС)	24
Контрольні запитання і завдання	25
<b>РОЗДІЛ 2 ОСНОВНІ ТЕОРЕТИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ МЕРЕЖ ПЕТРІ ТА ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ СКС</b>	26
2.1. Теорія мереж Петрі	26
2.1.1. Графи та мережі	26
2.1.2. Дерева графів	28
2.2. Мережі	31
2.3. Матриці суміжності та інцидентів мереж Петрі	33
Контрольні запитання і завдання	34
Рекомендована література до 2 розділу	35
<b>РОЗДІЛ 3 АРХІТЕКТУРИ СПЕЦІАЛІЗОВАНИХ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ</b>	36
3.1. Класифікація архітектур та характеристики СКС	36
3.1.1. Системи концентрованого опрацювання інформаційних потоків	38
3.1.1.1. Монопольна СКС	38
3.1.1.2. СКС розділеного часу	39
3.1.1.3. Мультипрограмна СКС	39
3.1.1.4. Мультипроцесорна СКС	40
3.1.2. Мережеві однорівневі СКС	40
3.1.2.1. Магістральна архітектура СКС	40
3.1.2.2. Кільцева архітектура СКС	41
3.1.2.3. Зіркова архітектура СКС	42
3.1.2.4. Систолічна архітектура СКС	43
3.1.3. Багаторівневі архітектури СКС	43
3.1.3.1. Ієрархічна СКС	43
3.1.3.2. Мережно-ієрархічна СКС	45
3.1.3.3. Багаторівнева магістральна СКС	46
3.1.3.4. Зірково-магістральна СКС	46
3.1.3.5. Поняття, архітектура та функції мережевої станції СКС	48
3.2. Характеристики емерджентності різних структур СКС	49
3.3. Характеристики архітектур процесорів формування та цифрового опрацювання даних	56
3.3.1. Архітектури процесорів послідовного та послідовно-паралельного типу	59
3.3.2. Векторні, потокові та конвеєрні архітектури процесорів	60

3.3.3.	Паралельні та матричні архітектури спецпроцесорів	63
3.3.4.	Архітектури процесорів за класифікацією Шора	66
3.3.5.	Процесори на основі вертикальної інформаційної технології	69
	Контрольні запитання і завдання	71
	Рекомендована література до 3 розділу	72
	<b>РОЗДІЛ 4 СТРАТЕГІЯ, КРИТЕРІЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ТА ЗАКОНИ</b>	
	<b>ДОЦІЛЬНОСТІ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ СКС</b>	75
4.1.	Поняття та характеристики руху даних в СКС	75
4.2.	Стратегія проектування СКС	75
4.3.	Закони доцільності та ефективності проектних рішень СКС	78
4.3.1.	Закон фрактальності	78
4.3.2.	Закон Гроша	79
4.3.3.	Закон максимального прибутку	80
4.3.4.	Закон якості	81
4.3.5.	Закон собівартості	82
	Контрольні запитання і завдання	84
	Рекомендована література до 4 розділу	85
	<b>РОЗДІЛ 5 ФУНКЦІЇ, СИСТЕМНІ ТА ФУНКЦІОНАЛЬНІ ОБ'ЄКТИ</b>	
	<b>ГЛОБАЛЬНОЇ МОДЕЛІ СКС</b>	87
5.1.	Формалізація опису характеристик системних об'єктів СКС	88
5.2.	Системні характеристики процесора	90
5.3.	Системні характеристики даних	91
5.4.	Системні характеристики СПД	92
5.4.1.	Архітектури та характеристики каналів зв'язку СПД	109
5.4.2.	Теорія та методологія передавання сигналів в сучасних СПД	113
5.4.2.1.	Теоретичні основи ДІ на основі псевдовипадкових кодових послідовностей та сигналів	113
5.4.2.2.	Системні характеристики одновимірних шумоподібних сигналів	115
5.4.3.	Вдосконалення аналітики цифрових кореляційних приймачів джерел одновимірних ШПС	120
5.4.4.	Теорія та системні характеристики двовимірних шумоподібних ДІ	124
5.4.5.	Моделювання автокореляційних характеристик ДІ на основі двовимірних кодів Баркера	128
5.4.6.	Теорія впливу помилок на двовимірні псевдовипадкові ДІ	135
5.5.	Системні характеристики операторів	144
	Контрольні запитання і завдання	145
	Рекомендована література до 5 розділу	147
	<b>РОЗДІЛ 6 СИСТЕМНІ ВЛАСТИВОСТІ ОБ'ЄКТІВ УПРАВЛІННЯ СКС</b>	151
6.1.	Класифікація системних характеристик об'єктів управління СКС	151

6.2.	Складність ОУ СКС	151
6.3.	Ділимість ОУ СКС	152
6.4.	Полікритеріальність ОУ СКС	153
6.5.	Кібернетичність ОУ СКС	153
6.6.	Замкнутість ОУ СКС	155
6.7.	Ієрархічність ОУ СКС	158
6.8.	Емерджентність ОУ СКС	159
6.9.	Стаціонарність ОУ СКС	161
6.10.	Динамічність ОУ СКС	163
6.11.	Стійкість ОУ СКС	164
6.12.	Адаптивність ОУ СКС	164
6.13.	Післядія ОУ СКС	165
	Контрольні запитання і завдання	166
	Рекомендована література до 6 розділу	167
	<b>РОЗДІЛ 7 МОДЕЛІ ОБ'ЄКТІВ УПРАВЛІННЯ СКС</b>	168
7.1.	Решітчасті моделі джерел інформації ОУ	168
7.1.1.	Сигнальна	168
7.1.2.	Інтегральна	169
7.1.3.	Диференціальна	170
7.1.4.	Центрована	170
7.2.	Статистичні моделі ОУ	171
7.2.1.	Вибіркове математичне сподівання	171
7.2.2.	Ковзне математичне сподівання	172
7.2.3.	Вагове математичне сподівання	172
7.2.4.	Дисперсія	173
7.2.5.	Середньоквадратичне відхилення	173
7.3.	Кореляційні моделі ОУ	174
7.3.1.	Знакова	174
7.3.2.	Релейна	174
7.3.3.	Кореляційна	175
7.3.4.	Коваріаційна	176
7.3.5.	Структурна	176
7.3.6.	Модульна	177
7.3.7.	Еквівалентна	177
7.4.	Нелінійні решітчасті моделі ОУ	180
7.4.1.	Одновимірні адаптивні моделі ОУ у базисі Радемахера	180
7.4.2.	Адаптивні моделі ОУ у базисі Галуа	181
7.4.3.	Нелінійні моделі ОУ у базисі Крестенсона	185
7.4.4.	Нелінійні моделі ОУ у базисі Крестенсона-Галуа	187
7.4.5.	Моделі ОУ на основі вертикальної інтегрально-імпульсної технології	190
7.4.6.	Кодові шкали в базисі Галуа	191
7.5.	Спектральні моделі ОУ у різних теоретико-числових базисах	191
7.6.	Моделі структуризованих джерел інформації	193
7.7.	Кластерні моделі квазістаціонарних ОУ	195

7.8.	Логіко-статистичні інформаційні моделі діагностики станів ОУ	200
7.9.	Ентропійні моделі станів ОУ	206
	Контрольні запитання і завдання	206
	Рекомендована література до 7 розділу	219
<b>РОЗДІЛ 8</b>	<b>ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ФОРМУВАННЯ ЦИФРОВИХ, АЛФАВІТНО-ЦИФРОВИХ ТА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ДАНИХ В СКС</b>	222
8.1.	Аналіз та обґрунтування вибору багатоканальних аналого-цифрових кодерів технологічних даних на низових рівнях СКС	222
8.2.	Оцінка впливу старіння інформації на кореляційні моделі багатоканальних ДІ при аналого-цифровому перетворенні	242
8.3.	Аналіз апаратно-програмних засобів вводу алфавітно-цифрових даних	249
8.4.	Критерії ефективності та дослідження системних характеристик клавіатур для вводу алфавітно-цифрових даних	256
8.5.	Метод синтезованого формування алфавітно-цифрових даних	261
8.6.	Клавіатура синтезованого формування алфавітно-цифрових даних мобільного адаптера низових рівнів СКС	264
8.7.	Структура та функції мобільного адаптера СД низових рівнів СКС	269
8.8.	Реалізація принципів синтезованого вводу алфавітно-цифрових даних на низових рівнях СКС	271
	Контрольні запитання і завдання	273
	Рекомендована література до 8 розділу	274
<b>РОЗДІЛ 9</b>	<b>МАТРИЧНІ МОДЕЛІ РУХУ ДАНИХ В КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМАХ</b>	279
9.1.	Атрибути матричної моделі	279
9.2.	Тримірні матричні моделі	281
9.3.	Модифіковані двомірні матричні моделі	283
9.4.	Аналіз топології промислового об'єкта управління	284
	Рекомендована література до 9 розділу	286
<b>РОЗДІЛ 10</b>	<b>ФОРМАЛІЗАЦІЯ МОДЕЛЕЙ АРХІТЕКТУР СКС</b>	287
10.1.	Формалізація моделей СКС концентрованого опрацювання інформаційних потоків	287
10.2.	Формалізація моделей СКС з однорівневим мережевим опрацюванням інформаційних потоків	289
10.3.	Формалізація моделей СКС з багаторівневими архітектурами	291
	Контрольні запитання і завдання	295
<b>РОЗДІЛ 11</b>	<b>ПОХІДНІ МОДЕЛІ РУХУ ДАНИХ СКС</b>	296
11.1.	Розробка похідних моделей на основі матричних моделей руху даних	296
11.1.1.	Граф - розгалужене дерево	297
11.1.2.	Часові інформаційні моделі	297
11.1.2.1.	Параметрична часова модель	297
11.1.2.2.	Структурно-часова модель	298

11.1.2.3. Модель "мережевий графік"	299
11.1.2.4. Модель "суміщений часовий граф"	300
11.1.3. Модель "блок-схема алгоритму оброблення даних"	301
11.1.4. Граф-алгоритмічна модель опрацювання даних	306
Контрольні запитання і завдання	307
Рекомендована література до 11 розділу	309
<b>РОЗДІЛ 12 ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ПОБУДОВИ ЕПЮР РУХУ ДАНИХ В СКС</b>	310
12.1. Методи побудови ЕРД на основі продукційних моделей подання знань	310
12.2. Алгоритми побудови однорівневих моделей руху даних	321
12.3. Програмні засоби побудови епюр собівартості руху даних та оцінки глобальної ефективності комп'ютерних систем	323
12.4. Організація інтерфейсного діалогу САПР моделей руху даних	325
Контрольні запитання і завдання	327
Рекомендована література до 12 розділу	328
<b>РОЗДІЛ 13 МОДЕЛІ РУХУ ДАНИХ БАГАТОРІВНЕВИХ СКС</b>	329
13.1. Багаторівнева матрична модель СКС	329
13.2. Цикли руху даних багаторівневих СКС	334
13.3. Багаторівнева модель "граф - розгалужене дерево"	335
13.4. Інтегрована модель "граф - розгалужене дерево"	337
13.5. Параметрична часова модель багаторівневої СКС	338
13.6. Структурно-часова модель багаторівневої СКС	340
13.7. Багаторівнева модель "мережевий графік"	342
13.8. Модель "суміщений часовий граф" багаторівневої СКС	343
13.9. Модель "блок-схема алгоритму" руху даних багаторівневої СКС	344
13.10. Граф-алгоритмічні моделі багаторівневої СКС	347
13.11. Епюри руху даних багаторівневих СКС.	352
13.12. Обґрунтування критеріїв та дослідження ефективності представлення сукупності МРД складних багаторівневих СКС	355
Контрольні запитання і завдання	363
Рекомендована література до 13 розділу	365
<b>РОЗДІЛ 14 МЕТОДИ ТА АЛГОРИТМИ МОДЕЛЮВАННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ РУХУ СТРУКТУРИЗОВАНИХ ДАНИХ В СКС</b>	366
Контрольні запитання і завдання	372
<b>УМОВИ ЗАДАЧ ПРОЕКТУВАННЯ ОДНОРІВНЕВИХ СКС НА ОСНОВІ МОДЕЛЕЙ РУХУ ДАНИХ</b>	373
<b>УМОВИ ЗАДАЧ ПРОЕКТУВАННЯ БАГАТОРІВНЕВИХ СКС НА ОСНОВІ МОДЕЛЕЙ РУХУ ДАНИХ</b>	382