

КИЇВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ імені Т.Г. ШЕВЧЕНКО

На правах рукопису

КОНОХОВА

Світлана Володимирівна

РОЗРОБКА ЗАСОБІВ СИСТЕМАТИЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ  
СТВОРЕННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Спеціальність 06.13.11 -  
математичне і програмне забезпечення  
обчислювальних машин, комплексів, систем  
та мереж

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

дисертації на здобуття вченого ступеня  
кандидата фізико-математичних наук

КИЇВ - 1993

753  
Робота виконана у Львівському політехнічному інституті

Науковий керівник: доктор фізико-математичних наук

В.А. Вальковський

Офіційні опоненти: доктор технічних наук,  
доцент В.М. Чаплига

кандидат технічних наук  
Б.П. Русин

Провідна організація: Львівський науково-дослідний  
інститут інформатики  
і управління "Електрон"

Захист відбудеться "23" грудня 1993 р. в 14 год. на  
засіданні спеціалізованої ради Д 068.18.10 при Київському дер-  
жавному університеті імені Т.Г. Шевченка за адресою:  
252127, Київ, пр. Академіка Глушкова, 6, факультет кібернетики  
КДУ, ауд. 40.

З дисертацією можна ознайомитись в бібліотеці університету.

Автореферат розісланий "16." 11 1993 р.

ЛННБ України ім.В.Стефаніка



00802749 (U)

Вчений секретар  
спеціалізованої ради  
кандидат фізико-математичних  
наук

І.В. Бейко

## І. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність проблеми. Розширення використання обчислювальної техніки в різних галузях людської діяльності вимагає необхідності програмних засобів самого різного характеру, таких як САПР, АСУ, системи штучного інтелекту. В зв'язку з цим першочергове значення набуває розробка математичних, мовних, методологічних засобів, використання яких дозволяє забезпечити надійність створених програмних комплексів і систем, зменшити часові та матеріальні витрати на їх виробництво, забезпечити гарантованість якості. Така розробка супроводжується складністю, різноманітністю способів опису і дослідження програмних систем (ПС). Вказана особливість та великі обсяги робіт привели до того, що значну важливість набули дослідження в галузі систематизації всіх аспектів програмістської діяльності.

До цього напрямку можна віднести і розробку засобів систематизації процесу створення ПС, виконану в цій роботі за допомогою засобів системно-алгоритмічного аналізу, який базується на представленні та дослідженні програм як систем.

Все це говорить про актуальність матеріалів, які подаються в дисертаційній роботі.

Метою роботи є розробка засобів систематизації процесу створення програмного забезпечення (ПЗ) і їх реалізація в процесі системно-алгоритмічного аналізу здатності ПС до функціонування та в інструментальній системі підтримки розробки ПС, яка використовує технологію збіркового програмування.

Дослідження цієї мети вимагає рішення наступних основних задач:

1. Побудова системної моделі ПС з врахуванням всіх етапів її життєвого циклу та зовнішнього середовища життєдіяльності.
2. Розробка математичного апарату, призначеного для системно-алгоритмічних досліджень ПС.
3. Проведення системно-алгоритмічного аналізу здатності ПС до функціонування.
4. Реалізація системної моделі в інструментальній системі підтримки розробки ПЗ.

Основні методи дослідження. В процесі системних досліджень використовувались засоби загальної теорії систем, а також основні властивості та закономірності гіперкомплексних динамічних систем (ГДС).

Розробка формальної мови, призначеної для системно-алгоритмічного аналізу здатності ПС до функціонування виконувалась на основі числення предикатів першого порядку.

При побудові  $\alpha$ -мереж використовувався апарат мереж Петрі.

Конкретна реалізація розроблених засобів систематизації процесу

створення ПЗ в інструментальній системі [х підтримки (ІСЗАП) виконана з використанням принципів збіркового програмування.

В роботі також використовувались математичні засоби теорії множин, теорії графів та теорії алгоритмів.

Наукова новизна роботи полягає в наступному:

1. Введено поняття та побудована абстрактна модель системи програмної діяльності, яка відображує зовнішнє середовище життєдіяльності ПС.

2. Побудовано процес системної реалізації ПС, який на абстрактно-узагальненому рівні відтворює всі фази життєвого циклу довільної ПС.

3. Введено поняття алгоменту як елемента алгоритмічної системи. Запропоновано його формалізоване представлення, основні системні характеристики і закономірності.

4. Розроблено формальний апарат  $\alpha$ -мереж, який є макронадбудовою в мережах Петрі, що дає можливість використання матричної форми представлення ГДС для опису основних властивостей і закономірностей ПС, які розглядаються як ГДС.

5. Проведено системно-алгоритмічний аналіз здатності ПС до функціонування, в результаті якого отримано функціонально-конструктивний базис (ФКБ) ПС, який є системним аналогом конструкції структурного програмування.

6. Здійснена практична реалізація розроблених системних моделей в інструментальній системі збірково-алгоментного програмування (ІСЗАП) яка є внеском в розв'язання проблеми реалізації взаємозв'язків незалежно розроблених програм.

Практична цінність роботи.

Створені в роботі системні моделі ПС з врахуванням всіх етапів її життєвого циклу та зовнішнього середовища мають високий ступінь абстрактності і можуть використовуватися для реалізації концепції інтегрованих інструментальних систем розробки ПЗ, створення обчислювальних моделей, а також засобів представлення, опису та проектування ПЗ, які мають високий ступінь систематизації. Враховуючи те, що такі моделі є основою різних підходів та методів програмування, а також інструментальних засобів їх підтримки, отримані системні моделі можуть використовуватись для порівняння, аналізу, оцінки мовно-методологічних засобів програмування і інструментальних систем їх підтримки.

Формальний апарат  $\alpha$ -мереж може використовуватись для системно-алгоритмічного аналізу різних аспектів ПС, в ході якого визначається і досліджуються системні характеристики ПС, наприклад такі як гіперкомплексність (елементний склад), динамічність, структурність, ціліс-

ність, ієрархічність та інші. При цьому  $\alpha$ -мережі, які є макронадбудовою в мережах Петрі, дозволяють використовувати системну аксіоматику та традиційні методи, засоби і алгоритми аналізу ПС, включаючи матричну форму представлення, яка легко піддається автоматизації.

Практична реалізація розроблених системних моделей в інструментальній системі підтримки збірково-алгоритмічного програмування (ІСЗАП) є внеском в розв'язання проблеми реалізації взаємозв'язків незалежно розроблених програм, дозволяє більш широко як будівельний матеріал використовувати закінчені програми, підвищувати рівень систематизації ПС та процесу їх створення, що веде до підвищення надійності створюваних ПС та продуктивності праці.

В цілому отримані в даній роботі результати можуть використовуватись в процесі створення САПР, АСУ, АСНД та інших автоматизованих систем, при розробці яких моделюються складні програмні системи.

Апробація роботи. Основні результати дисертаційної роботи докладалися на УІІ Всесоюзній конференції "Измерения в медицине и их метрологическое обеспечение" (Моск. обл., п. Менделеево, 1986), УІ Всесоюзній школі-семінарі "Распараллеливание обработки информации" (Львів, 1987 р.), ІІ Всесоюзній науково-практичній конференції "Проблеми и перспективы автоматизации производства и управления на предприятиях и в организациях приборо- и машиностроения" (Пермь, 1990 р.), Всесоюзному науково-практичному семінарі "Жизнь и компьютер" (Харків, 1990).

Публікації. По матеріалам дисертації опубліковано 9 друкованих праць (див. перелік в кінці автореферату).

Структура і обсяг роботи. Дисертаційна робота складається з вступу, п'яти глав, висновку, та списку літератури, який містить 117 найменувань та додатку. Обсяг роботи складає 201 сторінок.

## ІІ. КОРОТКИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі подається загальна характеристика засобів систематизації процесу створення ПЗ та показується актуальність їх розробки.

В першій главі дається перелік відомих мовно-методологічних засобів програмування, включаючи відомі мови програмування, мови проектування, структурне, модульне, функціональне, композиційне, збіркоче програмування та інші методи і моделі.

Відзначено, що всі вони носять системний характер і по своїй суті (в неявній формі) є засобами систематизації процесу життєдіяльності ПС та їх представлення. Показані тенденції до підвищення повноти рівня систематизації, який реалізується даними засобами.

Виходячи з цього показана актуальність розробки концептуально-понятійних основ систематизації процесу створення ПЗ та їх практич-

ної реалізації в інструментальній системі підтримки розробки ПЗ.

Оформувані вимоги до концептуально-понятійних засобів систематизації процесу створення ПЗ на основі відомих вимог до технологій програмування та вимог забезпечення якісних характеристик створюваних ПС. Концептуально-понятійні засоби повинні: охоплювати весь життєвий цикл програмного продукту; сприяти підвищенню рівня вірогідності, надійності та доказуваності програмування; спиратися на сучасні технічні засоби; забезпечувати організаційну керуваність та контрольованість виробничих процесів; забезпечити стійкість програмного продукту в зв'язку з зміною умов функціонування цільової системи, яка використовує цей продукт; забезпечувати зрозумілість ПС, закінченість, змістовність, мобільність ПС, погодженість, структурованість, ефективність, доступність, відкритість, поширваність.

З врахуванням цих вимог, а також характеру об'єкту дослідження, (ПС) і необхідності забезпечення адекватності об'єкту дослідження, методу дослідження та задачі, вибираємо системний метод дослідження в своїй конкретній реалізації - теорії гіперкомплексних динамічних систем (ГДС).

В другій главі розглядається адаптація системного підходу до опису ПС.

Виходячи із вибраного методу дослідження, ПС представляється як гіперкомплексна динамічна система, яка завжди знаходиться в процесі своєї системної реалізації. Під системною розуміється сукупність системних інваріантів таких як: гіперкомплексність, динамічність, структурність, цілісність, ієрархічність. Процес системної реалізації ПС представляється як процес взаємозв'язку та взаємоперетворення таких станів як: передсистемний, розвиток, стаціонарність, розпад і післясистемний.

Крім того, ПС є розімкненою системною, процес системної реалізації якої проходить в зовнішньому середовищі, в яке вх. дять КОМ і людина (в різних ролях). Тому ПС може розглядатися з точки зору різних базисних елементів (одним з яких є форма існування ПС).

Розгляд ПС як складного, багатоякісного об'єкту повинен виконуватися в рамках конкретної проблеми, мети дослідження (при цьому будуть враховуватися тільки ті властивості, компоненти ПС, які важливі для даної проблеми, мети дослідження).

Представлення ПС в вигляді абстрактної моделі враховує те, що вона створюється людиною для людини.

ПС розглядається як програмна форма існування алгоритму. Тому моделювання виконується для алгоритму, а програмна форма існування (та її різновидності) враховується спеціальним компонентом моделі.

Узагальнюючи вищесказане, дамо абстрактний опис алгоритмічної системи в символічній формі подання:

$$S^{(A)} = P^{(M)}(P^{(C)}(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (S_j^{(I)}(\sum_{l=1}^L A_l))) \quad (1)$$

де  $S^{(A)}$  - означає алгоритмічна система;  $S_j$  - системна інваріанта;  $m$  - кількість системних інваріант;  $j$  - якісна різновидність системної інваріанти;  $i$  - форма представлення моделі, її властивостей, компонент;  $P^{(M)}$  - оператор врахування людського фактору;  $P^{(C)}$  - оператор врахування мети дослідження;  $A_l$  -  $l$ -й базисний елемент;  $L$  - кількість базисних елементів;  $n$  - кількість форм представлення моделі.

Вираз (1) розглядається як символічна форма представлення абстрактної моделі алгоритмічної системи (програмно-формов існування якої є ПС), а також елементів алгоритмічних систем (алгоментів) з врахуванням відносності поняття системи і елемента в теорії ГДС. Далі алгоритмічна система, яка розглядається як ГДС, називається системою алгоментів або алгоментною системою.

Поняття алгоменту, котре базується на теорії ГДС, є найбільш абстрактним відображенням (у всіх аспектах) елемента ПС (і самої ПС) з врахуванням всіх рівнів ієрархії, зовнішнього середовища і процесу системної реалізації.

Символіка, яка використовується у виразі (1), традиційна по формі, але гіперкомплексна по змісту, наприклад знак  $\sum$  належить розуміти не в традиційному математичному змісті, а як символ системної взаємодії, яка трактується в ГДС-розумінні.

Крім того, в даній главі приведений процес системної реалізації ПС, який поданий на рис. 1. По горизонтальній осі відкладається час (системний, абстрактний) життєдіяльності ПС, а по вертикальній - оцінка рівня системного розвитку (в відносних одиницях, оснований на повноті реалізації вихідного означення системи).

На рис. 1 показано, що ПС в загальному випадку проходять три стадії (фази) в процесі своєї системної реалізації:  $(t_0 < t < t_1)$  - розвиток (крива 1);  $(t_1 < t < t_2)$  - стаціонарне існування (крива 1);  $(t_2 < t < t_3)$  - розпад (крива 1). Фаза розвитку відповідає періоду розробки ПС; фаза стаціонарного стану - періоду експлуатації; фаза розпаду - періоду руйнування, старіння ПС. Крім того є: фаза передсистемного стану  $(0 < t < t_0)$ , фаза післясистемного стану  $(t_3 < t)$ , де ПС не існує як ціле, вона може існувати в вигляді системоутворюючого середовища.

В поодинокому випадку ПС може зберігатися нескінченно довго в стаціонарному стані (крива 3); стати системоутворюючим матеріалом

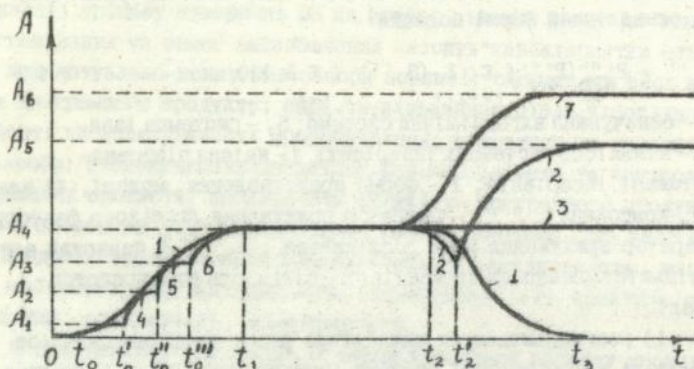


Рис. 1. Процес системної реалізації ПС.

для створення нової версії ПС (крива 2) шляхом модифікації, адаптації; входить в склад більш складної системи як ціле (крива 7).

Процес розвитку ПС умовно можна розділити на чотири фази:

( $t_0 < t < t_0'$ ) – придбання ПС здатності до функціонування;  
 ( $t_0' < t < t_0''$ ) – придбання (досягнення) "надійності" функціонування, тобто здатності до реалізації ПС власної програмної функції (програмної функції, яка присуща самій ПС); ( $t_0'' < t < t_0'''$ ) – придбання правильності функціонування, при якому власна програмна функція співпадає з зовнішньою програмною функцією (програмною функцією, яку повинна мати ПС); ( $t_0''' < t < t_1$ ) – повне задоволення вимог споживачів ПС, яка створиться. На протязі четвертої фази розвитку можлива зміна технічного завдання, що в свою чергу веде до зміни раніше досягнутих станів, а значить і до повторення раніше пройдених фаз, але вже для зміненої ПС. Процес розвитку є ітераційним процесом, метою якого можна вважати досягнення стану, який має максимальну повноту замкненості, що можна розглядати як прояв основного закону ГДС для ПС.

В кожний момент часу  $t_1$  (рис. 1) ПС можна знову розглядати як складну систему, життєдіяльність якої легко охарактеризувати внутрішнім процесом системної реалізації (на відміну від раніше розглянутого зовнішнього), із графічного представлення якого випливає, що:

1. ПС існує в стані покою (без контакту із значеннями активностей) і в стані функціонування (коли відбувається взаємодія ПС з значеннями даних та активностей).

2. Функціонуюча ПС може знаходитися в стані активності (змінюватися сама або змінювати значення даних і значення активностей)

або в стані пасивності (бути незмінною, не виконувати ніяких дій).

3. Кожен перехід ПС із стану покою в стан функціонування і навпаки утворює свій процес системної реалізації (елементарний внутрішній).

4. ПС (або її елемент), яка у внутрішньому процесі системної реалізації залишається незмінною, називається внутрішньо стаціонарною.

5. ПС, яка змінюється в елементарному внутрішньому процесі системної реалізації, але відновлюється при переході в стан покою, називається ПС з "пружними деформаціями".

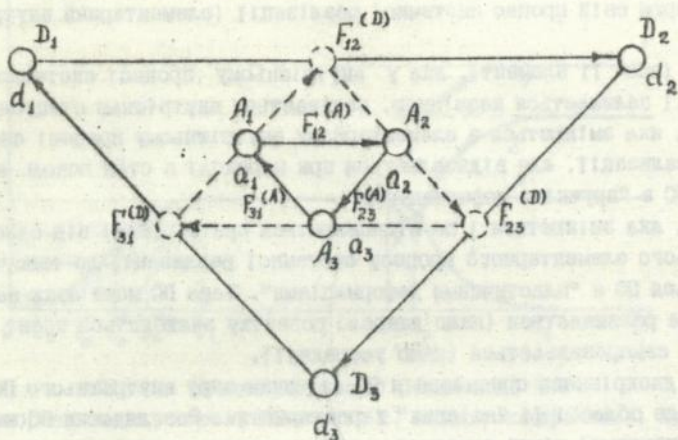
6. ПС, яка змінюється і не відновлюється при переході від одного внутрішнього елементарного процесу системної реалізації до іншого, називається ПС з "пластичними деформаціями". Така ПС може бути названа ПС, яка розвивається (якщо джерело розвитку знаходиться зовні ПС) і ПС, яка саморозвивається (якщо усередині).

Така двохрівнева організація ПС (з точки зору внутрішнього ПСР) належить до області її "якісних" характеристик. Розглядаючи ПС на нижньому (першому) рівні ієрархії, можна говорити про її складну ієрархічну будову. При цьому кожний її елемент має конструктивні характеристики (визначаючи його будову) і функціональні (визначаючи його здатність до функціонування). Такий розгляд елементів ПС (та самої ПС) дозволяє говорити про "тіло" ПС, котре може асоціюватися з мережою ПС, яка є його наочним представленням (в додаток до абстрактної природи ПС).

Поняття мережі ПС не належить плутати з широко поширеними формальними засобами, такими як: мережі Петрі, семантичні мережі та інші.

Моделюючи ПС як ГДС, представляємо її як систему, яка складається із похідних систем. Таке схематичне абстрактне відображення найпростішої ПС подано на рис. 2, де  $A_1, A_2, A_3$  - оператори зберігання активностей;  $d_1, d_2, d_3$  - значення даних;  $f_{1,2}^{(a)}, f_{2,2}^{(a)}, f_{3,1}^{(a)}$  - перетворення даних;  $f_{1,2}^{(a)}, f_{2,2}^{(a)}, f_{3,1}^{(a)}$  - перетворення активностей  $D_1, D_2, D_3$  - оператори зберігання даних (кількість, яка дорівнює трьом, вибрана умовно: тільки для простоти). Систему, утворену операторами зберігання даних, назвемо системою 0-го порядку. Оператори зберігання даних зв'язані один з одним операторами зміни даних:  $F_{1,2}^{(a)}, F_{2,2}^{(a)}, F_{3,1}^{(a)}$  - (їх кількість також вибрана умовно). Перетин взаємодій даних (які реалізуються операторами зміни даних) характеризується активностями ( $a_1, a_2, a_3$ ), які визначають здатність операторів до функціонування. Передаючи друг другу активності, оператори зміни даних здійснюють взаємозв'язки друг з другом, які реалізуються операторами зміни активностей ( $F_{1,2}^{(a)}, F_{2,2}^{(a)}, F_{3,1}^{(a)}$ ).

Фіксуємо один або кілька компонентів моделі в якості базисних



$D_1, D_2, D_3$  - елементи системи 0-го порядку

$F_{12}^{(D)}, F_{23}^{(D)}, F_{31}^{(D)}$  - елементи системи I-го порядку

$A_1, A_2, A_3$  - елементи системи 2-го порядку

$F_{12}^{(A)}, F_{23}^{(A)}, F_{31}^{(A)}$  - елементи системи 3-го порядку

Рис. 2. Схематичне відображення ПС як ГДС, які складаються із похідних систем.

елементів, можна розглядати систему з [х позиції]. Змінюючи базисні елементи, отримаємо різні (взаємодоповнючі) аспекти моделі, які характеризують ПС з різних позицій.

Крім того, кожен із компонентів моделі, приведеної на рис. 2, має параметри, які характеризують його властивості. При цьому властивості можуть бути змінними, а часто і залежними величинами, утворюючи специфічну систему взаємодій.

Розглядаючи елементи ПС в наочному представленні як елементи мережі ПС та інтерпретуючи їх як оператори, перетворюючи значення даних і значення активностей, відзначено складний системний характер змін не тільки значень даних і активностей, але й самих елементів мережі ПС (і їх параметрів) аж до створення нових або знищення тих, які мають. Взаємопов'язані зміни реалізуються, наприклад, керованими елементами мережі ПС (елементи, параметри яких залежать від значень даних, значень активностей та інших характеристик). При цьому проходить внутріш-

ній (на відміну від раніше розглянутого) процес системної реалізації.

В цій главі також ставиться задача систематизації (яка повинна бути розв'язана в процесі побудови ГДС-моделі ПС на основі вилучення системних інваріант) та формулюються вихідні дані для даного процесу. Виходячи з цього програма повинна: бути конструктивним об'єктом; мати кінцеве виконання (для тих наборів вихідної інформації, для яких обчислювана функція визначена), бути масовою; бути однозначною; з семантичної точки зору здійснювати відображення множини вихідних даних в множину результатів; бути надійною; бути правильною; являти собою реалізацію задачі.

Третя глава присвячена розробці  $\alpha$ -мереж, призначених для системно-алгоритмічного дослідження ПС в рамках задачі вивчення властивостей ПС, здатних до функціонування.

Формальний апарат  $\alpha$ -мереж є макронадбудовою в мережах Петрі. Він розроблений спеціально для того, щоб конкретизувати основні положення теорії замкнених гіперкомплексних динамічних систем для ПС і забезпечити можливість використання матричної форми представлення ГДС для вираження основних властивостей та закономірностей ПС, які розглядаються як ГДС.

Апарат теорії мереж Петрі є недостатнім для безпосередньої формалізації та конкретизації алгоментних (системних) моделей ПС, які мають метатеоретичних способів представлення.

В даній роботі мережі Петрі використовуються як початковий базис для розробки і побудови  $\alpha$ -мереж. Мережі Петрі представлені як:

$$C = (P, T, I, O, \mu^0, \xi),$$

де  $C$  - мережа Петрі,  $P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$  - кінцева множина позицій,  $n > 0$ ;  $T = \{t_1, t_2, \dots, t_m\}$  - кінцева множина переходів,  $m > 0$ ;  $I: T \rightarrow P^\infty$  - вхідна функція;  $O: T \rightarrow P^\infty$  - вихідна функція;  $\mu^0: P \rightarrow N_0$  - початкова маркіровка мережі Петрі,  $N_0 = \{0, 1, 2, \dots\}$ ;  $\xi: M \times T \rightarrow M$  - функція переходу від однієї маркіровки до іншої;  $M$  - множина всіх можливих маркіровок мережі Петрі. Крім того введено функцію розмальовки  $K: P \rightarrow C$ , яка відображує множину  $P$  в множину кольорів  $C = \{a, d, 1\}$ .

Тоді  $P = P^a \cup P^d \cup P^1$ ,  $P^a \cap P^d = P^a \cap P^1 = P^d \cap P^1 = O$ , де  $P^a$  - множина позицій кольору  $a$ ,  $P^d$  - множина позицій кольору  $d$ ,  $P^1$  - множина позицій кольору  $1$ . Маркіровка позицій з врахуванням обмежень, характерних для ПС з однопроцесорною, послідовною реалізацією, має такий вигляд  $\mu^a: P^a \rightarrow \{0, 1, \omega, \emptyset\}$  (для кольору  $a$ , який представляє активності),  $\mu^d: P^d \rightarrow N^\omega$  (для кольору  $d$ , який пре-

доставляє дані),  $\mu^L: P^L \rightarrow \{0, 1, \omega, \emptyset\}$  (для кольору 1, який представляє умовності. Тут  $N^{\omega} = N_0 \cup \{\omega, \emptyset\}$ , де  $N_0 = \{0, 1, 2, \dots\}$ ,  $\omega$  - символ невизначеності,  $\emptyset$  - символ пустоти. Символ  $\emptyset$  використовується для того, щоб розрізняти нуль(0), який є значенням маркіровки від стану позиції ( $\emptyset$ ), яка не має значення маркіровки. Символ  $\omega$  означає відсутність інформації про маркіровку відповідної позиції.

На основі мереж Петрі, використовуючи макропідхід, тобто створюючи макросхеми (з яких шляхом інтерпретації отримують макроелементи) і обираючи операції композиції, отримано формальний апарат, який дозволяє реалізувати основні положення теорії ГДС при дослідженні ПС.

Отриманий таким чином формальний апарат названо апаратом  $\alpha$  - мереж, що є скороченням від поняття алгоментних мереж.

Показано, що уявляють собою макросхеми і макроелементи, які є конкретизацією елементів системної моделі ПС, поданої на рис. 2. Операторам зберігання активностей  $A_i$ , операторам зберігання даних  $D_i$ , операторам зберігання умовностей  $L_i$  поставлені у відповідність позиції мережі Петрі кольорів  $a, d, l$  відповідно.

Операторам перетворення активностей  $F_i^{(A)}$ , операторам перетворення даних  $F_i^{(D)}$ , операторам перетворення умовностей  $F_i^{(L)}$  поставлені у відповідність фрагменти мереж Петрі, які названі макросхемами  $e^A(e^{LA}), e^D(e^{LD}), e^L$  відповідно. Крім того введені активні макросхеми:  $e^{IA}$  - істок активності;  $e^{SA}$  - сток активності;  $e^{ID}$  - істок даних;  $e^{SD}$  - сток даних;  $e^{IAD}$  - істок активності і даних;  $e^{SAD}$  - сток активності і даних;  $e^{OA}$  - джерело активності;  $e^{OD}$  - джерело даних.

Макросхеми  $e^{IA}, e^{SA}, e^{IAD}, e^{SAD}, e^{OA}, e^{OD}$  використані для моделювання вводу-виводу активностей і даних, а також для відображення ієрархічних рівнів.

Кожна макросхема є абстрактною конструкцією мережі Петрі, який відповідає множині її "конкретних реалізацій" (макроелементів) в заданій області інтерпретації. При цьому кожна конкретна реалізація (макроелемент) макросхеми відрізняється від іншої конкретної реалізації тієї ж макросхеми тільки назвами позицій і переходів. Тобто назви позицій і переходів кожної макросхеми є аргументами. Композиція макросхем утворює макрофрагмент.

$\Omega^{\alpha} = \{e^A, e^D, e^L, e^{LA}, e^{LD}, e^{IA}, e^{SA}, e^{IAD}, e^{SAD}, e^{OA}, e^{OD}, e^{ID}, e^{SD}\}$  - множина всіх макросхем;  $\Omega^{\sigma} = \{\ominus, \odot, \otimes, \otimes\}$  - множина операцій композиції макросхем (макроелементів), де  $\ominus$  - операція послідовного з'єднання;  $\odot$  - операція суміщення;  $\otimes$  - операція підключення;  $\otimes$  - операція заміни;  $\Omega^{\mu^V} = \{e^A, e^D, e^{IA}, e^{ID}, e^{SA}, e^{SD}, e^{OA}, e^{OD}, e^{IAD}, e^{SAD}, e^{L \ominus e^{LA}}, e^{L \ominus e^{LD}}\}$  - множина базисних макросхем;  $\Omega^{\sigma} = \cup V_j, j = A,$

$D, IA, ID, SA, SD, OA, OD, IAD, SAD$  - множина безумовних макроелементів;  $E^j$  - множина макроелементів типу  $j$ , утворених шляхом інтерпретації (конкретної реалізації) макросхеми типу  $j$ ;  $\Omega^{L^e}$  - множина умовних макроелементів, які визначаються таким чином, що якщо  $e_1 \in E^{L^A}, e_2 \in E^{L^D} \cup E^{L^O}$ , то будемо вважати, що  $e_1 \oplus e_2 \in \Omega^{L^e}$ ;  $\Omega^V = \Omega^O \cup \Omega^{L^e}$  - множина базисних макроелементів. З врахуванням введених понять алгебраїчну систему  $\mathcal{S}_0 = (MW, \Omega^V)$ , (де  $\Omega^V \subseteq MW$ ), яка є замкненою множиною  $MW$  відносно операцій множини  $\Omega^V$ , названо алгебраїчною системою  $\alpha$ -мережі, а будь-який елемент множини  $MW$   $\alpha$ -мережов (фрагментом  $\alpha$ -мережі). Множина  $MW$  уявляє собою множини всіх  $\alpha$ -мереж (фрагментів  $\alpha$ -мережі), а будь-який  $v \in \Omega^V$  є гілкою  $\alpha$ -мережі. Сукупність множин  $(\Omega^V, \Omega^f)$  позначена  $\mathcal{S}_{\alpha 0}$  і називається системоутворюючим середовищем  $\alpha$ -мережі, а для макросхем відповідно - сукупність множин  $(\Omega^{M^V}, \Omega^f)$  позначена  $\mathcal{S}_{\alpha 0}^M$  і названа базисним системоутворюючим середовищем.

На основі цього, зроблено висновок, що кожна макросхема, а також будь-який макрофрагмент і макроелемент можуть бути описані в термінах мереж Петрі з врахуванням введеної функції розмальовки. При цьому для кожної макросхеми визначено своє власне правило функціонування  $\zeta$ . Однак таке представлення (назвемо його внутрішнім) є недостатнім для того, щоб показати всі необхідні системні характеристики. Тому введено ще один (так званий зовнішній) опис фрагменту  $w$   $\alpha$ -мережі, який являє собою:

$$w = (Z, V, I_z, O_z, \mu^0, \psi, \rho),$$

де  $Z = \{z_1, \dots, z_n\}$  - множина вузлових позицій фрагменту  $\alpha$ -мережі ( $Z \subseteq P^A$ );  $V = \{v_1, \dots, v_n\}$  - множина гілок фрагменту  $\alpha$ -мережі;  $I_z: V \rightarrow Z$  - вхідна функція, яка ставить у відповідність кожній гілці множини вхідних для неї вузлових позицій;  $O_z: V \rightarrow Z$  - вихідна функція, яка ставить у відповідність кожній гілці множини вихідних для неї вузлових позицій. Кожна гілка починається і закінчується вузловою позицією і спрямована від вхідної вузлової позиції до вихідної.  $\mu^0: Z \rightarrow \{0, 1, \omega, \emptyset\}$  - початкова маркіровка вузлових позицій фрагменту  $w$   $\alpha$ -мережі;  $\psi: (M_z \times V) \rightarrow M_z$  - функція утворення наступного стану (нової маркіровки) фрагменту  $\alpha$ -мережі;  $M_z$  - множина всіх можливих маркіровок вузлових позицій фрагменту  $\alpha$ -мережі;  $\rho: V \rightarrow \{0, 1\}$  - функція дозволу гілки. При цьому для  $\rho(v_1) = 1$  вважається, що гілка  $v_1$  дозволена для функціонування, а при  $\rho(v_1) = 0$  гілка  $v_1$  - заборонена і не може почати функціонувати навіть якщо виконується умова для функції  $\zeta$ . Функція дозволу безумовної гілки завжди рівна 1, а для умовної гілки - якщо маркіровка позиції  $p^1$  кольору 1 рівна 1.

Отриманий таким чином формальний апарат  $\alpha$  - мереж використовується для моделювання ПС в процесі їх системно-алгоритмічного аналізу.

В четвертій главі введені вихідні поняття та означення, розроблена формальна мова, яка базується на логіці предикатів першого порядку. Все це необхідно для системно-алгоритмічного аналізу здатності ПС до функціонування. За допомогою формальної мови представлені основні положення теорії ГДС, утворивши аксиоматику даного дослідження. Подані правила складання основного рівняння замкнених ГДС та збудований процес системної реалізації для  $\alpha$  - мереж в області активності. Процес системної реалізації  $\alpha$  - мереж в наочній формі показує систему організацій  $\alpha$  - мереж, в ході якої підвищується їх ієрархічність та змінюється повнота системного визначення.

Введені наступні вихідні поняття та визначення: системи, процесу функціонування (імпульсного, повторюючогося, складеного, узагальненого), найпростішого процесу функціонування (імпульсного, повторюючогося, складеного, узагальненого) фрагменту  $\alpha$  - мережі,  $\alpha$  - сліду процесу функціонування та інші.

Використовуючи поняття системи, а також базові положення теорії ГДС, побудовано основне рівняння ГДС для  $\alpha$  - мереж в області активності, яке має такий вигляд:

$$M_i + Y\rho = M_{i+1},$$

де  $M_i$  -  $i$ -я маркіровка  $\alpha$  - мережі,  $M_{i+1}$  -  $(i+1)$ -я маркіровка  $\alpha$  - мережі,  $Y$  - матриця взаємодій,  $\rho = \eta C$  - вектор гіперпотенціалів,  $\eta$  - активність процесорів, реалізуючих досліджуваній процес функціонування  $\alpha$  - мережі (для однопроцесорної послідовної реалізації ПС  $\eta = 1$ );  $C$  - деякий вектор навантаження (вектор вагових коефіцієнтів) вузлових позицій фрагменту  $\alpha$  - мережі.  $c_i \in N_0$ ,  $N_0 = 0, 1, \dots$ ; ( $c_i$  - елементи вектору  $C$ ).

Кожному елементу  $u_{ij}$  матриці  $Y$  поставлена у відповідність одна вузлова позиція. Будь-який елемент  $u_{ij} = k_{ij} \cdot r_{ij}$ , де  $r_{ij}$  - відповідний елемент матриці дозволу  $R$ ;  $k_{ij} = \pm \rho_i / \rho_j$  при  $i \neq j$ , виражає "витрату" ("прибуток") гіперпотенціалу  $\rho_i$   $i$ -го елементу системи ( $i$ -ї вузлової позиції  $\alpha$  - мережі) по напрямку  $j$ -го елементу. "Витрата" записується зі знаком "-", "прибуток" - зі знаком "+".  $k_{ij}$  (при  $i = j$ ) рівен  $+1$ , якщо  $i$ -й елемент є "істочком" активності,  $-1$  - якщо  $i$ -й елемент є "стоком" активності,  $0$  - для решти вузлових позицій.

Всі елементи  $r_{ij}$  матриці  $R$  рівні  $1$ . Решта  $r_{ij}$  ( $i \neq j$ ) матриці  $R$  є функціями дозволу  $\rho(v_k)$ , де  $v_k$  - гілка, з'єднуюча вузлову позицію  $i$  з вузловою позицією  $j$ .  $\rho_{ij}(v_k)$  приймає значення на множині

(0, 1). При  $\rho_{1j}(v_k) = 1$  гілка  $v_k$  дозволена для функціонування, при  $\rho_{1j}(v_k) = 0$  - ні.

В загальному випадку всі  $u_{1j}$  матриці  $U$  є функціями гілок. Якщо фрагмент  $\alpha$  - мережі має паралельні гілки, то у відповідній клітинці матриць  $U$  і  $R$  будуть стояти кілька елементів, кожний з яких характеризує відповідну йому гілку.

В основному рівнянні ГДС для  $\alpha$  - мереж показується як розподілиться г'іперпотенціал, характеризуючий активність елементів  $\alpha$  - мережі.

Кожній зміні стану  $M_i$  на  $M_{i+1}$  відповідає своя матриця  $R$ , де дозволена є гілка, функціонування якої приводить до зміни стану. Це дозволяє вважати, що матриця  $U$  описує систему зі змінною структурою.

Якщо основне рівняння ГДС для  $\alpha$  - мережі використовується для обчислення кінцевого стану  $M'$  процесу функціонування  $\pi$  при початковому стані  $M_0$  без врахування проміжних станів  $M_i$ , то кожна компонента  $r_{1j}(v_k)$  матриці  $R$  являє собою число повторень гілки  $v_k$  в  $\alpha$  - сліді даного процесу функціонування.

В деяких випадках при аналізі процесів функціонування за допомогою даного рівняння всі компоненти матриці  $R$  приймаються рівними 1, що відповідає врахуванню всіх можливих взаємодій в системі. Зокрема таке представлення матриці  $R$  використовується при дослідженні сумарного розподілення активності у всіх процесах функціонування, які можуть протікати в будь-якому фрагменті  $\alpha$  - мережі. Матриця  $U$  (без врахування дозволених гілок) може бути отримана з вхідної і вихідної матриць інцидентії, які використовуються в традиційному описі мереж Петрі, якщо їх будувати для вузлових позицій і гілок  $\alpha$  - мережі, а не для позицій і переходів мережі Петрі.

В даному дослідженні основна увага приділена замкненим системам, для яких  $\Delta M = 0$ . Для замкнених систем завжди виконується закон збереження ресурсу, який для  $\alpha$  - мереж в області активності при послідовній, однопроцесорній інтерпретації можна записується як:

$$\sum_{j=1}^n M_i(p_j) \cdot f_j = \eta = 1, \quad p = i P i,$$

де  $M_i$  - будь-який стан фрагменту  $\alpha$  - мережі, який знаходиться в процесі функціонування,  $f_i$  -  $i$ -а компонента вагового вектору  $f$ ,  $\eta$  - активність процесорів, реалізуючих досліджуваний процес функціонування. Це рівняння є не чим іншим, як умовою консервативності  $\alpha$  - мережі в області активності. Ваговий вектор  $f$  можна розглядати як одну з різновидностей вектору навантаження  $C$ .

Введені інші (крім тих, які використовуються в традиційному пре-

доставленні мереж Петрі) умови консервативності (збереження ресурсу  $\alpha$ -мережі).

Для цього  $\alpha$ -мережа представляється як система, яка складається з елементів (вузлових позицій) і взаємодій між ними (гілок).

Зберігання ресурсу активності в даній системі можна забезпечити при відсутності втрат, які можливі як во взаємодіях, так і в елементах системи.

Приведено умови відсутності втрат ресурсу активності. Тоді для взаємодій  $\alpha$ -мереж маємо:

$$Y_{ij} \cdot \varphi_i = -Y_{ji} \cdot \varphi_j \quad \text{для всіх } i = \overline{1, n}; j = \overline{1, n}.$$

де  $n$  - кількість елементів в системі (вузлових позицій  $\alpha$ -мережі). Ця умова названа критерієм  $K_{\alpha}$ . Такий тип взаємодій описується кососиметричною матрицею  $Y$ .

Для елементів:

$$\forall U_{ii} \left( \sum_{i=1}^n U_{ii} \cdot \varphi_i = 0 \right), \quad i = \overline{1, n},$$

де  $n$  - кількість елементів (вузлових позицій) в системі ( $\alpha$ -мережі). Ця умова названа критерієм  $K_{\alpha\Sigma}$ .

Перша умова розглядається як умова рівності нулю циркуляції ресурсу активності, а друга умова - рівності нулю дивергенції ресурсу активності.

Замкненість (консервативність) систем при ієрархічній взаємодії представляється рівністю реакції ( $I'$ ) системи і зовнішнього впливу ( $I$ ) на неї. Це записується:

$$\forall U_{ii}, \forall I_i \left( (U_{ii} = 0) \wedge (I_i \neq 0) \Rightarrow I_i' \left( (I_i + I_i') = 0 \right) \right)$$

Ця умова використовується для оцінки рівності "прибутку" / "втрат" ресурсу активності при ієрархічній переході і називається критерієм  $K_1$ .

Згідно з вибраною системною аксіоматикою дослідження здатності ПС до функціонування базується на розгляді ПС (яка моделюється  $\alpha$ -мережою) як системи, яка знаходиться в процесі системної реалізації. Стан ПС, здатної до функціонування ставиться у відповідність стану замкненої (консервативної) системи з наперед заданою повнотою системного визначення. При цьому замкненість повинна реалізовуватися по всіх системних інваріантах, які входять в визначення системи.

В п'ятій главі виконується системно-алгоритмічний аналіз здатності програмних систем до функціонування в рамках їх операторної (імперативної) однопроцесорної послідовної реалізації. При цьому ана-

лізуються не самі ПС, а їх ГДС-моделі (алгоритмічні моделі, перетворені з метатеоретичної форми представлення в математичну, яка реалізується засобами формального апарату  $\alpha$ -мереж).

Для цього використовується системний підхід, який базується на теорії гіперкомплексних динамічних систем, згідно з якою будь-який об'єкт, який розглядається як ГДС, завжди знаходиться в процесі своєї системної реалізації. Програмним системам, здатним до функціонування ставиться у відповідність поняття замкненої системи, для якої виконується закон збереження ресурсу.

Системно-алгоритмічний аналіз властивостей ПС, здатних до функціонування виконується в процесі варіювання повноти збереження ресурсу активності (яка оцінюється по критеріям  $K_0, K_{01}, K_1$ ). При цьому побудовано і проаналізовано засобами системної аксіоматики основне рівняння ГДС для  $\alpha$ -мережі в області її активності.

В якості властивостей ПС використані системні інваріанти – гіперкомплексність ( $S_1$ ), динамічність ( $S_2$ ), структурність ( $S_3$ ), цілісність ( $S_4$ ), ієрархічність ( $S_5$ ), які входять в вихідне визначення системи.

В результаті системно-алгоритмічного аналізу отримані наступні системні закономірності фрагментів  $\alpha$ -мережі, здатних до функціонування, які моделюють ПС:

1. Для елементного складу  $i$ -го рівня ієрархії досліджуваної системи має місце:

**Твердження 1.** Для будь-якого фрагменту  $w$   $\alpha$ -мережі, процесу функціонування  $\pi$   $\alpha$ -мережі і будь-якої системи в справедливим є твердження про те що, якщо фрагмент  $w$   $\alpha$ -мережі розглядати як замкнену систему з єдиничним навантаженням  $C_i$ , яка знаходиться в процесі своєї системної реалізації і для цієї системи з виконується мінімальне збереження ресурсу активності при єдиничному навантаженні  $C_i$ , і фрагмент  $w$   $\alpha$ -мережі має мінімальне число компонентів в множині  $M$  всіх фрагментів  $w$   $\alpha$ -мережі, для яких виконується мінімальне збереження ресурсу активності при навантаженні  $C_i$ , то фрагмент  $w$   $\alpha$ -мережі має процес функціонування  $\pi \in \Pi_{\text{пнп}}$  і  $\pi \in \Pi_{\text{пгп}}$ , де  $\Pi_{\text{пнп}}$  – множина процесів найпростішого імпульсного функціонування;  $\Pi_{\text{пгп}}$  – множина процесів найпростішого повторюючого функціонування.

При цьому фрагмент  $w$   $\alpha$ -мережі, який має процес функціонування  $\pi \in \Pi_{\text{пнп}}$  належить множині  $W_{\text{пнп}}$  фрагментів найпростішого імпульсного функціонування, а фрагмент  $w$   $\alpha$ -мережі, який має процес функціонування  $\pi \in \Pi_{\text{пгп}}$  належить множині  $W_{\text{пгп}}$  фрагментів найпростішого повторюючого функціонування, а  $B_{\alpha, i} = W_{\text{пнп}} \cup W_{\text{пгп}}$ , где  $B_{\alpha, i}$  – множина фрагментів  $w$   $\alpha$ -мережі, які утворюють елементний склад  $i$ -го рівня ієрархії системи.

2. Для взаємодій елементів на  $i$ -му рівні ієрархії системи вірно:

Твердження 2. Для будь-яких фрагментів  $w_i, \alpha$  - мережі і будь-якого фрагменту  $w' = \bigcirc_{i=1}^n w_i$ , утвореного шляхом суміщення  $n$  фрагментів  $w_i, \alpha$  - мережі, кожний з яких належить множині  $B_{s,i}$ , фрагментів  $\alpha$  - мережі (які являють собою елементний склад  $i$ -го рівня ієрархії системи) виконується мінімальне збереження ресурсу активності при сумарному навантаженні  $O_x$ .

Твердження 3. Для будь-якої вузлової позиції  $p_j$ , яка входить в фрагмент  $w' \alpha$  - мережі, яка утворена шляхом суміщення  $2$ -х фрагментів  $w_i, \alpha$  - мережі, які належать множині  $B_{s,i}$  і для будь-якого процесу функціонування  $\pi'$  вірно твердження про те що, якщо для фрагменту  $w' \alpha$  - мережі виконується мінімальне збереження ресурсу активності при одиничному навантаженні, то завжди є тільки одна дозволена вхідна і одна дозволена вихідна гілка для вузлової позиції  $p_j$  і фрагмент  $w'$  має процес функціонування  $\pi'$ , який належить множині  $\Pi_{nc}$ , процесів найпростішого складеного функціонування  $\Pi_{nc}$ .

При цьому фрагмент  $w \in W_{nc}$  - множині фрагментів найпростішого складеного функціонування, а кожна вузлова позиція  $p_i$  фрагменту  $\alpha$  - мережі є по своїм властивостям системним аналогом "альтернативної" конструкції структурного програмування  $B_{s,2} = \{ \bigcirc \}$  - множини взаємодій елементів  $1$ -го рівня ієрархії системи.

3. Для елементного складу  $2$ -го рівня ієрархії системи вірно:

Твердження 4. Для будь-яких фрагментів  $w', w'' \alpha$  - мережі і будь-яких макроелементів  $e_1, e_2$  і процесу функціонування  $\pi$  вірним є твердження про те що, якщо фрагмент  $w' \in W_{nc}$  - множині фрагментів  $\alpha$  - мережі найпростішого складеного функціонування і макроелемент  $e_2 = \bigcirc w'$  існує макроелемент  $e_1 \in \cup E^j$  (де  $j = 1A, SA, SAD, 1AD$ ), який є елементом фрагменту  $w'$ , (який розглядається як система) і замінюється макроелементом  $e_2$ , який в свою чергу є елементом фрагменту  $w''$  (який розглядається як система більш високого рівня ієрархії) і при переході з одного рівня ієрархії на інший для  $w'$  і  $w''$  виконується збереження ресурсу активності, яке оцінюється по критерію  $K_i$  і  $w''$  має мінімальне число компонент в множині  $M$ , то  $w'$  має процес функціонування  $\pi \in \Pi_{nc}$ , де  $\Pi_{nc}$  - множина фрагментів найпростішого узагальненого функціонування.

Тут  $M$  - множина фрагментів  $\alpha$  - мережі, які розглядаються як система, яка знаходиться в ПСР і яка є замкненою при одиничному навантаженні, для якої виконується мінімальне збереження ресурсу активності;  $E^{1A}, E^{SA}, E^{1AD}, E^{SAD}$  - множини макроелементів, які є істоками ак-

тивності, стоками активності, истоками активності і даними, стоками активності і даних відповідно.

При цьому елементний склад 2-го рівня ієрархії системи (множина  $V_{s_2} = \Omega^v$  фрагментів  $\alpha$ -мережі) повністю співпадає з елементним складом системоутворюючого середовища  $\mathcal{Z}_{s_0}$ .

На основі узагальнення цього введено поняття функціонально-конструктивного базису (ФКБ) алгебраїчної системи  $\mathcal{Z}_{s_0}$   $\alpha$ -мереж в області активності  $\alpha$ -мережі (в рамках вихідного визначення системи):

ФКБ =  $(\mathcal{W}_{s_1}, V_{s_2}, V_{s_3}, V_{s_4}, V_{s_5})$ , де  $\mathcal{W}_{s_1} = \Omega^{nz} \cup \Omega_{ne} \cup \Omega_{no} \cup \Omega_{co} \cup \Omega_{ov}$ ; елементний склад системи,  $\Omega^{nz} = \{e^{1^A}, e^{s^A}, e^{1^A \circ}, e^{s^A \circ}, e^{o^A}, e^{o^o}\}$  - множина активних макросхем,  $\Omega_{ne}$  - множина макрофрагментів імпульсного функціонування,  $\Omega_{no}$  - множина макрофрагментів повторюючого функціонування,  $\Omega_{co}$  - множина макрофрагментів складеного функціонування,  $\Omega_{ov}$  - множина макрофрагментів узагальненого функціонування,

$V_{s_2} = \{ \oplus, \otimes, \odot, \oslash \}$  - множина взаємодій в системі, де  $\oplus, \otimes, \odot, \oslash$  - операції послідовного з'єднання, підключення, сумішення, заміни фрагментів  $\alpha$ -мережі відповідно; множина системних структур  $V_{s_3} = \{ \text{послідовна, циклічна, складена, ієрархічна} \}$ ; мно-

жина цілих характеристик  $V_{s_4} = \{ n \}$ , де  $n = \sum_{j=1}^n M_j(p_j) \cdot f_j$  - активність процесорів, які реалізують цей процес;  $n = |P|, M_j$  - будь-яка маркіровка  $\alpha$ -мережі;  $f_j$  -  $j$ -а компонента вагового вектора; ієрархічність  $V_{s_5} = \{ 2 \}$  системи, де 2 - кількість рівнів ієрархії системи.

ФКБ представляється як алгебраїчна система  $\mathcal{Z}_{s_{k_2}} = (\mathcal{W}_{s_1}, V_{s_2})$ , яка є замкненим множини  $\mathcal{W}_{s_1}$  відносно операцій множини  $V_{s_2}$ .

Ієрархічну організацію ПСР  $\alpha$ -мережі можна представити в ФКБ як  $F_{o_1} : \Omega^{nx} \rightarrow \mathcal{W}_{s_1}^1; F_{i_2} : \mathcal{W}_{s_1}^1 \rightarrow \mathcal{W}_{s_1}^2$ , де  $\mathcal{W}_{s_1}^2 = \Omega^{nz} \cup \Omega^{nz} \cup \Omega^{nx}$ , де  $F_{o_1}$  - відображення множини всіх макросхем  $\Omega^{nx}$  в множину  $\mathcal{W}_{s_1}^1$  макросхем елементів 1-го рівня ієрархії системи,  $\Omega^{nz} = \{e^{1^A}, e^{s^A}, e^{1^A \circ}, e^{s^A \circ}, e^{o^A}, e^{o^o}\}$  - множина активних макросхем.

Ієрархічність системи рівна 2. Це означає що з базисного системоутворюючого середовища  $\mathcal{Z}_{s_0}$ , відповідно алгебраїчній системі  $\mathcal{Z}_{s_{k_2}}$  утворюється система з двома рівнями ієрархії (рачулки з нулевого). Починаючи з другого рівня ієрархії всі системні характеристики повторюються.

Інтерпретуючи ФКБ в області різноманітності назв позицій і переходів макрофрагментів  $\alpha$ -мережі, здатних до функціонування можна отримати розширений функціонально-конструктивний базис (РФКБ) алгебраїчної системи  $\mathcal{Z}_{s_0}$ , який представляє собою сукупність множин

$(B_{s_1}', B_{s_2}', B_{s_3}', B_{s_4}', B_{s_5}')$ , де  $B_{s_1}' = \Omega^2 \cup W_{\text{imp}} \cup W_{\text{rep}} \cup W_{\text{co}} \cup W_{\text{oo}}$ ,  $B_{s_2}' = B_{s_3}$ ,  $B_{s_3}' = B_{s_3}$ ,  $B_{s_4}' = B_{s_4}$ ,  $B_{s_5}' = \{n\}$ ,  $n=1, 2, \dots$  - кількість рівнів ієрархії,  $\Omega^2 = \cup E^j$ ,  $j=1A, SA, 1AD, SAD, OA, OD$  - множина активних макроелементів,  $W_{\text{imp}}$  - множина фрагментів в  $\alpha$ -мережі імпульсного функціонування,  $W_{\text{rep}}$  - множина фрагментів в  $\alpha$ -мережі повторюючого функціонування,  $W_{\text{co}}$  - множина фрагментів в  $\alpha$ -мережі складеного функціонування,  $W_{\text{oo}}$  - множина фрагментів в  $\alpha$ -мережі узагальненого функціонування.

РФКБ також представлений як алгебраїчна система  $\mathcal{X}_{\text{рек}} = (B_{s_1}', B_{s_2}')$ , яка є замкненням множини  $B_{s_1}'$  відносно операцій множини  $B_{s_2}'$ .

Ієрархічність системи в РФКБ довільна. Це означає що з системоутворюючого середовища  $\mathcal{X}_{s_0}$ , відповідного алгебраїчній системі  $\mathcal{X}_{\text{рек}}$  утворюється система з довільним числом рівнів ієрархії (рахуючи з нулевого). Хоча починаючи з другого рівня ієрархії, макрофрагменти, які використовуються можуть повторюватися, але за рахунок різноманітності назв їх позицій і переходів елементний склад кожного рівня ієрархії відрізняється один від одного, що можна розглядати як збільшення числа рівнів ієрархії системи в РФКБ.

Ієрархічна організація ПС  $\alpha$ -мережі в РФКБ можна представлена як  $F_{0,1}': \Omega^1 \cup B_{s_1,1}'; F_{1,2}': B_{s_1,1}' \cup B_{s_1,2}'; F_{2,3}': B_{s_1,2}' \cup B_{s_1,3}'; \dots$  де  $F_{0,1}'$  - відображення множини всіх макроелементів  $\Omega^1$  в множини  $B_{s_1,1}'$  фрагментів в 1-го рівня ієрархії системи;  $F_{1,2}'$  - відображення множини фрагментів в 1-го рівня ієрархії системи в множини фрагментів в 2-го рівня ієрархії системи і так далі. Кількість рівнів ієрархії не обмежена.

Структури, які входять в множини  $B_{s_2}$  є системними аналогами конструкцій структурного програмування.

Більш повний системно-алгоритмічний аналіз дозволяє отримати системні аналоги структур даних, а також узагальнену системну модель ПС.

В висновку показані перспективи використання системно-алгоритмічного аналізу ПС, системних моделей і  $\alpha$ -мереж, представляючи один із засобів формального представлення ПС.

### III. ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ РОБОТИ.

1. В методологічній частині - розроблені системні моделі програмних систем і їх життєвого циклу. При цьому:

- сформульовано поняття і запропонована ГДС-модель системи програмної діяльності, яка відображає зовнішнє середовище життєдіяльності ПС;

- сформульовано поняття алгоменту як елементу алгоритмічної си-

стеми, подано формалізований опис його системних властивостей і характеристик, зручний для системно-алгоритмічного аналізу ПС;

- реалізовано принципи системності і принцип системної реалізації, який дозволяє адекватно відобразити основні властивості ПС з врахуванням всіх фаз їх життєвого циклу.

2. В теоретичній частині - в результаті аналізу системних моделей отримано закономірності життєвого циклу ПС, виконана конкретизація поняття алгоменту, де :

- розроблено апарат  $\alpha$  - мереж, який є макронадбудовою в мережах Петрі і який дозволяє використовувати матричну форму представлення ГДС для відображення основних властивостей і закономірностей ПС (які розглядаються як ГДС);

- побудовано формальну мову, яка базується на логіці предикатів першого порядку і дозволяє представити основні положення теорії ГДС в вигляді аксіом;

- отримано функціонально-конструктивний базис (ФКБ) ПС, який є системним аналогом конструкції структурного програмування.

3. В області програмних засобів реалізована інструментальна підтримка збірково-алгоментного програмування:

- розроблена архітектура інструментальної системи програмування (ІСЗАП);

- створені програмні модулі, які налічують кілька тисяч операторів мови ПЛ/1 і набір процедур для ОС ЕС ЕОМ;

- виконана розробка нової версії системи для IBM PC AT и створені програмні засоби на мові Си для MS-DOS.

#### ПУБЛІКАЦІЇ ПО ТЕМІ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Конохова С.В., Малюта А.Н. Аксиоматические особенности моделирования сложных систем //Техника средств связи, - 1987. - Вып.3. - С. 3 - 7.

2. Конохова С.В., Малюта А.Н. Машинный анализ медико-технической информации //Техника средств связи. - 1986. - Вып. 3-4. - С.76-79.

3. Конохова С.В. Системный подход в проектировании программного обеспечения САПР РЭА //Вестн. Львов. политехн. ин-та. - 1989. - N 236. - С.69-70.

4. Конохова С.В. Особенности системного подхода в программировании. - Львов, 1989. - 16 с. Рукопись деп. в УкрНИИТИ, N 2346-Ук89.

5. Конохова С.В. Инструментальная система программирования //Проблемы и перспективы автоматизации производства и управления на предприятиях и в организациях приборо- и машиностроения: Тез. докл. II Всесоюзной научно-технической конференции /Пермь, 13-15 июня 1990 г./ . -

Пермь: НПО ПАРМА, 1990. - Сек. 1. - С. 42.

6. Конохова С.В. Человеческий фактор в программировании. - Львов, 1989. - 22 с. Рукопись деп. в УкрНИНТИ, N 2347-Ук89.

7. Конохова С.В. Технологические аспекты программирования. - Львов, 1989. - 8 с. Рукопись деп. в УкрНИНТИ, N 2348-Ук89.

8. Конохова С.В., Малюта А.Н. Гиперкомплексный гиратор как элемент медико-биологических моделей // Радиоэлектронная медицинская аппаратура: Научн. тр. ВНИИП. - М., 1987. - С. 15-19.

9. Конохова С.В., Малюта А.Н. Принцип гиперкомплексной минимизации // Распараллеливание обработки информации: Тез. докл. VI Всесоюз. школы-семинара, Львов, май 1987. - Львов, 1987. - С. 44-45.

Филоф

КОНОХОВА

Світлана Володимирівна

РОЗРОБКА ЗАСОБІВ СИСТЕМАТИЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ  
СТВОРЕННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Спеціальність 05.13.11 -  
математичне і програмне забезпечення  
обчислювальних машин, комплексів, систем  
та мереж

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

дисертації на здобуття вченого ступеня  
кандидата фізико-математичних наук

Підписано до друку 20.07.93. Формат 60x84/16. Папір друк.жІ.

Друк офсет. Умовн. друк. арк. 1,5. Умовн. фарб. відб. 1,6.

Обл.-вид. арк. 1,5. Тираж 100. Зам. 308.

Машинно-офсетна лабораторія Львівського державного університету  
Ім. І. Франка. 290602. Львів, вул. Університетська, 1.

1.62.001

AB28.746

**AB 28.746**