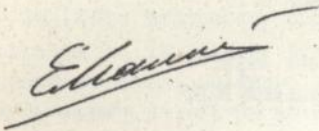


КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ



На правах рукопису

МАЛАХОВ Євген Валерійович

УДК 681.324

РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ  
ІНФОРМАЦІЙНО-ОБЧИСЛЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ  
КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСАМИ ОБСЛУГОВУВАННЯ РУХОМИХ ОБ'ЄКТІВ

05.13.13 — Обчислювальні машини, комплекси,  
системи та мережі.

А в т о р е ф е р а т

дисертації на здобуття вченого ступеню  
кандидата технічних наук

Київ - 1993

ЛБ 26. 406

Роботу виконано в Інституті проблем реєстрації інформації  
Академії наук України

- Науковий керівник — доктор технічних наук,  
професор Додонов О. Г.
- Офіційні опоненти — доктор технічних наук,  
професор Вінницький В. П.
- кандидат технічних наук,  
доцент Коваленко В. К.
- Ведуча організація — Інститут проблем моделювання  
в енергетиці АН України

Захист відбудеться "15" жовтня 1993 р. о 14 годині  
на засіданні спеціалізованої ради Д 068.14.09 Київського  
політехнічного інституту за адресою:

252056, м. Київ, проспект Перемоги, 37.

С дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Київського  
політехнічного інституту.

Автореферат розіслано " " \_\_\_\_\_ 1992 р.

Вчений секретар  
спеціалізованої ради  
доктор технічних наук, професор

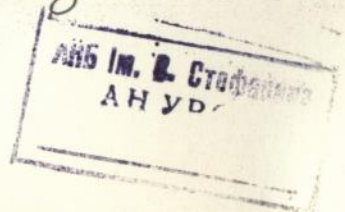
*Бузовський*

О. В. Бузовський

ЛНБ України ім.В.Стефаніка



00814506 (0)



## А Н О Т А Ц І Я

Метою цієї дисертаційної роботи є розробка способів побудови та організації територіально-розподіленої інформаційно-обчислювальної системи (ІОС) для автоматизації оперативно-організаційного керування обслуговуванням кількох об'єктів та створення на їх основі територіально-розподіленої (ТР) ІОС для оперативно-організаційного керування діяльністю інженерно-авіаційної служби авіагрупи авіанесучого корабля (ІАС АНК).

Відповідно щодо поставленої мети сформульовано та вирішуються наступні задачі:

- визначення методики формування архітектури інформаційно-обчислювальної системи оперативно-організаційного керування (ООК);
- визначення умов розміщення програмних модулів та масивів інформації в системі, що реалізується на мережі ПЕОМ з обміном через файл-сервер;
- аналіз вимог до структури ІОС для автоматизації ООК;
- дослідження можливості використання методу часового моделювання для паралельного моделювання мереж кількох технологічних процесів у ІОС з ПЕОМ загального призначення в основі;
- розробка способу комплексування програмних модулів, що реалізують функції ІОС;
- дослідження та розробка алгоритмів планування кількох технологічних процесів та контролю у реальному масштабі часу заданих технологій; удосконалення алгоритму формування фронту моделювання у ПЕОМ загального призначення; розробка алгоритмів взаємодії процесу керування та контролю у реальному масштабі часу зі користувачами та виконавчими структурами;
- розробка способу реконфігурації територіально-розподіленої ІОС, який забезпечує тривале виконання системою своїх найбільш важливих функцій;
- розробка архітектури керування діяльністю ІАС АНК.

Автор захищає наступні основні положення та результати:

1. Методику побудови ІОС спеціального призначення для керування технологічними процесами обслуговування рухомих об'єктів.
2. Спосіб вибору апаратно-програмних засобів територіально-розподіленої ІОС для оперативно-організаційного керування.
3. Спосіб паралельної обробки кількох мереж у ІОС.
4. Алгоритми планування технологічних процесів та контролю у реальному масштабі часу при виконанні заданих технологій та їх реалізацію на мережі ПЕОМ загального призначення.

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Завдяки швидкому прогресу науки та техніки за останнє десятиріччя різко підвищились складність, розміри та вартість реалізуємих проєктів, підвищились вимоги до строків їх розробки та реалізації. Все це висуває задачу удосконалення методів та засобів оперативного-організаційного керування (ООК). Для того, щоб методи ООК були ефективним інструментом, необхідно автоматизувати всі функції керування.

Зростання масштабів та складності виробничих процесів приводить до ускладнення систем керування. Цілком логічно, що з цього виникають додаткові структури, які відповідають за деяку частину процесу або за процес взагалі. Ці структури утворюють певну ієрархію, що складається з кількох рівнів. Це у свою чергу зумовлює ряд проблем, які виникають при автоматизації керування.

По-перше, ІОС ООК повинні бути у більшості випадків територіально-розподіленими, що відображується у збільшенні потоків інформації між окремими структурами виробництва, зміні структур керівничих зв'язків, появи нових структурних елементів.

По-друге, виникає питання оптимального чи раціонального розміщення модулів (програмних чи апаратних), орієнтованих на автоматизацію рішення обчислювальних задач, та модулів інформаційної підтримки (баз та банків даних).

По-третє, виникає задача організації автоматизованих робочих місць (АРМ) посадових осіб, що орієнтовані на автоматизацію конкретних специфічних функцій останніх, та забезпечення прийняттого користувачеві відображення інформації.

Задача автоматизації ще більш ускладнюється у випадку автоматизації процесу керування технологічним обслуговуванням рухомих об'єктів.

Автоматизація процесів керування неможлива без використання обчислювальних засобів.

Виникнення та поширення персональних ЕОМ (ПЕОМ) високої швидкодії та з великим розміром оперативної та дискової пам'яті повернуло наукову думку до використання ЕОМ загального призначення як основи систем керування. Велика серійність та, відповідно, низька вартість ПЕОМ, підвищення їх надійності дозволили зменшити вартість та підвищити надійність всієї системи керування. Можливість об'єднання ПЕОМ у мережі дозволила створити розподілені системи керування та ІОС, які оперують великими масивами інформації, та забезпечити не тільки планування, а й контроль

виконання плану у реальному масштабі часу (РМЧ) з оперативним обміном інформацією з відповідною (залежно від інформації) особою, яка приймає рішення (ОПР), а також керування технологічними процесами в РМЧ при автоматизації цих процесів. Все це дозволяє вважати такі системи перспективними щодо розробки та упровадження.

Отже, практична потреба рішення цих задач і зумовлює актуальність дисертаційної роботи.

Метод дослідження засновано на сполученні теорії графів, теорії множин, теорії масового обслуговування, теорії ймовірностей, методів дискретної математики та електронного моделювання. При дослідженні основної уваги було приділено формалізації опису процесу моделювання кількох мереж та розгляданню принципів побудови розподілених ІОС підвищеної живучості.

Наукова новина полягає в наступному: запропоновано методику побудови територіально-розподіленої ІОС для автоматизації оперативно-організаційного керування, яка полягає у визначенні структури підсистем ІОС, зв'язків між ними, формуванні архітектури ІОС за аналізом вирішуваних задач; запропоновано спосіб організації АРМ конкретних користувачів за аналізом виконаних ними функцій та виділенням основних цільових функцій системи; запропоновано спосіб реконфігурації ІОС за основою перерозподілення працюючих підсистем та АРМ ІОС між функціонуючими станціями мережі залежно від їх пріоритетів та пріоритетів їх функцій, який забезпечує довготривале виконання пріоритетних функцій керування (АРМ) при відмовах окремих станцій обчислювальної мережі; запропоновано спосіб аналізу кількох мереж при керуванні та контролі виконання кількох технологічних процесів за методом часового моделювання мереж з метою забезпечення ефективного виконання основних функцій територіально-розподіленої ІОС оперативно-організаційного керування. За цим методом розроблено комплекс програмних модулів ІОС для автоматизації процесів керування обслуговуванням рухомих об'єктів.

Практична цінність дисертації полягає в тому, що запропоновано методику, яка дозволяє будувати територіально-розподілені ІОС певного класу, зокрема, для автоматизації ООК при обслуговуванні кількох рухомих об'єктів.

Реалізація. Основні наукові результати дисертаційної роботи були використані для побудови територіально-розподіленої ІОС для ООК діяльністю ІАС АНК в межах г/д НДР "Лотограф-УН" N 95104 в ІПРІ АН України.

Апробація роботи. Основні результати дисертаційної роботи докладались та обговорювались на: III-й Всесоюзній науково-технічній конференції "Живучість та реконфігурація інформаційно-обчислювальних та керуючих систем", Севастополь, 1991; II-му Міжнародному симпозиумі молодих наукових робітників, ВІШ Зелена Гура, 1989; Міжнародній науково-технічній конференції молодих вчених, ВМЕІ, Варна, 1988.

Публікації. За темою дисертації опубліковано 5 надрукованих праць.

Структура та розмір роботи. Дисертаційна робота складається з вступу, 4 глав, закінчення, списку літератури, додатку. Робота містить 192 сторінки, серед них 158 сторінок основного надрукованого тексту та 34 сторінки малюнків. У списку літератури 65 найменувань.

У вступі показано актуальність теми дисертації, сформульовано ціль роботи, обґрунтовано вибір методики дослідження, а також коротко викладено основні наукові результати та положення, які винесено на захист.

У першій главі роботи розглянуто проблеми автоматизації керування технологічними процесами обслуговування рухомих об'єктів. Приведено постановку задачі керування процесами обслуговування, етапи процесу керування та обґрунтовано вибір моделей технологічних процесів. Проаналізовано функції ООК та показано місце ІОС у структурі керування. Сформульовано вимоги щодо структури ІОС для автоматизації ООК, які засновано на часових характеристиках технологій та системного обладнання. Запропоновано порядок вибору структури АРМ конкретного користувача, функцій, що реалізуються на кожному АРМ з множини функцій фахівця за обмеженням коштовних витрат та трудомісткістю реалізації. Запропоновано спосіб комплексування програмних модулів за основою мінімального покриття множини АРМ множиною програмних модулів. Розглянуто один з варіантів рішення задачі планування за основою формування та використання діаграм розподілення ресурсів.

У другій главі, ґрунтуючись на інформаційних потоках в ІОС, вимогах до її підсистем та АРМ, запропоновано структуру підсистем ІОС ООК та зв'язків між ними. Запропоновано методику формування ІОС, наведену у вигляді алгоритму, та спосіб розміщення програмних модулів та масивів інформації в системі, яка реалізується на мережі ПЕОМ та обміні через файл-сервер. Далі показано, що метод часового моделювання дозволяє виконувати па-

паралельне моделювання мереж кількох технологічних процесів в обчислювальній системі з ПЕОМ загального призначення в основі. Запропоновано спосіб реконфігурації територіально-розподіленої ІОС з метою підвищення її живучості.

У третій главі показано, що існуючі системи керування, які засновані на методі часового моделювання, являють собою апаратну реалізацію алгоритмів моделювання та мають ряд недоліків, яких можливо уникнути, якщо застосувати ЕОМ загального призначення як базу ІОС. Крім того показано, що метод часового моделювання мереж з використанням алгоритму формування топології мереж у пам'яті ЕОМ у вигляді спискової структури висуває задачу визначення належності окремих гілок різним мережам. У главі проведено порівняння двох варіантів рішення цієї проблеми та визначено, що оптимальною за критеріями розміру пам'яті та швидкодії є кризна перенумерація гілок та вузлів аналізованих мереж. Тут же запропоновано варіант розподіленої підсистеми реконфігурації, яка забезпечує тривале виконання системою своїх найбільш важливих функцій.

Четверта глава присвячена розробці архітектури ІОС керування діяльністю ІАС АНР. Для цієї ІОС розроблено алгоритми планування кількох технологічних процесів та контролю у реальному масштабі часу виконання заданих технологій; удосконалено алгоритм формування фронту моделювання в ЕОМ загального призначення.

Крім того, проаналізовано існуючі системи для автоматизації ООК з точки зору зручності для користувача та забезпеченості інтерфейсом з виконавчими структурами. Грунтуючись на цьому аналізі, розроблено алгоритми взаємодії процесу керування та контролю в реальному масштабі часу з користувачами та виконавчими структурами.

У закінченні сформульовано основні результати роботи.

У додатку наведено лістинги програм, які реалізують описані алгоритми.

#### ЗМІСТ РОБОТИ

Задачі керування необхідно вирішувати в різних галузях виробничої діяльності. При цьому існують сфери, де необхідно керувати кількома процесами, які протікають паралельно. Серед них можна виділити підприємства, основною метою яких є підготовка об'єктів до роботи. Прикладами таких сфер може бути керування діяльністю авіапідприємства, автопідприємства, у тому числі ба-

гатоповерхового гаражу, інженерно-авіаційної служби авіанесучого корабля (ІАС АНК). Причому, в усіх випадках треба забезпечити паралельну підготовку кількох об'єктів за умовою обмеженості ресурсів.

За аналізом функціонування таких підприємств можна сформулювати наступні початкові дані (умови) до керування:

1. Існує множина об'єктів  $O_n$   $n = [1, N]$ , які потрібно обслуговувати. Кожний об'єкт  $O_n$  має такі характеристики:

— початковий стан  $q = [1, Q]$ ;

— тип  $i = [1, I]$ ;

— просторове місцезнаходження.

Тобто, кожний об'єкт можна позначити як  $O_{ni}^q$  ( $n$ -й об'єкт  $i$ -го типу в  $q$ -му стані).

2. Для виконання обслуговування існує множина технологій  $p_v$   $v = [1, V]$ . Причому кожна технологія  $p_v$  однозначно ставиться у відповідність до пари  $(i, q)$  або до кожного з об'єктів  $O_{ni}^q$ .

Характеристики технології  $p_v$ :

— тривалість технології  $L_p$ ;

— кількість операцій  $s_c$   $c = [1, C]$ ;

— взаємозв'язки між операціями, які визначають технологію обслуговування;

— ресурси, потрібні кожній операції  $r_{jn}^k$ ,  $j = [1, J]$  — кількість,  $k = [1, K]$  — вид ресурсу,  $n$  — об'єкт, для обслуговування якого потрібен цей ресурс. Причому кожній операції однозначно ставиться у відповідність яка-небудь підмножина ресурсів  $[r_{1n}^{k_1}, \dots, r_{jn}^{k_j}]$ ;

3. Час на обслуговування групи (конкретний  $T_d$  або мінімальний можливий).

4. Множина обслуговуючих пристроїв  $M_j^k$  — фактично наявні ресурси (обслуговуючий персонал тої чи іншої спеціалізації, пристрої подавання яких-небудь матеріальних ресурсів, ділянки переміщення та ін.).

Перед ОПР ставляться наступні задачі:

1. забезпечити підготовку до роботи групи із заданої кількості об'єктів, які обслуговуються, за мінімальний час;

2. забезпечити підготовку максимальної кількості об'єктів, які обслуговуються, за заданий час.

Обидві ці задачі цілком впливають у необхідність розподілення технологій (мереж) за часом та об'єктів за обслуговуючими пристроями.

До цього ж необхідно враховувати, що різні технології можуть використовувати ті ж самі або аналогічні ресурси. За обмеженням цих чи інших ресурсів це, у свою чергу, приводить до конфліктів щодо доступу до них. Такі ситуації накладають додаткові обмеження, що ускладнює задачу керування.

Під керуванням розуміється наступне:

- а) планування з урахуванням усіх виробничих ресурсів;
- б) оперативне керування, що містить:
  - видавання інформації про початок виконання планових дій;
  - контроль виконання усіх пунктів розроблених планов-графіків;
- в) перепланування з урахуванням реальних обставин.

Планування припускає, перше за все, розробку моделі реального технологічного процесу та обробку створеної моделі через які-небудь математичні методи.

Описана в літературі порівняльна характеристика методів побудови моделей дозволяє зробити висновок: про переважне використання теорії мереж щодо розробки моделей технологічних процесів.

Оперативне керування технологіями також здійснюється через модель. В узгодженні з реальним часом видаються команди про початок операцій та по моделі відслідковується їх виконання до одержання інформації про їх закінчення.

Проте, у ході реалізації технологічний процес може бути наражений різними впливами, які порушують його протікання та викликають відхилення плану. Для того при контролі порівнюється плануваний та реальний час закінчення, планувана та реальна витрата ресурсів тощо. За незбігом заносяться корективи до плану. В останньому й складається етап перепланування, який виконується за алгоритмом, аналогічним алгоритму планування.

Необхідно додати, що заради успішного рішення задачі керування необхідно забезпечити зберігання та обробку великих розмірів інформації щодо всіх аспектів діяльності підприємства. Ця проблема може вирішуватись через організацію зберігання інформації, зокрема, у вигляді баз даних, у носіях великої місткості, наприклад, оптичних при використанні їх як загальної пам'яті.

Аналіз системи керування показує, що структури, які займаються процесом керування, складаються із ланок різного рівню, які утворюють певну ієрархію. Якщо розглянути виробничу структуру, то у неї можна виділити чотири основних компонента (рівня), які можуть бути різними способами пов'язані між собою: керівники верх-

ньої ланки, яких визначемо як осіб, які приймають рішення (ОПР); підлеглі їм ланки з'єднаємо загальним поняттям керуючі структури (КС). Останні зв'язані з більш локальними задачами. Два нижніх рівня утворюють допоміжні структури (ДС) та виконавці (В).

На практиці часто зображують ієрархію керування, ґрунтуючись на схемі функціонування, через те, що остання має велику наочність. Розглянутій виробничій структурі керування обслуговуванням об'єктів відповідає схема функціонування, зображена в дисертації, через яку ясно видно, котрі функції на якому рівні керування виконуються.

Багато реальних виробництв вимагають паралельного виконання кількох технологічних процесів, що привело до необхідності автоматизувати сферу ООК.

Автоматизація припускає широке вживання різних систем ООК та ІОС керування технологічними процесами за основою обчислювальної техніки.

Для побудови ІОС керування необхідно побудувати інформаційну модель. ІОС містить ряд функціональних вузлів, які вирішують обчислювальні чи інформаційні задачі, та кількість атоматизованих робочих місць (АРМ) користувачів, через які здійснюється взаємодія користувача з системою. Тому для побудови моделі системи необхідно:

1. За аналізом задач та функцій процесу керування виділити з них такі, виконання яких можна повністю чи частково автоматизувати. Тобто визначити, яку частину функцій передати обчислювальній системі.
2. За основою п.1 визначити, які функціональні вузли повинні бути включені до системи.
3. Визначити, хто з користувачів і де вирішує обчислювальні чи інформаційні задачі та, таким чином, визначити де необхідні АРМ.
4. Визначити потоки інформації між робочими місцями, тобто де виробляються дані, хто є їх користувачем та в якому вигляді ("мова користувача").
5. За основою п.4 визначити вузли нагромадження масивів інформації, а саме такі, де ця інформація потрібна найбільш часто (чи до використання, чи до корективки). У випадку використання розподіленої бази даних це дозволить визначити місця зберігання інформації через один з існуючих алгоритмів.

ІОС, орієнтована на автоматизацію керування, може виконувати наступні функції: 1) забезпечувати зберігання та обробку баз



$V_j$  — "вага" функції. Вона відображує її вагомість з точки зору користувача і задається певним значенням з натурального ряду чисел, що знаходяться у визначеному діапазоні. Наприклад, це можуть бути ранги, що привласнюються експертами до кожної функції при її оцінці.

$X_j$  — ознака реалізації,  $X = \begin{cases} 1, & \text{якщо } j\text{-у функцію включено} \\ & \text{до складу } i\text{-го АРМ;} \\ 0, & \text{якщо не включено;} \end{cases}$

$K_j$  — кількість АРМ, на яких необхідна  $j$ -а функція,  $K_j \in [1, N]$ ;

$C_j$  — необхідність реалізації,  $C_j = \begin{cases} 1, & \text{якщо } j \in \varphi_i, \\ 0, & \text{якщо } j \notin \varphi_i. \end{cases}$

Математична модель задачі має вигляд: 
$$\text{MAX } F_i(X) = \sum_{j=1}^N V_j X_j C_j \quad (2)$$

За обмеженнями на трудові та коштовні витрати:

$$\sum_{j=1}^N \frac{A_j X_j}{K_j} \leq S; \quad \sum_{j=1}^N \frac{B_j X_j}{K_j} \leq T; \quad \text{де } S \text{ і } T \text{ — вартість та трудомісткість створення АРМ.} \quad (3)$$

Рішення задачі дозволяє вибрати найкращі з точки зору користувачів варіанти АРМ за визначеними обмеженнями на вартість та трудомісткість.

Для визначення потрібної кількості програмних модулів, що реалізують усі функції системи, достатньо вирішити задачу про мінімальне покриття множини АРМ. Цілком зрозуміло, що визначення мінімального покриття доцільно проводити за алгебраїчним методом Петрика, так як цей метод дозволить відразу визначити програмні модулі — їх кількість і які саме функції вони повинні реалізувати. У роботі подано приклади рішення цієї задачі.

Усе викладене раніше дозволяє сформулювати повну структурну схему підсистем і зв'язків між підсистемами ТРІОС для автоматизації керування, що містить у собі наступні елементи: підсистему планування; підсистему керування та контролю виконання плану в РМЧ; підсистему інтерфейсів зі користувачами; підсистему взаємодії з виконавчими структурами (обслуговуючим персоналом чи автоматичним обладнанням); підсистему керування базами даних.

З урахуванням наведених підсистем та АРМ посадових осіб можливо визначити архітектуру ІОС ООК, у якій представлено модулі та зв'язки між ними, що необхідні для автоматизації процесу керування.

Під'єднання тої чи іншої підсистеми до АРМ та розміщення інформаційних масивів у системі повинно визначатися відповідно обчислювальними або інформаційними задачами, що вирішуються за допомогою певного АРМ та інформаційними потоками між вузлами ІОС.

У роботі запропоновано класифікацію циркулюючої інформації, у якій позначено 4 типи даних: 1) архівні; 2) оперативні (необхідні для керування процесом підготовки об'єктів у певний період); 3) інформація, котра відноситься до обох попередніх типів; 4) яка не є оперативною, але необхідна на кількох робочих місцях.

Кожний блок інформації  $B_i$  визначається наступною множиною параметрів ( $i = [1, I]$ ,  $I$  — кількість блоків (масивів) інформації, що залежить від функцій ІОС):  $B_i = \{G_i, U_i, P_i, S^i\}$ , де  $G_i$  — кількість АРМ, що генерують (коректують) дані блока  $B_i$ ;

$G_i \in [1; N]$ , де  $N$  — кількість АРМ користувачів ІОС;

$U_i$  — кількість АРМ, що використовують інформацію  $B_i$ ;

$U_i \in [1; N]$ ;

$P_i$  — пріоритетність блоку інформації  $B_i$ ;

$P_i = \begin{cases} 1, & \text{якщо } B_i \text{ — оперативна інформація;} \\ 0, & \text{якщо ні.} \end{cases}$

$S^i$  — вектор інформаційних потоків, що пов'язані з блоком  $B_i$ ;

$S^i = \{S_1^i, \dots, S_2^i, \dots, S_n^i\}$ , де  $n \in [1, N-1]$ .

Кожний потік  $S_Z^i$  характеризується розміром  $b_Z^i$  та швидкістю  $W_{OZ}^i$  обробки інформації, що міститься в ньому.  $W_{OZ}^i$  містить у собі швидкість обробки інформації АРМ-джерелом, АРМ-приймачем та передавання даних по фізичних лініях.

Якщо джерело інформації  $Z$  генерує блок  $B_i$  повністю, то час  $T_0$ , що витрачається на обробку блоку, в залежності від способу обміну:

$$T_0 = \begin{cases} \text{MAX}_{Z=1}^n b_Z^i W_{OZ}^i, & \text{при паралельному передаванні} \\ & \text{до } n \text{ вузлів} \\ \sum_{Z=1}^n b_Z^i W_{OZ}^i, & \text{при послідовному обміні} \end{cases}$$

де  $W_{OZ}^i$  — швидкість обробки даних при обміні з  $Z$ -м приймачем, та  $\forall Z, b_Z^i = B_i$ .

Якщо блок  $B_i$  формується множиною  $n$  джерел та поступає до одного приймача, то час, який витрачається на його обробку:

$$T_0 = \sum_{Z=1}^n b_Z^i W_{OZ}^i, \quad \text{де } \sum_{Z=1}^n b_Z^i = B_i.$$

Питання, пов'язані з розміщенням інформаційних масивів у вузлах таких мереж ЕОМ, у котрих можливо здійснювати безпосередній та незалежний обмін між трьома та більше станціями, достатньо широко розглянуто в літературі.

У випадку обміну інформацією через файл-сервер параметр  $S_i$  не відіграє суттєвої ролі. На перше місце виходять міркування доцільності розміщення інформації на станціях та на файл-сервері. Тому умова розміщення блоку  $B_i$  на диску файл-серверу буде мати вигляд:  $(G_i - 1)(U_i - 1) + P_i \neq 0$ , тобто у будь-якому випадку, коли інформація є оперативною та необхідно забезпечити її одержання усіма АРМ-приймачами, або у випадку, коли АРМ-джерел неоперативної інформації більше одного, так як і АРМ-приймачів. Це є інформація, яка відповідає типам 2 і 3, які наведено вище. При невиконанні цієї умови (інформація типу 1,4) блок  $B_i$  необхідно розмістити на АРМ, для котрого виконується одна з умов:  $G_i = 1$  або  $U_i = 1$ . Місцезнаходження інформації, що не відповідає типам 1-4, визначається інтенсивністю доступу до неї з якогось-небудь АРМ.

Обчислювальні задачі (зокрема, задачу аналізу кількох мереж) необхідно вирішувати на АРМ, через які користувачі виконують планування, керування та контроль виконання плану в РМЧ та перепланування робіт по обслуговуванню об'єктів.

Розміщення програмних модулів, які реалізують ті чи інші функції, в дисковій пам'яті системи можна виконувати, виходячи з мінімального покриття АРМ. Модулі, які реалізують більше однієї функції чи найбільш важливі функції, — на диску файл-серверу. Останні — на дисковій пам'яті відповідних станцій.

Аналіз особливостей роботи підсистеми керування та контролю виконання плану в РМЧ, дозволив запропонувати різні варіанти архітектури ІОС, які описано в дисертації.

Процес планування та процес керування і контролю в РМЧ виконується за основою моделювання технологій обслуговування об'єктів. З розвитком персональної обчислювальної техніки уявляється перспективним використання методу часового моделювання, як основи програмних алгоритмів. Використання цього методу дозволяє суттєво скоротити час обробки мереж, який грає важливу роль у процесі моделювання, особливо при аналізі мереж в РМЧ. За результатами аналізу, який проведено у главі 2, запропоновано спосіб рішення задачі паралельного моделювання мереж кількох

технологічних процесів за основою методу часового моделювання.

Мережі, які моделюються, можуть бути зв'язаними та незв'язаними. У дисертації розглянуто більш простіший випадок незв'язаних мереж, тому що тут звернення вузлів обоєї мережі не залежить від елементів інших мереж.

Для того, щоб гарантувати "незв'язаність" мереж, які моделюються, необхідно, щоб вони мали свою незалежну нумерацію гілок та вузлів. Описана проблема може вирішуватись наступними способами.

1. Елементи кожного з масивів топології можна подати у вигляді структури, яка створена шляхом конкатенації номера мережі, номера вузла (гілки) та індексу чергової гілки "ланцюжка".

2. Через процедуру кризової перенумерації гілок та вузлів.

За оцінкою двох наведених способів за критеріями витрат часу та розміру пам'яті обрано другий спосіб зі кризовою перенумерацією вузлів та гілок мереж, які моделюються, заради реалізації якого розроблено відповідні алгоритми.

Однією з якостей практично будь-якої сучасної обчислювальної системи є якість живучості. Специфічним засобом підвищення живучості обчислювальної техніки прийнято вважати певну організацію зміни структури системи, її поведінки, реконфігурацію системних засобів, яка викликана необхідністю скомпенсувати дію відмов та забезпечити необхідними ресурсами виконання визначених функцій  $F_1 - F_j$ . У цьому випадку, очевидно, необхідно визначити пріоритетність функції. При чому, слід ввести поняття пріоритету на двох рівнях:

1. Пріоритет АРМ: функціонального набору  $\varphi_i$  і-го АРМ —  $R(\varphi_i)$ .

2. Пріоритет  $j$ -ї функції у межах і-го АРМ, де  $j \in \varphi_i$  —  $R_j(\varphi_i)$ .

Мета такого розподілення наступна. Якщо відбулась відмова ПЕОМ і-го АРМ, то дії системи будуть залежати від однієї з трьох можливих ситуацій (станів системи):

1. У системі є вільні станції (ПЕОМ).

1.1. Частина станцій не несе ні системного навантаження, ні АРМ.

1.2. і-е АРМ є єдиним працюючим у даний момент.

2.  $R(\varphi_i) > \min_{k=1}^n R(\varphi_k)$ , де  $n$  — кількість АРМ, працюючих в системі.

3.  $R(\varphi_i) = \min_{k=1}^n R(\varphi_k)$ .

Інтерес викликають ситуації (2) і (3), коли реконфігурація системи залежить від організації цього процесу: можливий чи пов-

ний "перенос" АРМ, що відмовило, на нову станцію з повним використанням її ресурсів, чи частковий. Для зменшення кількості ресурсів (наприклад, оперативної пам'яті), які використовуються для роботи у аварійному режимі (тобто, для одночасного функціонування кількох АРМ на одній станції), можна виконати часткову реконфігурацію. Вона міститься в переносі на іншу станцію не повного функціонального набору  $\varphi_i$  АРМ, яке відмовило, а його деякої підмножини  $\varphi_i^* \subset \varphi_i$ . Умовою формування набору  $\varphi_i^*$  є пріоритет функцій  $R_j(\varphi_i)$ , вказаний раніше. При цьому встановлюється нижня межа пріоритетів  $R_j^*(\varphi_i)$ , яка залежить від можливостей станції, на яку переноситься АРМ, що відмовило. Тоді, набір  $\varphi_i^*$  визначається наступним чином:  $R_j(\varphi_i) \geq R_j^*(\varphi_i) \Rightarrow j \in \varphi_i^*$ .

Програмні модулі, що реалізують механізм реконфігурації, завдяки його складності та великій кількості функцій доцільно виділити у централізовану або розподілену підсистему ІОС.

Грунтуючись на аналізі, проведеному у дисертаційній роботі, сформульовано порядок вибору архітектури та формування ІОС, який містить наступне.

1. Визначити структуру та зв'язки між підсистемами системи (наприклад, необхідна чи ні підсистема інтерфейсу з виконавцями) за основою аналізу часових параметрів за формулою (1) та/або аналізу гнучкості виробництва.
2. Визначити, хто із користувачів вирішує обчислювальні чи інформаційні задачі  $i$ , таким чином, визначити кількість, типи та місцезнаходження АРМ.
3. Визначити програмні модулі, що реалізують функції, які вводяться до складу того чи іншого АРМ, залежно від виразів (2) і (3), грунтуючись на аналізі функцій певних користувачів та задач, які ними вирішуються. Тобто, визначити функціональний набір діалогового процесору АРМ.
4. Визначити кількість модулів, які поєднують програми, що реалізують усі функції ІОС, та які саме функції містить у собі кожний модуль за основою мінімального покриття множини АРМ системи цими модулями.
5. Визначити можливі форми вводу/виводу інформації ("мова" користувача) залежно від задач та рівня того чи іншого користувача (ОПР, КС, ДС) та, за основою цього, сформувати набір потрібних процесорів (графічний, текстовий, табличний, статистичний).
6. За основою пп. 1-5 (функцій АРМ, кількості та якості інформації, яка циркулює в системі, тощо) побудувати інформаційну мо-

дель ІОС. Провести моделювання системи за допомогою відомих математичних методів з метою одержання характеристик інформаційних потоків, часу реакції окремих підсистем, задач та АРМ системи.

7. Визначити: варіант розміщення підсистем ІОС (на окремих станціях, на АРМ користувачів тощо) за основою аналізу особливостей їх роботи, завантаженості АРМ та типу обладнання (ПЕОМ) за результатами аналізу, що проведено в п.6; розміщення програмних модулів, що реалізують функції системи, на дисковому просторі мережі, яка є базою ІОС, за основою мінімального покриття множини АРМ. Таким чином повністю визначити архітектуру ІОС.

Одержана таким чином архітектура повинна: 1. Забезпечувати роботу системи керування відповідно до схеми функціонування. 2. Підтримувати ієрархію керування та взаємодію рівнів виробничої структури.

За основою проведених у дисертаційній роботі досліджень способів організації територіально-розподілених ІОС розроблено та проаналізовано ІОС ООК діяльністю ІАС АНК, розроблено алгоритми та програми, що реалізують підсистеми та функції ІОС.

#### ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ РОБОТИ

За результатом проведеного дослідження запропоновано способи організації територіально-розподілених інформаційно-обчислювальних систем (ІОС) оперативного-організаційного керування (ООК), які урахують властивості осіб, що приймають рішення, на різних рівнях ієрархії з урахуванням мови спілкування при вирішуванні задач керування процесами обслуговування кількох об'єктів.

За основою цих способів розроблено методику побудови інформаційно-обчислювальних систем, що містять сукупність АРМ різних фахівців, яка складається з вибору архітектури ІОС, визначення її підсистем та зв'язків між ними, формування функціональних наборів АРМ та визначення способу вводу/виводу інформації (мов користувачів), комплексування програм, які реалізують функції користувачів ІОС до модулів, що покривають усю множину АРМ.

Дослідження, які проведено в дисертаційній роботі, дозволяють сформулювати наступні основні результати та висновки:

1. Запропонована методика формування архітектури ІОС ООК і метод розміщення програмних модулів і масивів інформації в системі при її реалізації на мережі ПЕОМ з обміном через файл-сервер.
2. Сформульовані вимоги до структури ІОС для автоматизації ООК, засновані на часових характеристиках, а саме — мінімально можливої тривалості операцій (характеристика технологій) та часу,

потрібного на виконання процесів моделювання та інформаційного обміну, залежного від обладнання, на якому реалізується ІОС.

3. Запропонована структура підсистем ІОС ООК і зв'язків між ними.

4. Показано, що метод часового моделювання дозволяє виконувати паралельний аналіз мереж кількох технологічних процесів в обчислювальній системі за основою ПЕОМ загального призначення.

5. Розроблені алгоритми планування множини технологічних процесів та контролю в РМЧ заданих технологій; удосконалено алгоритм формування фронту моделювання в ЕОМ загального призначення; розроблено алгоритми взаємодії процесу керування та контролю в РМЧ із користувачами та виконавчими структурами.

6. Запропоновано порядок вибору структури АРМ конкретного фахівця; функцій для реалізації на кожному АРМ (з множини функцій фахівця за обмеженням коштовних витрат та трудомісткістю реалізації).

7. Запропоновано спосіб комплексування програмних модулів за основою мінімального покриття множини АРМ множиною програмних модулів.

8. Розглянуто один із варіантів рішення задачі планування за основою формування та використання діаграм розподілення ресурсів. Такий варіант дозволяє:

- визначити раціональний час початку операцій та технологій;
- розподілити об'єкти та ресурси по технічних позиціях;
- наглядно подати до користувача рішення даної задачі.

9. Проведено порівняння двох варіантів рішення задачі визначення належності окремих гілок до різних мереж при формуванні топологій мереж у пам'яті ЕОМ при паралельному аналізі кількох мереж і визначено, що оптимальною за критеріями розміру пам'яті та швидкодії є кризна перенумерація гілок та вузлів аналізуємих мереж.

10. Запропоновано спосіб реконфігурації територіально-розподіленої ІОС і варіант розподіленої підсистеми реконфігурації, яка забезпечує виконання системою своїх найбільше важливих функцій.

11. Розроблено архітектуру ІОС керування діяльністю ІАС АНК.

За темою дисертації опубліковано наступні праці:

1. Додонов А. Г., Малахов Е. В. Организация информационно-вычислительных систем для анализа множества сетей. // Электронное моделирование. - 1992. - 5, №3. - С. 19-21.

2. Малахов Е. В. Графический интерфейс информационно-вычислительной системы (ИВС) для управления обслуживанием технических объектов. // Живучесть и реконфигурация информационно-вычислительных

и управляющих систем. Тез. докл. III-й Всесоюзной науч. - техн. конференции. — М., 1991. — С. 95.

3. Малахов Е. В. Контроллер системы массой памяти на оптико-механических запоминающих устройствах // Сб. трудов II-го Международного симпозиума молодых научных работников. т. II, Электротехника и электроника. Польша, Зелена Гура, 1989. — С. 10-15.

4. Отчет по НИР "Лотограф-УН". Исследование и разработка информационно-вычислительных систем для управления техникой и вооружением при инженерно-авиационном обеспечении боевой и повседневной деятельности авиации Вооруженных Сил СССР. / Додонов А. Г., Пелехов С. П., Кузнецова М. Г., Малахов Е. В. и др. В 3-х кн. — Киев: ИПРИ АН Украины, 1991.

5. Пелехов С. П., Малахов Е. В. Особенности моделирования сетей в вычислительных структурах без решающих элементов. / Проблемы регистрации информации. Сб. науч. тр. АН Украины. Ин-т проблем регистрации информации АН Украины. — Киев: Наук. думка, 1991. — С. 50.

Подписано к печати 14.12.1992 г. Формат 60x84/16  
Бумага офсетная Усл.-печ. лист, 1,0. Уч.-изд. лист 1,0.  
Тираж 100. Заказ 1353. Бесплатно

Полиграф. уч-к Института электродинамики АН Украины,  
252057, Киев-57, проспект Победы, 56.

АНБ им. В. Стефановича  
АН УРСР

469852

AB 26.406

**AB 26.406**