

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ УКРАЇНИ**

Харківський державний технічний університет радіоелектроніки

На правах рукопису

**ЛЕВИКІН Віктор Макарович**

УДК 658.012. 011.56.06.5/6

**ФОРМАЛІЗОВАНІ ЗАСОБИ СИСТЕМНОГО ОПИСУ  
І ПРОЕКТУВАННЯ АСУ  
ІНТЕГРОВАНИМ ВИРОБНИЦТВОМ**

Спеціальність 05.13.04 «Автоматизовані системи управління  
і системи обробки інформації»

**Автореферат дисертації на здобуття вченого ступеня  
доктора технічних наук**

Харків—1995



АВ 33.820

Роботу виконано у Харківському державному технічному університеті радіоелектроніки.

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, професор Павлов О. А.;

доктор технічних наук, професор Петров Е. Г.;

доктор технічних наук, професор Тільчин О. Т.

Ведуча організація — Інститут кібернетики АН України.

Захист відбудеться «18» січня 1996 р. в конференц-залі о 13 год. 00 хвил. на засіданні спеціалізованої ради Д 02.25.04 при Харківському державному технічному університеті радіоелектроніки за адресою: 310726, Харків, пр. Леніна, 14.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці університету.

Автореферат розісланий «08» грудня 1995 р.

ВЧЕНИЙ СЕКРЕТАР СПЕЦІАЛІЗОВАНОЇ РАДИ

доктор технічних наук, професор

Є. В. Бодяєський

Актуальність теми. Зміна умов господарчої діяльності підприємств на сучасному етапі розвитку економіки України вимагає підвищення ефективності функціонування усіх його структурних підрозділів в рамках інтегрованого виробництва. Інтегроване виробництво як об'єкт управління являє собою складний взаємозв'язаний комплекс, об'єднаний процесом реалізації наскрізного циклу "дослідження - проектування - виробництво - збут" продукції. Ефективність функціонування таких виробництв визначається рівнем витрат, пов'язаних з випуском продукції. Виходячи з досвіду роботи підприємств, виділяють основні напрямки по зниженню витрат: автоматизація підготовки виробництва, створення і впровадження у виробництво прогресивних технологій, автоматизація планування і організації виробництва, вдосконалення системи управління тощо. Однак існуюча система нормування, планування і обліку витрат забезпечує аналіз цих процесів тільки при отриманні підсумкових показників роботи підприємств і не зважає на невідповідність по точності і оперативності отримання інформації про основні показники витрат. Необхідно відзначити, що підсумкові значення параметрів витрат на виробництві використовуються для оцінки всієї виробничо-господарчої діяльності підприємства і, зокрема, для розрахунку собівартості, прибутку та рентабельності, визначення причин та факторів відхилення планових показників, а також виконання кошторису на випуск продукції.

Ускладнення виробничих процесів, необхідність їх узгодження на різних стадіях випуску продукції, вплив різноманітних випадкових збурень вимагає вирішення задач по автоматизації прогнозування, планування, обліку та регулювання витрат у режимі виробничого процесу. Управління витратами при проведенні наукових досліджень

по аналізу виробу, що проектується, при проведенні конструкторської та технологічної підготовки виробництва і збуту продукції передбачає автоматизацію процесу вирішення множини функціональних задач автоматизованими системами в узгодженні з усіма строками, що забезпечує розробку керуючих впливів по поліпшенню використання виробничих фондів за рахунок збільшення часу їх роботи, раціональної організації виробництва, поліпшення організації матеріально-технічного забезпечення, дотримання строків проведення ремонтів обладнання тощо. Розробка керуючих впливів через вирішення множини функціональних задач по прогнозуванню, плануванню, обліку і регулюванню витрат здійснюється автоматизованою системою управління витратами інтегрованого виробництва (АСУВІВ).

Проблемам розробки теорії та принципів проектування складних систем управління присвячені роботи В.М. Глушкова, А.Г. Івахненка, В.Н. Костика, А.Г. Маміконова, О.А. Павлова, Е.Г. Петрова, В.В. Свиридова, А.Д. Цвиркуна.

Опис структури і станів складних організаційних систем, до яких належать інтегровані виробництва, як правило, здійснюється на описовому рівні, що знижує якість розроблених керуючих впливів. Внаслідок цього розробка формалізованих засобів системного аналізу, що дозволяють описувати структуру і стани автоматизованих систем управління, функціональних підсистем, узгодження режимів функціонування їх елементів, є актуальною задачею.

Важливість використання системного підходу при проектуванні складних систем відзначено у роботах В.С. Михалевича, Н.Н. Моїсеєва, Ю.І. Черняка.

Нестабільність процесів виробництва і факторів, що впливають на рівень витрат, приводять до необхідності розробки і використання різних видів економіко-математичних моделей і методів, що використовуються для моделювання процесів управління витратами.

Характеризуючи ступінь розробки моделей інтегрованої авто-

метизованої системи управління, координації процесів функціонування локальних автоматизованих систем при дослідженні, проектуванні, виробництві, слід відзначити роботи Т.М. Алієва, Б.М. Кунцевича, М. Месаровича, В.Н. Скурихіна, К.Н. Шихаєва.

Застосуванню теорії математичного моделювання, що дозволяє розробляти математичні моделі, які описують процес функціонування організаційних і технічних об'єктів, присвячені роботи Р. Шеннона, Дж. Неймана, М.М. Бусленка. Питанням реалізації керувачів впливів з використанням автоматизованих інструментальних засобів, які забезпечують розробку забезпечень систем управління потрібного рівня присвячені роботи В.В. Олександрова, Ш. Атре, В.Н. Костюка, А.А. Стогнія. Процедуру вибору обґрунтованих раціональних рішень, отриманих з урахуванням великої кількості суперечливих критеріїв, розглянуто в роботах Р. Акоффа, В.Л. Волковича, О.Н. Ларичева.

Специфіка функціональної структури АСУВІВ визначається типом функцій, що реалізуються системою в процесі управління інтегрованим виробництвом. Ефективність функціонування таких систем визначається по можливості інтеграції локальних автоматизованих систем, яка реалізується за допомогою процесу узгодженого рішення множини функціональних задач, яка досягається створенням відповідних забезпечень за допомогою спеціалізованих автоматизованих інструментальних засобів.

Мета роботи - дослідження і теоретичне узагальнення проблеми створення формалізованих засобів системного аналізу для опису і проектування АСУ інтегрованого виробництва, розробка проблемно-орієнтованих математичних моделей, інструментальних засобів і принципів їх реалізації для моделювання процесів управління витратами інтегрованого виробництва.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі основні задачі:

дослідити вплив процесів інтеграції елементів інтегрованого виробництва на скорочення витрат;

дослідити процес автоматизації фаз планування, обліку, контролю і регулювання витрат інтегрованого виробництва, розробити формалізовані засоби системного аналізу, які дозволяють на категорному рівні описувати структуру і стани АСУВІВ та її елементів;

розробити категорну модель функціональної інтеграції локальних систем управління;

розробити проблемно-орієнтовані категорні моделі АСУВІВ, локальних автоматизованих систем, функціональних підсистем;

визначити основні вимоги, що пред'являються до забезпечень розроблюваної системи управління витратами;

розробити категорну модель автоматизованої підсистеми підтримки рішень;

розробити принципи реалізації інструментальних засобів підсистеми підтримки рішень функціональних задач управління витратами, орієнтованих на певну предметну область (дослідження, проектування тощо);

розробити категорну модель синтезу прикладних програм.

Методи дослідження. В роботі використані методи теорії систем, системного аналізу, теорії множин і відношень, теорії прийняття рішень, методи класифікації принципів інтеграції складних систем, методи статистичної оптимізації, імовірнісні методи, марковські процеси.

Наукова новизна і внесок дослідження у розробку проблеми. В результаті проведеного дослідження здійснено узагальнення наукового напрямку по проблемі створення формалізованих засобів системного опису, структури, станів складних систем, котра має важливе народногосподарче значення для розробки автоматизованих систем управління інтегрованим виробництвом. Використання таких засобів забезпечує на категорному рівні розробку моделей інтегрова-

но: системи управління, локальних автоматизованих систем, підсистем, моделей та алгоритмів побудови інструментальних засобів підсистеми підтримки рішень, що являє собою забезпечення локальних систем управління. Вирішення цієї проблеми підвищує ефективність проектування АСУ різноманітного призначення.

В процесі проведеного узагальнення отримані такі нові результати:

розроблено формалізовані засоби системного аналізу, які описують на категорному рівні структуру і стани складних організаційних систем;

розроблено модель функціональної інтеграції елементів складної системи, яка описує їх взаємозв'язок при реалізації наскрізного циклу "дослідження - проектування - виробництво - збут" виробу;

запропоновано імовірнісну модель оцінки станів забезпечень автоматизованої системи при реалізації різного типу функціональних задач по введеному коефіцієнту інтеграції системи;

розроблено категорні моделі, які описують структуру і стани інтегрованої системи, локальної автоматизованої системи управління, функціональної підсистеми;

запропоновано узагальнену процедуру вирішення функціональної задачі, що виступає як основний елемент координації процесів функціонування систем управління;

розроблено категорну модель, принципи побудови узагальненої автоматизованої підсистеми підтримки рішень, яка може бути включена як забезпечуюча частина в різноманітні види автоматизованих систем;

розроблено інструментальні засоби, алгоритми і процедури автоматизації налаштування видів забезпечень автоматизованої підсистеми підтримки рішень на відповідну предметну область.

Практична значущість роботи. Формалізовані засоби системного

аналізу, математичні моделі, алгоритми, інструментальні засоби і принципи їх реалізації є теоретичною базою для розробки інтегрованих автоматизованих систем управління. Розроблені в роботі принципи інтеграції складних систем можуть бути використані для узгодження рівнів забезпечень різноманітних автоматизованих систем (АСНД, САПР, АСУВ тощо), що дозволяє реалізувати задачі управління витратами на всьому циклі "дослідження - проектування - виробництво - збут" продукції.

Особливий інтерес представляють результати автоматизації створення інструментальних засобів автоматизованої підсистеми підтримки рішень. Дана підсистема розглядається як типова підсистема, яка наявними інструментальними засобами (автоматизація створення баз даних, баз моделей, баз знань, баз програм) може настрюватися на відповідну предметну область. Такий принцип розробки підсистеми підтримки рішень дозволяє застосовувати її не тільки для систем, які проектується знов, але й для вдосконалення існуючих, що підтверджується впровадженням даних розробок на ряді промислових підприємств м. Харкова.

Реалізація і впровадження. Формалізовані засоби системного аналізу, моделі і алгоритми управління витратами, розроблені в дисертації, були використані в ХТУРЕ при виконанні госпдоговірних тем: "Розробка організаційної, технічної, функціональної і інформаційної структур комплексу функціональних задач АСУ ремонтного підприємства Курської атомної електростанції", "Розробка програмного забезпечення комплексу задач по технічній підготовці виробництва и служби головного механіка", держбюджетних тем: "Розробка програмного забезпечення комплексу задач автоматизованої інформаційно-довідкової системи "Ремонт обладнання"", "Розробка автоматизованих інтелектуальних систем управління комп'ютеризованим інтегрованим виробництвом", "Розробка автоматизованої системи управління витратами при ремонті обладнання".

При цьому були розроблені: математичні моделі інтегрованої автоматизованої системи управління, локальної автоматизованої системи, функціональної підсистеми, що дозволяють описувати їх стани; категорні моделі автоматизованої підсистеми підтримки рішень, інструментальних засобів, які настроюються на певний тип функціональних задач, що використовуються при розробці і впровадженні задач планування, обліку, контролю і регулювання витрат системи управління ВО "Завод ім. Малишева". Модель підсистеми підтримки рішень, засоби автоматизації настроювання бази моделей, бази алгоритмів, бази даних, бази знань використані при створенні засобів автоматизованого проектування фізичних установок в ННЦ ХФТІ. Комплекси імовірнісних моделей, алгоритмів вирішення функціональних задач по аналізу, обліку і регулюванню витрат, розроблені на основі теорії фіксованих відкилень, що прогноуються, марковських процесів, використовувались при впровадженні підсистеми оперативного управління виробництвом СУ ВО "Левада".

Апробація роботи. Основні результати дисертаційної роботи доповідалися і обговорювалися на Всесоюзній конференції "Внедрение экономико-математических методов и ЭВМ в управлении производством" (м. Москва, 1985 р.), на Всесоюзній школі-семінарі "Проектирование автоматизированных систем контроля и управления сложными объектами" (м. Харків, 1986 р.), на Республіканській школі-семінарі "Информатика и интерактивная компьютерная графика" (м. Діліжан, 1986 р.), на Всесоюзній конференції "Проблемы разработки и внедрения ИАСУ предприятиями и ПО машиностроения" (м. Харків, 1988 р.), на III Всесоюзній школі-семінарі "Проектирование автоматизированных систем контроля и управления сложными объектами" (м. Харків, 1988 р.), на Республіканській конференції "Повышение качества программного обеспечения ЭВМ" (м. Севастополь, 1986 р.), на Міжнародній конференції "Гибкая автоматизация - 90" м. Братислава, 1990 р.), на Всесоюзнім семінарі "Методы синтеза

и планирования структур крупномасштабных систем" (м. Звенигород, 1990 р.), на II Міжрегіональному семінарі "Синтез структур автоматизированного управления крупномасштабных систем" (м. Херсон, 1991 р.), на Міжнародній конференції "Методы представления и обработки сигналов и полей" (м. Харків, 1993 р.), на Міжнародній науково-технічній конференції "Техника и физика электронных систем и устройств" (м. Суми, 1995 р.).

Публікації. За темою дисертації опубліковано 46 робіт, в тому числі два учбових посібника. Крім того, зареєстровано 7 звітів по держбюджетним і госпдогвірним темам, виконаним за темою дисертації, причому у всіх роботах автор був науковим керівником.

Структура роботи. Дисертація складається з вступу, шести розділів, висновків, списку літератури з 273 найменувань і додатку, що містить акти впровадження результатів дисертаційної роботи.

## ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовується актуальність теми, дається загальна характеристика роботи, сформульовані основні положення, що вносяться на захист, показано наукову новизну, практичну цінність і реалізованість отриманих результатів.

У першому розділі проведено аналіз проблеми в галузі опису і інтеграції складних систем.

Відзначається, що використання системного аналізу, на відміну від традиційного, поелементного підходу, дозволяє розкрити цілісність об'єкту, враховувати многостатність внутрішніх і зовнішніх зв'язків, розробляти систему управління як частину системи більш високого рівня, передбачати можливість еволюції системи, скоротити час проектування при забезпеченні властивостей системи. Формалізація етапів системного аналізу здійснюється, як прави-

ло, на концептуальному рівні і представляється у вигляді взаємозв'язаної сукупності елементів на кожному рівні, цілей і функцій локальних систем і підсистем, що знижує якість розроблюваних керуючих впливів. Тому розробка формалізованих засобів системного аналізу, які описують структуру і стани автоматизованих систем управління, що проектуються (до яких належать АСУВІВ), істотно зменшує відзначені недоліки.

У загальному вигляді структуру АСУВІВ у момент часу  $t$  представимо множинами

$$C(t) = \langle E(t), A(t), X(t), T \rangle, \quad (1)$$

де  $E(t)$  - множина елементів інтегрованої системи (підсистем, забезпечень) в період розвитку  $t$ ,  $t \in T$ ;

$A(t)$  - множина зв'язків елементів системи;

$X(t)$  - множина характеристик елементів;

$T$  - множина періодів розвитку.

Адаптовність системи визначається характеристиками елементів, коли елементу системи  $E$  відповідає множина його характеристик  $X = (x_{ij} | i \in I^t, j \in J_i^t)$ , де  $I^t, J_i^t$  - множини індексів елементів системи і характеристик елементу  $i$  в період  $t$ . Отже, для кожного моменту часу встановлюється відношення  $F_{E_t}^{X_t} : E_t \rightarrow X_t$ .

Створення локальних автоматизованих систем управління не забезпечує підвищення оперативності, якості управління витратами інтегрованого виробництва без їх об'єднання до єдиної автоматизованої системи управління, що має багаторівневу ієрархічну структуру. Відзначається, що під інтеграцією процесів "дослідження - проектування - виробництва - збуту" продукції розуміють не механічне об'єднання локальних автоматизованих систем управління, а їх структурізацію, що дозволяє системі придбати якісно нові властивості, які не містяться у її складових елементах. При цьому не-

обхідно, щоб підсистеми, забезпечення знаходились у такому стані, який дозволив би вирішити множину функціональних задач управління витратами у встановлений час, що визначається функціями інтеграції локальних автоматизованих систем. Виконання цієї умови можливе при використанні засобів автоматизації настроювання елементів інформаційного, математичного, алгоритмічного, програмного та інших видів забезпечень на визначену предметну область.

Система буде мати властивості адаптовності, якщо за встановлений час забезпечить настроювання її елементів (забезпечень) на відповідні параметри предметної області. Однією з функцій адаптації в АСУВІВ є коректування постановок функціональних задач, які впливають на рівень забезпечень. Засоби автоматизації розробки забезпечень дозволяють зменшити вартість і строки проектування, підвищити їх науково-технічний рівень і адаптовність системи ( $\sum_{i=1}^n C_i(X) \rightarrow \min$ , де  $C_i$  - витрати, пов'язані з роботами до вдосконаленню характеристик  $X$  забезпечень;  $n$  - кількість забезпечень).

Реалізація функцій планування, обліку, контролю і регулювання витрат пов'язана з розробкою керуючих рішень. Особливість прийняття рішень в організаційних системах полягає у необхідності обліку великої кількості суперечливих критеріїв і високого ступеню невизначеності, пов'язаної з неповнотою інформації про предметну область. Підвищення якості рішень, що приймаються, передбачає автоматизацію процесу підготовки і прийняття рішень, яка реалізується автоматизованою підсистемою підтримки рішень (АППР). Аналіз розроблених АППР показує, що до ключових факторів, які підтримують побудову таких еластичних систем, належить метод проектування, а також відповідна структура системи. Ці фактори створюють можливість швидкої модифікації системи, адаптаційного підходу до впровадження, а також забезпечення зручності роботи користувачів. Еволюційний принцип створення АППР полягає у тому, що

за допомогою відповідних інструментальних засобів, комп'ютерної техніки вона може настроюватися на визначені характеристики предметної області, і в цьому розумінні може виступати уніфікованою системою, яка не змінює її загальну структуру. АІПР може бути "інструментом", що забезпечує підтримку рішень при реалізації функцій управління витратами.

У другому розділі визначені основні вимоги, які пред'являються до АСУВІВ: автоматизація процесів вирішення функціональних задач по управлінню витратами, досягнення необхідної умови оперативності отримання вірогідної інформації для прийняття рішень по зниженню витрат, забезпечення багатоваріантних розрахунків по всіх видах витрат при використанні автоматизованої підсистеми підтримки рішень, різних видів імітаційних моделей, інтеграція локальних автоматизованих систем, що дозволяє зменшити витрати на всіх етапах життєвого циклу виробу.

Інтеграція процесів функціонування локальних систем забезпечує узгодження послідовності і часу виконання дослідницьких, проектних та інших видів робіт при одночасному управлінні поточними витратами.

Розробка керуючих впливів по реалізації функцій управління пов'язана з отриманням математичної моделі процесів  $\Pi_i$  функціонування АСУВІВ ( $i = \overline{1, n}$ , де  $n$  - кількість автоматизованих систем). Опис процесу  $\Pi_i$  може бути представлений відображенням вигляду

$$\Pi_i : X_i \times W_i \times T_i \times U_i \rightarrow Y_i, \quad Y_i = \Pi_i(x_i, w_i, t_i, u_i). \quad (2)$$

де  $X, Y$  - множини вхідних і вихідних параметрів відповідно;

$W$  - множина збурень;

$T$  - час;

$U$  - множина управлінь.

Управління процесом  $\Pi_i$  буде досягнуто, якщо вироблюваний керу-

чий вплив  $U_i$  відповідних рівнів буде мінімальним  $U_i = \min f_i(u_i)$  при  $f_i(u_i, x_i, t_i, w_i) > 0$ ,  $u_i \in U_i$ ,  $x_i \in X_i$ ,  $t_i \in T_i$ ,  $w_i \in W_i$ .

Ефективність управління процесом  $\Pi_i$  визначається відображенням  $F_i: U_i \times Y_i \rightarrow Y_i$ ,  $f_i(u_i, y_i) = f_i(u_i)$ , при  $y_i = \Pi_i(x_i, w_i, t_i, u_i)$  и  $x_i = y_{i-1}$  (односпрямований зв'язок процесів) маємо  $f_i(u_i, \Pi_i(x_i, w_i, t_i, u_i)) = f_i(u_i, \Pi_i(y_{i-1}, w_i, t_i, u_i))$ . Фактично ефективність вирішення всієї сукупності функціональних задач визначається виразом

$$f_n(u_n, y_n) = f_n(u_n, \Pi_n(w_n, t_n, u_n, \Pi_{n-1}(w_{n-1}, t_{n-1}, u_{n-1}, \dots, \Pi_1(x_1, w_1, t_1, u_1) \dots))). \quad (3)$$

З урахуванням множини функцій  $C_i$ , що реалізуються локальною системою, інформації  $K_i$  про функціонування процесу  $\Pi_i$ , мети  $Z_i$ , що задається вищою системою, маємо  $C_i: K_i \times Z_i \rightarrow U_i$ ;  $u_i = c_i(k_i, z_i)$ . Тоді ефективність функціонування АСУВІВ з урахуванням вирішення множини задач, які вирішуються усіма локальними системами, визначається виразом

$$f_n(u_n, y_n) = f_n(c_n(k_n, z_n), y_n) = f_n(c_n(k_n, z_n), \Pi_n(w_n, t_n, c_n(k_n, z_n), \Pi_{n-1}(w_{n-1}, t_{n-1}, c_{n-1}(k_{n-1}, z_{n-1}), \dots, \Pi_1(x_1, w_1, t_1, c_1(k_1, z_1)) \dots))). \quad (4)$$

Цей вираз, що описує зв'язок елементів структури по всіх рівнях управління, фактично є моделлю функціональної інтеграції системи. Узгоджена розробка керуваних впливів у вигляді вирішення множини функціональних задач дозволяє скоординувати процеси функціонування локальних систем.

Для оцінки ступіня інтегрованості локальних автоматизованих систем введений коефіцієнт інтеграції

$$K_{\text{и}} = \frac{\prod_{i=1}^n \int_{t_j}^{t_B} p(t) dt}{\int_{T_j}^{T_B} p(T) dt} = \frac{\prod_{i=1}^n P_i(t_j \leq t_B)}{P(T_j \leq T_B)}, \quad (5)$$

де  $P(T_j \leq T)$ ,  $P_i(t_j \leq t_B)$  - імовірності переходу АСУВІВ, локальної системи до потрібного стану за встановлений час;

$p(t)$  - щільність імовірності розподілу часу переходу 1-ої локальної системи з поточного стану  $X$  до потрібного за встановлений час  $t_B$ ;

$p(T)$  - щільність імовірності розподілу часу переходу АСУВІВ до потрібного стану за час  $T_B$ .

При  $K_{\text{и}} = 1$  можливості усіх локальних автоматизованих систем, що входять до АСУВІВ, узгоджені по розробці та реалізації керуючих впливів. Стан локальної АСУВІВ, її спроможність реалізовувати множину керуючих функцій оцінимо ентропією системи, яка визначається виразом вигляду  $H(C_i) = - \sum_{j=1}^m P(S_j^*) \ln P(S_j)$ , де  $m$  - кількість станів системи;  $P(S_j)$  - імовірність того, що система знаходиться у стані  $S_j$ . Ентропія АСУВІВ відповідно визначається виразом  $H(C) = \sum_{i=1}^n H(C_i)$ . Зміни станів локальної системи здійснюються при вирішенні відповідних комплексів функціональних задач  $a_{q_i}$ ,  $a_{q_i} \in A_i$ . Імовірність вирішення  $a_{q_i}$ -ої задачі у 1-ій локальній системі оцінимо частковою інформацією

$$h_{q_i}(t_j, s_j) = - \log \left( \int_{t_j}^{\infty} p_{q_i}(t_j, s_j) dt \right), \quad (6)$$

де  $p_{q_i}(t_j, s_j)$  - щільність імовірності розподілу часу реалізації  $a_{q_i}$  - ої задачі 1-ою локальною системою за час  $t_j$ ;

$q = \overline{1, \Gamma}$ ,  $\Gamma$  - кількість задач, що вирішуються у 1-ій локальній системі.

Можливість реалізації всіх задач 1-ою локальною системою, отже й перехід системи до стану, який планується,  $s_j$  за час  $t_j$  опишемо виразом вигляду

$$H_i(t_j, s_j) = [h_1(t_j, s_j), h_2(t_j, s_j), \dots, h_{q_i}(t_j, s_j), \dots, h_{\Gamma}(t_j, s_j)]. \quad (7)$$

Така оцінка дозволяє установити час вирішення кожної задачі, комплексу задач по кожній автоматизованій системі і АСУВІВ в цілому.

Третій розділ присвячений розробці категорної моделі системи та її елементів з використанням структурованих множин. Формально під моделлю  $M$  розуміємо деяку множину елементів  $D$  з заданим на ній набором (кортежем) відношень  $\{r_1, r_2, \dots, r_k\}$ , де  $k$  - кількість відношень;  $M = \langle D \{r_1, \dots, r_1, \dots, r_k\} \rangle$ . Такий підхід дозволяє описати математичну модель АСУВІВ, що складається з множини локальних автоматизованих систем  $C$ , функціональних підсистем  $B$ , видів функціональних задач  $AB$ , необхідних для їх вирішення забезпечень  $E$ , спеціалістів  $R$ , потрібного часу вирішення задач  $T$ . Розподіл множини підсистем  $B$  серед локальних автоматизованих систем  $C$  як ін'єктивного відображення має вигляд

$$F_B^C \begin{cases} C \rightarrow 2^B \\ e \rightarrow B_C \end{cases} \quad (8)$$

де  $2^B$  - множина всіх підмножин множини підсистем  $B$  (булеану  $B$ ),

таке, що  $F_D^C(c) = B_C$ ,

$B_C$  - множина підсистем, що входять до конкретної системи  $c$ ,

$$c \in C \text{ и } B = \bigcup_{c \in C} B_C.$$

За аналогіїв маємо розподіл множини виглядів задач АВ серед підсистем

$$F_{AB}^B \begin{cases} B \rightarrow 2^{AB} \\ b \rightarrow AB_b, \end{cases} \quad (9)$$

видів задач АВ серед С

$$F_{AB}^C \begin{cases} C \rightarrow 2^{AB} \\ c \rightarrow AB_c, \end{cases} \quad (10)$$

видів задач між забезпеченнями

$$F_{AB}^E \begin{cases} E \rightarrow 2^{AB} \\ e \rightarrow AB_e, \end{cases} \quad (11)$$

спеціалістів між системами

$$F_{AB}^R \begin{cases} C \rightarrow 2^R \\ c \rightarrow R_c, \end{cases} \quad (12)$$

час вирішення усіх задач в системі  $F_T^C = F_T^{AB} \cdot F_{AB}^C = F_{AB}^{AB} \cdot F_{AB}^C \cdot F_{AB}^B$ , де  $\cdot$  - композиція розподілів.

Тоді введені структуровані множини і відображення описують модель структури АСУВІВ у вигляді

$$M^{АСУВІВ} = (C, B, AB, E, R, T, F_T^C, F_{AB}^B, F_{AB}^C, F_{AB}^E, F_{AB}^{AB}, F_{AB}^C, F_{AB}^E) \quad (13)$$

Виключивши з представленої моделі елементи С і В, отримаємо моделі локальної автоматизованої системи  $M^C$  і функціональної підсистеми  $M^B$ . Можливість автоматизованої системи реалізовувати функціональні задачі за встановлений час оцінюється з використанням методів класифікації, що дозволяють визначити близькість об'єкту до того чи іншого класу за ознаками, властивими даній класифікації. Найбільші оцінки буде мати система з рівнями забезпечень, близькими до ідеальних. Однак не завжди доцільно цього добиватися через потребу значних додаткових матеріальних ресурсів. Модель враховує рівень забезпечень автоматизованої системи  $s_i$ , наявні ресурси  $r_i$ , час вирішення  $t_i$  задачі  $a_i$ . Ефективність реалізації задачі  $a_i$  за час  $t_i$  визначається функцією вигляду

$$f(a_i, u_i) = \max_{s_i} \min_{r_i, t_i} f(a_i, E_i(a_i, s_i, r_i, t_i)). \quad (14)$$

при  $t_i \leq t_y$ ,  $r_i \leq r_{\text{доп}}$ .

При розробці забезпечень одного рівня кожної автоматизованої системи фактично здійснюється узгодження їх можливостей. Методи класифікації за допомогою таксонів дозволяють ієрархічну структуру автоматизованої системи ототожнити з таксономічною структурою, використовуючи правило  $\rho(K_{C_1}, K_{C_2}) = S - s$ , де  $S$  - кількість рівнів інтегрованої АСУВІВ,  $s$  - рівень найменшого таксона, що включає одночасно порівнювані таксони (при  $\rho(K_{C_1}, K_{C_2}) = 0$  отримуємо єдині можливості автоматизованих систем). Фактично схожість систем визначається рівнями досконалості їх забезпечень. Більш детальне порівняння систем здійснюється через їх внутрішнє порівняння (архетипи)  $\alpha(K_{C_i})$ . В моделі автоматизованої системи С виділений клас об'єктів  $Ob C_i$  і відповідна множина морфізмів  $Mor(\varphi)$ , що дозволяє описати категорію системи  $L^{C_i}$ . Зв'язок між об'єктами і морфізмами введених категорій описаний функтором

$$\Phi_{L^2}^{L^1} : L^{C_1} \xrightarrow{\quad} L^{C_2}, \quad (15)$$

або на теоретико-категорному рівні зіставлення АС в АСУВІВ представлено складеним функтором

$$\Phi_{L^k}^{L^1} = \Phi_{L^2}^{L^1} \cdot \dots \cdot \Phi_{L^k}^{L^{k-1}}. \quad (16)$$

В результаті отримано модель процесу інтеграції АСУВІВ у вигляді кортежу

$$Z^И = \langle L^{C_1}, L^{C_2}, \dots, L^{C_k}, \Phi_{L^2}^{L^1}, \dots, \Phi_{L^k}^{L^{k-1}} \rangle. \quad (17)$$

Реалізація множини морфізмів та функторів може бути проведена відповідними алгоритмами. Дана модель описує функціональну інтеграцію локальних автоматизованих систем при рішенні задач управління витратами.

Четвертий розділ присвячений розробці математичної моделі функціональної підсистеми, що має відповідний рівень  $S$  забезпечення  $E^S$ , яке складається з інформаційного  $E_{И}^S$ , математичного  $E_{М}^S$ , алгоритмічного  $E_{А}^S$ , програмного  $E_{П}^S$ , технічного  $E_{Т}^S$  забезпечень  $E^S = \langle E_{И}^S, E_{М}^S, E_{А}^S, E_{П}^S, E_{Т}^S \rangle$ . Імовірність реалізації функціональних задач системою буде максимальною, якщо досягається потрібний рівень забезпечень  $E^{S_{TP}}$ . Для визначення рівня забезпечень введений коефіцієнт його якості  $\lambda = E^{S_j} / E^{S_{TP}}$ . З урахуванням універсальності, адаптованості, розвитку забезпечень, узагальнений показник якості забезпечень має вигляд  $\lambda = \alpha_1 \lambda_y + \alpha_2 \lambda_a + \alpha_3 \lambda_p$ , коефіцієнти значущості  $\alpha$  визначаються експертними оцінками. Підвищення рівня забезпечень зв'язане з використанням відповідних ресурсів. Цей рівень може бути досягнутий, якщо при розробці уніфікованої підсистеми підтримки рішень будуть створені такі інструментальні за-

соби автоматизації її елементів, які дозволять забезпечити на-  
строювання системи на відповідну предметну область. Модель станів  
функціональної підсистеми за аналогією з моделлю АСУВІВ предста-  
вимо структурованими множинами і співвідношеннями між ними у ви-  
гляді

$$M^B = (A, AB, E, R, T, F_E^{AB}, F_R^{AB}, F_T^{AB}). \quad (18)$$

Для опису структури підсистеми і процесу рішення функціо-  
нальної задачі введемо такі відображення. Відображення  $f_E^A: A \rightarrow$   
 $\rightarrow E$  - це ін'єкція, вона призначає забезпечення  $f_E^A(a) \in E$  для  
кожної задачі  $a, a \in A$ . Відображення  $f_R^A: A \rightarrow R$  призначає кожній  
задачі відповідну множину спеціалістів. Відображення  $f_T^A: A \rightarrow T$   
призначає кожній задачі час її вирішення  $f_T^A(a) \in T$ , відображення  
 $f_{AB}^A: A \rightarrow AB$  відносить функціональну задачу до визначеного виду  
задач  $f_{AB}^A(a) \in AB$ . В результаті введених відображень отримано  
модель функціональної підсистеми, що враховує процес вирішення  
функціональних задач у вигляді

$$M^B = (A, AB, E, R, T, F_E^{AB}, F_R^{AB}, F_T^{AB}, f_E^A, f_R^A, f_T^A, f_{AB}^A). \quad (19)$$

Однак для реалізації задач за установлений час необхідні за-  
безпечення відповідного рівня  $F_M^S, F_M^S, F_A^S, F_{II}^S, F_T^S$ . В результаті  
отримано модель, яка описує простір станів узагальненої функціо-  
нальної підсистеми з урахуванням рівнів її забезпечень. Узгоджен-  
ня процесів функціонування підсистем, які входять до автоматизо-  
ваної системи, визначене на категорному рівні. Припустимо, треба  
узгодити стани двох функціональних підсистем  $M^B$  і  $M^{B'}$ . Таке зі-  
ставлення передбачає наявність множини морфізмів між структурова-  
ними множинами підсистем; для задач  $A, \varphi_A: A \rightarrow A'$ , видів задач  
 $AB, \varphi_{AB}: AB \rightarrow AB'$ , забезпечень  $E, \varphi_E: E \rightarrow E'$ , спеціалістів  $R, \varphi_R:$

$R \rightarrow R'$ . Структуровані множини, які є об'єктами підсистеми, і введені морфізми утворюють її категорію  $L^B$ . Зв'язок підсистем, що входять до автоматизованої системи і реалізують функції планування, обліку, контролю, аналізу і регулювання витрат описаний складеним функтором  $\Phi_{B_m}^{B_1} = \Phi_{B_2}^{B_1} \cdot \dots \cdot \Phi_{B_m}^{B_{m-1}}$ , де  $m$  - кількість підсистем. Загальну модель автоматизованої системи з урахуванням введених категорій і функторів представлено кортежем

$$M^C = \langle L^{B_1}, L^{B_2}, \dots, L^{B_m}, \Phi_{B_2}^{B_1}, \dots, \Phi_{B_m}^{B_{m-1}} \rangle. \quad (20)$$

Модель АС буде реалізовано при наявності відповідних інструментальних засобів, що реалізують функції автоматизації забезпечень відповідного рівня для вирішення функціональних задач, які визначаються характеристиками предметної області. Розроблено категорну модель процесу вирішення функціональних задач, яка дозволяє формалізувати взаємозв'язок процедури опису постановок задач (OZ), інформаційних і математичних моделей (IB, MM), алгоритмів і програм вирішення задач (AL, PR), спеціалістів (постановників задач, програмістів) (R)

$$M^A = \langle OZ, A, IB, MM, AL, PR, R, F_A^{OZ}, F_A^{IB}, F_A^{MM}, F_A^{AL}, F_A^{PR}, F_A^R \rangle. \quad (21)$$

Категорія процесу вирішення функціональних задач  $L^A$  визначена при введенні морфізмів, що відображають введenu множини об'єктів  $\varphi$ ,  $\varphi_A, \varphi_{IB}, \varphi_{MM}, \varphi_{AL}, \varphi_{PR}, \varphi_R$ . Взаємозв'язок фаз управління описаний композицією функторів

$$\Phi_{L^A}^{L^A} = \Phi_{L^A}^{L^A_1} \cdot \dots \cdot \Phi_{L^A}^{L^A_{k-1}}. \quad (22)$$

Структуру процесів інтеграції вирішення функціональних задач по

реалізації фаз управління представлено кортежем вигляду

$$Z^A = \langle L^{A_1}, \dots, L^{A_k}, \Phi_{L_2}^{A_2} \dots \Phi_{L_k}^{A_{k-1}} \rangle. \quad (23)$$

Таким чином, отриманий комплекс категорних моделей, які описують процес інтеграції вирішення функціональних задач в інтегрованій системі, локальній автоматизованій системі, функціональній підсистемі по реалізації фаз управління витратами.

П'ятий розділ присвячений розробці інструментальних засобів автоматизованої підсистеми підтримки рішень. Одна з основних проблем, пов'язаних з вирішенням множини різнотипних функціональних задач по управлінню витратами при реалізації циклу "дослідження - проектування - виробництво - збут" продукції, полягає у розробці такого інструментарію, який дав би множині користувачів можливість реалізації функцій управління в потрібному режимі. З цією метою розроблено інструментальні засоби АППР, що настроюються на реалізацію множини функцій локальних автоматизованих систем. До складу підсистеми входять: засоби автоматизації розробки і вибору математичних моделей, засоби автоматизації створення баз даних та баз знань, засоби автоматизації розробки і вибору алгоритмів, засоби автоматизації розробки прикладних програм. Ефективність функціонування АППР і її елементів визначається часом вирішення функціональних задач, що пов'язано з необхідністю інтеграції автоматизованих систем управління витратами, зв'язаними з процесом вирішення функціональних задач і зручність роботи користувача. Особливість такої підсистеми полягає у тому, що її структура не змінюється при її використанні як інструментарія у будь-якій автоматизованій системі, оскільки змінюється тільки зміст елементів, що входять до неї, в залежності від типів функціональних задач, що реалізуються. Модель АППР представлено структурованими

множинами: множиною видів задач GS, що реалізуються; множиною елементів генерації рішень G; множиною спеціалістів RE; множиною технічних засобів  $E^T$ ; множиною баз даних, баз знань  $VE^M$ ; множиною моделей  $VE^M$ ; множиною алгоритмів  $VE^A$ ; множиною програм  $VE^P$  і відповідними відношеннями між ними. Розподіл спеціалістів (постановників задач) RE для розробки інформаційної моделі задачі  $VE^M$  представимо у вигляді відображення

$$F_{RE}^{VE^M} \begin{cases} VE^M \rightarrow 2^{RE} \\ ve^M \rightarrow RE_{ve^M} \end{cases} \quad (24)$$

де  $2^{RE}$  - множина всіх підмножин спеціалістів RE (булеан RE), що беруть участь у розробці забезпечень  $VE^M$ , така, що  $F_{RE}^{VE^M}(ve^M) = RE_{ve^M}$ ,  $RE_{ve^M} \in RE$ , RE - множина спеціалістів, необхідних для розробки забезпечення  $ve^M$ ,  $ve^M \in VE^M$ . При  $RE = \bigcup_{ve^M \in VE^M} RE_{ve^M}$  що означає участь спеціаліста  $re$  з множини RE у розробці забезпечення  $ve^M$  (ін'єктивне відображення), кожен елемент  $re$ ,  $re \in RE$  є образом тільки одного елемента  $ve^M$  або взагалі не має прообразу,

тобто  $re \in RE : |F^{-1}(re)| < 1$ . За аналогією маємо відображення  $F_{RE}^{VE^M}$ ,  $F_{RE}^{VE^A}$ ,  $F_{RE}^{VE^P}$ ,  $F_{TE}^{VE^M}$ ,  $F_{TE}^{VE^A}$ ,  $F_{TE}^{VE^P}$ ,  $F_{GS}$ ,  $F_{GS}^{VE^M}$ ,  $F_{GS}^{VE^A}$ ,  $F_{GS}^{VE^P}$ . Можливість реалізації множини функціональних задач визначається простором станів АППР. Для опису простору станів АППР введіть такі призначення:  $f_G^A : A \rightarrow G$  - це ін'єкція, що призначає елементи генерації системи  $f_G^A(a) \in G$  для кожної задачі  $a$ ,  $a \in A$ . Відображення  $f_{GS}^A : A \rightarrow \beta(GS)$  співвідносить кожній задачі  $a$  множини типів задач  $f_{GS}^A(a) \subset GS$ , які будуть реалізовані за допомогою елементів генерації  $f_G^A(a) \in G$ . Відображення  $f_{VE^M}^A : A \rightarrow \beta(VE^M)$  призначає  $\forall a$ ,  $a \in A$  множини баз даних  $f_{VE^M}^A(a) \in VE^M$ , відображення  $f_{VE^M}^A : A \rightarrow \beta(VE^M)$  призначає  $\forall a$ ,  $a \in A$  множини моделей  $f_{VE^M}^A(a) \in VE^M$ , які будуть обиратися для конкретної задачі, відображення

$f_{VE^A}^A: A \rightarrow \beta(VE^A)$  призначає  $\forall a, a \in A$  множини алгоритмів  $f_{VE^A}^A(a)$   $\in VE^A$ , відображення  $f_{VE^\Pi}^A: A \rightarrow \beta(VE^\Pi)$  призначає  $\forall a, a \in A$  множини програм  $f_{VE^\Pi}^A(a) \in VE^\Pi$ . Реалізація призначень передбачає розробку таких інструментальних засобів АППР, які забезпечують підтримку процесу вирішення множини функціональних задач, що реалізуються в АСУВІВ. Традиційний режим розробки прикладних програм потребує спеціальної підготовки користувачів, що обмежує їх участь в процесі написання і налагодження програм. Інструментальні засоби автоматизації отримання специфікацій дедуктивного синтезу прикладних програм знижують ці вимоги, коли задачі можна зіставити предикат сукупності вхідних умов  $A(x)$  і предикат сукупності вихідних умов  $B(y; x)$ ,  $x$  і  $y$  - вхідні і вихідні змінні  $\forall x (A(x) \rightarrow \exists y B(y; x))$ . Виділено етапи синтезу прикладних програм, що реалізуються АППР: опис специфікацій задачі, розробка теореми існування рішень, доведення теореми існування рішень, добування прикладної програми. Для опису процесу дедуктивного синтезу програм визначені: категорія процесу формування специфікацій задач  $L^{СП}$  (інфологічна модель задачі), об'єктами якої є множина характеристик предметної області  $P_0$ , множина специфікацій СП, множина постановників задач  $R_\Pi$ , множина описів задач ОЗ з відповідними відношеннями  $F_{СП}^{P_0}, F_{СП}^{R_{OZ}}, F_{СП}^{OZ}$  і морфізмами  $\varphi_{P_0}, \varphi_{СП}, \varphi_{R_{OZ}}, \varphi_{OZ}$ ; категорія процесу отримання теореми існування рішень  $L^{TCP}$  (математична модель задачі), об'єктами якої є множина специфікацій задач, множина теорем існування рішень TR, множина програмістів  $R_\Pi$ , множина баз знань, представлених сукупністю факторів і правил використання для доведення теореми існування рішень з відповідними відношеннями  $F_{TR}^{СП}, F_{TR}^{R_\Pi}, F_{TR}^{BZ}$  і морфізмами  $\varphi_{СП}, \varphi_{BZ}, \varphi_{TR}, \varphi_{R_\Pi}$ ; категорія процесу автоматизованого доведення теорем  $L^{DT}$ , об'єктами якої є множина TR, множина варіантів доведення теорем DT, множина алгоритмів доведення теорем AL, множина спеціалістів-користувачів R, що забезпечують реалізацію доведення теорем з відповідними

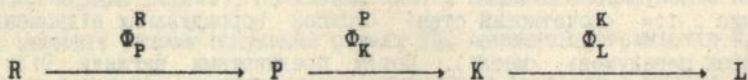
відношеннями  $F_{DT}^{TP}$ ,  $F_{DT}^{AL}$ ,  $F_{DT}^R$  і морфізмами  $\varphi_{DT}$ ,  $\varphi_{TP}$ ,  $\varphi_{AL}$ ,  $\varphi_R$ ; категорія процесу добування програм  $L^{PP}$ , об'єктами якої є множина  $DT$ , множина прикладних програм  $PP$ , множина алгоритмів добування програм  $AL^И$ , множина спеціалістів  $R$  з відповідними відношеннями  $F_{PP}^{DT}$ ,  $F_{PP}^{AL}$ ,  $F_{PP}^R$  і морфізмами  $\varphi_{DT}$ ,  $\varphi_{PP}$ ,  $\varphi_{AL}$ ,  $\varphi_R$  (функціональність морфізмів буде доказано при виконанні умов  $\varphi_{DT} \cdot F_{PP}^{DT} = F_{PP}^{DT'} \cdot \varphi_{PP}$ ;  $\varphi_{AL} \cdot F_{PP}^{AL} = F_{PP}^{AL'} \cdot \varphi_{PP}$ ;  $\varphi_R \cdot F_{PP}^R = F_{PP}^{R'} \cdot \varphi_{PP}$ ).

Введені категорії описують процедуру реалізації дедуктивного синтезу програм складеним функтором

$$\Phi_{L^{PP}}^{L^{SP}} = \Phi_{L^{TP}}^{L^{SP}} \cdot \Phi_{L^{DT}}^{L^{TP}} \cdot \Phi_{L^{PP}}^{L^{DT}} \quad (25)$$

Визначені інструментальні засоби, що забезпечують синтез програм: мова специфікацій, яка описує вимоги і особливості функціональних задач у вигляді тексту за фіксованими синтаксичними правилами у формі, зручній для наступної її машинної обробки; база знань, яка складається з словникових, синтаксичних і семантичних елементів; база даних, описана відповідною моделлю даних; набір типових функціональних програмних модулів, що забезпечують реалізацію операцій над файлами (створення, злиття, оновлення тощо); методи і алгоритми доведення теорем і добування програм. Опис постановки задачі з використанням мови зовнішньої специфікації здійснено декларативною (непроцедурною) мовою, основою на логіці предикатів (<опис > ::= <початковий стан> <список породжуваних відношень> <список передумов> <мета>). Потім предикатами вигляду  $P_1(s)$ ,  $P_2(r,s)$ ,  $P_3(d,s)$ ,  $P_4(l/m)$  стандартної функції  $F_1(d,s)$  описується внутрішня специфікація, яка представляє теорему існування рішення задачі. Для доведення теореми існування рішення використовуються методи резолюції, методи інтуїційного виводу, продукційні методи. Доведення передбачає отримання результату, що логічно виводиться з аксіом. Ефективність процесу доведення підвищується при вико-

ристанні у стратегії виводу спеціальних керуючих знань, розроблених в продукційних системах. У цих системах специфікація представляється у вигляді множини фактів, що описують особливості задачі; цільового висновку, який робиться на основі фактів і множини правил. Використання алгоритмів доведення теорем і логічного висновку у діалоговому режимі дозволяє автоматизувати процес отримання прикладної програми. Зменшення кількості циклів синтезу програм досягається якістю опису зовнішньої специфікації. При цьому генеруються бази знань (факти і правила для формалізації предикатів), комплекс уніфікованих програмних модулів для реалізації операцій злиття, оновлення, ведення файлів, баз даних, що мають різні моделі даних. Однією з вимог, які пред'являються до баз даних, є відповідність структури розроблюваної БД структурі предметної області. У зв'язку з цим виникає проблема автоматизації проектування баз даних для отримання визначеного вигляду зовнішньої специфікації. Проектування передбачає відображення структури реального об'єкту  $R$  у структуру моделі даних  $M_K$ , що використовується для опису концептуальної моделі даних  $K$ , яка є відображенням відповідної предметної області  $P$ , з наступним відображенням структури  $M_K$  у структуру логічної моделі даних  $M_L$  і логічної моделі бази даних  $L$ . Вводячи відповідні категорії і функтори, процес проектування представимо такою послідовністю



Моделювання даних здійснюється шляхом створення моделей даних за допомогою відповідних методів і засобів. При цьому моделі даних розподіляють на слаботипізовані (фреймові і семантичні мережі) і сильнотипізовані (ієрархічні, сітьові, реляційні, бінарні тощо). Оскільки користувачі працюють з різноманітними предметними

областями, вони можуть використовувати різні моделі даних, що ускладнює процес отримання загальної моделі баз даних системи. Об'єднання локальних моделей даних до єдиної моделі здійснюється представленням різних видів моделей графами з наступним їх накладанням. Дану задачу реалізовано алгоритмом об'єднання графів, причому графи повинні бути орієнтованими і позначеними деяким алфавітом  $A$ . З алфавіту  $A$  виділено множину значущих слів  $A^*$ ,  $A^* \subset A$ . Структура позначеного графу представлена кортежем вигляду

$$C = \langle Y, V, \gamma^H, \gamma^K, A^*, \gamma^1 \rangle \quad (26)$$

де  $Y$  - множина вершин;

$V$  - множина дуг;

$\gamma^H, \gamma^K$  - функції, що визначають початкову і кінцеву вершини кожної дуги  $v_i$ ;

$\gamma^1$  - функція іменування,

$$\gamma^1 \begin{cases} W \rightarrow A^* \\ W \rightarrow a, \end{cases} \quad (27)$$

де  $W = Y \cup V$ . Опис структури даних графом  $C$  буде вірним при умові відсутності однакових імен у вершин, що визначається функцією  $\gamma^1$ , і відсутністю однаково названих дуг, які виходять з однієї вершини. Якщо процедуру об'єднання графів  $C_1$  і  $C_2$  до загального графу  $C$  ( $C_1 \in C$  і  $C_2 \in C$  і  $C = C_1 \cup C_2$ ) не може бути реалізовано, то здійснюється коректування графів  $C_1$  і  $C_2$ . Другим етапом отримання загальної моделі схеми бази даних є перевірка її на суперечливість, яка зводиться до визначення представлених у розділі обмежень при описі типів даних. Мову обмежень представлено змінними, типами, термами і формулами, які описують одне або кілька обмежень цілісності баз даних. Для перевірки схеми моделі бази даних на несуперечливість використовуються алгоритми стандартизації і спрощування матриці тверджень  $M$ ,  $M = (C_i)$ ,  $C_i$ ,  $i = \overline{1, q}$  - тверд-

ження (clause), що складаються з літералів (елементарних формул). Алгоритм спрощування, побудований на основі принципу резолюції, передбачає для кожного твердження з матриці  $M$  знаходження фактору з наступним його включенням до  $M$ .

Інструментальні засоби автоматизованого проектування баз даних у вигляді алгоритмів і програм об'єднані наскрізним технологічним циклом збору, аналізу даних про предметну область і отримання несуперечливої схеми БД. Перевагою такої методології є те, що інформація про предметну область вводиться до АПР у термінах різних моделей даних, що забезпечують кожному користувачу використання тієї моделі даних, яка найбільш ефективна для вирішення конкретної задачі незалежно від представлення даних іншими користувачами.

У шостому розділі розроблено комплекс моделей, що входять до бази моделей підсистеми підтримки рішень оперативного управління виробництвом. На прикладі бази моделей показано можливість налаштування підсистеми на отримання оцінок стану витрат при реалізації планових обсягів робіт на визначеному часовому інтервалі. Розроблено декілька типів математичних моделей, які дозволяють отримувати різні за ступенем точності оцінки. Зокрема, розроблено імовірнісну модель оцінки виконання планових завдань, появи додаткових витрат по поточним відхиленням обсягів робіт, фіксуванням у визначені моменти часу, з урахуванням множини формалізованих і неформалізованих факторів, які впливають на процес управління. Основне призначення моделі полягає не тільки у контролі завдань, що виконуються, на всьому виробничому циклі випуску виробів, але і у забезпеченні отримання прогнозу можливих збурень, які викликають до 25 % втрат виробництва і ліквідація яких вимагає додаткових витрат. Процедура отримання оцінок, що прогноуються, здійснено у реальному масштабі часу, що забезпечує своєчасне прийняття рішень до настання критичних ситуацій. В результаті проведено-

го статистичного експерименту установлений вигляд закону розподілу інтенсивності робіт, що виконуються,  $N_i$  у кожному періоді планового періоду ( $i=1, \dots, l$ ,  $l$  - кількість періодів), визначені його параметри  $m_{N_i}$  і  $\sigma_{N_i}$ , що дозволяє отримати імовірність виконання робіт на будь-якій ділянці планового періоду

$$P(N_{\max} > N > N_{\text{тр}}) = \Phi^* \left( \frac{N_{\max} - m_{\text{ср}}}{\sigma_{\text{ср}}} \right) - \Phi^* \left( \frac{N_{\text{тр}} - m_{\text{ср}}}{\sigma_{\text{ср}}} \right), \quad (28)$$

де  $m_{\text{ср}}, \sigma_{\text{ср}}$  - усереднені значення параметрів  $N_i$  на період, що прогнозується.

Аналіз змін витрат у плановий період дозволяє встановити нерівномірність їх змін, внаслідок чого здійснюється не тільки їх контроль, але і прогнозування по множині виконаних робіт, що дозволяє раціонально використовувати матеріальні і трудові ресурси для ліквідації відхилень з встановленням причин їх виникнення. Функція зміни витрат є стаціонарною, бо значення  $N_i$  змінюються біля певної величини, що підтверджується графіком зміни параметрів кореляційної функції

$$r_N(t, t') = \frac{\sum_{i=1}^l [N(t) - m_N(t)] \cdot [N(t') - m_N(t')]}{l - 1}. \quad (29)$$

Наявність від'ємних значень  $r_N(t, t')$  підтверджує це припущення. Значення кореляційної функції використані для розробки прогнозуючого фільтру на основі методу Заде і Рагаззіні, що являє собою розширення теорії Вінера.

Отримання оцінок процесу виконання обсягу робіт за усередненими значеннями параметрів закону розподілу знижує точність результату, що прогнозується. Для розрахунку усіх можливих шляхів переходу процесу до кінцевої області через визначену кількість

ітерацій розроблено модель прогнозу з використанням теорії марковських процесів. Імовірність переходу процесу з початкового стану через  $L$  кроків визначається виразом  $P^L = P^0 * P^L$ . Визначення імовірності за цією формулою здійснюється при незалежності імовірностей переходів від часу. Для задоволення цієї вимоги знайдено умовні імовірності переходу. Така марковська мережа є регулярною, бо вже третій ступінь матриці  $P$  не містить нульових елементів.

Розроблені моделі є взаємодоповнюючими, виходячи з точності та своєчасності отримання результату прогнозу.

Процес розрахунку варіантів керуючих впливів здійснюється підсистемою підтримки рішень по множині замовлень з урахуванням їх реалізації по періодам, що контролюються. Для визначення значущості замовлень введено відповідні коефіцієнти, що враховують:  $B_o$  - величину відхилення,  $B_z$  - додаткові витрати на ліквідацію відхилень,  $B_v$  - важливість замовлення (коефіцієнти нормовані від 0 до 1),  $B_k$  - час, що залишився до кінця планового періоду  $\beta_{\Delta t}$  і коефіцієнт імовірності виконання завдання  $P$ , який нормується,  $B_k = P * \beta_{\Delta t}$ . Вибір раціонального варіанту черговості ліквідації відхилень по замовленням здійснюється за узагальненим коефіцієнтом  $Z_i$ ,  $Z_i = f(B_{o_i}, B_{z_i}, B_{v_i}, B_{k_i})$ .

Для реалізації алгоритмів прогнозу і вибору раціонального варіанту вирішення розроблений відповідний комплекс програм, що входить до бази програм підсистеми підтримки рішень.

Дана робота є першим етапом системного опису структури та проектування елементів АСУ інтегрованим виробництвом. На наступних етапах необхідно розробити комплекс алгоритмів та програм, які реалізують інтерфейс користувачів при створенні та використанні баз даних, баз моделей, баз знань, баз програм автоматизованої підсистеми підтримки рішень, яка забезпечує реалізацію множини функціональних задач у локальних автоматизованих системах,

що входять до АСУ інтегрованим виробництвом.

У додатку наведені документи про впровадження і використання результатів дисертаційної роботи.

Основні результати роботи:

1. Розроблено формалізовані засоби системного аналізу, які описують на категорному рівні структуру і стани АСУВІВ.

2. Розроблено модель опису функціональної інтеграції складної системи, що дозволяє узгодити режими функціонування локальних автоматизованих систем.

3. Запропоновано методику оцінки стану різних видів забезпечень з відповідними рівнями їх досконалості для вирішення функціональних задач в установлені строки.

4. Введено узагальнене поняття типового процесу вирішення задач управління як основного елемента координації функціонування автоматизованих систем.

5. Розроблено методику побудови математичної моделі процесу вирішення функціональних задач, яка виступає як складова частина загального процесу інтеграції управління.

6. Розроблено категорні моделі інтегрованої автоматизованої системи, локальної автоматизованої системи, функціональної підсистеми, які описують їх структуру і стани при умові реалізації у кожній з них множини задач управління витратами.

7. Запропоновано методику представлення забезпечень автоматизованої системи управління у вигляді типової підсистеми підтримки рішень, яка налаштовується на потрібну предметну область (дослідження, проектування тощо).

8. Розроблені інструментальні засоби автоматизації створення баз даних, баз знань, баз моделей, баз алгоритмів, баз програм, які складають забезпечення підсистеми підтримки рішень.

9. Запропоновано принципи реалізації процесів вирішення функціональних задач підсистемою підтримки рішень управління ви-

тратами при оперативному управлінні основним виробництвом.

#### ОСНОВНІ РОБОТИ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Адаптивные интегрированные системы управления предприятием: Учебное пособие / Левыкин В.М., Свиридов В.В., Шамша Б.В. - Харьков: ХПИ, 1984. - 103 с.
2. Системные принципы проектирования обеспечений интегрированной АСУ: Учебное пособие / В.М.Левыкин, С.В.Васильцова. - К.: УМК БО, 1988. - 99 с.
3. Свиридов В.В., Левыкин В.М., Илюнин О.К. Способ оценки текущего состояния производственной системы// Автоматизация производственных процессов на открытых горных разработках. - К., 1974. - С. 34-38.
4. Свиридов В.В., Левыкин В.М., Плисс И.П., Белая И.М. Временные зависимости параметров закона распределения скорости выполнения плана// Автоматизированные системы управления и приборы автоматики. - Харьков, 1974. - Вып. 29.- С. 111 - 128.
5. Свиридов В.В., Левыкин В.М., Кондратьев А.Н. Алгоритм расчета вероятности выполнения задания// Автоматизированные системы управления и приборы автоматики. - Харьков, 1974. - Вып. 29. - С. 64 - 65.
6. Левыкин В.М., Белая И.М., Плисс И.П. Определение вида закона распределения скорости выполнения плана и его параметров// Автоматизированные системы управления и приборы автоматики. - Харьков, 1974. - Вып. 30. - С. 127 - 128.
7. Илюнин О.К., Левыкин В.М. Выбор метода статистической обработки экспертных количественных оценок// Автоматизированные системы управления и приборы автоматики. - Харьков, 1974. - Вып. 30. - С. 18 - 19.
8. Левыкин В.М., Илюнин О.К., Кондратьев А.Н., Свиридов В.В. О

- некоторых подходах при разработке оперативных способов контроля и прогнозирования выполнения планового задания на производстве// Автоматизированные системы управления и приборы автоматики. - Харьков, 1975. - Вып. 32. - С. 44 - 45.
9. Свиридов В.В., Левыкин В.М., Илжин О.К. Определение параметров закона распределения скорости выполнения плана// Автоматизированные системы управления и приборы автоматики. - Харьков, 1974. - Вып. 32. - С. 27 - 31.
  10. Левыкин В.М., Лосев М.Ю. Моделирование состояния сложных организационных систем// Автоматизированные системы управления и приборы автоматики. - Харьков, 1981. - Вып. 59. - С. 41 - 44.
  11. Левыкин В.М., Лосев М.Ю. Определение среднего времени контроля в организационных системах // Автоматизированные системы управления и приборы автоматики. - Харьков, 1981. - Вып. 60. - С. 31 - 34.
  12. Левыкин В.М., Зиновьев Г.Н. Метод адаптации задач реального времени к условиям эксплуатации // Автоматизированные системы управления и приборы автоматики. - Харьков, 1985. - Вып. 73. - С. 89 - 91.
  13. Левыкин В.М., Борисенко В.П., Андреев В.Н. Информационный подход к синтезу структуры ГАП // Автоматизированные системы управления: Тематический сборник научных трудов ХАИ. - Харьков, 1986. - С. 21 - 28.
  14. Левыкин В.М. Модель проектируемой интегрированной системы// Методы анализа и синтеза систем: Научно-технический сборник ХИРЭ. - Харьков, 1992. - С. 36 - 43.
  15. Левыкин В.М. Оценка состояний интегрированной системы// Автоматизированные системы управления: Тематический сборник научных трудов ХАИ. - Харьков, 1985. - С. 21 - 23.
  16. Левыкин В.М. Моделирование качества функционирования сложных

- гибких систем // АСУ и приборы автоматики. - Харьков, 1989.  
Вып. 92. - С. 7 - 10.
17. Левыкин В.М. Вероятностная оценка возможностей ИАСУ и ее компонентов// Многоуровневые ИАСУ: Сб. научн. тр. Куйбышевского план. института. - Куйбышев, 1989. - С. 201.
  18. Левыкин В.М. Влияние обеспечений на качество функционирования информационно-программного обеспечения ГАП// Проблемы бионики - Харьков, 1989. - С. 39 - 43.
  19. Борисанко В.П., Колесникова С.В., Левыкин В.М. Диалоговое моделирование систем оперативного управления сложными промышленными комплексами// Методы решения задач оперативного управления в АСУ отраслевого и межведомственного уровня: Материалы III Всесоюз. семинара. - М., 1984. - С. 125 - 126.
  20. Свиридов В.В., Левыкин В.М., Корчинский А.П. Имитационная модель принятия решений в АСУП// Автоматизация процессов на открытых горных работах. - К., 1973. - С. 17 - 22.
  21. Левыкин В.М., Боровой А.Д. Об одном подходе к построению диагностической модели сложной системы// Оценка характеристик качества сложных систем и системный анализ. - М., 1978. - С. 71 - 73.
  22. Левыкин В.М., Лосев М.Ю., Кириченко Ю.Т. Разработка оперативно-календарных планов в режиме диалога человек - ЭВМ// Материалы 9-й научно-технической конференции. - Новгород, 1982. - С. 44 - 46.
  23. Левыкин В.М., Лосев М.Ю. Формализация процедуры оценки состояния производственной системы// Модели планирования и оперативного управления на предприятии: Тезисы докл. Всесоюзной конференции. - К., 1981. - С. 62 - 65.
  24. Левыкин В.М., Скляров А.Я., Федоров А.А., Мощна Л.П. Многоуровневый статистический анализ эффективности производственных систем// Тезисы докл. Всесоюзного семинара "Проблемы эко-

- номической эффективности создания АСУ для отраслевой сферы".  
- М., 1982, вып. 4. - С. 52 - 53.
25. Левыкин В.М. Интеграция сложных систем // Тез. докладов Междунар. конференции "Гибкая автоматизация - 90". - Братислава, 1990. - С. 174 - 176.
26. Левыкин В.М. Моделирование состояний проектируемой сложной системы // Тезисы докладов Междунар. конф. "Компьютерное обеспечение проектирования". - Познань, 1989. - С. 121 - 122.
27. Левыкин В.М. Применение теории категорий для формализации структуры интегрированной АСУ // Тез. докл. Всесоюз. конференции "Проблемы разработки и внедрения ИАСУ предприятиями и ПО машиностроения". - Харьков, 1988. - С. 46 - 48.
28. Левыкин В.М. Моделирование интегрированных АСУ структурированными множествами // Тез. докл. 3-ей Всесоюзной школы "Проектирование автоматизированных систем контроля и управления сложными объектами". - Харьков, 1988. - С. 18 - 21.
29. Левыкин В.М. Интеграция элементов сложной системы средствами автоматизации обеспечений // Тез. докл. II Межрегионального семинара "Синтез структур автоматизированного управления крупномасштабных систем". - Херсон, 1991. - С. 5 - 6.
30. Левыкин В.М., Борисенко Т.И., Нагучев Х.М. Диалоговая система проектирования информационно-программного обеспечения ГАП // Тез. докл. республ. школы - семинара "Информатика и интерактивная компьютерная графика". - Дилижан, 1986. - С. 65 - 67.
31. Борисенко Т.И., Левыкин В.М., Шпинев Ю.В. Автоматизация синтеза программного обеспечения подсистемы оперативного управления в АСУ ГАП // Опыт создания АСУ ГПС в станкостроении: Сб. тез. докл. отраслевого научно-технического семинара. - М., 1986. - С. 41 - 42.
32. Борисенко Т.И., Левыкин В.М., Шпинев Ю.В. Диалоговая система автоматизированного синтеза программного обеспечения подсистем

- темы оперативного управления предприятием // Повышение качества программного обеспечения ЭВМ: Со. тез. докл. Респ. конф. - Севастополь, 1986. - С. 83 - 84.
33. Левыкин В.М., Шипинев Ю.В., Борисенко В.П. Применение методов оптимизации для решения задач оперативного планирования работы ГАП// Тез. докл. Всесоюзной конференции по внедрению экономических методов и ЭВМ в управлении производством. - М., 1985. - С. 44 - 46.
34. Борисенко В.П., Левыкин В.М. Разработка методов построения диалоговых логико-семантических средств синтеза и анализа имитационных моделей сложных систем/ - Харьк. ин-т радиоэлектрон. - Харьков:1983. - 5 с. - Деп. в УкрНИИТИ, 26.02.83 N 713Ук.Д.83.
35. Борисенко В.П., Колесникова С.В., Левыкин В.М. Исследование результирующих функций сложных систем оперативного управления производством/ - Харьк. ин-т радиоэлектрон. - Харьков:1983. - 9 с. - Деп. в УкрНИИТИ, 14.07.83 N.861Ук.Д.83.
36. Левыкин В.М. Проблемы интеграции автоматизированных систем// Тез. докладов V Всесоюз. семинара по методам синтеза и планирования структур крупномасштабных систем. - Звенигород, 1990. - С. 89 - 90.
37. Левыкин В.М. Модель стоимостной оценки управляющих функций. // Тез. доклада Межд. конференции "Методы представления и обработки сигналов и полей" г.Харьков, 1993. - С. 49 - 50.
38. Борисенко Т.Н., Левыкин В.М. Автоматизация синтеза объектно-ориентированных программ // Теория и техника передачи, приема и обработки информации. Тез. докл. междунар. конф. - Туапсе, 1995. - С. 147.

Victor M. Levykin. Formalized means of system design and description of an integrated production automated control systems.

The thesis presented for the doctor's degree of technical science. Speciality 05.13.04 - automated control systems and data processing systems. Kharkov State Technical University of Radioelectronics. Kharkov, 1995.

46 scientific works are presented for the defence. These works containing the results of the theoretical research on the problem of developing the formalised means of the system analysis used to describe the structure and state of an integrated production automated control systems, including the package of the problem-oriented models of local automated systems, subsystems, functional tasks, automatic decision support subsystem, which is adjusted by means of appropriate instrumental means for a certain subject area. It is found that formalized means, models, algorithms and principles of their realization are the theoretical base for the structure synthesis of the integrated automated control systems. This synthesis may be used in developing of information, mathematical, algorithmic and software support for a decision support subsystem. The subsystem carries into effect a great number of functional tasks in expenditure management of the "research - design - production - sale" through cycle of products. The industrial application of the presented formalized means of model and algorithm description is carried out.

Левыкин В.М. Формализованные средства системного анализа описания и проектирования АСУ интегрированным производством.

Диссертация на соискание ученой степени доктора технических

наук по специальности 05.13.04 - автоматизированные системы управления и системы обработки информации. Харьковский государственный технический университет радиовлектроники. Харьков, 1996.

Защищается 42 научных работ, которые содержат теоретические исследования по проблеме разработки формализованных средств системного анализа, используемых для описания структуры и состояния автоматизированной системы управления интегрированным производством, включая комплекс проблемно-ориентированных моделей локальных автоматизированных систем, подсистем, функциональных задач, автоматизированной подсистемы поддержки решений, настраиваемой соответствующими инструментальными средствами на определенную предметную область. Установлено, что разработанные формализованные средства, модели, алгоритмы и принципы их реализации являются теоретической основой для синтеза структур интегрированных автоматизированных систем управления применительно к разработке информационного, математического, алгоритмического, программного обеспечения подсистемы поддержки решений, реализующей множество функциональных задач по управлению затратами на сквозном цикле "исследование - проектирование - производство - сбыт" продукции. Осуществлено промышленное внедрение предложенных формализованных средств описания, моделей, алгоритмов и принципов их реализации.

Ключові слова: інтегрована система, функціональна інтеграція, інструментальні засоби, структуровані множини, категорії, функтори, формалізовані засоби системного аналізу.

**ФОРМАЛІЗОВАНІ ЗАСОБИ СИСТЕМНОГО ОПИСУ  
І ПРОЕКТУВАННЯ АСУ ІНТЕГРОВАНИМ ВИРОБНИЦТВОМ**

Автореферат дисертації

---

Підписано до друку 30.11.95. Формат паперу 60x84/16. Друк. арк. 23. Обл.-вид.  
арк. 17. Зам. 12/258-95

---

Друкарня ХВУ

452999

AB 33.820