

Міністерство освіти і науки України
Національний університет харчових технологій

НАУКОВІ ПРАЦІ

НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

№ 11

Київ НУХТ 2002

ПРОЕКТУВАННЯ КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ХАРЧОВИМИ ПІДПРИЄМСТВАМИ

Сучасні системи автоматизації харчових підприємств створюються як комп'ютерно-інтегровані та ієрархічно-розподілені, що складаються з робочих станцій (РС), об'єднаних в обчислювальні мережі [4, 5]. В той же час існуюча структура процедур проектування АСУТП та АСУП і відповідні методичні матеріали не враховують цієї обставини і тому потребують суттєвих функціональних змін. Особливо це стосується *верхнього* з трьох рівнів узагальнення [6], що існують у проектуванні систем автоматизації, — *структурного*, на якому визначається структура системи. Зміни на двох інших рівнях узагальнення — *принципових схем (середній)* та *монтажної документації (нижній)* — фактично не є суттєвими і пов'язані тільки із застосуванням нових технічних засобів.

Розглянемо задачі, які виникають при розробленні структури комп'ютерно-інтегрованої системи управління (КІСУ). Зазначимо, що цю стадію проектування дуже важко автоматизувати, а вартість помилки на цьому рівні значно перевищує вартість помилки на середньому та нижньому рівнях узагальнення. До того ж найефективніша багатоваріантна процедура нагтовхується тут на утруднення, пов'язане з найменшою кількістю варіантів порівняно з іншими рівнями узагальнення.

Проектування КІСУ починають із структуризації системи, тобто з локалізації її меж і виділення складових частин *загальної структури* системи, яка визначає насамперед кількість РС, їхніх рівнів та рівнів обчислювальних мереж (рис. 1). В подальшому на її підвалинах будують *програмно-технічну структуру* (ПТС) КІСУ, причому загальна структура має розроблятися за ітераційною

процедурою, тому що певний рівень деталізації цієї структури можна досягнути тільки при досягненні певного рівня деталізації ПТС.

Розроблення загальної структури КІСУ — це насамперед розв'язання двох підзадач: визначення кількості РС та їхніх функцій, виділення ієрархічних рівнів РС як вузлів КІСУ; виділення ієрархічних рівнів обчислюваль-

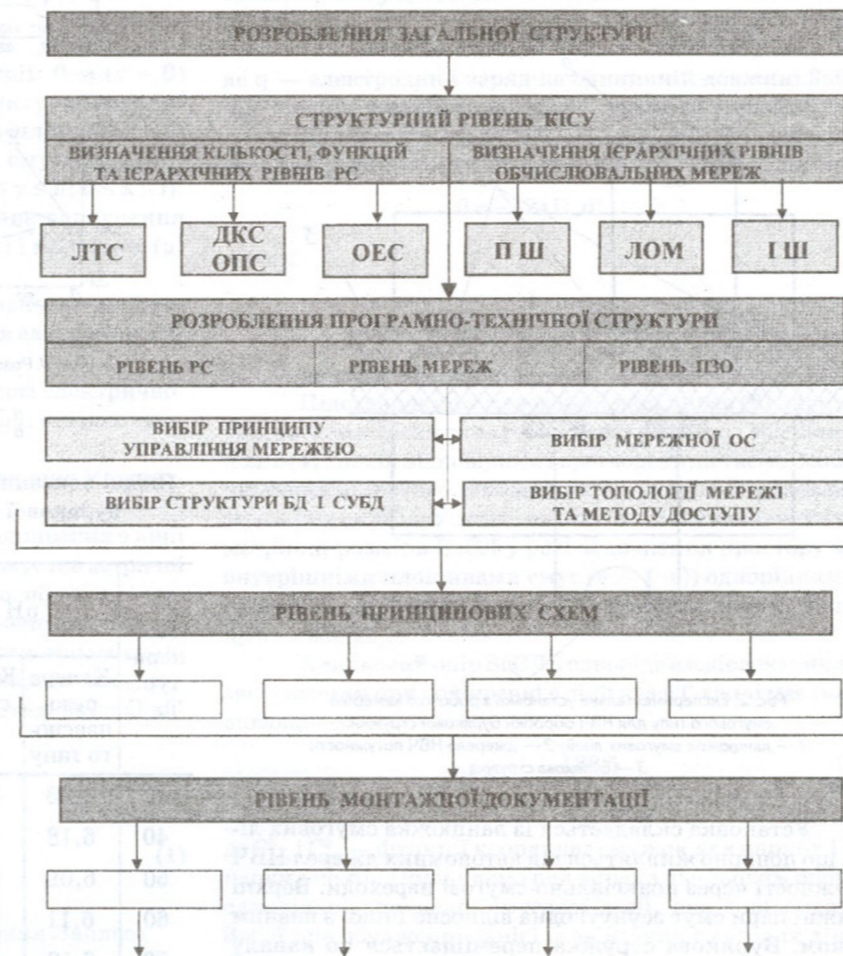


Рис. 1. Послідовність процедур при проектуванні КІСУ

них мереж. Розв'язання цих підзадач тісно пов'язані між собою, тому що при визначенні функціонального призначення РС, безумовно, потрібен ієрархічний поділ їх на РС трьох рівнів: на *нижньому* — локальні технологічні станції (ЛТС) для управління технологічним процесом; на *середньому* — операторські станції (ОПС) для управління технологічними комплексами, серед яких у разі потреби виділяють диспетчерську координуючу станцію (ДКС) для управління всім виробництвом; на *верхньому* — *організаційно-економічні станції* (ОЕС) для управління бізнес-процесами підприємства. Для розв'язання на практиці цієї підзадачі можна застосовувати аналітичні методи визначення оптимальної кількості ЛТС [7] за вартісними критеріями з урахуванням того, що наближення ЛТС до термінальних точок технологічного об'єкта управління, з одного боку, зменшує вартість ліній зв'язку, а з другого — збільшує кількість ЛТС.

Ієрархічні рівні мереж можуть збігатися з ієрархічними рівнями вузлів (РС) чи об'єднувати РС різних рівнів [1]. Найчастіше використовують мережі трьох рівнів: на *нижньому* — *польова шина ПШ (Fieldbus)*, до якої підмикають мікропроцесорні контролери (МПК) і вимірювальні перетворювачі та виконавчі механізми з вбудованими АЦП; на *середньому* — *локальна обчислювальна мережа ЛОМ (Local Control Network)*, склад якої може суттєво змінюватися залежно від особливостей виробництва, програмного забезпечення та ідеології розроблювача; на *верхньому* — *інформаційна шина ІШ (Factory Network)*, яка є загальнозаводською мережею з підімкнутими до неї ОЕС та ДКС.

У максимальному випадку локально-обчислювальну мережу утворюють ЛТС, ОПС та ДКС, а іноді до неї безпосередньо підмикають окремі ЛТС і ОЕС. Потреба безпосереднього підмикання МПК виникає в разі управління невеликими технологічними дільницями, які розташовані на значній відстані від основного технологічного обладнання. Організаційно-економічні станції у цю мережу вмикають у харчових виробництвах малої потужності, коли ці станції одночасно виконують роль координуючих.

Вартісні критерії також можуть бути використані при розв'язанні цієї підзадачі, тому що зменшення кількості ієрархічних рівнів обчислювальних мереж, з одного боку, збільшує навантаження мережі, довжину ліній зв'язку та кількість мостів, а з другого — зменшує кількість обчислювальних мереж на підприємстві та шлюзів.

Розроблення програмно-технічної структури КІСУ — це друга задача структурного рівня. Перед розглядом її змісту зазначимо, що зараз існують два шляхи створення КІСУ: *системно-інтеграційний* (традиційний) і *трансферний* (комплексний). У першому випадку систему створюють фірми — *системні інтегратори*, компонуючи її з програмно-технічних засобів різних фірм-виробників. У другому випадку фірми-виробники впроваджують свої програмно-технічні комплекси (ПТК), прив'язуючи їх до конкретного об'єкта. Зрозуміло, що задача розроблення програмно-технічної структури КІСУ виникає здебільшого при використанні системної інтеграції, причому її вирішення збільшує витрати на проектування системи, які, однак, як правило, компенсуються меншою вартістю системи.

При розв'язанні цієї задачі також можна виділити три рівня її деталізації: рівень обчислювальних мереж, рівень РС, рівень пристроїв зв'язку з об'єктом (ПЗО). Кожен з цих рівнів має реалізувати певні функції системи, тому ПТС теж розробляють за ітераційною процедурою.

Для *рівня мереж* характерна така послідовність підзадач розроблення ПТС (рис. 2).

Вибір принципу управління мережами. Їх три: *централізований*, типу "клієнт—сервер"; *децентралізований*, що потребує побудови однорангової мережі, і *комбінований*. Однорангові мережі називають ще мережами з рівноправною архітектурою, тому що більшість користувачів отримує спільний доступ до файлів більшої кількості ПЕОМ. Завдяки своїй простоті та невеликій вартості однорангові мережі мають поширення у системах з невеликою кількістю рівноправних робочих станцій (не більше ніж 10). Недоліками цього принципу управління є утруднення, що виникають при захисті інформації, а також при побудові ієрархічних систем управління, тому в останньому випадку найчастіше орієнтуються на архітектуру "клієнт—сервер". При комбінованому управлінні однорангова частина мережі дає можливість обміну файлами без участі оператора, а централізована частина керує файлами, друкуванням та засобами зв'язку більш високого рівня.

Вибір мережної (серверної) операційної системи (ОС). Їх поділяють на *універсальні* та *спеціалізовані*. Сучасні універсальні ОС, як правило, багатозадачні та багатопотокові, мають меншу вартість і можуть бути використані в задачах "м'якого" реального часу, коли час реагування не перевищує десятки і сотні мілісекунд. Якщо треба мати менший час реагування, то застосовують спеціалізовані ОС, які є операційними системами реального часу. В той же час вони складніші, мають більшу вартість і відносно невелику кількість прикладних програм, сприяють виникненню проблем системної інтеграції. Для подолання останнього недоліку використовують один з двох способів: підтримка однієї ОС одночасно кількох апарат-

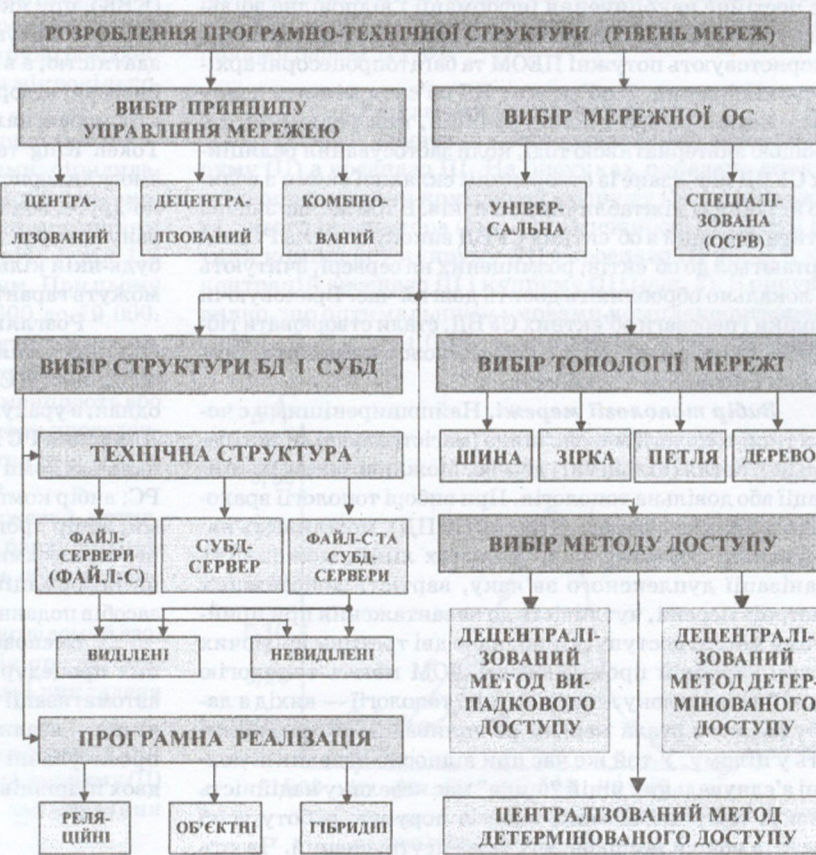


Рис. 2. Структура розв'язання задачі розроблення ПТС для рівня мереж

них платформ або забезпечення стандартного інтерфейсу між прикладними програмами та ОС.

Вибір структури бази даних (БД) і системи управління БД (СУБД). База даних фізично може бути розміщена на диску СУБД-серверу; на одному чи кількох файл-серверах великої місткості у випадку, коли кільком користувачам потрібен доступ до однакових файлів великого об'єму; на СУБД-сервері і на файл-серверах. Перераховані варіанти тісно пов'язані з двома варіантами колективного доступу до БД. Перший полягає в тому, що файли БД розміщені на дисках файл-серверів і всі РС отримують доступ до файл-серверів. При другому варіанті використовують СУБД-сервери. Перший варіант має певні недоліки. По-перше, при транзакції даних файл-серверу однією робочою станцією треба блокувати можливість транзакцій цих даних іншими РС. По-друге, при пошуку даних на файл-сервері треба відповідний файл "перекачати" через мережу в оперативну пам'ять РС, що знижує продуктивність мережі, особливо при великій кількості РС. При застосуванні другого варіанта в мережі є СУБД-сервер, який на запит від РС виконує пошук і повертає не всі дані, що є об'єктом пошуку, а тільки запит і результати пошуку. Файл-сервери можуть бути виділеними або невиділеними. В мережах з централізованим управлінням застосовують виділені файл-сервери, які виконують тільки функції управління мережею і не використовуються як РС. Невиділений файл-сервер паралельно з функціями управління мережею виконує звичайні програми користувачів. Мережа з більшою кількістю файл-серверів працює швидше, тому що вона має не тільки більшу кількість дисків, а й більшу кількість дискових контролерів та процесорів. Програмна реалізація БД пов'язана з поділом їх на реляційні, об'єктні та об'єктно-реляційні. Найпоширенішими є реляційні БД, в яких дані зберігаються у вигляді двовимірних таблиць. Таблиці великих реляційних БД іноді складаються з сотень мільйонів рядків, тому пошук в одній такій таблиці потребує багато часу і комп'ютерних ресурсів. Проблема ускладнює постійне накопичення інформації і відповідне збільшення розмірів БД. Для ефективної експлуатації таких БД використовують потужні ПЕОМ та багатопроцесорні архітектурні рішення. В об'єктних БД об'єкти містять повну інформацію про себе, вони гнучкіші, ніж реляційні, і є хорошою альтернативою тоді, коли застосування реляційних СУБД пов'язане із створенням складної схеми з великою кількістю міжтабличних зв'язків. В той же час значна частина операцій в об'єктних СУБД виконується на РС, які звертаються до об'єктів, розміщених на сервері, зчитують їх і локально обробляють досить довгий час. Враховуючи недоліки і переваги об'єктних СУБД, стали створювати гібридні об'єктно-реляційні СУБД, які можуть зберігати і традиційні табличні дані, і об'єкти.

Вибір топології мережі. Найпоширенішими є чотири типи топології мереж: шина (магістральна), зірка (радіальна), петля (кільцева) і дерево. Можливі також їх комбінації або довільна топологія. При виборі топології враховують швидкість передачі даних (ШПД), можливість нарощування, довжину з'єднувальних ліній, можливість організації дуплексного зв'язку, вартість допоміжних пристроїв мережі, чутливість до навантаження при прийнятному методі доступу. Приблизно дві третини існуючих зараз у харчовій промисловості ЛОМ мають топологію "шина" через високу живучість цієї топології — вихід з ладу будь-якого вузла мережі не впливає на її працездатність у цілому. У той же час при відносно невеликій довжині з'єднувальних ліній "шина" має невелику надійність зв'язку, тому що відмова кабелю порушує роботу усієї мережі, а пошук несправності у кабелі утруднений. Четверть існуючих у харчовій промисловості ЛОМ використовують топологію "зірка", яка має відносно велику довжину з'єд-

нувальних ліній та невелику структурну надійність через те, що вихід з ладу центрального вузла робить непрацездатною усю мережу. Недоліками "зірки" є також перевантаження центрального вузла операціями обміну інформацією між термінальними вузлами. У той же час її поширення зумовлене простотою конфігурації, надійністю автономного для кожного вузла зв'язку і, як наслідок, тим, що легко знайти несправність цього зв'язку.

Вибір методу доступу користувача до каналу зв'язку тісно пов'язаний з вибором топології мережі. Найпоширенішими методами доступу є децентралізований метод випадкового доступу (ДВД), децентралізований метод детермінованого доступу (ДДД) і централізований метод детермінованого доступу (ЦДД). Перший метод використовують у найпоширенішій серед ЛОМ мережі Ethernet з магістральною топологією. На користь застосування цієї мережі на харчових підприємствах свідчить нерівномірне розташування РС та відносно невелика вартість кабелю і допоміжного обладнання. У той же час, враховуючи недетермінований характер ДВД, завжди існує невелика, відмінна від нуля вірогідність, що повідомлення одного з вузлів ніколи не досягне адресата, тому для нормальної роботи цієї мережі вона має бути завантажена не більше ніж на 70%. Якщо ж потрібна гарантована доставка інформації, то застосовують ДДД або ЦДД, які побудовані на використанні маркера. Найпоширенішими серед таких мереж є мережа Arcnet, в якій РС утворюють "логічне кільце" при використанні магістральної, радіальної або дерадальної топологій, та мережа Token-Ring з комбінованою топологією "зірка/петля" — вузли радіально під'єднані до концентраторів, які, з'єднуючись, утворюють "кільце". При створенні корпоративної обчислювальної мережі виникають проблеми, пов'язані з об'єднанням ЛОМ з різними ШПД в мережу з великою кількістю вузлів, яку вирішують застосуванням високошвидкісних мереж (ВШМ). Найефективнішим способом комутації в таких мережах є комутація зі створенням віртуальних каналів (КВК), при якій кожній парі вузлів, що взаємодіють, надається віртуальний канал з гарантованою пропускну здатністю, а в разі потреби в кількох одночасних сеансах передачі створюється кілька віртуальних каналів. До таких мереж належать мережі Switched Ethernet, Switched Token Ring та ATM. Застосування КВК, по-перше, дає змогу використовувати звичайні мережі поширених типів, по-друге, вона забезпечує кожному користувачу гарантовану пропускну здатність і високу захищеність даних при будь-якій кількості одночасно працюючих вузлів, чого не можуть гарантувати інші ВШМ.

Розглянуто послідовність підзадач розроблення ПТС для рівня мереж доповнимо переліком підзадач розроблення ПТС для рівня РС і рівня ПЗО, не зупиняючись, однак, з урахуванням публікацій [1-3], на їхньому змісті. Для рівня РС це: вибір офісних та індустріальних персональних комп'ютерів, мікропроцесорних контролерів для РС; вибір комп'ютерів для серверів; вибір SCADA-програми; вибір програмного забезпечення для управління бізнес-процесами. Для рівня ПЗО це: вибір засобів отримання інформації; вибір засобів подання інформації; вибір засобів подання управляючих дій.

Висновок. Найсуттєвіші зміни у структурі проектних процедур і методах проектування сучасних систем автоматизації — комп'ютерно-інтегрованих систем управління — сталися на структурному рівні узагальнення при проектуванні цих систем, який можна подати у вигляді двох підрівнів: загальної і програмно-технічної структур.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ицкович Э.Л. Особенности микропроцессорных программно-технических комплексов разных фирм и их

выбор для конкретных объектов // Приборы и системы управления. — 1997. — № 8. — С. 1–5.

2. *Ицкович Э.Л.* Выбор пакета визуализации измерительной информации (SCADA-программы) для конкретной системы автоматизации производства // Приборы и системы управления. — 1996. — № 10. — С. 20–24.

3. *Корнеева А.И., Матвейкин В.Г., Фролов С.В.* Программно-технические комплексы, контроллеры и SCADA-системы. — М.: ЦНИИТЭнефтехим, 1996. — 220 с.

4. *Ладанюк А.П., Трегуб В.Г., Кишенько В.Д.* Управление технологическими комплексами в компьютерно-интегрированных системах // Проблемы управления и информатики. — 2000. — № 2. — С. 72–79.

00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0
------	------	------	------	------	------	------

5. *Трегуб В.Г., Ладанюк А.П., Ладанюк О.А.* Структура та функції сучасних комп'ютерно-інтегрованих систем управління харчовим підприємством // Автоматизація виробничих процесів. — 1998. — № 1/2. — С. 23–26

6. *Трегуб В.Г., Ладанюк А.П.* Структура проектних процедур при створенні комп'ютерно-інтегрованих систем управління // Інформ. бюл. Schneider electric SAC. — 1998. — Вип. 5. — С. 15–17.

7. *Шенброт И.М., Алиев В.М.* Проектирование вычислительных систем распределенных АСУТП. — М.: Энергоатомиздат, 1989. — 88 с.

Надійшла до редколегії 20.09.2000 р.