

## ЗАДАЧА ПОБУДОВИ РАЦІОНАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ

Раціональний перерозподіл параметрів достовірності, оперативності, надійності обробки інформації та визначення графіка роботи системи утворюють деяку спільність зв'язаних задач, рішення яких повинне бути досягнуто на основі загальносистемних вимог. Розглянуті основні труднощі при виборі раціонального комплексу технічних засобів та визначені напрями подальших досліджень оптимальних системних вимог.

**Ключові слова:** передача даних, інформаційна система, обробка інформації, достовірність інформації, проектування системи.

Телекомунікації є однією з областей сучасної науки і техніки яка інтенсивно розвивається. Відмітна особливість нашого часу - безперервно зростаюча потреба в передачі потоків інформації. Це обумовлено багатьма причинами, і в першу чергу тим, що зв'язок став одним з найпотужніших важелів управління виробництвом. Одночасно, зазнаючи значних змін, стаючи багатостороннім і всеосяжним, електровз'язок кожної країни стає все більш інтегрованим в світовий телекомунікаційний простір, та потребує значних матеріальних, людських та фінансових ресурсів на його створення.

Системи передачі даних (СПД) в інформаційних системах (ІС) виконують функції збору, передачі й реєстрації даних. У залежності від технологічного процесу обробки інформації система комплектується відповідними технічними засобами. Загальна сукупність технологічних ліній визначає структуру СПД. При цьому, обрані технічні засоби, покликані виконати визначені вимоги замовника системи за часом, вірогідністю та надійністю обробки інформації. Час обробки інформації СПД залежить від аварійних відмов пристроїв та комплексної швидкості обробки інформації. Раціонально спроектована система повинна активно протистояти таким збурюючим впливам, як аварійні відмови пристроїв. Під цим розуміється здатність системи обробляти заданий обсяг інформації за допустимий час, незважаючи на можливі відмовлення її пристроїв.

Оскільки кількість відмовлень того чи іншого пристрою й час необхідний на його ремонт носять випадковий характер, то звичайно потрібно розглянути величину  $\eta = P\{t_{\text{доп}} \leq T_{\text{доп}}\}$ , рівну ймовірності того, що заданий об'єм інформації буде оброблений за допустимий час  $T_{\text{доп}}$ . Величина  $\eta$  є показником зазначеної якості системи, її нижній допустимий рівень повинний бути визначений технічним завданням на проектування СПД. Іншими словами, при проектуванні СПД необхідно забезпечити виконання нерівності  $\eta \geq 1 - \epsilon$ , де величина  $\epsilon$  задається замовником системи і характеризує втрати виробництва від несвоєчасної доставки інформації до споживача.

Важливою характеристикою СПД є достовірність обробки інформації. Джерелами помилок в оброблюваній інформації є короткочасні збої у функціональних перетворювачах (ФП), перешкоди в каналах зв'язку, оператор, що робить підготовку інформації. З метою усунення помилок інформації, для підвищення достовірності обробки, у СПД може бути введена як структурна, так і інформаційна надмірності. Слід зазначити ту обставину, що застосовувані методи підвищення швидкості і достовірності обробки інформації у кожному із ФП різні і не завжди можуть бути поширені на усі функціональні вузли технологічної лінії. Тому застосування вказаних методів і місце їхньої реалізації визначається структурою СПД і обраними технологічними варіантами обробки інформації. Технологічні варіанти обробки інформації й структура системи визначаються особливостями виробництва.

Специфічні особливості побудови СПД обумовлюються характерними рисами виробництва. До них можна віднести:

- велика кількість джерел інформації;
- рознесеність джерел інформації на території;
- віддаленість джерел від споживачів інформації на великі відстані;
- висока цінність оброблюваної інформації, а саме, планово-економічної і виробничої;

- специфіка задач, розв'язуваних в ІС виробництва;
- ієрархія підпорядкованості.

Існуюча в ІС кількість джерел інформації й генерація кожним із них невеликої кількості об'ємів даних вимагає від розробників системи централізації процесу первинної обробки інформації (нанесення інформації на документи, що читаються ЕОМ і т.д.). Рознесеність і віддаленість джерел від споживачів інформації викликають необхідність децентралізації технічних засобів із застосуванням апаратури передачі даних, організації мережі зв'язку. Комплекс технічних заходів (КТЗ) СПД повинний базуватись на раціональному поєднанні принципу централізації і децентралізації технічних засобів. Відтворивши у собі особливості виробництва, СПД виконує зазначені вище функції за допомогою засобів:

- засобів призначених для реєстрації, збору і первинної обробки інформації: ЕОМ (бухгалтерії, планово-економічні і фінансові відділи і т.д.), реєстратори виробництва (центральні склади, цехи, управління), датчики (потоків ліній, бази, заводи);
- апаратури передачі даних, каналів зв'язку;
- накопичувачів інформації.

Існуючій ієрархії керування виробництвом можна поставити у відповідність велику кількість структур СПД. Під структурою СПД надалі будемо розуміти кількість, розташування джерел і споживачів інформації, проміжних пунктів її збору й обробки з обраними інформаційними зв'язками. Завданням знаходження раціональної структури є визначення місця розташування проміжних пунктів. Кожна структура СПД містить певну множину технологічних варіантів обробки інформації. Для порівняння конкурентноздатних варіантів структур системи необхідно вміти розрахувати конкретну структуру із заданою технологією обробки інформації.

При цьому в системі повинні бути виконані вимоги на достовірність і швидкість обробки інформації, надійність функціонування пристроїв. Повний перерозподіл "ресурсів" достовірності, швидкості обробки інформації, надійності пристроїв можливий тільки шляхом вирішення оптимізаційної задачі для всієї системи.

Вирішенню проблеми забезпечення достовірності, швидкості обробки інформації і надійності СПД приділяється значна увага. Кінцевою метою робіт і розроблених методик вибору КТЗ ІС є перерозподіл у системі параметрів надійності, достовірності і швидкості обробки інформації з метою мінімізації витрат на створення і експлуатацію системи.

На початковому етапі робіт з цього питання спостерігалася спроба різних авторів вирішити зазначену задачу в глобальному масштабі. У деяких роботах викладені загальні принципи побудови інформаційної моделі КТЗ.

Запропоновано шляхом перебирання оптимізувати систему по усім параметрам якості: надійності, достовірності, оперативності. Зрозуміло, що виникаюча при цьому багатофакторна задача має велику розмірність навіть при нескладній структурі системи. Досить перспективним є метод вибору КТЗ, що базується на агрегативному описі ІС і побудові моделюючих алгоритмів. У зв'язку з тим, що відомі математичні методи і засоби обчислювальної техніки не дозволяють ефективно вирішувати зазначені задачі, розглянуті способи побудови систем малозастосовні, тому на практиці використовують прості в користуванні інженерні методи. На цій основі розроблена значна кількість рекомендацій, керуючих технічних матеріалів, методик з вибору КТЗ. При цьому, послідовність вирішень задачі полягає в наступному:

а) інтуїтивний вибір структури і технології обробки інформації в системі на основі загальних вимог;

б) декомпозиція системи на підсистеми збору і передачі даних, введення, накопичення, переробки і видачі інформації, з метою зниження розмірності розв'язуваної задачі;

в) рішення задачі до виконання обмежень за часом  $\sum_{k=1}^n t_k < T_{\text{доп}}$  і за достовірністю  $\prod_{k=1}^v D_{k=1} = D_{\text{доп}}$  обробки інформації при мінімальних витратах, де:

- $N$  - кількість підсистем обробки інформації;
- $t_k$  - час обробки інформації в  $k$ -й підсистемі;
- $T_{доп}$  - допустимий час обробки інформації в системі;
- $D_k$  - достовірність обробки інформації  $k$ -ю підсистемою;
- $D_{доп}$  - допустима ймовірність обробки інформації системою.

Такий підхід до рішення задачі застосується тільки при використанні ручного методу розрахунку систем. Наведені в роботах дані свідчать про великі втрати, що трапляються при виборі технічних засобів при зазначених методах розрахунку. Тому перед конструкторами систем виникає задача пошуку шляхів зменшення зазначених витрат.

В даний час запропоновано два шляхи рішення цієї проблеми:

- а) використання типових проектних рішень (ТПР);
- б) формалізація задачі вибору КТЗ, що дозволяє застосувати до рішення відомі методи математичного програмування, а також прискорити процес і збільшити точність її розв'язання.

Вибір типів КТЗ і комплектування варіантів проводиться на основі заздалегідь складених логічних схем.

Найкращому варіанту КТЗ відповідає мінімум приведених витрат.

Необхідні дані капітальних і експлуатаційних витрат розраховуються наперед і зберігаються в пам'яті ЕОМ.

Вказані питання є проблемними, тому в публікаціях часто зустрічаються роботи, присвячені оцінці цих проблем. В деяких роботах представлена методика перерозподілу достовірності в системі. Критерієм ефективності перерозподілу виступають приведені витрати, тобто достовірність вважається перерозподіленою раціонально, якщо приведена вартість системи мінімальна.

В якості оцінки впливу ненадійності роботи пристроїв на достовірність оброблюваної інформації приведена еквівалентна ймовірність помилки ( $q$ ), яка характеризується середньою ймовірністю появи хоча б одного значного спотворення на один кодовий елемент:

$$q = \frac{L}{BR}$$

де,  $L$  - сумарна інтенсивність відмов і збоїв в важливих елементах пристроїв;

$B$  - швидкість передачі інформації (код. елементів/годину);

$R$  - пропускна спроможність тракту;

$$R = \frac{K}{\Pi_\phi}$$

де,  $K$  - число інформаційних елементів в кодовому слові;

$\Pi_\phi$  - фактична кількість кодових елементів в слові, визначається методом передачі інформації.

Вказано, що еквівалентна ймовірність помилки, яка визначається від надійності, дозволяє визначити пристрою - еквівалентний канал зв'язку, в якому розрахунок достовірності можна проводити ідентичними способами. Визначено зміну еквівалентної ймовірності помилки від зміни пропускної здатності підсистеми від  $R$  до  $R_1$ ; від введення інформаційної надмірності (кодова надмірність збільшується в  $\gamma$  раз, а пропускна спроможність зменшується до  $R_1$ ); від зміни способу функціонування підсистеми, що характеризується коефіцієнтом функціонування  $K_\phi$ ;

$$q_{R=R_1} = q_{R_1}^{R_0}$$

$$q_{\gamma,R} = q \frac{\gamma R_0}{R_1}$$

$$q_{K_\phi} = q \frac{K_{\phi 1}}{K_{\phi 0}}$$

Для оцінки  $K_\phi$  розглянута характерна для ІС система з послідовним циклічним опитом джерел інформації.

В роботі [3] використаний критерій ефективності цифрових систем передачі. Критерій дозволяє перерозподілити в системі достовірність обробки інформації і виражений у формі приведених витрат на обробку інформації. Для того, щоб критерій дозволив перерозподілити

в системі достовірність, складові приведених витрат виражені як функції параметрів завадостійкості і надійності. Результатом проведених досліджень з'явилася постановка задачі оптимізації системи по параметру достовірності:

$$\min \sum_{ji} S_j (M_j; P_{ij}; \Pi_j; N)$$

при обмеженнях:

$$\sum_{ji} K_{\phi j} \tau_j (m_j; P_{ij}; \Pi_j; N) \leq \tau_3$$

$$\sum_{ji} q_{ij} (m_j; P_{ij}; N_j) \leq Q_{\text{доп}}$$

де,  $S_j (M_j; P_{ij}; \Pi_j; N)$  - критерії оптимізації;

$\tau_j (m_j; P_{ij}; \Pi_j; N)$  - час перетворення інформації в  $j$ -ї підсистемі;

$P_{ij}$  - надійність  $i$ -го пристрою  $j$ -ої підсистеми, представлена еквівалентною ймовірністю помилки від ненадійності  $q_{ij}$

$\Pi_j$  - параметри завадостійкого кодування  $j$ -ої підсистеми, представлені еквівалентною ймовірністю помилки  $q_j$  і пропускнуою спроможністю  $R_j$  методу кодування;

$K_{\phi j}$  - спосіб функціонування  $j$ -ої підсистеми;

$q, Q$  - еквівалентна вірогідність помилки.

Слід зазначити, що в роботах [1, 2, 3] не вказаний спосіб, що дозволяє перерозподілити надійність (показник аварійних відмов пристроїв), достовірність і швидкість обробки інформації залежно від показника  $(1 - \epsilon)$ , що характеризує втрати виробництва внаслідок невчасної доставки інформації споживачу. Окрім цього, точне визначення цих значень, часто, виявляється неможливим в реальних системах. При цьому виникає необхідність моделювання проходження інформації через систему. Отже, тимчасові обмеження матимуть складніший вигляд.

Рішення задачі синтезу структури в роботі проводиться на основі виділення з множини повідомлень  $\{N\}$ , тих повідомлень, які характеризуються якнайменшим допустимим часом обробки. В більшості випадків, на практиці, виділення об'ємів проводити не можна, оскільки розрахунок задачі, при таких початкових даних, не враховуватиме затримки інформації в системі через утворення черг.

В даний час відома обмежена кількість робіт, в яких зроблена спроба формалізувати процес розрахунків по задачі вибору КТЗ ІС. Це пов'язано з труднощами, які зустрічають автори при математичному описі інформаційних моделей. До них можна віднести:

- прийнятний опис джерела інформації;
- вибір цільової функції оптимізації;
- визначення обмежень на параметри якості системи;
- опис процесу визначення доцільних місць введення, реалізації інформаційної надмірності;
- визначення математичних методів рішення задачі.

Таким чином, проведений аналіз відомих робіт [1, 2, 3] дає підставу стверджувати:

а) в даний час досліджені й розроблені наступні питання задачі вибору КТЗ:

- розглянуті теоретичні питання вибору всього КТЗ з урахуванням різноманітних чинників, що впливають на їх ефективність;

- показано, що для задач синтезу складних систем не існує алгоритму, який був би „істотно простішим” за перебір;

- оскільки алгоритми перебору фізично важко реалізуються починаючи із задачі дуже невеликої розмірності, найважливіше питання полягає в тому, чи можна якимсь чином знизити складність задачі;

- запропоновано розбивати складні системи на підсистеми, з метою зменшення розмірності вирішуваної задачі;
  - проаналізовані недоліки відомих методів вибору КТЗ і вказані актуальні шляхи їх удосконалення;
  - формалізована методика вибору КТЗ, але розрахунок кількості технічних засобів проводиться по залежності, розрахованій для ручного проектування;
  - запропонований та частково розроблений спосіб формалізації процесу розрахунків зі задачі вибору кількості технічних засобів;
- б) в даний час не розроблені питання:
- опису джерела інформації в ІС;
  - визначення залежності складових критерію ефективності КТЗ від параметрів якості технічних засобів. Визначення вказаної залежності дало б можливість перерозподілити „ресурси” параметрів в системі і добитися мінімальних витрат на її створення;
  - визначення обмежень на параметри якості системи, що дозволяє перерозподілити надійність, достовірність і швидкість обробки інформації залежно від показника втрат виробництва  $(1-\epsilon)$
  - визначення доцільних місць введення і реалізації інформаційної надмірності;
  - визначення графіка роботи системи;
  - загальної постановки задачі оптимального проектування КТЗ, в якій би були методично взаємозв'язані обмеження на параметри якості системи і процес введення інформаційної надмірності.

Відповідно до проведеного огляду і аналізу відомих методів синтезу СПД в подальших дослідженнях КТЗ може бути поставлена наступна мета: розробити і дослідити метод формалізованого вибору КТЗ СПД, що дозволяє побудувати раціональну систему шляхом перерозподілу між її елементами параметрів достовірності, оперативності і надійності обробки інформації з урахуванням загальносистемних вимог, визначити графік роботи системи, прискорити процес вибору КТЗ і збільшити його ефективність.

Місце вирішуваної задачі в загальній задачі вибору КТЗ показано на рис.1.1.



Рис.1. Розрахунок системи обслуговування КТЗ СПД

**Висновки.**

Задача побудови системи передачі інформації є багатофакторною і має велику розмірність. В деяких роботах представлена методика перерозподілу достовірності в системі. Критерієм ефективності перерозподілу виступають приведені витрати, тобто достовірність вважається перерозподіленою раціонально, якщо приведена вартість системи мінімальна.

Зроблена спроба визначити аналітичну залежність показника достовірності вихідної інформації від характеристик надійності і завадостійкості. Запропоновано при визначенні цієї залежності враховувати суттєві відмови і збої, тобто ті параметри надійності, котрі визначають помилки в оброблюваній інформації. При цьому оцінка впливу надійності на достовірність проводиться по сумарній інтенсивності істотних відмов і збоїв.

**Література**

1. Л. С. Левин, М. А. Плоткин «Цифровые системы передачи информации» - М.: Радио и связь, 1982.
2. С. В. Кунегин «Системы передачи информации». Курс лекций. М.; в/ч 33965, 1997.
3. В. В. Герасимов, Л. С. Минина, А. В. Васильева «Информационные технологии производственных систем»: Учеб, пособие. - Новосибирск: НГАСУ, 2001.

Надійшла 06.02.2017 р.

Рецензент: д.т.н., проф. Вишнівський В.В.