

Українська державна академія залізничного транспорту

Боровий Вадим Іванович

УДК 681.5:621.39

**МЕТОДИКА ПРИЙНЯТТЯ РІШЕННЯ ПО УПРАВЛІННЮ  
МЕРЕЖЕЮ ОБМІНУ ДАНИМИ В УМОВАХ  
НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ІНФОРМАЦІЇ**

05.12.02 – Телекомунікаційні системи та мережі

**АВТОРЕФЕРАТ**

Дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Харків–2004

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Харківському військовому університеті Міністерства оборони України.

Науковий керівник кандидат технічних наук, доцент  
Шматков Сергій Ігорович,  
Харківський військовий університет,  
начальник кафедри ХВУ.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор  
Краснобаєв Віктор Анатолійович,  
Харківський державний технічний університет  
сільського господарства, професор кафедри  
“Автоматизація та комп’ютерні технології”  
  
кандидат технічних наук, старший  
науковий співробітник  
Кучеренко Юрій Федорович,  
Науковий центр бойового застосування  
Військово-Повітряних Сил,  
начальник науково-дослідного відділу  
(проблем автоматизації управління авіацією).

Провідна установа: Харківський національний університет радіоелектроніки  
Міністерства освіти і науки України,  
кафедра “Телекомунікаційні системи”.

Захист відбудеться “11” червня 2004 року о 13.30 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради  
Д64.820.01 Української державної академії залізничного транспорту за адресою: 61050, м. Харків,  
пл. Фейербаха, 7.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Української державної академії залізничного  
транспорту за адресою: 61050, м. Харків, пл. Фейербаха, 7.

Автореферат розісланий “07” травня 2004 року.

Вчений секретар

Спеціалізованої вченої ради

Книгавко М.В.

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

### **Актуальність теми дисертаційної роботи.**

Прогрес інформаційних технологій у теперішній час впливає на більшість сфер життя суспільства. Відбувається інтеграція мереж передачі даних і мови, значно збільшується обсяг мережевого навантаження. З урахуванням цього створюються все більш складні архітектури та топології мереж. Усе це, а також розподілений характер крупної корпоративної мережі робить неможливим підтримання її роботи на потрібному рівні без системи управління мережею, що також є складною системою.

Питанням синтезу та аналізу мереж обміну даними (МОД), що базуються на передових інформаційних технологіях, присвячено достатньо багато робіт. Однак при розробці принципів побудови системи управління мережі обміну даними не враховується можливість вирішення поставлених задач із неповною, а деколи й неточною інформацією, тобто при наявності інформаційної невизначеності. Розроблена методика прийняття рішення по управлінню МОД враховує не лише фактор невизначеності інформації про стан елементів мережі, але і втрати цінної інформації, що передається, а також переваги та наслідки рішення, що приймається по управлінню МОД.

Запропонована методика базується на комплексному використанні формальних математичних методів і неформальних експертних знань. В якості об'єктів моделювання вибрано характеристики процесу передачі даних, а в якості засобу моделювання взятий апарат ймовірно-часових графів, що добре зарекомендував себе в багатьох роботах як засіб аналітичного моделювання.

Розроблена методика дозволяє підвищити повноту аналізу системи інформаційного обміну шляхом урахування ряду особливостей, що притаманні процесу обробки інформації в МОД, і особливостей управління такою МОД при наявності невизначеності про стан її елементів, отже, тема дисертаційної роботи є актуальною.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дійсна робота є узагальненням і продовженням досліджень, що пов'язані з виконанням науково-дослідних робіт "Гряда", "Нива", "Ситуація-Х", "Кодограма-2" та "Нить", які проводилися в Харківському військовому університеті.

**Мета і задачі дослідження.** Мета роботи полягає в розробці методів прийняття рішення по управлінню мережею обміну даними з урахуванням цінності інформації, що передається по мережі, та можливої невизначеності стану елементів МОД.

Основна задача роботи – розробити методи прийняття рішення по управлінню МОД у надзвичайних ситуаціях при наявності невизначеності стану її елементів.

**Об'єктом дослідження** є процес прийняття рішення при управлінні складними розподіленими системами.

**Предметом дослідження** є методи управління складними розподіленими системами в умовах невизначеності стану мережі обміну даними.

Методи досліджень: статистична теорія зв'язку, теорія випадкових процесів, теорія графів, теорія передачі даних і теорія кодування.

У відповідності з поставленою метою необхідно вирішити наступні взаємопов'язані задачі:

1. Розробити алгоритм як усього процесу прийняття рішення по управлінню мережею обміну даними, так і окремих його етапів.
2. Розробити метод визначення ймовірно-часових характеристик етапів процесу прийняття рішення по управлінню МОД.
3. Для оцінки ефективності функціонування мережі обміну визначити комплексний показник якості роботи мережі, що характеризує величину зниження продуктивності, та розробити метод оцінки ефективності МОД.
4. Розробити метод оцінки ситуації, що склалася в мережі обміну, та методи вибору переваг при прийнятті рішення по управлінню МОД і оцінки наслідків цих рішень.
5. Розробити метод прийняття рішення при управлінні якістю обслуговування в мережі обміну даними з урахуванням пріоритетності потоків інформації та цінності даних, що передаються.

#### **Наукова новизна отриманих результатів.**

1. З використанням апарату виробляючих функцій отримали подальший розвиток математичні моделі, що дозволяють проводити оцінку ймовірно-часових характеристик етапів збору інформації про стан мережі обміну даними та прийняття рішення по управлінню МОД.
2. Вперше розроблено метод оцінки ефективності МОД, який на відміну від відомих дозволяє враховувати як цінність даних, що передаються, так і можливість наявності невизначеності про стан елементів мережі.
3. Отримали подальший розвиток методи оцінки переваг при прийнятті рішення по управлінню МОД і наслідків прийнятого рішення, відзнаковою особливістю яких є врахування корисності отриманого при управлінні результату та можливого часу простою мережі обміну даними.
4. Удосконалено метод прийняття рішення при управлінні якістю обслуговування, що дозволяє при присвоєнні пріоритетності враховувати втрати цінної інформації як за рахунок відмови в обслуговуванні, так і за рахунок старіння інформації, що передається.

#### **Практичне значення отриманих результатів.**

За допомогою розроблених методів реалізується можливість управління мережею обміну даними як у теперішній час, так і при створенні нової МОД, що базується на передових інформаційних технологіях.

Розроблена методика прийняття рішення по управлінню МОД може бути використана:

як основа аналізу рішень при виборі варіанта управління мережею обміну даними в умовах невизначеності при інформаційному обміні для обслуговування конкретного угруповання МОД;

як засіб корекції прийнятого рішення при заданих вимогах до показників якості, умовах функціонування та інших обмеженнях.

Матеріали дисертаційної роботи використані в НДР “Лоцман” при визначенні вимог до процесу обміну інформацією в МОД.

**Особистий внесок здобувача.** В [1] автором запропонована структура алгоритма вибору засобів і способів досягнення мети при управлінні мережею обміну даними в умовах нечіткої інформації про стан її елементів; в [2] автором отримана залежність середнього часу затримки пакетів даних від інтенсивності їх надходження для різних стратегій управління мережею обміну даними, побудовані відповідні графічні залежності та проведений їхній аналіз; в [3] автором отримано рівняння балансу системи масового обслуговування для графу, який моделює процеси, що відбуваються в багаторівневій мережі обміну даними, та проведена оцінка ймовірнісно-часових характеристик цих процесів; в [4] автором розроблена методика оцінки кількості втраченої цінної інформації в залежності від пріоритетності обслуговування повідомлень в мережі обміну даними.

**Апробація результатів дисертації** проводилася на 2-му Міжнародному Форумі “Радіоелектроніка та молодь у XXI столітті” ХНТУРЕ (м. Харків, 1998 р.), науково-технічній конференції ХВУ (м. Харків, 1999 р.), 1-й, 2-й та 3-й наукових конференціях молодих вчених ХВУ (м. Харків, 2002 р. і 2003 р.).

**Публікації.** За темою дисертації надруковано 4 наукові статті, тези доповідей до 3-х наукових конференцій, надано матеріали до 2 звітів з НДР.

**Структура й обсяг дисертації.** Робота складається із вступу, 4-х розділів, висновків, списку використаних джерел і додатка. Повний обсяг дисертації складає 195 сторінок, у тому числі 153 сторінки основного тексту, 69 рисунків, 1 таблиця, список використаних джерел з 95 найменувань на 9 сторінках.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

**У вступі** обґрунтовується актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовані мета, задачі дослідження, наукова новизна та практичне значення отриманих наукових результатів, зв'язок роботи з науковими програмами та планами.

У першому розділі для більш повного розуміння процесів управління, що відбуваються в МОД, проведений аналіз експлуатуємої в теперішній час системи обміну даними в АСУ спеціального призначення на прикладі автоматизованої системи управління повітряним рухом.

Показано, що жодна із функціонуючих МОД не може забезпечити передачу інформації між комплексами засобів автоматизації (КЗА) різних АСУ в повному обсязі.

При впровадженні перспективних засобів і методів передачі даних необхідно забезпечити інформаційно-технічну сумісність КЗА спеціалізованих АСУ. Тому для забезпечення обміну даними про єдину повітряну обстановку необхідна розробка перспективної МОД. Впровадження нових інформаційних технологій доцільно проводити в два етапи. На першому етапі потрібно використовувати експлуатуєму апаратуру передачі даних (АПД) і організовувати обмін даними між МОД спеціалізованих АСУ. З цією метою можуть бути застосовані програмні та апаратні засоби спряження. На другому етапі необхідно повністю замінити КЗА та АПД на нові технічні засоби, що відповідають потребам спеціалізованих АСУ і перспективної МОД.

У розділі також розглянуті особливості мережі обміну даними як об'єкта управління, основні принципи управління мережею обміну даними та розроблена модель МОД як об'єкта управління, що складається із сукупності основних і сервісних моделей, а також механізмів їх взаємодії.

Модель МОД в цілому можна представити в наступному вигляді:

$$M_S = \langle M_{SO}, M_{SD}, Q_S \rangle,$$

де  $M_{SO}$  – основні моделі мережі;

$M_{SD}$  – сервісні моделі;

$Q_S$  – механізми взаємодії моделей;

$\langle \rangle$  – означає кортеж.

До складу основних моделей МОД належать:

$$M_{SO} = \langle M_T, M_O, M_{ДС}, M_{И}, M_{П}, M_{У} \rangle,$$

де  $M_T$  – модель топології мережі;

$M_O$  – модель об'єктів мережі (центрів комутації, каналів зв'язку, кінцевих пристроїв і комплексів засобів доступу абонентів);

$M_{ДС}$  – моделі двухполюсних мереж;

$M_{И}$  – модель інформаційної взаємодії (сукупність протоколів транспортного, мережевого, каналного та фізичного рівнів управління МОД);

$M_{П}$  – модель програмного забезпечення;

$M_{У}$  – модель системи управління мережею, що утворює середовища контролю та управління.

Ці моделі пов'язані процедурами, що використовують різні дані та знання.

Сервісні моделі  $M_{SD}$  являють собою набір протоколів, що забезпечують передачу інформації в мережі по різних інтерфейсам.

Механізми взаємодії моделей  $Q_s$  – це набір функцій, що забезпечують взаємодію між оператором мережі та експертною системою (системою підтримки прийняття рішення), тобто взаємодію “людина-машина”.

Модель топології мережі  $M_T$  та модель об’єктів мережі  $M_O$  входять складовою частиною до розроблених методик визначення ймовірності зв’язності між елементами мережі обміну даними та прийняття рішення по управлінню МОД.

Наприкінці розділу поставлено задачі на дослідження.

**У другому розділі** в рамках вирішення загальної задачі розглянута концептуальна модель прийняття рішення як складного та багатоступенчатого процесу, що складається з декількох етапів. Здійснено вибір показника ефективності та математичного апарату для описання процесу прийняття рішення по управлінню МОД.

В якості показника ефективності вибраний системний показник, що характеризує величину зниження продуктивності мережі обміну даними, який можна представити у наступному вигляді:

$$\Delta W = \sum_{i=1}^N P_i \cdot \Delta W_i,$$

де  $P_i$  – ймовірність порушення обміну інформацією в  $i$ -му напрямку;

$\Delta W_i$  – продуктивність  $i$ -го напрямку;

$N$  – кількість напрямків зв’язку.

При справному стані всіх напрямків  $\Delta W = 0$ .

Для стаціонарного угруповання МОД величини  $\Delta W_i$  можуть бути розраховані заздалегідь і при виникненні яких-небудь несправностей в  $i$ -му напрямку можна визначити величину зниження ефективності мережі.

Крім того, по максимальному значенню величини  $\Delta W$  може бути встановлена пріоритетність напрямків обміну інформацією. Тому особа, яка приймає рішення (ОПР), насамперед, визначає величину  $\Delta W_i$  напрямку зв’язку, в якому виявлено порушення обміну інформацією, та причину, що призвела до даного порушення. Подальші дії визначаються сумарною величиною  $\Delta W$ .

В якості критеріїв оцінки ефективності взято вимоги, що перед’являються до ймовірнісно-часових характеристик (ЙЧХ) системи обміну даними АСУ спеціального призначення, яка призначена для управління повітряними об’єктами.

У розділі також розроблена структура алгоритма вибору засобів і способів досягнення мети управління та запропоновано алгоритм прийняття рішення по управлінню мережею обміну даними, що наведено на рис.1.

У **третьому розділі** розроблені методи оцінки ймовірно-часових характеристик етапів процесу прийняття рішення по управлінню мережею обміну даними.

Для оцінки ЙЧХ різних етапів прийняття рішення вибраний формальний апарат ймовірно-часових графів (ЙЧГ). При цьому етапи збору інформації про стан МОД і передачі управляючої інформації на вузли мережі формально представлені у вигляді таких графів, а їх аналіз і оцінка проводилися за допомогою методу виробляючих функцій, що добре зарекомендував себе в ряді попередніх досліджень, які були пов'язані з процесами обміну інформацією в мережах передачі даних.

Отримані та проаналізовані графічні залежності середнього часу збору інформації про стан мережі обміну даними від ймовірності свободності вузлів МОД для різних значень ймовірності виникнення помилок у каналі зв'язку при передачі кадрів різної довжини.

На рис.2 наведено графіки залежності середнього часу збору інформації про стан мережі обміну даними від ймовірності свободності вузлів мережі, через які проходить дана інформація, для різних значень ймовірності опізнання інформації при передачі кадрами довжиною 128 біт.

Проведений аналіз показав, що вимоги за часом передачі інформації, які перед'являються до спеціалізованих МОД, виконуються у випадку  $P_{\text{своб}} \geq 0,8$  при  $P_{\text{оп}} \geq 0,7$ , якщо ймовірність виникнення помилки в каналі зв'язку складає  $P_{\text{ош.кс}} = 10^{-5}$  (помилки в каналі зв'язку некорельовані).

Розроблений метод оцінки ЙЧХ і побудовані у відповідності з цим методом графічні залежності дозволяють оцінити час збору інформації про стан мережі в різних умовах її функціонування.

Прийняття рішення по управлінню мережею відбувається на етапах оцінки ситуації та вибору засобів і способів досягнення мети. Тому що послідовність дій на цих етапах однакова, метод оцінки ЙЧХ також буде однакоим.

У відповідності з Концепцією створення єдиної національної системи зв'язку України МОД може знаходитися в наступних станах, що характеризують ситуацію, яка в ній склалася: норма; попередження; пошкодження (ускладнення управління); аварія.

Потрібно відзначити, що при виборі засобів і способів досягнення мети кількість варіантів може бути більшою ніж чотири.

При прийнятті рішення на управління мережею, тобто при оцінці ситуації та виборі засобів і способів досягнення мети у вказаних ситуаціях, можливе одночасне висування декількох гіпотез



(альтернатив) із наступним відбракуванням або попарне висування гіпотез (альтернатив). З метою спрощення процесу аналізу в подальшому як при оцінці ситуації, так і при виборі засобів і способів досягнення мети будемо полагати можливим висування лише трьох таких гіпотез. Прийняте обмеження не впливає на узагальнення отриманих висновків.

На рис.3 наведено ЙЧГ, що описує процес прийняття рішення при висуванні трьох гіпотез (альтернатив).

При оцінці ситуації та виборі засобів і способів досягнення мети можливо також послідовне передбачення двох гіпотез. У цьому випадку одна гіпотеза може бути істинною або хибною. Інша гіпотеза містить в собі дві альтернативи. Якщо перша гіпотеза містить хибну альтернативу, то друга буде містити одну хибну та одну істинну. Якщо перша гіпотеза містить істинну альтернативу, то друга містить дві хибні.

Отримані та проаналізовані графічні залежності середнього часу прийняття рішення по управлінню від ймовірності висування декількох гіпотез про стан мережі при одночасному та послідовному їхньому розгляді.

Порівняльна оцінка двох методів показала, що при одночасному висуванні декількох гіпотез час вирішення задачі трохи менший. Однак це зменшення часу прийняття рішення не настільки значне, щоб при всіх умовах рекомендувати цей метод при оцінці ситуації та виборі засобів і способів досягнення мети.

Вибір методу прийняття рішення повинен визначатися конкретними умовами. При наявності чіткої та повної інформації може бути використаний будь-який з аналізованих методів. При наявності нечіткої інформації рішення краще приймати шляхом послідовного висування двох гіпотез з їхнім послідовним відбракуванням.

**У четвертому розділі** дисертаційної роботи запропонована методика оцінки ефективності мережі обміну даними в умовах невизначеності та методика визначення ймовірності зв'язності між елементами мережі обміну даними.

Кількісно оцінити величину зниження ефективності (продуктивності) мережі як при наявності повної інформації про стан її елементів, так і в умовах невизначеності, можна за формулою:

$$\Delta W_{\text{Пот}_i} = \left[ \left( \frac{\sum_{i=1}^N n_{\text{ВХ}_i}}{n_{\text{ВХ}_i}} \right)^{-1} \cdot (1 - P_{\text{СВ}_i} \cdot (1 - P_{\text{Пот}_i}) \cdot K_{\text{Дов}_i}) \right]^{\log_2 \frac{P_{1_i}}{P_{0_i}}}$$

де  $n_{\text{ВХ}_i}$  – вхідний інформаційний потік на  $i$ -му напрямку;

$N$  – кількість інформаційних напрямків;

$P_{св_i}$  – ймовірність збереження зв'язності в і-му напрямку;

$P_{пот_i}$  – ймовірність втрати повідомлення на і-му напрямку;

$$K_{дов_i} = \frac{\omega_1 (P_{нч_{ош_i}} - P_{нч_{ош_{i_{min}}})} + \omega_2 (P_{нч_{Т_i}} - P_{нч_{Т_{i_{min}}})}}{\omega_1 (1 - P_{нч_{ош_{min}}}) + \omega_2 (1 - P_{нч_{Т_{min}}})} - \text{коefficient довіри к}$$

інформації, що передається по і-му напрямку;

$\omega_1$  і  $\omega_2$  – вагові коефіцієнти, що задовольняють вимогам  $\omega_1 \leq 1$  і  $\omega_2 \leq 1$  (в роботі показано порядок розрахунку даних коефіцієнтів);

$P_{нч_{ош_i}}$  і  $P_{нч_{ош_{i_{min}}}}$  – відповідно поточне значення ймовірності помилки  $P_{ош_{нч_i}}$  в

умовах невизначеності інформації та її мінімальна величина;

$P_{нч_{Т_i}}$  и  $P_{нч_{Т_{i_{min}}}}$  – відповідно поточне значення ймовірності часу доставлення  $P_{нч_{Т_i}}$  в

умовах невизначеності та її мінімально допустиме значення;

$P_1$  – ймовірність вирішення задачі управління при наявності передачі інформації по і-му напрямку;

$P_0$  – ймовірність вирішення задачі управління при відсутності передачі інформації по і-му напрямку.

У розділі також розроблена методика прийняття рішення по управлінню МОД, що складається із сукупності методів оцінки ситуації, яка склалася в мережі, оцінки переваг при прийнятті рішення по управлінню та оцінки наслідків прийнятого рішення.

За величиною зниження ефективності мережі можна провести оцінку ситуації. Якщо величина  $\Delta W_{пот_i}$  значно відрізняється від нуля, то це є сигналом попередження черговому оператору мережі. В такому стані мережа може знаходитися, якщо несправності, які виникають, не призводять до замітних наслідків. Замітних наслідків не виникає, якщо ефективність мережі знижується не більш, ніж на 10%. Тобто,  $\Delta W_{пот_i}$  буде знаходитися в межах  $0 < \Delta W_{пот_i} \leq 0,1$ .

У стані “Ускладнення управління” мережа буде знаходитися, якщо величина зниження ефективності лежить в межах  $0,1 < \Delta W_{пот_i} \leq 0,3$ .

У стані “Аварія” мережа знаходиться, якщо ефективність знижується більш, ніж на 30%, тобто  $\Delta W_{3_{\text{пот}}} > 0,3$ . У цьому випадку мережа не може виконувати поставлене перед нею завдання.

Потрібно відзначити, що наведені критерії визначення ситуації є попередніми та потребують подальшого обґрунтування на основі аналізу ефективності вирішення задач мережею обміну даними.

Таким чином, при оцінці ситуації, яка виникає в процесі управління, необхідно за інформацією, що є у наявності, визначити величину зниження ефективності  $\Delta W_{\text{пот}_i}$  та порівняти її з наведеними пороговими значеннями.

Після оцінки ситуації проводиться вибір засобів і способів досягнення мети, тобто по суті прийняття рішення по управлінню мережею.

Моделювання прийняття рішення в умовах нечіткої інформації пов’язано із формалізацією лінгвістичної структури переваг. Переваги визначаються функцією корисності, яка будується на множині “ситуація – альтернатива”.

Якщо не задана (хоча б нечітко) функція корисності, розрахунок очікуємої корисності та вибір альтернатив на цій основі неможливий. Однак при наявності деякої інформації про переваги ОПР або про ймовірності наслідків приймаємих рішень можна виявити домінуючу альтернативу або впевнитися, що її немає.

Домінування в цьому випадку базується на тому, що деяка альтернатива може бути більш переконливою при будь-якій функції корисності. Основним є вибір альтернативи, яка забезпечує перехід з вихідної ситуації в необхідну в даних умовах ситуацію. Тому в указаних умовах при оцінці переваг необхідно орієнтуватися на ймовірнісно-часові характеристики виконання рішення. При прийнятті рішення система переваг, структура якої запропонована у роботі, повинна оптимізувати рішення за часовими ( $\tau$ ), надійнісними ( $P$ ) та точнісними ( $\sigma$ ) характеристиками.

Оскільки практично прийняти оптимальне рішення за всіма характеристиками не реально, можливі два варіанти постановки та вирішення задачі:

$PP = \min \tau$  при  $P_{\text{ош}} \leq P_{\text{ош}_{\text{доп}}}$ , тобто рішення по мінімуму часу при обмеженні на безпомилковість;

$PP = \min P_{\text{ош}}$  при  $\tau_A \leq \tau_{A_{\text{доп}}}$ , тобто максимізація безпомилковості при обмеженні на час прийняття рішення.

Рішення може бути прийнято і по  $\min \tau$ , і по  $\min P_{\text{ош}}$ .

В умовах невизначеності чітких значень  $P_{\text{ош}}$  і  $\tau$  не завжди можна отримати, оскільки можуть бути невідомі ймовірність і час виконання необхідних операцій. У цих умовах можуть бути відомі ймовірність ( $P_{\tau_{\text{нч}}}$ ) того, що  $\tau_A \leq \tau_{A_{\text{доп}}}$ , та ймовірність ( $P_{\text{ош}_{\text{нч}}}$ ) того, що  $P_{\text{ош}_{\text{нч}}} \leq P_{\text{ош}_{\text{доп}}}$ .

Тоді при оцінці переваг необхідно враховувати обидва ці показники з використанням коефіцієнту корисності  $K_{\text{пол}}$ , який можна визначити по аналогії з коефіцієнтом довіри.

З двох альтернатив або двох груп альтернатив вибірається та, для якої коефіцієнт корисності найбільший.

Оцінка наслідків прийняття рішення є фактично оцінкою можливості переходу мережі з однієї ситуації в іншу. Тому при рішенні цієї задачі необхідно використовувати як загальні положення методики оцінки ситуації, так і методику визначення величини зниження ефективності  $\Delta W_{\text{пот}}$ . Різниця в даному випадку буде в тому, що виникає необхідність оцінки величини підвищення ефективності при реалізації приймаемого рішення  $\Delta W_{\text{пов}}$ , яка визначається по аналогії з величиною зниження ефективності.

Крім того, в розділі розроблено метод прийняття рішення при управлінні якістю обслуговування з урахуванням пріоритетності потоків інформації та можливої втрати цінності інформації із-за її старіння.

Основне призначення цієї технології полягає в тому, щоб забезпечити пріоритет, контролюємому затримку та варіацію цієї затримки для визначеного виду трафіка. При цьому важливо забезпечити пріоритетність обслуговування для будь-якого потоку з можливістю передачі інших потоків даних.

Відомо ряд методів визначення пріоритетності, але в цих методах присвоєння пріоритетності здійснюється без якої-небудь кількісної оцінки. Для розробки методу присвоєння пріоритетності з урахуванням кількісної оцінки передбачимо, що обслуговується  $N$  потоків інформації. Повідомлення кожного потоку можуть обслуговуватися одразу при надходженні або з деякою затримкою. Якщо  $i$ -ий потік не обслуговується, то виникають втрати  $I_i$  кількості цінної інформації. При затримці в обслуговуванні на  $t_{\text{ож}_i}$  цінна інформація також втрачається за рахунок її старіння.

Отже, середня кількість втраченої цінної інформації буде визначатися за формулою:

$$\overline{I_{\text{пот}}} = \sum_{i=1}^N \lambda_i \cdot I_i \cdot X_i + \sum_{i=1}^N \lambda_i \cdot I_i \left( t_{\text{ож}_i} \right) \cdot (1 - X_i),$$

де  $\lambda_i$  – інтенсивність  $i$ -го потоку повідомлень;

$I_i$  – кількість інформації в  $i$ -му повідомленні;

$X_i$  – параметр постановки повідомлення на передачу ( $X_i = 1$ , якщо повідомлення не передається;  $X_i = 0$ , якщо повідомлення передається);

$I(t_{ож_i})$  – кількість інформації в  $i$ -му повідомленні в залежності від часу очікування його передачі.

Під цінністю інформації будемо розуміти користь, яку дана кількість інформації може принести для вирішення поставленої задачі, тобто цінність інформації повинна визначатися кількісним значенням збільшення ймовірності виконання поставленої задачі.

Поняття старіння інформації нерозривно пов'язане з поняттям її цінності. Під старінням інформації розуміють зменшення з часом її цінності. Необхідно забезпечити таке пріоритетне обслуговування, щоб величина середнього значення втраченої цінної інформації була мінімальною.

В роботі наведено порядок вибору порогових значень, від яких залежить частота передачі різних типів інформаційних повідомлень. Побудовані та проаналізовані графічні залежності для різних умов, за якими можна визначити порядок присвоєння пріоритету обслуговування потоків, що передаються.

Наприкінці розділу надані практичні рекомендації по застосуванню розроблених методів.

## ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ

1. У ході проведеного аналізу експлуатуємих у теперішній час в АСУ спеціального призначення мереж обміну даними, встановлено, що жодна з функціонуючих МОД не може забезпечити передачу інформації між КЗА різних АСУ в повному обсязі. В якості шляхів забезпечення сумісності різних АСУ пропонується розробка перспективної МОД на базі нових інформаційних технологій, яка повинна проводитися протягом декількох етапів.

2. Розглянуті особливості мережі обміну даними як об'єкта управління, основні принципи управління МОД і задачі системи управління мережею обміну даними, необхідні для розробки нових методів управління перспективною МОД.

3. Розроблена модель МОД як об'єкта управління, що являє собою сукупність основних і сервісних моделей, а також механізмів їх взаємодії. Практична цінність моделі МОД полягає в тому, що окремі її складові використовуються при прийнятті рішення по управлінню МОД.

4. Розглянута концептуальна модель процесу прийняття рішення по управлінню мережею обміну даними, зі структури якої слідує, що для формалізації прийняття рішення необхідна розробка математичних моделей окремих етапів цього процесу.

5. Здійснено вибір показника ефективності та математичного апарату для описання процесу прийняття рішення по управлінню МОД. В якості показника ефективності запропоновано системний показник, що враховує величину зниження продуктивності мережі обміну. В якості критеріїв оцінки ефективності взято вимоги, що перед'являються до ймовірно-часових характеристик системи обміну даними АСУ спеціального призначення. Для оцінки ЙЧХ різних етапів прийняття рішення вибраний формальний апарат ймовірно-часових графів.

6. Розроблена структура алгоритма прийняття рішення по управлінню МОД, у відповідності з яким необхідно оцінити ситуацію, що склалася в мережі, визначити мету управління, вибрати засоби та спосіб досягнення поставленої мети.

7. Розроблено метод оцінки ймовірно-часових характеристик етапу збору інформації про стан мережі обміну даними і метод оцінки ЙЧХ при прийнятті рішення по управлінню МОД, виходячи із можливості її знаходження в одному з чотирьох станів, що визначені в Концепції створення єдиної національної системи зв'язку України. Проаналізовані випадки висування одночасно трьох гіпотез про стан МОД із наступним відбракуванням і послідовного висування двох гіпотез про стан мережі обміну. Проведений аналіз показав, що при прийнятті рішення про стан МОД при наявності чіткої та повної інформації про стан її елементів може бути використаний будь-який з проаналізованих методів (висування трьох гіпотез і послідовного висування двох гіпотез). А при наявності нечіткої та неповної інформації про стан тих чи інших елементів мережі рішення краще приймати шляхом послідовного висування двох гіпотез про стан мережі з подальшим відбракуванням однієї з висунутих гіпотез.

8. Запропоновано метод оцінки ефективності мережі обміну даними, який на відміну від відомих враховує як цінність даних, що передаються, так і можливість наявності невизначеності стану елементів мережі.

9. Розроблені методи визначення ймовірності зв'язності між елементами МОД як для випадку стаціонарних елементів, так і для мобільних елементів мережі обміну даними. Новизна розроблених методів полягає в урахуванні фактору мобільності для визначення зв'язності між елементами МОД.

10. Отримав подальший розвиток метод оцінки ситуації, яка склалася в мережі обміну даними, у випадку повної інформації про стан елементів і при наявності нечіткої інформації про стан елементів мережі, що базується на кількісній оцінці величини зниження ефективності МОД. Новизна в даному випадку полягає в урахуванні невизначеності інформації про стан елементів МОД.

11. Вдосконалено метод оцінки переваг при прийнятті рішення по управлінню мережею обміну даними, що базується на кількісній оцінці показника корисності, та запропонована структура алгоритма вибору переваг при прийнятті рішення по управлінню МОД. Новизна запропонованого методу полягає в урахуванні кількості корисної інформації, що передається по мережі.

12. Розроблено метод оцінки наслідків прийнятого рішення, що базується на кількісній оцінці часу втрати працездатності мережі обміну. Новизна розробленого методу полягає в урахуванні часу непрацездатності окремих елементів МОД при прийнятті рішення по управлінню нею.

13. Вдосконалено метод прийняття рішення при управлінні якістю обслуговування передаваної по мережі обміну інформації з урахуванням пріоритетності потоків і можливості старіння даних, що передаються. Новизна розробленого методу полягає в урахуванні пріоритетності повідомлень, що передаються в мережі, а також можливої втрати цінної інформації як за рахунок відмови в обслуговуванні, так і старіння даних, що передаються в МОД.

14. Практична цінність розроблених методів полягає в тому, що у сукупності вони являють собою методiku прийняття рішення при управлінні мережею обміну даними, яку можливо використовувати при управлінні мережею як у випадку повної та точної інформації про стан елементів МОД, так і при наявності невизначеності про їхній стан.

### СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ

1. Лосев Ю. И., Невмержицкий И. М., Руккас К. М., Боровой В. И. Предложения по разработке структуры алгоритма выбора средств и способов достижения цели при управлении цифровой сетью интегрального обслуживания в условиях нечеткой информации//Вестник ХГПУ.. Збірник наук. праць. Вып. 49. – Харьков: ХГПУ, 1999. – С. 43-48.

2. Невмержицкий И. М., Руккас К. М., Боровой В. И. Сравнительная оценка стратегий обслуживания при совместной передаче речевых пакетов и пакетов данных//АСУ и приборы автоматизации: Всеукр. межвед. науч.-техн. сб. Вып. 104. – Харьков: ХГТУРЭ, 1997. – С. 50-55.

3. Невмержицкий И. М., Руккас К. М., Боровой В. И. Обобщенная модель многополюсной цифровой сети интегрального обслуживания//АСУ и приборы автоматизации: Всеукр. межвед. науч.-техн. сб. Вып. 106. – Харьков: ХГТУРЭ, 1997. – С. 88-93.

4. Лосев Ю. И., Боровой В. И., Курилко В. Е. Методика присвоения приоритетности обслуживания сообщений в сети обмена данными// Радиоэлектронні і комп'ютерні системи. Науково-технічний журнал. Випуск 4 (4). – Харьков: ХАИ, 2003. – С. 98-101.

## АНОТАЦІЯ

Боровий В.І. Методика прийняття рішення по управлінню мережею обміну даними в умовах невизначеності інформації. – Рукопис. Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.12.02 – Телекомунікаційні системи та мережі. Українська державна академія залізничного транспорту. Харків, 2004.

Дисертація присвячена розробці методики прийняття рішення по управлінню мережею обміну даними (МОД) в надзвичайних ситуаціях при наявності невизначеності стану її елементів. Розроблена методика враховує не тільки фактор невизначеності інформації про стан елементів мережі, але і втрати цінної інформації, що передається, а також переваги та наслідки рішення, що приймається по управлінню МОД.

Запропонована методика побудована на комплексному використанні формальних математичних методів і неформальних експертних знань. В якості об'єктів моделювання взяті характеристики процесу передачі даних, а в якості засобу моделювання – апарат ймовірнісно-часових графів.

Розроблена методика може бути використана як основа аналізу рішень при виборі варіанту управління мережею обміну даними в умовах невизначеності при інформаційному обміні, та як засіб корекції прийнятого рішення при заданих вимогах до показників якості, умов функціонування та інших обмеженнях.

Запропоновано практичні рекомендації по застосуванню розроблених методів.

Ключові слова: мережа обміну даними, ймовірнісно-часові характеристики, прийняття рішення, управління, невизначеність інформації, якість обслуговування, переваги та наслідки.

## АННОТАЦИЯ

Боровой В.И. Методика принятия решения по управлению сетью обмена данными в условиях неопределенности информации. – Рукопись. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.02 – Телекоммуникационные системы и сети. Украинская государственная академия железнодорожного транспорта. Харьков, 2004.

Диссертация посвящена разработке методов принятия решения по управлению сетью обмена данными (СОД) в чрезвычайных ситуациях при наличии неопределенности состояния ее элементов. Разработанная методика принятия решения по управлению СОД учитывает не только фактор неопределенности информации о состоянии элементов сети, но и потери передаваемой ценной информации, а также предпочтения и последствия принимаемого решения по управлению СОД.



Предлагаемая методика основана на комплексном использовании формальных математических методов и неформальных экспертных знаний. В качестве объектов моделирования выбраны характеристики процесса передачи данных, а в качестве средства моделирования взят аппарат вероятностно-временных графов, хорошо зарекомендовавший себя во множестве работ как средство аналитического моделирования.

Рассмотрена концептуальная модель процесса принятия решения по управлению сетью обмена данными, из структуры которой следует, что для формализации принятия решения необходима разработка математических моделей отдельных этапов этого процесса. С использованием аппарата производящих функций разработаны математические модели, позволяющие проводить оценку вероятностно-временных характеристик (ВВХ) этапов сбора информации о состоянии сети и принятия решения по управлению СОД.

Осуществлен выбор показателя эффективности и математического аппарата для описания процесса принятия решения по управлению СОД. В качестве показателя эффективности предложен системный показатель, учитывающий величину снижения производительности сети обмена. В качестве критериев оценки эффективности взяты требования, предъявляемые к вероятностно-временным характеристикам системы обмена данными АСУ специального назначения.

Разработан метод оценки вероятностно-временных характеристик этапа сбора информации о состоянии сети обмена данными и метод оценки ВВХ при принятии решения по управлению СОД, исходя из возможности ее нахождения в одном из четырех состояний, определенных в Концепции создания единой национальной системы связи Украины. Проанализированы случаи выдвижения одновременно трех гипотез о состоянии СОД с последующей отбраковкой и последовательного выдвижения двух гипотез о состоянии сети обмена. Проведенный анализ показал, что при принятии решения о состоянии СОД при наличии четкой и полной информации о состоянии ее элементов может быть использован любой из проанализированных методов (выдвижения трех гипотез и последовательного выдвижения двух гипотез). А при нечеткой и неполной информации о состоянии тех или иных элементов СОД решение лучше принимать путем последовательного выдвижения двух гипотез о состоянии сети с дальнейшей отбраковкой одной из выдвинутых гипотез.

Разработан метод оценки эффективности сети обмена данными, который в отличие от известных учитывает как ценность передаваемых данных, так и возможность наличия неопределенности о состоянии ее элементов.

Получили дальнейшее развитие методы оценки предпочтений при принятии решения по управлению СОД и последствий принятого решения, отличительной особенностью которых

является учет полезности получаемого при управлении результата и возможного времени простоя сети обмена данными.

Усовершенствован метод принятия решения при управлении качеством обслуживания, позволяющий при присвоении приоритетности учитывать потери ценной информации как за счет отказа в обслуживании, так и за счет старения информации, циркулирующей в сети обмена.

Совокупность предложенных в работе методов представляет собой методику принятия решения по управлению СОД, которая может быть применена как основа анализа решений при выборе варианта управления сетью обмена данными в условиях неопределенности при информационном обмене и как средство коррекции принятого решения при заданных требованиях к показателям качества, условиях функционирования и других ограничениях. Даны практические рекомендации по применению разработанных методов.

Ключевые слова: сеть обмена данными, вероятностно-временные характеристики, принятие решения, управление, неопределенность информации, качество обслуживания, предпочтения и последствия.

## SUMMARY

Borovoi V.I. The data exchange network management decision making technique at information ambiguity. – Manuscript. The thesis towards degree of candidate of technical science on a speciality 05.12.02 – Telecommunication systems and networks. The Ukrainian State Academy of Railway Transport. Kharkov, 2004.

The thesis is dedicated to the development of the data exchange network (DEN) management decision making (MDM) technique for emergency situations with the DEN infrastructure state ambiguity. The DEN MDM technique developed considers not only the DEN infrastructure state information ambiguity factor, but loses of a valued information transmitted also as well as preferences and consequences of the DEN MDM.

The technique is based on complex use of formal mathematical methods and informal expert knowledge. Data transmission characteristics are chosen as an object of modeling and probability-time graphs are taken as a tool of modeling.

The technique can be used as the base of decision analysis for choice of the variant of the DEN management at ambiguity and as the decision correcting facility under given requirements to quality, functioning conditions, and other restrictions.

The practical recommendations regarding applications of the methods developed are offered.

Key words: data exchange network, probability-time characteristics, decision making, management, information ambiguity, service quality, preferences and consequences.

Підписано до друку 05.05.04. Формат 60х90 1/16  
Обсяг: обл. вид. арк. 1,0 умов. друк. арк. 1,25. Наклад 100 прим.

---

Надруковано у друкарні “ШТРИХ”, СПД ФЛ Олейнікова Ю.В.

м. Харків, вул. Бакуліна, 3 (вул. Авіаційна, 15)  
тел.: (0572) 19-95-15