

**ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ  
ПОЛТЕХНІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ**

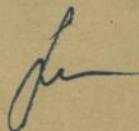
**На правах рукопису**

**Мазуренко Олег Антонович**

**РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДУ МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ МАСОВОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ПРИ ДВОЇЧНОМУ ЗОБРАЖЕНІ ПОТОКІВ**

**05.13.04 - Автоматизовані системи керування та системи обробки інформації**

**Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеню кандидата технічних наук**



**ОДЕСА - 1996**

Дисертацією є рукопис.

Аб. 35.897

Робота виконана в Одеському державному  
політехнічному університеті

Науковий керівник :

кандидат технічних наук, доцент **Мартинів Ігорь  
Всеволодович**

Офіційні опоненти :

доктор технічних наук, професор **Становський Олександр  
Леонідович**

кандидат технічних наук, професор **Корнишев Юрій  
Миколайович**

Провідна організація - **Інститут кібернетики НАН України  
ім. В.М. Глушкова, м. Київ**

Захист дисертації відбудеться 21 листопада 1996 року о 14 год.  
на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 05.06.04  
при Одеському державному політехнічному університеті:  
(270044, Одеса, пр-кт Шевченка 1)

Відгуки на автореферат, засвідчені у двох примірниках,  
надсилати за адресою, що вказана вище.

З дисертацією можна ознайомитись в бібліотеці Одеського  
державного політехнічного університету.

Автореферат розіслано 21 жовтня 1996 року.

Вчений секретар спеціалізованої вченої ради

**Ю.С. Ямпольський**

ЛННБ України ім.В.Стефаника



00739785 (\$)

AB-35.897

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

### Актуальність проблеми.

Ефективність та динаміка розвитку економіки держав, що використовують сучасні технологічні рішення в різних галузях, все в більшій мірі визначаються технічними параметрами інформаційних та комунікаційних систем, які є складними системами (СС). При цьому, виникає велика кількість задач, які потребують дослідження таких систем, та прийняття, з урахуванням результатів досліджень оптимальних рішень.

Дослідження СС мають цілий ряд практичних використань в різних областях людської діяльності, зокрема, в економіці та організації виробництва, на транспорті, в енергетиці, при вирішенні задач оптимального обслуговування населення, в проектуванні та організації використання обчислювальної та інформаційної техніки.

Велике значення дослідження СС мають при побудові та компонуванні локальних, корпоративних комп'ютерних мереж, мереж з віддаленим доступом для оптимізації організації прийому поступаючих запитів та їх обслуговування, що в кінцевому результаті приводить до збільшення швидкості обміну даними між вузлами інформаційних мереж.

При цьому, є необхідним вирішення багаточисельних задач теорії масового обслуговування (ТМО) існуючими та такими, що розробляються методами дослідження систем масового обслуговування (СМО).

Існуючі аналітичні методи дослідження СМО не є універсальними внаслідок того, що вони дозволяють вирішувати задачі ТМО при низці обмежень на потоки обслуговування в системі.

Важливим класом методів дослідження СС є методи імітаційного моделювання, які дозволяють моделювати СМО з різноманітними характеристиками потоків заявок та обслуговування.

При імітаційному алгоритмічному методі не розглядається моделювання СМО в апаратній реалізації, що часто буває необхідним. При імітаційних апаратних методах з пря-

ДНБ ім. В. Стефаника

мим представленням часу необхідні нові схемотехнічні рішення при створенні нестандартних вузлів моделі, що приводить до необхідності достатньо високої кваліфікації розробників. Окрім цього, відома низка існуючих реалізацій методів дослідження СМО при дискретному зображенні часу (GPSS, SIMSCRIPT, GASP, SIMCON, SIMULA), які мають, однак, недостатню швидкодію та неможливість апаратної реалізації їх алгоритмів.

**Метою роботи** є розробка та дослідження методів побудови моделей СМО при дискретному представленні часу з двоїчним зображенням потоків, що дозволяє на їх основі створювати прості швидкодіючі апаратні та алгоритмічні системи дослідження СС. При цьому, необхідно вирішити наступні задачі:

1. Розробити методи формування часових послідовностей при моделюванні з двоїчним представленням потоків;
2. Розробити алгоритми моделювання процесів обслуговування при двоїчному зображенні потоків, оцінити статистичні характеристики утвореної моделі;
3. Програмно реалізувати моделі СМО з двоїчним зображенням потоків;
4. На підставі співставлення обчислювальних експериментів та аналітично розрахованої моделі показати можливість моделювання запропонованим методом.

#### **Методи дослідження.**

Основними методами дослідження в роботі є теорія масового обслуговування, прикладна теорія імовірностей, теорія складних систем, статистична теорія оцінки похибок. Для реалізації моделей СМО використовувалась мова ООП Microsoft Visual Basic 3.0, в операційній системі Microsoft Windows 3.1.

**Наукова новизна** результатів, одержаних в роботі полягає в наступньому:

1. Проведено аналіз та представлена класифікація існуючих методів та засобів дослідження СМО;

2. Запропоновано засіб формування часових потоків, метод моделювання процесів обслуговування та розроблено принципи побудови моделей СМО при двоїчному зображенню потоків;

3. На підставі співставлення обчислювальних експериментів, розрахованих похибок та аналітично розрахованої моделі показана можливість моделювання розробленим методом.

**На захист виносяться** наступні основні наукові положення та результати:

1. Розроблений засіб моделювання процесів обслуговування та методи побудови моделей СМО з двоїчним зображенням потоків;

2. Запропоновані статистичні результати оцінки похибок функціонування моделей СМО;

3. Розроблені програмно реалізовані моделі СМО з двоїчим зображенням потоків.

**Достовірність результатів** забезпечується повним та точним використанням математичного апарату та підтверджується низкою чисельних експериментів;

### **Практична значимість роботи**

Побудова економічних моделей СМО з двоїчним зображенням потоків дозволяє створювати з їх допомогою прості швидкодіючі апаратні та алгоритмічні системи оптимізації прийому, обробки та відповіді на потік запитів вузлів інформаційних мереж і, в загальному випадку, комунікаційних систем самого різноманітного використання.

Наведені практичні рекомендації щодо оцінки ефективності використання моделей СМО з двоїчним зображенням потоків для вирішення конкретних задач з заданою точністю.

Результати розробки алгоритмів та програмних засобів підструктури оптимізації обслуговування запитів по мережах зв'язку реалізовані при проектуванні нової багатоканальної мережі системи телеметрії спеціального призначення. Практичне значення та економічний ефект від впровадження запропонованих методів моделювання полягає в збільшенні пропускну

спроможності та швидкості передачі даних комунікаційних та телеметричних систем, що знаходяться в експлуатації.

### **Апробація роботи**

Результати роботи доповідались на науково - практичній конференції молодих вчених “ Проблеми взаємодії гуманітарного природничо-наукового та технічного знання на сучасному етапі розвитку науки. Гуманітарна освіта в технічному ВУЗі” (Одеса, 1994), на міжнародній науковій конференції з питань прогнозування надійності енергообслуговування споживачів (Ополе, Польща, 1996), на науково-технічних семінарах в Одеському політехнічному університеті, в Українській академії зв'язку ім. А.С. Попова, інституті кібернетики ім. В.М. Глушкова (м. Київ), в міжнародній асоціації “Космічні технології” (м. Хімки).

### **Публікації з теми дисертації**

Результати роботи відображені в 5 наукових публікаціях, які наведені в авторефераті.

### **Обсяг та структура роботи.**

Дисертаційна робота складається з вступу, трьох розділів та висновків, які містять 100 сторінок основного тексту, 30 малюнків, 20 таблиць, виконаних відповідно на 20 та 30 сторінках, списку використаної літератури (100 найменувань) та додатків на 32 сторінках з результатами експериментальних досліджень моделей та програмами.

### **Зміст роботи**

У вступі формулюються основні положення з проблеми, яка розглядається в дисертаційній роботі. Обґрунтована актуальність роботи, визначена її мета, наукова новизна та практична значимість, а також формулюються задачі, вирішення яких розглядається в дисертаційній роботі.

**Перший розділ** містить аналіз та класифікацію методів та засобів дослідження систем масового обслуговування та визначає постановку задачі дослідження.

В останній час комп'ютерні та інформаційні технології охоплюють все більш широкі області людської діяльності. В областях передачі та перетворення інформації комунікаційні системи міжмережного спілкування виграють першорядну роль. Проте, в силу невідповідності технічного прогресу та прикладних задач, що виникають у народному господарстві, в таких комунікаційних системах присутні значні недоліки.

Помічено, наприклад, що при передачі великого пакету даних по протоколу на рівні датаграм з Clipper - програми, по локальній мережі типу Artisoft Lantastic 4.0, з двома серверами та 10 - 12 робочими станціями, виникла досить велика втрата даних. Для вирішення цих проблем можливі різні варіанти рішень.

Одним із способів достовірної передачі та прийому інформації по комп'ютерній мережі, є оптимізація прийому та відправки заявок на обслуговування. Для виконання такої оптимізації пропонується використання програмного забезпечення на базі драйверів - надбудов над протоколами передачі даних. Організація даних драйверів повинна, в тому числі, складатись і із алгоритмів що обслуговують заявки, заснованих на базі ТМО.

Найширше використання в теперішній час для досліджень СС знаходить апарат ТМО, який дозволяє вирішувати багато актуальних задач та одержувати необхідні практичні рекомендації. Для визначення найбільш ефективного методу дослідження задач ТМО, проведено аналіз існуючих методів та засобів дослідження, з якого виходить, що для усунення існуючих недоліків є можливим використання простих швидкодіючих апаратних та алгоритмічних моделей СМО з двоїчним зображенням потоків.

**Другий розділ** присвячено розробці методу моделювання СМО з двоїчним зображенням потоків.

Суть методу зводиться до моделювання потоків заявок та терміну обслуговування як послідовності нулів та одиниць, відстань між якими розподілена по необхідному закону. Це дозволяє утворювати логічні та алгоритмічні блоки, які по своїй реалізації значно простіші від існуючих. Процес обслуговування зводиться до логічного співставлення потоків заявок та часу обслуговування. Запропонований метод дозволяє скоротити затрати на реалізацію моделей та підвищити наочність процесів, що досліджуються.

Для моделювання випадкових часових послідовностей з заданим законом розподілення проаналізовані декілька широко відомих способів формування випадкових часових послідовностей заданого закону розподілення, зокрема аналітичний та графічний способи. На підставі проведеного аналізу відмічається, що для моделювання часових послідовностей з дискретним представленням часу, необхідне формування показового закону розподілення, одержуючи рівномірні закони розподілення, використовуючи аналітичний спосіб перетворення. У відповідності з ним, якщо у нашому розпорядженні є випадкові числа  $x_i$  з рівномірним розподіленням в інтервалі  $(0,1)$ , то, використовуючи наведеному формулу, можна обчислити послідовність випадкових чисел  $y_i$ , які мають показний закон розподілення с щільністю потоку  $\lambda$ .

$$y_i = -\frac{1}{\lambda} \ln x_i.$$

Для одержаних випадкових часових послідовностей випадкових чисел проведено моделювання та визначення статистичних характеристик випадкових процесів. Для того, щоби одержати характеристику закону розподілення випадкової величини, на підставі виборки з 5000 випадкових чисел, утворюється згрупований статистичний ряд та будується гістограма. Маючи у своєму розпорядженні згрупований статистичний ряд, будується статистична функція розподілення  $F^*(x)$ . Користуючись одержаними даними виконується визначення статистичних характеристик одержаних розподілень. Результати показують, що статистичні дані повністю підтверджують гіпотезу про те, що одержані випадкові розподілення є показ-

ними. Для завершальної перевірки відповідності одержаного розподілення теоретичному, перевірена відповідність на  $\chi^2$ .

Необхідно визначити принципи функціонування різних типів СМО.

Введемо наступні позначення:

Дискретні моменти часу позначимо як  $t_i$ . Стан потоку заявок в момент часу  $t_i$  -  $x_i$ . Стан потоку обслуговування -  $y_i$ . Значення потоку заявок, що обслужені -  $z_i$ . Значення мінливих  $x_i, y_i, z_i$  можуть приймати одно з двох значень: або 0, або 1.

Суть розробленого методу моделювання зводиться до наступного:

Час задається дискретами. Значення мінливих  $x_i$  та  $y_i$  в кожен дискретний момент часу можуть бути подані одиницею або нулем. Одиниця зазначає заявку для потоку заявок, або визначає зайнятість апарату, що обслуговується (ОА) для потоку обслуговування. Процес обслуговування зводиться до логічного порівняння одиниць та нулів у потоці заявок та обслуговування.

Таким чином, потік заявок буде зображатись послідовністю нулів та одиниць, в якій одиниці зазначають наявність заявки на обслуговування, а нулі їх відсутність, тобто кількість нулів та одиниць визначає протяжність інтервалів часу між заявками.

Потік обслуговування буде зображатись також послідовністю нулів та одиниць, причому безперервна послідовність одиниць моделює зайнятість ОА, а безперервна послідовність нулів часовий інтервал простою ОА. При приході чергової заявки, що обслуговується в потоці заявок, перший дискрет потоку обслуговування зображається нулем, а решта - одиницями.

Таким чином, результатом обслуговування  $z_i$  в кожен дискретний момент часу буде функціональна залежність:

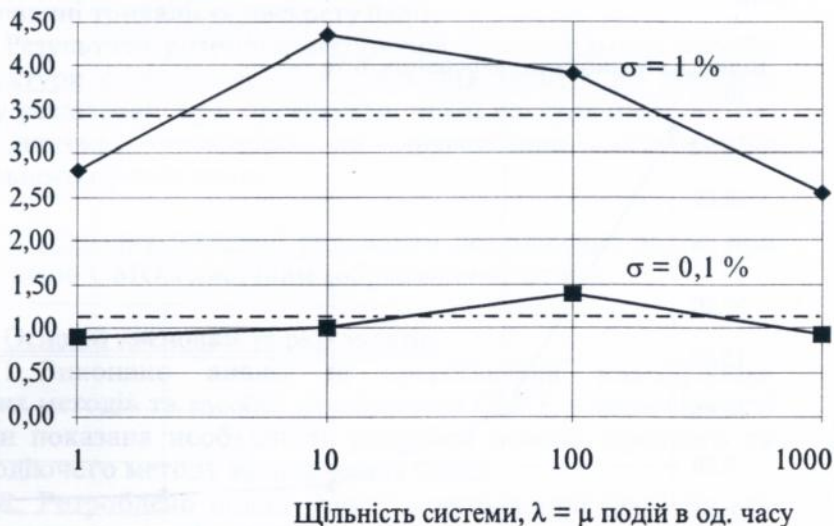
$$z_i = x_i \wedge y_i$$

Часові діаграми моделі з відмовами з двоїчним зображенням потоків отримують наступний вигляд:



переході на дискретний час моделювання. Для такої оцінки, на прикладі одноканальної однофазної системи з відмовами проводиться порівняння аналітичного та експериментального рішень. Збільшення точності представлення потоків, тобто зменшення величини дискретних моментів часу, приводить до наближення показників функціонування моделі з аналітично розрахованим.

Для значень щільностей заявок, що поступають і параметрів обслуговування  $\lambda = \mu = 1, 10, 100, 1000$  подій в од. часу (розмірність величини тривалості дискрету відповідає розмірності параметрів потоків  $\lambda$  і  $\mu$ ), в залежності від точності дискретного представлення часу  $\Delta = 0,1; 0,01; 0,001; 0,0001; 0,00001; 0,000001$  од. часу, проведені експерименти з моделювання СМО. Проведено експерименти з похибками представлення потоку  $\sigma = 1\%$  та  $0,1\%$  (де  $\sigma = 100 * \lambda * \Delta$ ). В результаті моделювання одержано значення відносних похибок (мал. 2). Відносна похибка моделювання,  $\delta\%$



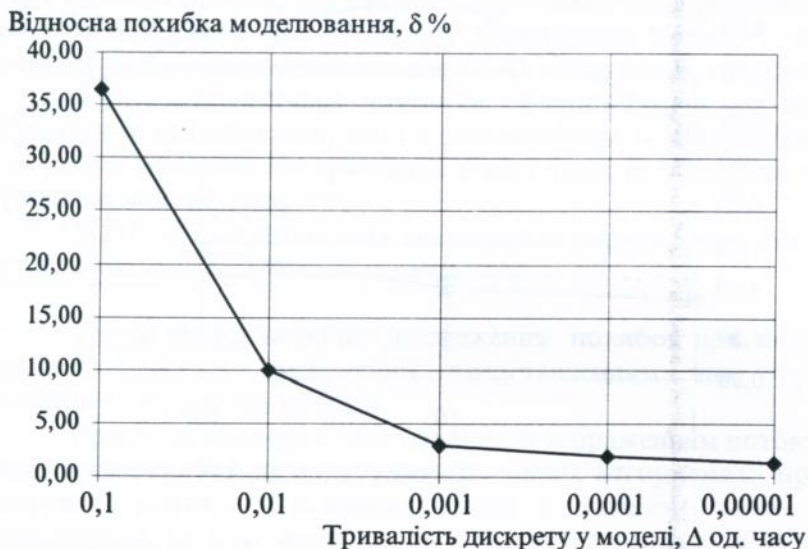
Мал.2. Графіки залежності відносної похибки моделювання в залежності від похибки представлення потоку.

У відповідності з представленими графіками, по їх усередненим прямим помітно, що при збільшенні похибки представлення потоку у 10 разів, відносна похибка моделювання збільшується на величину від 1,2% до 3,4%.

Слід також відмітити, що збільшення точності представлення потоку на порядок приводить до збільшення часу моделювання на порядок.

Таким чином, відносна похибка моделювання залежить лише від похибки представлення потоку, тобто від точності представлення дискретів у потоці і не залежить від таких характеристик системи як щільність надходження заявок та параметр потоку обслуговування.

Проведено визначення залежності відносної похибки моделювання від похибки представлення потоку (мал. 3). У відповідності з графіком, видно залежність зниження відносної похибки моделювання при зменшенні тривалості дискретів в моделі.



Мал. 3. Графік залежності відносної похибки моделювання від точності представлення потоку.

По даним виконаного дослідження для СМО з відмовами проведено аналіз результатів моделювання при дискретному представленні часу з двоїчним зображенням потоків. Основні його результати полягають в наступному:

- з графіка одержаної апроксимуючої функції можливо для любого значення відносної похибки моделювання визначити необхідну точність представлення потоку (тривалість дискрету);
- для моделювання з відносною похибкою, наприклад, 5%, необхідно використати тривалість дискрету 0,0001 од. часу;
- необхідність в збільшенні протяжності дискрету полягає у тому, що при збільшенні протяжності дискрету у 10 разів, термін моделювання зменшиться у 10 разів, що суттєво;
- при тривалості дискрету 0,001 од. часу помітно суттєве збільшення точності моделювання (6,70 %), и дальше вона збільшується незначно (2,29 %). Тому для досягнення точності моделювання до 10 % необхідно використовувати при моделюванні тривалість дискрету 0,001.

Результати розробки алгоритмів та програмних засобів підструктури оптимізації обслуговування запитів по мережах зв'язку реалізовані при проектуванні нової багатоканальної мережі системи телеметрії та діагностики обладнання спеціального призначення.

У висновку наведені результати дослідження задач при моделюванні СМО з двоїчним зображенням потоків.

#### Основні висновки та результати:

1. Виконано аналіз та представлена класифікація існуючих методів та засобів дослідження СМО, у відповідності з якими показана необхідність розробки нового простого та швидкодіючого методу моделювання СМО;

2. Розроблено новий спосіб моделювання процесів обслуговування моделей СМО з двоїчним зображенням потоків, що дозволяє реалізувати прості, швидкодіючі апаратні та програмні моделі СМО різних типів;

3. На підставі співставлення обчислювальних експериментів, розрахованих похибок та аналітично розрахованої мо-

делі показано на можливість моделювання розробленим методом.

При виконанні обчислювальних експериментів, на конкретному прикладі СМО з відмовами, одержані наступні результати:

4. При моделюванні СМО з відмовами та тривалості дискрету 0,001 од. часу помітно значне збільшення точності моделювання (6,70 %), і далі вона незначно збільшується (2,29 %). Тому, для одержання точності моделювання до 10 % необхідно використовувати при моделюванні протяжність дискрету в 0,001 од. часу.

5. При зменшенні протяжності дискрету у 10 разів, час моделювання зменшується у 10 разів, що суттєво.

#### Публікації з теми дисертації:

1. Мартынов И.В., Мазуренко О.А. Моделирование и применение задач теории массового обслуживания в хозяйственной деятельности. - Доклады научно - практической конференции молодых ученых. ОПУ, Одесса, июнь 1994 - с. 51 - 52.

2. Мазуренко О.А. О перспективах и целесообразности использования методов теории массового обслуживания применительно к атомной электрической станции как сложной системе. Вестник украинского ядерного общества., № 2 (15-16). - Одесса, июнь 1996 - с. 18.

3. Mazurenko A., Mazurenko O. Prognozowanie niezawodnosci systemu energetycznego na podstawie charakterystyk blokow. Zeszyty Naukowe Wyzszej Szkoły Inzynierskiej w Opolu., Nr. 200, Opolu, (6 - 7 Czerwca 1996), - с. 205 - 207.

4. Оценка надежности обслуживания энергопотребителей с учетом параметров технического состояния оборудования. / Мазуренко А.С., Воинов А.П., Мазуренко О.А. // Информационный листок, № 138 - 96.- Одесса: ОЦНЭИ, май 1996 - 4 с.

5. I.V. Martynov, O.A. Mazurenko. Statistical inaccuracy evaluation of mass service system with refusals under the discrete presentation of time. // Opened publication // Internet, NewsGroups:alt.dcom.telecom, comp.theory, comp.internet.library, sci.math.research,sci.engr.control,biz.books.technical,relcom.relarn.science, ukr.science... 27. 08. 96. - 6 с.

Мазуренко О.А. “Розробка та дослідження методу моделювання систем масового обслуговування при двоїчному зображенні потоків.” Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.04 - автоматизовані системи управління та системи обробки інформації. Одеський державний політехнічний університет, Одеса 1996.

Робота присвячена питанням моделювання систем масового обслуговування при дискретному зображенні часових послідовностей. Розроблено новий метод моделювання систем масового обслуговування с двоїчним зображенням процесів. Проведена оцінка статистичних похибок при моделюванні різних типів систем масового обслуговування.

Мазуренко О.А. “Разработка и исследование метода моделирования систем массового обслуживания при двоичном представлении потоков”. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.04 - автоматизированные системы управления и системы обработки информации. Одесский государственный политехнический университет, Одесса 1996.

Робота посвящена вопросам моделирования систем массового обслуживания при дискретном представлении времени. Разработан метод моделирования систем массового обслуживания с дискретным представлением временных последовательностей. Проведена оценка погрешностей и режимов работы при моделировании с дискретным представлением временных последовательностей.

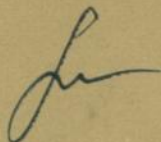
Oleg A. Mazurenko “Model method of mass service systems under the discrete and binary flow time presentation design and work out”. Thesis on cosearching for a candidate of technical sciences scientific degrees on 05.13.04 speciality- automatization control systems and information treatment systems. Odessa State pollytechnic university, Odessa 1996.

The thesis is dedicated to the questions mass service systems modelling under the discrete time presentation. The mass service systems modelling method with binary flow presentation is

**АВ 35.897**

designed. Statistical inaccuracy calculations of different mass service systems types at modelling are p

Ключові слова: системи масового обслуговування, інформаційні мережі, моделювання, програмне забезпечення.



---

дано до друку 18.10.96. Формат 60x84/16. Папір писальний.  
офсетний. 0,93 ум.др.арк. I обл.вид.арк.  
вираж 65 прим. Замовлення № 212

---

Одеський політехнічний університет.  
270044, Одеса, пр.Шевченка, I