Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(повна назва факультету)
кафедра радіотехнічних систем
(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр
(назва освітнього ступеня)

на тему: Комп'ютерна система синфазного оцінювання прогнозу навантаженості комп'ютерних мереж

Виконав(ла): студент(ка) 2 курсу, групи РАм-62
спеціальності 172 Електронні комунікації та радіотехніка
(шифр і назва спеціальності)

(підпис) Сух В.Т. (прізвище та ініціали)

Керівник (підпис) Хвостівська Л.В. (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль (підпис) Хвостівська Л.В. (прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри (підпис) Дунець В.Л. (прізвище та ініціали)

Рецензент (підпис) (прізвище та ініціали)

Тернопіль
2024

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(повна назва факультету)

Кафедра радіотехнічних систем
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
_____ Дунець В.Л.
(підпис) (прізвище та ініціали)
« » 2024 р.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня магістр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 172 Електронні комунікації та радіотехніка
(шифр і назва спеціальності)

студенту Сух Владиславу Томашович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Комп'ютерна система синфазного оцінювання прогнозу навантаженості комп'ютерних мереж

Керівник роботи Хвостівська Лілія Володимирівна, к.т.н., доц.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 29 » листопада 2024 року № 4/7-1145

2. Термін подання студентом завершеної роботи 26.12.2024 р.

3. Вихідні дані до роботи Об'єкт дослідження: процес синфазного оцінювання прогнозу навантаженості комп'ютерних мереж. Предмет дослідження: модель, метод та комп'ютерна системи для синфазного оцінювання прогнозу навантаженості трафіку КМ.

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)
1. Аналітична частина
2. Математичне моделювання та алгоритм системи прогнозування трафіку комп'ютерних мереж
3. Програмна реалізація системи прогнозування трафіку комп'ютерних мереж
4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)
1. Актуальність роботи; 2. Емпірична реалізація даних трафіку комп'ютерної мережі
3. Математична модель даних трафіку комп'ютерних мереж
4. Метод прогнозу навантаженості трафіку комп'ютерних мереж
5. Алгоритм прогнозу навантаженості трафіку комп'ютерних мереж
6. Реалізація комп'ютерної системи прогнозу навантаженості трафіку комп'ютерних мереж
7. Наукова новизна отриманих результатів. Практичне значення одержаних результатів.
8. Висновки

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці та	Зелінський І.М., доц. каф. ПВ		
безпека в надзвичайних	Окіпний І.Б., зав. каф. МТ		
ситуаціях			

7. Дата видачі завдання 06.09.2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Отримання завдання на виконання роботи	06.09.2024 р.	
2	Аналіз отриманого завдання	17.09.2024 р.	
3	Виконання розділу 1	30.09.2024 р.	
4	Виконання розділу 2	15.10.2024 р.	
5	Виконання розділу 3	02.11.2024 р.	
6	Виконання розділу 4	14.11.2024 р.	
7	Оформлення пояснювальної записки	01.12.2024 р.	
8	Оформлення презентаційного матеріалу	06.12.2024 р.	
9	Перевірка кваліфікаційної роботи на антиплагіат	07.12.2024 р.	
10	Попередній захист кваліфікаційної роботи	13.12.2024 р.	
		27.12.2024 р.	

Студент _____ Сух В.Т.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ Хвостівська Л.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: «Комп'ютерна система синфазного оцінювання прогнозу навантаженості комп'ютерних мереж» // Кваліфікаційна робота // Сух Владислав Томашович // Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії, група РАм-62 // Тернопіль, 2024 // с. – 72, рис. – 31, табл. – 0, додат. – 3, бібліогр. – 47.

Ключові слова: ТРАФІК КОМПЮТЕРНОЇ МЕРЕЖІ, 4КОМП'ЮТЕРНА СИСТЕМА, СИНФАЗНЕ ОЦІНЮВАННЯ, ПРОГНОЗ НАВАНТАЖЕНОСТІ КОМП'ЮТЕРНИХ МЕРЕЖ, MATLAB, GUIDE.

У роботі розроблено комп'ютерну систему синфазного оцінювання прогнозу навантаженості комп'ютерних мереж. Проаналізовано рівень прогресу розвитку математичного моделювання (моделі, методи) навантаженості трафіку комп’ютерних мереж.

Обґрунтовано подання математичної моделі даних трафіку комп’ютерних мереж через ПКВП, що уможливило розробку методу прогнозу навантаженості трафіку з метою оптимізації роботи мережі та забезпечення якісних послуг для її користувачів.

Реалізовано метод/ алгоритм синфазної обробки даних навантаженості трафіку КМ, , що дозволило визначати показники прогнозу навантаженості мережі у вигляді 3D синфазних компонент та їх 2D усереднених оцінок.

Розроблено комп’ютерну систему (ПЗ) в середовищі Matlab Guide для обробки даних навантаженості трафіку мережі для синфазного оцінювання прогнозу її навантаженості, зокрема мережевого обладнання.

За результатами дослідження роботи комп’ютерну систему встановлено, що обчислені синфазні компоненти за своїми значеннями кількісно відображають рівень прогнозу навантаженості трафіку комп’ютерної мережі, зокрема навантаженості обладнання мережі.

ANNOTATION

Theme of qualification work: «Computer system for synphase assessment of computer network load forecast » // Qualification work // Sykh Vladyslav // Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Faculty of Applied Information Technologies and Electrical Engineering, group RAm-62 // Ternopil, 2023 // p. – 72, fig. – 31, tab. – 0, Add – 3, Ref. – 47.

Keywords: COMPUTER NETWORK TRAFFIC, COMPUTER SYSTEM, SYNPHASE ESTIMATION, COMPUTER NETWORK LOAD FORECAST, MATLAB, GUIDE.

In the work, a computer system for synphase assessment of the forecast of the load of computer networks was developed. The level of progress in the development of mathematical modeling (models, methods) of computer network (CN) traffic load is analyzed.

The presentation of a mathematical model of computer network traffic data through the PCVP is substantiated, which provided the development of a method for predicting traffic load in order to optimize network operation and provide quality services for its users.

A method/algorithm for synphase processing of CN traffic load data is implemented, which allowed determining network load forecast indicators in the form of 3D synphase components and their 2D averaged estimates.

A computer system (software) has been developed in the Matlab Guide environment for processing network traffic load data for synphase assessment of its load forecast, in particular network equipment.

According to the results of the study of the computer system, it was established that the calculated synphase components by their values quantitatively reflect the level of computer network traffic load forecast, in particular network equipment load.

ЗМІСТ

ВСТУП

Актуальність теми. На сьогодні більшість галузей діяльності людей невід'ємно пов'язана з потребою використання сучасних інтернет-технологій. Така тенденція вимагає надійності та стабільності щодо працездатності інтернет-технологій, зокрема комп'ютерної мережі.

Базовим показником такої мережі є трафік, який забезпечує процедуру оцінювання/відстеження рівня активності користувачів, моніторингу та аналізу функціонування мережі з метою оптимізації розподілення її ресурсу та керування у випадках перенавантаження мережі.

Одним із методів/алгоритмів уникнення перенавантаження мережі є прогнозування рівнів навантаження трафіку мережі впродовж часового простору, що дає змогу оптимізувати ресурси та показники мережі.

Для оптимізації показників навантаженості трафіку мережі застосовують різноманітні методи математичного моделювання та відповідні обчислювальні методи.

Серед відомих моделей трафіку виділено:

- розподіл Пуассона (Chen T., Fowler H.H., Leland W.);

- марківський процес (Nycz T., Czachórski T., Czachórski T., Pekergin F., Jozefiok A., Domańska J Domański A., Grochla K.);

- процес відновлення та фазовий процес відновлення (Brandauer C.);

- ON-OFF/IPP моделі (Chen T., Lucantoni D.A., Hefles H., Abdelnaser A.),

- модель модульована марківська рідинна (Abdelnaser A.,);

- авторегресійна модель (Nichols J., Lee S., Shim C., Kinicki R., Willinger W.Ryoo I., Lee J., Li M. та ін.);

- стаціонарний процес (Смольский С.М., Осин А.В.,);

- фрактальний броунівський рух (Reichl P.A.);

- ПКВП (автори Хвостівський В.М., Осухівська Г.М., Хвостівський М.О.).

На базі зазначених моделей реалізовано різноманітні обчислювані методи та комп’ютерні системи (ПЗ) для обробки даних трафіку мережі для задачі прогнозування її навантаженості.

Усі модель окрім ПКВП не забезпечують пов’язання часових зв’язків між значеннями трафіку різних добових спостережень в рамках суцільної реалізації трафіку. Таке спостереження уможливлює відстежити динаміку змін значень та фаз трафіку в часовому просторі, що є важливим для задачі часового прогнозування навантаженості трафіку та мережевого обладнання. Авторами Хвостівським В.М., Осухівською Г.М., Хвостівським М.О. не виростано увесь ресурс ЕТСС, а обмежившись використанням для обробки даних трафіку лише компонентного методу. Тому розроблення методу та комп’ютерної системи прогнозування даних навантаженості трафіку як ПКВП на базі синфазного методу є актуальною задачею.

Метою дослідження є розробка комп'ютерна система синфазного оцінювання прогнозу навантаженості комп'ютерних мереж.

При досягнені мети необхідно розв’язати задачі:

1. Проаналізувати прогрес розвитку математичного моделювання (моделі, методи) навантаженості трафіку КМ.
2. Обґрунтовано вибрати математичну модель навантаженості трафіку КМ.
3. Реалізувати метод/ алгоритм синфазної обробки даних навантаженості трафіку КМ.
4. Розробити комп’ютерну систему (ПЗ) для обробки даних навантаженості трафіку КМ для синфазного оцінювання прогнозу її навантаженості в часовому просторі.
5. Дослідити роботу комп’ютерної системи (ПЗ) та здійснити процес синфазного оцінювання прогнозу навантаженості КМ.

Об’єкт дослідження: процес синфазного оцінювання прогнозу навантаженості комп'ютерних мереж.

Предмет дослідження: модель, метод та комп’ютерна системи для синфазного оцінювання прогнозу навантаженості трафіку КМ.

Наукова новизна одержаних результатів.

1. Вперше поширено синфазний метод на обробки даних трафіку КМ, що забезпечило обчислення показників прогнозу навантаженості КМ у вигляді спектрально-кореляційних компонент чим збільшено число інформативних показників прогнозування.

Практичне значення результатів.

Розроблена комп'ютерна система дає можливість визначити рівень прогнозу щодо навантаженості трафіку комп'ютерних мереж

РОЗДІЛ 1
АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1. Математичне моделювання трафіку КМ

Як відомо, існує два підходи до постановки експерименту та вивчення трафіку КМ. У першому варіанті використовується реальне обладнання, що дозволяє досліджувати процес у реальному часі. У другому варіанті дослідження можна провести за допомогою чисельного моделювання, використовуючи обчислювальні ресурси комп'ютера та математичні моделі трафіку.

При моделюванні даних трафіку КМ (дискретна система подій DES [29]) необхідно застосовувати відповідну модель трафіку КМ, яку буде застосовано в експерименті. Точність моделі, тобто її відповідність параметрам реальної мережевої передачі даних, визначає якість отриманих експериментальних результатів.

Моделі трафіку КМ можуть бути класифіковані за типом процесу надходження сутностей, а також за програмним забезпеченням або додатком, який забезпечує передавання даних. Залежно від характеру процесу, моделі можуть бути стаціонарними або нестаціонарними. Моделі стаціонарні характеризуються короткостроковими та довгостроковими залежностями. До складу короткострокових входять моделі регресії та Марківські процеси. До складу довгострокових входять моделі фрактальні [19].

1.1.1. Процеси відновлення як модель даних трафіку мережі

Однією з перших створених моделей трафіку стали моделі, що базувалися на теорії відновлення. Завдяки своїй простоті вони широко використовувалися у вивченні перших мереж передачі даних. Часові проміжки між подіями у процесі відновлення є позитивними, розподіленими рівномірно та незалежними величинами.

Процедуру відновлення можна описати через процедуру підрахунку:

$$N(t); t \geq 0, \tag{1.1}$$

де N(t) – Це кількість подій системи інтервалу (0; t).

В кожному періоді виникнення подій $S_n = X_1 + ... + X_n$ процес із певним значенням ймовірності починається заново. Зокрема, якщо n-на подія відбувається у момент Sn=τ, то j-та підпослідовність періоду виникнення події: $S_{n+j} - S_n = X_{n+1} + ... + X_{n+j}$. Отже, при $S_n = \tau, \{N(\tau + t - N(\tau)); t \geq 0\}$ – ф-ія процесу відновлення з розподіленими та рівномірно незалежними проміжками між подіями [26].

Процедуру відновлення легко застосовувати, проте вона має значний недолік: функція кореляції ряду $\{X_n\}$ прямує до 0 для всіх відмінних від 0 лагів, що не корелює з результатами досліджень даних реального мережевого трафіку. Кореляційні ряди вказують чисельно на рівень часової залежності в рядах. Додатні значення кореляції ряду даних трафіку мережі $\{X_n\}$ вказують на прояви стрибків активності в роботі мережі [21]. Оскільки дані трафіку варіативного типу з моментами підвищеної активності домінують в КМ, тому модель кореляції відповідає реальним даних трафіку мережі.

1.1.2. Розподіл Пуассона як модель даних трафіку мережі

Модель трафіку на базі розподілу Пуассона застосовувалася переважно для дослідження телефонних мереж.

Модель даних трафіку, заснована на розподілі Пуассона, здебільшого використовувалася для аналізу телефонних мереж. Пуассонівський процес є спеціальним випадком процесу відновлення, де інтервали між подіями описуються розподілом експоненційним із показником. λ:

$$P\{X_n < t\} = 1 - \exp(-\lambda t). \tag{1.2}$$

Розподіл Пуассона використовується, коли дані трафіку генерується сукупністю незалежних джерел, що задовольняють умови цього розподілу. Середнє та дисперсія розподілу Пуассона обчислюються за допомогою параметра λ.

Розподіл Пуассона володіє кількома математичними властивостями. Зокрема, суперпозиція незалежних процесів пуассонівських утворює новий процес пуассонівський, параметр якого рівний сумі параметрів процесів вихідних. По-друге, властивість приростів незалежних здійснює усування часової залежності ряду. По-третє, відповідно до теореми Пальма, процес пуассонівський переважно застосовується при моделюванні сукупності незалежного джерела даних трафіку [8]. Однак згодом з'ясовано, що агрегування даних трафіку не завжди призводить до формування розподілу Пуассона.

Найпростішим методом перевірки, чи є процес Пуассонівським, є графічний аналіз. Для цього необхідно побудувати гістограму часу між подіями та перевірити, чи зменшується вона у відповідності до експоненційного закону.

Слід зауважити, що якщо модель трафіку на основі Пуассонового розподілу залежить від часової змінної, тобто є непостійною величиною, то параметр цього розподілу представляється як функція часу λ(t) [6].

Для моделювання глобальних мереж, у яких внесок у загальну картину трафіку одного абонента невеликий, сесії користувача можна представити, як пуасонівський процес. Пуассонівський процес підходить для моделювання TCP трафіку на сесійному рівні моделі OSI, коли сесії ініціюються користувачами, тобто TELNET/FTP програми [23].

1.2.3. Розподіл Бернуллі як модель даних трафіку мережі

Модель даних трафіку, побудована на основі розподілу Бернуллі, є дискретною аналогією моделі Пуассона. Ймовірність виникнення події в будь-якому часовому інтервалі є незалежною від інших подій. Для певного часового інтервалу k кількість подій описується біноміальним розподілом.

$$P\{N_k = n\} = \left(\frac{k}{n}\right) p^n (1-p)^{k-n} \tag{1.3}$$

де n – інтервал значень [0, k].

Проміжок часу настання події залежить від параметру p з розподілом геометричним:

$$P\{A_n = j\} = p(1-p)^j, \tag{1.2}$$

де j - число ціле додатне.

1.2.4. Фазовий процес відновлення як модель даних трафіку мережі

Однією з моделей, що базуються на відновленні, є модель даних трафіку фазового типу. Процес настання події фазового типу можна змоделювати як неперервний у просторі часу процес поглинання Марківського типу $C = \{C(e)\}_{t=0}^{\infty}$ в просторі досяжних станів $\{0,1,\ldots,m\}$, де 0 вказує на стан поглинання, а решта станів є перехідними. При цьому поглинання відбувається впродовж скінченного проміжку часу.

Щоб визначити X_n, процес C стартує зі стартовим розподілом. Після досягнення стану поглинання (при стані 0) процес завершується. Час до поглинання визначатиме X_n, який утворюється як ймовірнісна комбінація сукупності розподілів експоненціальних. В подальшому процес знову стартує зі стартового розподілу π, і процес повторюється для одержання X_{n+1}.

Модель, реалізована на основі відновлювального фазового процесу, забезпечує можливість керувати параметрами моделі, що аналізується, а також відповідає вимогам щодо апроксимації розподілів вхідного повідомлення [21].

1.2.5. Марківський процес як модель даних трафіку мережі

Трафікові моделі, побудовані на процесах Марківських, враховують залежність між елементами стохастичної послідовності по відношенню до моделей, які засновані на процесах відновлення.

Вважається, що ймовірність перехідного стану системи в наступний стан S_{n+1} залежить лише від поточного стану S_n і не пов'язана з попередніми станами S_i, де $i<n$. Така залежність спричиняє позитивну автокореляцію послідовності $\{S_n\}$, що відображає змінний характер даних мережевого трафіку, коли періодичність вищої активності змінюються періодичністю низької інтенсивності передавання мережевих даних. У подібних моделях кількість станів задається заздалегідь: чим більше число станів, тим точніше модель відображає реальну мережу передачі даних. Однак це також ускладнює процес моделювання [40-41].

Моделі напівмарківські виникають, коли інтервали часу між переходами станів описуються випадковим розподілом ймовірності. Якщо ж тривалість часу між змінами станів не враховується, то процес розглядається як дискретна данка марківська.

1.2.6. ON-OFF/IPP як модель даних трафіку мережі

Модель ON-OFF широко використовується для моделювання мережі, що передають голосові дані [31]. Модель використовується для врахування масштабованої природи даних мережного трафіку. У цій моделі передбачено лише два стани: ON/OFF, причому час переходу між ними підпорядковується експоненційному розподілу [19]. У мережі з N статистично ідентично-незалежних ON/OFF джерел кожне джерело характеризується такими параметрами: L — середньою кількістю пакетів, переданих протягом ON-періоду, піковим значенням S та середнім значенням r. Рівноважну ймовірність джерела обчислюється як $\gamma=r/S$.

У межах моделі IPP мережа може перебувати лише в 2-ох станах. У ON-стані мережа передає дані згідно з розподілом Пуассона, а в OFF-стані процес передачі даних припиняється.

1.2.7. Марківський процес відновлення як модель даних трафіку мережі

У межах моделі, заснованої на процесі відновлення, мережа має два стани: S1 та S2. Рівень амплітуди даних трафіку стану S1 рівний 0 та 1 – для стану S2. При середніх значеннях інтервалу часу переходу від станів прийняття рівних d1 і d2 відповідно значення ймовірності S1 рівне $PS1 = d1/(d1 + d2)$, а для $S2$ – $PS2 = d2/(d1 + d2)$. В такому випадку суперпозиція не корельованих процесів відновлення має розподіл біномного виду.

1.2.8. Марківський модульований процес Пуассонівський як модель даних трафіку мережі

Завдяки простоті реалізації, пуассонівський процес є ефективним методом для моделювання мережевого трафіку [41, 42]. Однак очевидним недоліком цього підходу є використання сталої швидкості потоку λ. Якщо розглядати реальні дані трафіку, то значення швидкості потоку змінюватиметься, оскільки повідомлення починаються та завершуються в стохастичні моменти часу.

Прийнято розглядати N голосових повідомлень потік як мультиплексований, де кожне окремо взяте повідомлення є незалежним процесом Пуассона. Отже, базовий процес є пуассонівським з варіативною швидкістю λ(t). Швидкість потоку визначається як:

$$\lambda(t) = n(t)\lambda, \tag{1.5}$$

де n(t) – число активних передач голосових повідомлень на цей момент. У цьому випадку $n(t)$ представляє стан безперервного в часі Маркового ланцюга. ММПП зберігає деякі властивості незалежності від часу, характерні для процесу Пуассона, і може бути проаналізований за допомогою Марківської теорії.

ММПП активно застосовується для моделювання даних трафіку через свою високу гнучкість в налаштуванні моделі, а також відомий як подвійний процес стохастичний.

Простим прикладом ММПП є модель двох станів: активний, де параметр розподілу Пуассон є позитивним, і вимкнений стан, коли параметр Пуассона дорівнює 0. Стан "ON" відповідає за передачу звуку, а стан "OFF" — тишині. Цю модель можна вдосконалити, об'єднавши кілька незалежних джерел, кожне з яких характеризується ММПП з власним модулюючим процесом Марківським.

1.2.9. Авторегресійна модель як модель даних трафіку мережі

Авторегресійна модель активно використовуються для моделювання VBR відеотрафіку в процесі розробки САУ навантаженням у високошвидкісній мультимедійній мережі передавання даних [39]. Такий рівень популярності пояснюється специфікою відеоданих, у яких на кожну секунду припадає до 30 кадрів, а відмінності між цими кадрами зазвичай мінімальні. Значні відмінності між двома сусідніми кадрами відеоряду призводять до зміни сцени, що, у свою чергу, збільшує обсяг передаваних даних. Отже, відеоряд у межах однієї сцени, де відсутні різкі стрибки в обсязі трафіку, можна моделювати за допомогою авторегресійної моделі, тоді як для різких перепадів між кадрами доцільно використовувати ланцюги марковські.

В праці [38] дані відеотрафіку мережі модельовано згідно виразу:

$$X_n = Y_n + Z_n + V_n C_n , \tag{1.6}$$

де Y_n й Z_n – це дві некоркльовані авторегресійні процеси (AR). Застосування 2-ох процесів водночас дозволяє наблизити модель функцію автокореляції(АКФ) до форми, яка відповідає характеру реальних даних відеотрафіку.

$V_n C_n$ є поєднанням стану ланцюга Марківського та некорельованої величини нормально розподіленої, яка враховує стрибкоподібне зростання даних навантаження в процесі зміни сцен. Така модель підходить для алгоритмів стиснення відеоданих, де здійснюється передавання тільки зміни при переходах між кадрами.

Модель авторегресії та середнього ковзного (p, q)-порядку, відома як ARMA (p,q), має наступний вигляд:

$$X_t = c + \nu_1 X_{t-1} + \nu_2 X_{t-2} + ... + \nu_p X_{t-p} + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \theta_1 \varepsilon_{t-2} - ... - \theta_p \varepsilon_{t-p}. \quad (1.7)$$

де $\nu(B)X_t$ обчислюється з виразу:

$$\nu(B)X_t = c + \theta(B) \cdot \varepsilon_t, \quad (1.8)$$

де B –оператор зміщення, c – константне число.

Моделі ARMA активно застосовуються при моделюванні VBR-трафіку. В такому цьому контексті інтервал відеокадру розділяється на m рівних інтервалів. Кількість осередків n_i, i=0,..,m-1 у кожному часовому проміжку описується при використанні ARMA-процесу:

$$X_n = \varphi X_{n-m} + \sum_{i=0}^{m-1} \theta_i \varepsilon_{n-i} \quad (1.9)$$

Оскільки дані відеотрафіку кожного з кадрів мають кореляцію зі змінним коефіцієнтом, автокореляційна функція демонструє піки на лагах, що є кратними m. У моделі AR-частина відповідає за відтворення повторюваної кореляції, а параметр θ_k використовується для налаштування кореляції на решта затримках [33]. Однак, параметрична оцінка моделі ARMA є складнішою порівняно з AR-моделями, оскільки для оцінки θ_k необхідно розв’язати систему рівнянь нелінійних. Аналітичний аналіз такого типу моделей також є вагомо трудомістким.

1.2.10. Стаціонарний процес як модель даних трафіку мережі

У праці [17] зазначається, що для аналізованих даних трафіку, які розглядаються як стаціонарний (широкий сенс) процес стохастичний, середнє значення вибіркової дисперсії зменшується не суттєво, ніж m^{-1}. Найоптимальнішим

підходом для цього випадку є припущення, що зниження vm відбувається пропорційно до $m^{-\alpha}$, де α належить інтервалу (0,1). Відповідно, значення ρ має бути пропорційним до $m^{1-\alpha}$:

$$\sum_{k=1}^{m} \rho_k \approx C m^{1-\alpha} \tag{1.9}$$

де α<1 при $\sum_{k=1}^{m} \rho_k \to \infty$.

В такому випадку АКФ зменшується повільніше, оскільки вона не підсумовується [24].№2ф

1.2.11. Фрактальний броунівський рух як модель даних трафіку мережі

Дані мережевого трафіку можна описати як броунівський рух (БР), що є процесом стохастичним $\{B_t\}$ при t≥0, який має нормальність розподілу із 0 середнім значенням і дисперсією $\sigma^2 t^{2H}$. Фрактальний БР $\{fB_t\}$ представляє собою самоподібний гаусівський процес із самоподібним параметром в межах 0,5≤H<1.

Приклад моделювання даних трафіку за допомогою фрактального ГШ подано в праці [36], де доведена складність аналітичних досліджень розподілення наповненості буфера.

Подання такого типу моделі представлено у вигляді:

$$fB_t = \int_0^t (t-u)^{H-0.5}\, dB(u). \tag{1.10}$$

Отже, наближено здійснюється аналіз поведінки розподілу хостів. Встановлено, що для високих числових значень H збільшення навантаженості на мережу потребує вагомого зростання об’єму пам’яті. Ймовірність втрат пакету передусім залежить від розмірів буфера алгебраїчно, а не експоненційно, як для випадку моделі Маркова та ARMA.

Однак розглянуті моделі не враховують взаємозв’язок між значеннями різних часових повторень в рамках єдиної реалізації даних трафіку КМ. Це має вирішальне значення для аналізу динаміки варіативності фазових показників трафіку у просторі часу, що важливо для прогнозування апостеріорного завантаження КМ.

Тому потрібно застосувати іншу методологію підхід для створення методу прогнозування даних трафіку мережі. Зокрема, доцільно розширити застосування ETCC при моделюванні для трафіку КМ, зокрема, використовуючи модель вигляду ПКВП [1,15,16,43]. На основі зазначеної моделі в праці пропонується компонентний метод (Хвостівський В., Осухівська Г.М., Хвостіська Л.В., Хвостівський М.О) і програмний код для прогнозування навантаженості КМ.

1.3. Висновки до розділу 1

Аналіз відомих моделей даних трафіку показав, що жодна з розглянутих моделей не враховує взаємозв’язок значень між даними трафіку КМ у межах однієї реалізації. Це обмежує можливість відстеження динаміки змін фазових показників у просторі часу під час прогнозу навантаженості КМ.

Таким чином, розробка методу та комп’ютерної системи (програмного засобу) прогнозування навантаженості КМ на базі оптимального матмоделювання є актуальним завданням.

РОЗДІЛ 2
ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1. Властивості даних трафіку мережі

Аналіз даних трафіку мережі для розробки методу та комп'ютерної системи прогнозу виконано на основі реальних даних інтернет-провайдера UFONet у м. Тернополі. Зображення даних трафіку КМ зареєстрованих протягом 7-ми днів (з 01.07.2024 по 07.07.2024) в рамках ЖК «Парковий комплекс», наведено на рис. 2.1.

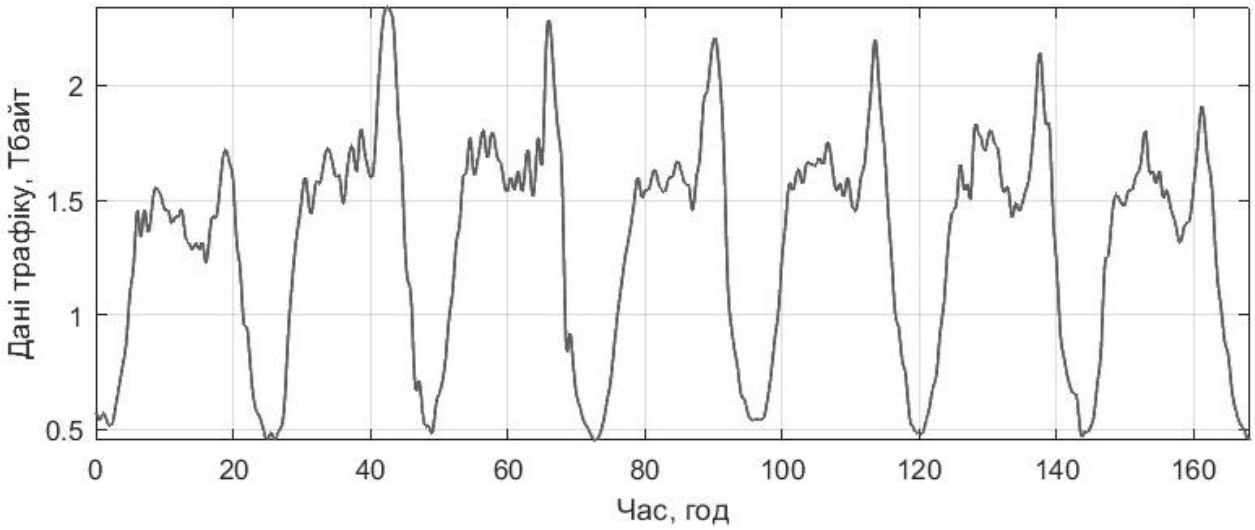

Рис.2.1. Дані трафіку КМ тривалістю з 01.07.2024 р. по 07.07.2024 р. (ЖК «Парковий комплекс)

Спостерігається, що для кожної реалізації впродовж доби притаманні виразні піки даних мережевого трафіку (рис. 2.1), які характеризуються добовими варіативностями в часовому просторі амплітудних та фазових значень (рис. 2.2).

У разі відсутності варіативності фазо-часових показників, амплітудних значень і за присутності чітко виражених добових повторень можна припустити, що дані мережевого трафіку, зареєстрованих протягом 7 діб, матиме виражений періодичний характер:

$$s(t) = s(t+T),\ t \in \mathrm{R}. \quad (2.1)$$

де T – інтервал доби, T=24 год.

Однак через присутність певної варіативності (рис. 2.2) вираз 2.1 не може вважатися коректним для математичного опису даних емпіричного трафіку під час розроблення методу та комп'ютерної системи його прогнозу. У такому разі необхідно використовувати стохастичний підхід до моделювання при описі реальних даних трафіку, а вже на його основі створювати метод та систему прогнозу навантаженості трафіку КМ. Проте цей підхід вимагає кількісного обґрунтування через оцінювання параметрів реальних даних трафіку КМ.

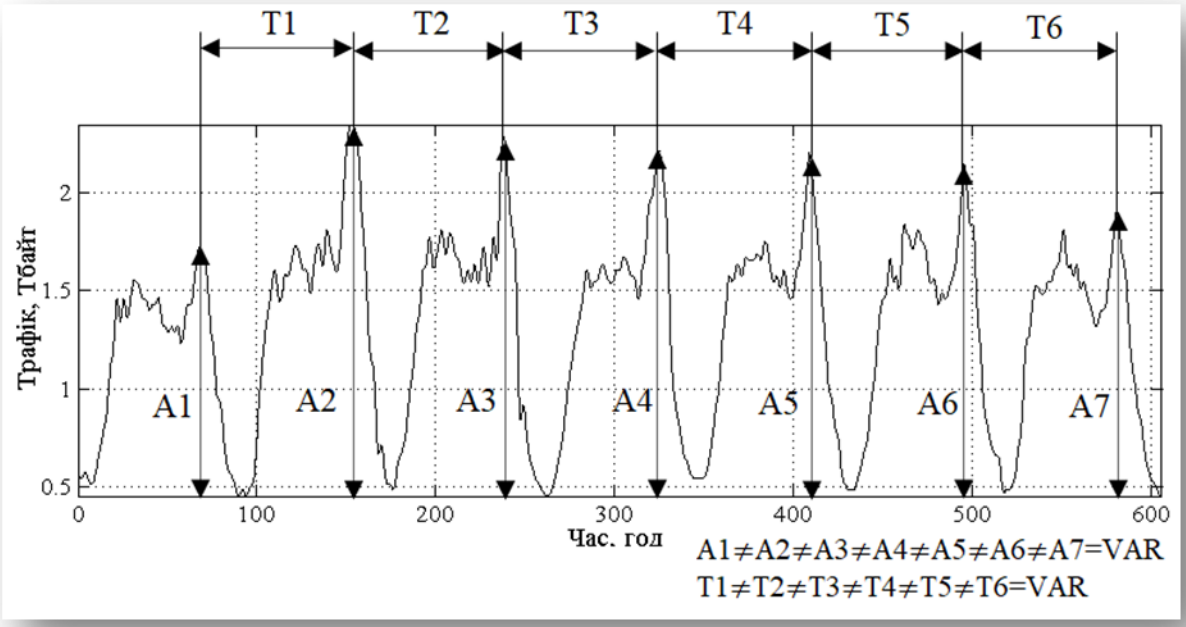

Рис. 2.2. Варіативність періоду та амплітуд даних трафіку КМ з 01.07.2024 р. по 07.07.2024 р. (ЖК «Парковий комплекс»)

Інформативні параметри, що використовуються у КС для прогнозу стану КМ у майбутньому, мають низький рівень інформативності під час аналізу динаміки змін навантаження за амплітудо-часовими показниками (рис. 2.2). Це обумовлено їхньою

нездатністю чисельно відобразити варіативності у часово-фазовій (ЧФ) структурі реальних даних трафіку КМ, ілюстрованих на рис. 2.3.

Фазою φ_{n} на рис. 2.3 вважається певне числове значення n, яке є кількісною мірою часових зсувів відносно початку коливань значень даних трафіку для n-ої доби по відношенню попередніх діб $(n-1)T$.

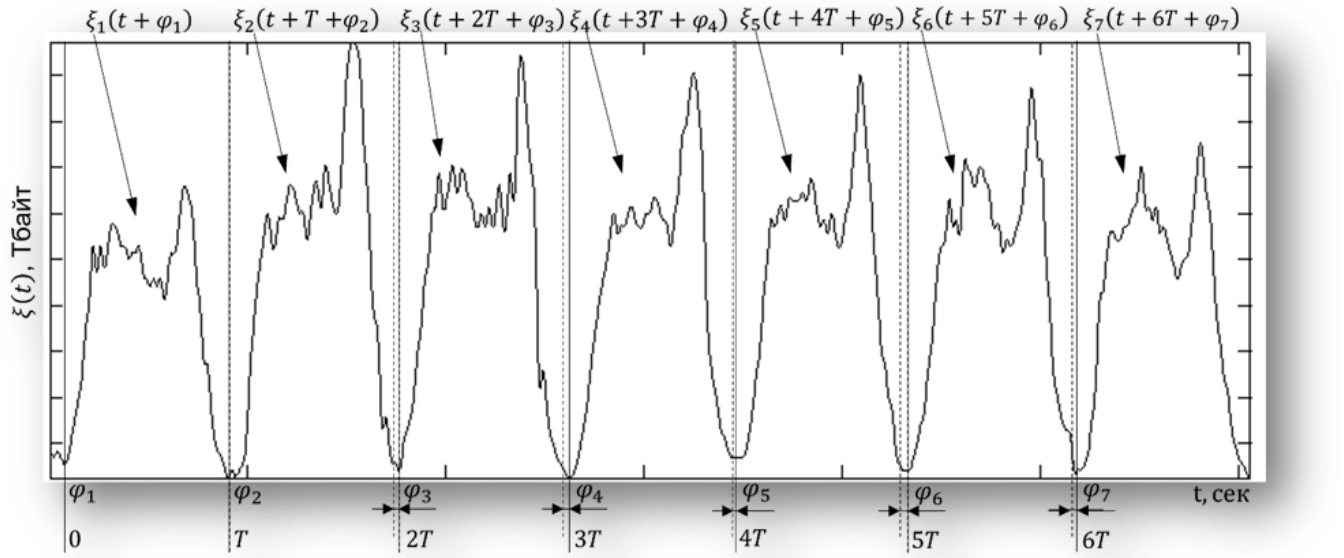

Рис.2.3. ЧФ структура реальних даних трафіку КМ

Візуальний аналіз ЧФ даних трафіку КМ (рис. 2.3) показав, що для n-ої доби, яка належить часовим інтервалам в рамках періоду T, спостерігається варіативність значень фаз φ_1–φ_{10} в реалізації даних $\xi_1(t)$–$\xi_{10}(t)$. Ці варіативності проявляються у відхиленнях відносно до початкового значення фази кожного n-го періоду в реалізації даних трафіку КМ $\xi(t)$ в просторі часу:

$$\varphi_1 \neq \varphi_2 \neq \ldots \neq \varphi_n = \text{var}\,, \tag{2.2}$$

де n–ий повтор трафіку мережі в рамках n-ої доби або n-на фаза добового повторення даних трафіку мережі.

Результат аналізу ФЧ показника даних добового трафіку мережі (рис. 2.3) показав, що матмодель трафіку повинна забезпечувати можливість дослідження

варіативності часової залежності для кожної *n*-ої доби, що є необхідним для процедури прогнозу варіативності поведінки КМ в майбутньому.

При вивченні варіативності амплітудо-часових показників даних трафіку мережі (рис. 2.2) та аналізі їх часової взаємозалежності доцільно застосовувати засоби ММ. Це, зокрема, передбачає побудову матмоделі даних трафіку, яка дозволить досліджувати варіативності та взаємозв'язки між даними трафіку КМ різних часових періодів у межах суцільної реалізації.

Розглядаючи процес реалізації даних трафіку як стаціонарний, можна зауважити, що густина розподілу (рис. 2.4) змінюється в часовому просторі, що свідчить про нестаціонарний характер реалізації трафіку мережі. Густина ймовірностей даних трафіку КМ в рамках *k*-ої доби дозволяє встановити закономірність варіативності в просторі часу та обчислюється згідно виразу:

$$p(\xi,t)=\frac{1}{\sqrt{2\pi}}\int_{-\infty}^{X} e^{-\frac{(t-m_\xi)^2}{2D_\xi}}\,dt. \qquad (2.3)$$

де m_ξ та D_ξ – середнє значення та дисперсія для X в рамках різної доби трафіку.

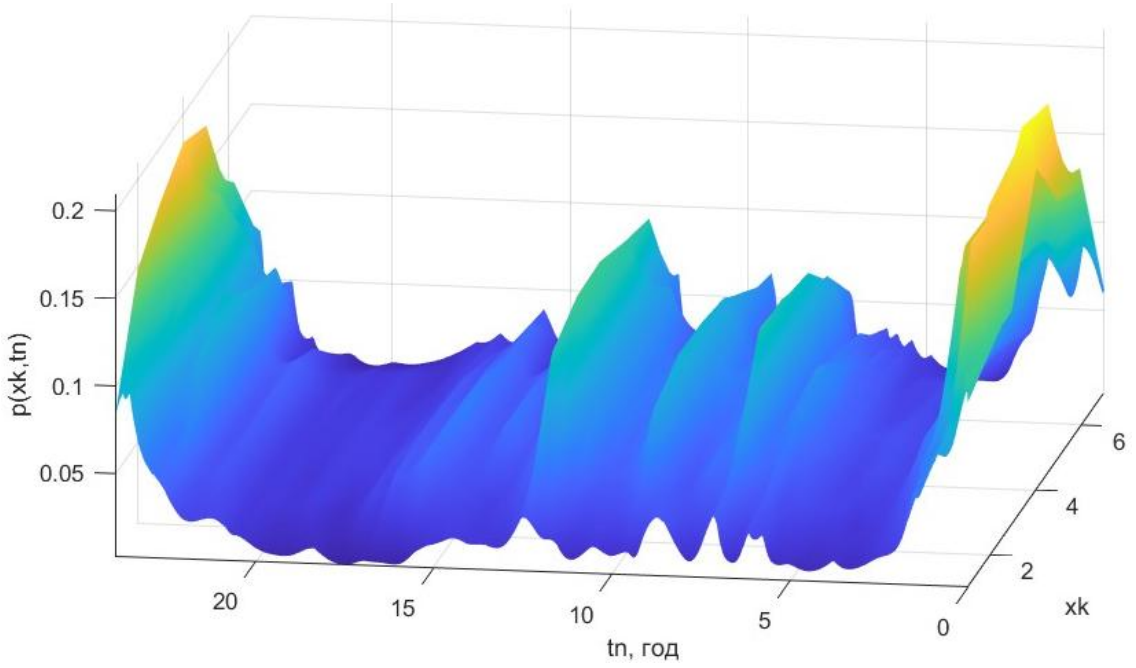

Рис.2.4. Реалізації значень густини розподілу ймовірностей даних трафіку $p(\xi_k,t_n)$

Аналіз кореляції ансамблю реалізацій даних трафіку встановив показав періодичність функції автокореляції $r_\xi(t,u)=r_\xi(t+T,u+T)$ (рис. 2.5) та періодичне затухання (рис. 2.6) кореляції від даних суцільної реалізації трафіку $R_\xi(u)$, що свідчить про повторюваність реалізації даних трафіку як скінченного процесу $R_\xi(u)<\infty$. Автокореляція $r_\xi(t,u)$ даних трафіку мережі $\xi_k(t)$ обчислюється з виразу:

$$r_{\xi_k}(t,u)=\frac{1}{T}\int_0^T \xi(t-kT)\xi(t-kT-u)dt,\ \ u,t\in[0,T),\ k=\overline{0,(K-1)}. \qquad (2.4)$$

де K – число діб $\xi_k(t)$, які множино для кожної k-ої доби утворюють суцільну реалізацію $\xi(t)$ даних трафіку КМ $[\xi_1(t),\xi_2(t),...,\xi_k(t)]$.

Кореляція даних трафіку $\xi(t)$ обчислюється з виразу:

$$r_\xi(u)=\int_0^T \xi(t)\xi(t-u)dt. \quad t\in \mathrm{R} \qquad (2.5)$$

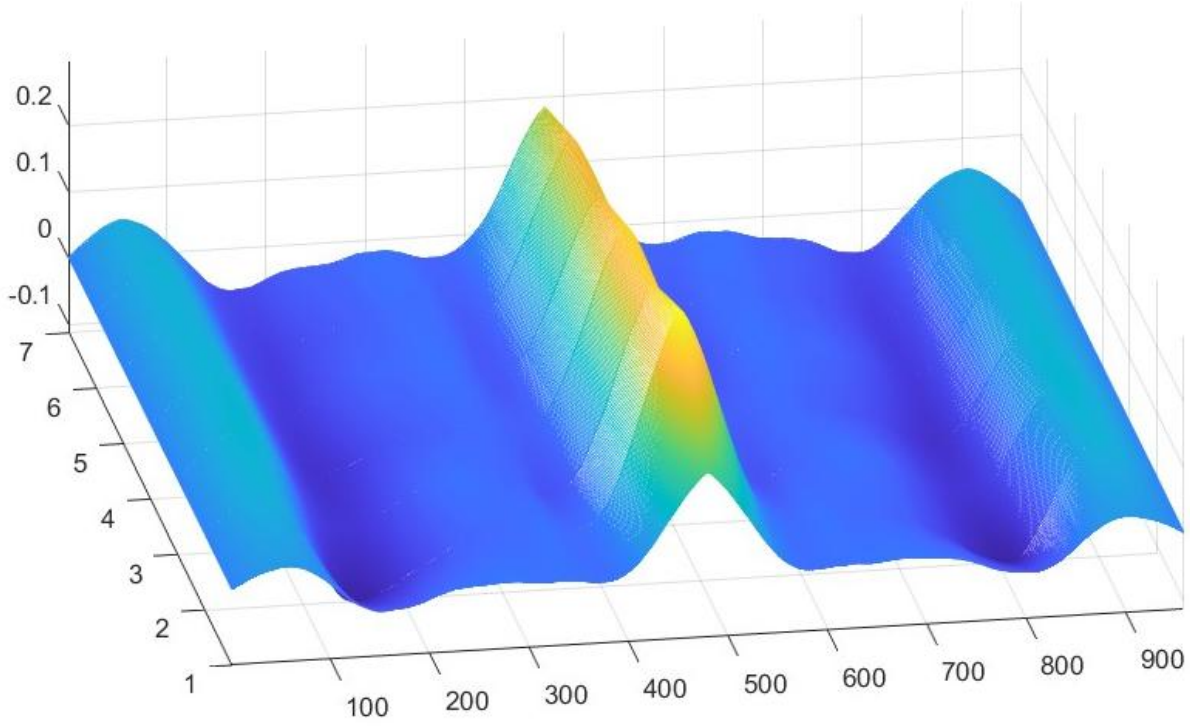

Рис.2.5. Ансамбль кореляцій реалізацій k-их даних трафіку мережі

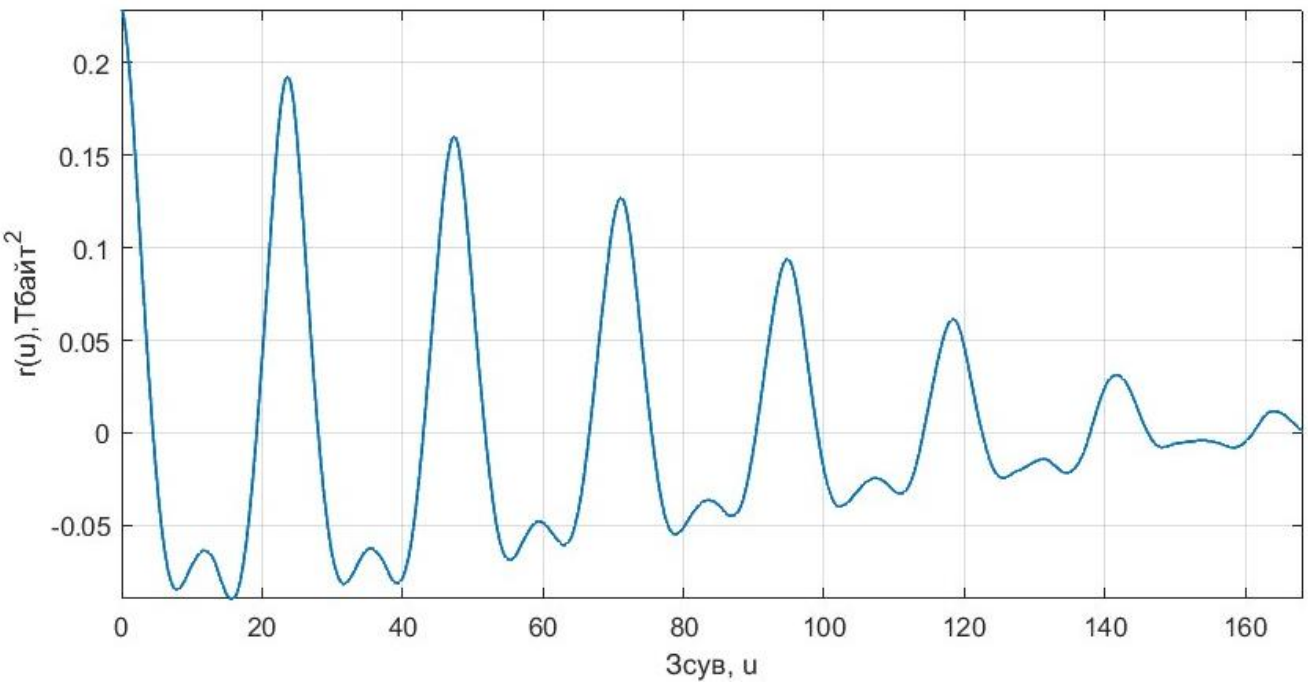

Рис.2.6. Автокореляція суцільної реалізації даних трафіку мережі

За результатами проведеного аналізу даних трафіку КМ констатовано, що матмодель має забезпечити конструктивно поєднати стохастичність (рис. 2.4) та повторюваність діб (доби) (рис. 2.5), належати до класу скінченого процесу (рис. 2.6) і відображати взаємозалежність значень даних трафіку мережі n-х діб з метою дослідження змінності фазових показників трафіку в просторі часового спостереження (рис. 2.3).

2.2. Математична модель даних трафіку мережі

ЕТСС забезпечує представлення даних мережевого трафіку при використанні компонент стаціонарного типу та послідовності, що повторюються через 24 години (добу), зокрема кореляційний період. З вираховуванням процесу утворення даних трафіку КМ і сформульовані вимоги до параметрів та властивостей математичного апарату, констатовано, що реалізація даних трафіку є нестаціонарною і має періодичний характер з характеристикою скінченності в межах добового інтервалу Т. Реалізація трафіку КМ також належить до π^T певного класу. В такій ситуації цю реалізацію трафіку доцільно описати математично при використані апарату ПКВП,

який уможливлює опис таких коливань повторно-періодичних з врахуванням їх варіативності, зокрема ймовірнісних параметрів [10].

Модель поведінки даних трафіку КМ, подана як ПКВП, дозволяє ефективно враховувати добову повторюваність (періодичність) реалізації сигналу, його часо-амплітудну змінність (стохастичність), а також забезпечує використання методів і алгоритмів для дослідження їх взаємозв'язку за допомогою наступного виразу:

$$\xi(t) = \sum_{k \in Z} \xi_k(t) e^{j2\pi k/T}, \; t \in \mathrm{R} \qquad (2.6)$$

де $\xi_k(t)$ – стаціонарні стохастичні компоненти даних добового трафіку мережі;

$e^{j2\pi k/T}$ – повторювана компонента даних трафіку мережі з інтервалом T=24 год.

Модель даних трафіку мережі (2.20) має широкий спектр можливостей для обробки/аналізу, зокрема синфазну обробку (з кореляційними зв’язками та без них, що була розвинута Хвостівським М.О. [3]), а також фільтрову та компонентну обробки для отримання кількісно-інформативних показників. Ці показники характеризують ступінь взаємного корелювання амплітудно-часових параметрів даних трафіку КМ у різні добові фрагменти.

Аналіз ступеня стохастичності взаємного корелювання різнодобових показників даних трафіку КМ дозволяє отримати дані для прогнозу навантаженості трафіку КМ, визначивши заздалегідь оптимальні режими роботи мережевого обладнання. Це забезпечує надання якісно-надійних комунікаційно-інформативних послуг клієнтам КМ.

2.3. Метод синфазного прогнозу навантаженості трафіку комп'ютерної мережі

Засоби ПКВП є надзвичайно ефективними, оскільки вони пропонують три основні методи обробки даних мережевого трафіку: синфазний/компонентний/фільтровий. Головна відмінність між синфазною та компонентною обробками базується на тому, що в процесі синфазної обробки спершу визначається коваріація даних трафіку мережі, а потім, з використанням перетворення Фур'є, розраховуються відповідні частотні компоненти. Натомість компонентна обробка виконує розрахунок коваріації напряму в області частот.

Фільтрова обробка, у свою чергу, різниться від компонентної лише в способі реалізації: у компонентній використовується перетворення Фур'є, тоді як у фільтровій застосовуються фільтри з заданими частотними характеристиками.

Синфазна обробка даних трафіку мережі базується на тому, що інформативні ознаки цього трафіку розглядаються у вигляді функцій, що мають повторювані характеристики, які безпосередньо є часо-залежними:

$$\hat{m}_{\xi}(t) = \lim \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} \xi\left(t_0 + kT\right),, \tag{2.7}$$

$$\hat{b}_{\xi}(t,u) = \lim \sum_{k=0}^{N-1} \overset{0}{\xi}\left(t + u + kT\right) \overset{0}{\xi}\left(t + kT\right).., \tag{2.8}$$

Коефіцієнти $\hat{m}_k$ та $\hat{B}_k(u)$ у виразах даних трафіку (2.7) та (2.8) називаються компонентами показників, вираженими через базис Фур'є, і визначаються з виразу:

$$\hat{m}_k = \frac{1}{T} \int_0^T \hat{m}_{\xi}(t) \exp\left(ik \frac{2\pi}{T} t \right) dt, \tag{2.9}$$

$$\hat{B}_k(u) = \frac{1}{T} \int_0^T \hat{b}_{\xi}(t,u) \exp\left(ik \frac{2\pi}{T} t \right) dt. \tag{2.10}$$

Для визначення компонентів даних трафіку мережі можна також скористатися таким виразом:

$$\hat{B}_k(u) = \frac{1}{T}\int_0^T \left[\xi(t)\xi(t+u) - m_\xi(t)m_\xi(t+u)\right]\exp\left(-ik\frac{2\pi}{T}t\right)dt. \qquad (2.11)$$

Заданий середній рівень даних трафіку КМ дозволяє отримати незсунуті оцінки компонент за $T = k \cdot dt$, які обчислюються на основі функцій кореляції.

Під час вибору формул (2.10) або (2.11) варто враховувати рівень затухання даних трафіку: якщо затухання незначні, рекомендується використовувати формулу (2.10), а за умов значних затухань – формулу (2.11). Це забезпечує ефективне обчислення компонент для прогнозування КМ у майбутньому.

Синфазні компоненти дозволяють виявити особливі характеристики трафіку даних КМ та підвищити точність прогнозу її навантаженості в загальному контексті.

2.4. Алгоритм синфазного прогнозу навантаженості трафіку комп’ютерної мережі

Основні етапи синфазного прогнозу трафіку включають такі структурні елементи:

– Синфазна обробка даних трафіку КМ згідно з виразом (2.10), який обчислює інформативний показник прогнозу у вигляді синфазних компонент.

– Оцінювання синфазних компонент**,** обчислених на попередньому етапі, форма та значення яких дають можливість здійснення прогнозу навантаженості трафіку КМ.

– Процес прийняття рішення на основі форми та показників оцінених синфазних компонент щодо прогнозу навантаженості трафіку КМ.

Фундаментом синфазної обробки є: процедура центрування відносно середнього; формування стаціонарних компонент; обчислення синфазних компонент шляхом кореляції та виконання Фур'є-перетворення. Ці операції

визначають обчислювальну складність процесу синфазної обробки, що проілюстровано на рис. 2.7.

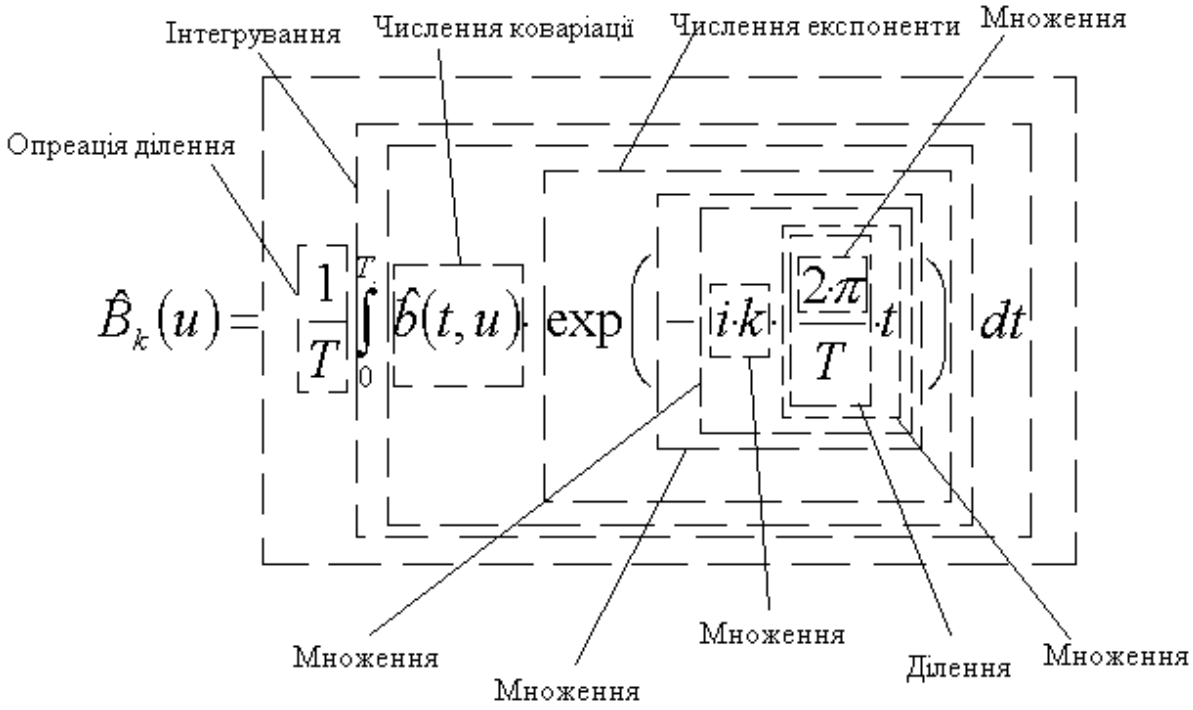

Рис. 2.7. Обчислювальна складність виразу (2.10) для числення синфазних компонент

З огляду на складність виразів, що характеризують синфазний метод обробки даних трафіку КМ, було розроблено послідовність обробки синфазної, яку представлено на рис. 2.8.

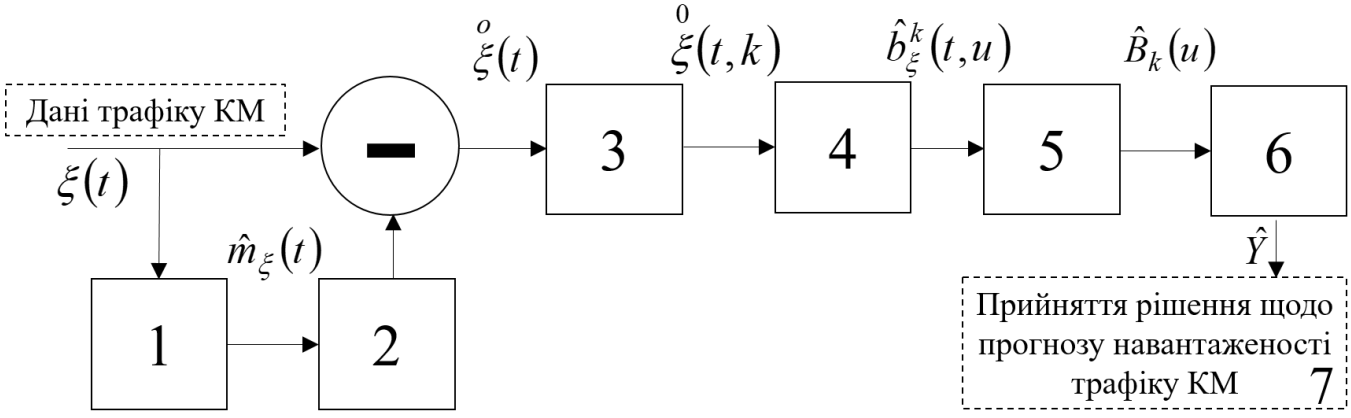

Рис. 2.8. Послідовність синфазної обробки як основи синфазного прогнозу навантаженості трафіку КМ

На рис. 2.5 позначено ключові етапи синфазної обробки:

1 – Обчислення середніх значень даних трафіку КМ $m_\xi(t)$;

2 – Формування подовжених періодично середніх значень даних трафіку КМ $[m_\xi(t)\ m_\xi(t)\ m_\xi(t)\ \dots\ m_\xi(t)]$;

⊖ – Центрування $\overset{0}{\xi}(t)$ через процедуру віднімання від даних трафіку КМ $\xi(t)$ періодичних середніх значень $m_\xi(t)$;

3 – компоненти стаціонарні формовані через період *k*-ий період $\overset{0}{\xi}(t,k)$;

4 – Числення коваріації даних трафіку КМ $\hat{b}_\xi(t,u)$;

5 – Числення синфазних компонент $B_k(u)$ шляхом Фур'є-перетворення від коваріації даних трафіку КМ $\hat{b}_\xi(t,u)$;

6 – Оцінювання синфазних компонент $B_k(u)$ як показника прогнозу навантаженості трафіку КМ;

7 – прийняття рішення щодо прогнозу навантаженості трафіку КМ на основі оцінених синфазних компонент.

Розроблена послідовність синфазної обробки (рис.2.8) уможливлює процедуру розробки алгоритму синфазної обробки даних трафіку для подальшої розробки комп'ютерної системи (програмного забезпечення) прогнозу навантаженості трафіку КМ.

Алгоритм синфазної обробки (ядро синфазного прогнозу) даних трафіку КМ відображено на рис.2.9.

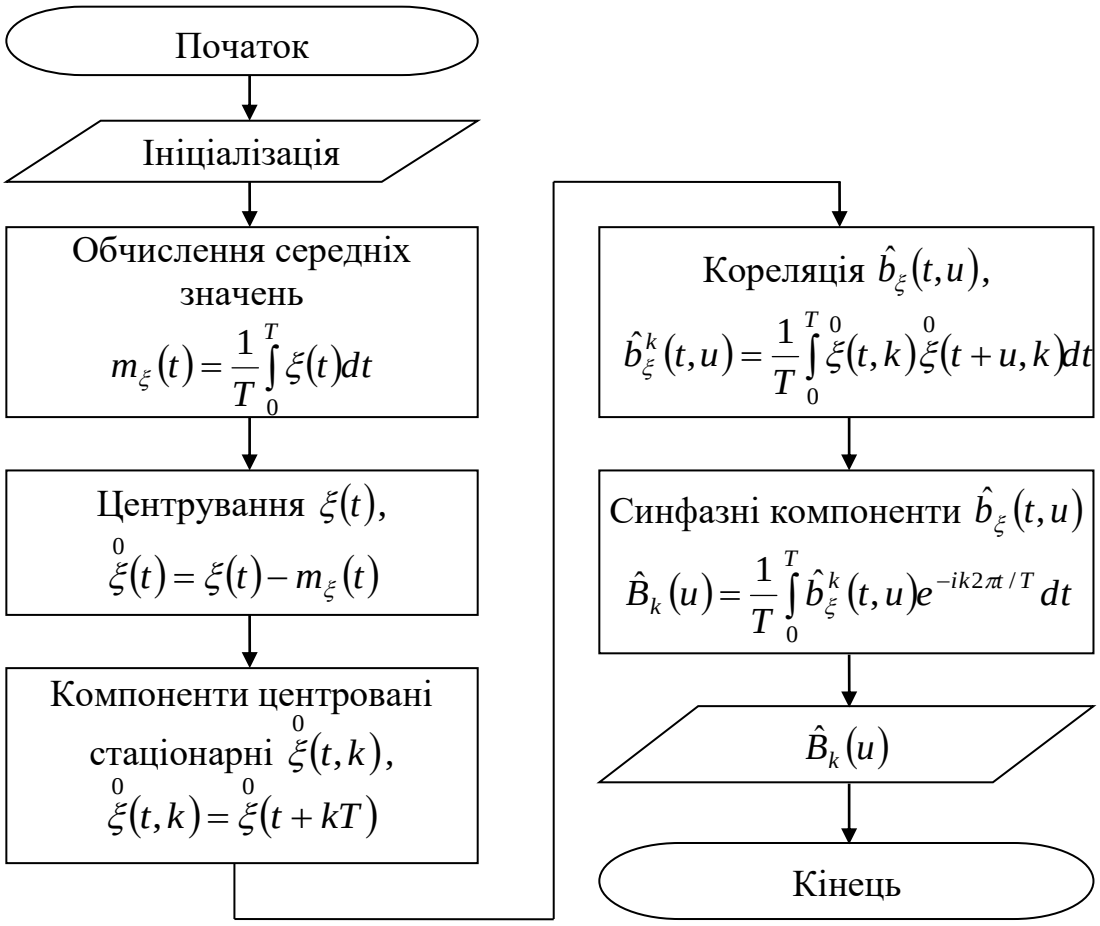

Рис. 2.9. Алгоритм синфазної обробки даних трафіку КМ як фундамент прогнозу навантаженості трафіку

Реалізований алгоритм (рис. 2.9) дає змогу програмно реалізувати у вигляді комп'ютерної системи синфазної обробку трафіку мережі, спрямованої на обчислення синфазних компонент $\hat{B}_k(u)$, які слугують показниками для ефективного прогнозування навантаженості трафіку КМ.

2.5. Висновки до розділу 2

Запропоновано подання математичної моделі даних трафіку КМ через ПКВП, що стало основою для розробки методу прогнозу навантаженості трафіку з метою оптимізації роботи КМ та забезпечення якісних послуг для її користувачів.

Обґрунтовано доцільність використання синфазного методу для обробки даних трафіку КМ, що дозволило визначати показники прогнозу навантаженості мережі у вигляді синфазних компонент та їх усереднених оцінок. Це сприяє підвищенню інформативності та точності рішень у процесі прогнозу навантаженості трафіку КМ.

На основі операцій синфазної оброки даних трафіку КМ було розроблено алгоритм синфазного прогнозування навантаженості трафіку мережі, який слугує базою для його програмної реалізації у вигляді комп’ютерної системи.

РОЗДІЛ 3
НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

3.1. Алгоритм реалізації комп'ютерної системи прогнозу навантаженості трафіку комп'ютерної мережі

З урахуванням алгоритму синфазного прогнозу навантаженості трафіку мережі КМ розроблено алгоритм ПЗ системи. Детальна структура цього алгоритму представлена на рис. 3.1.

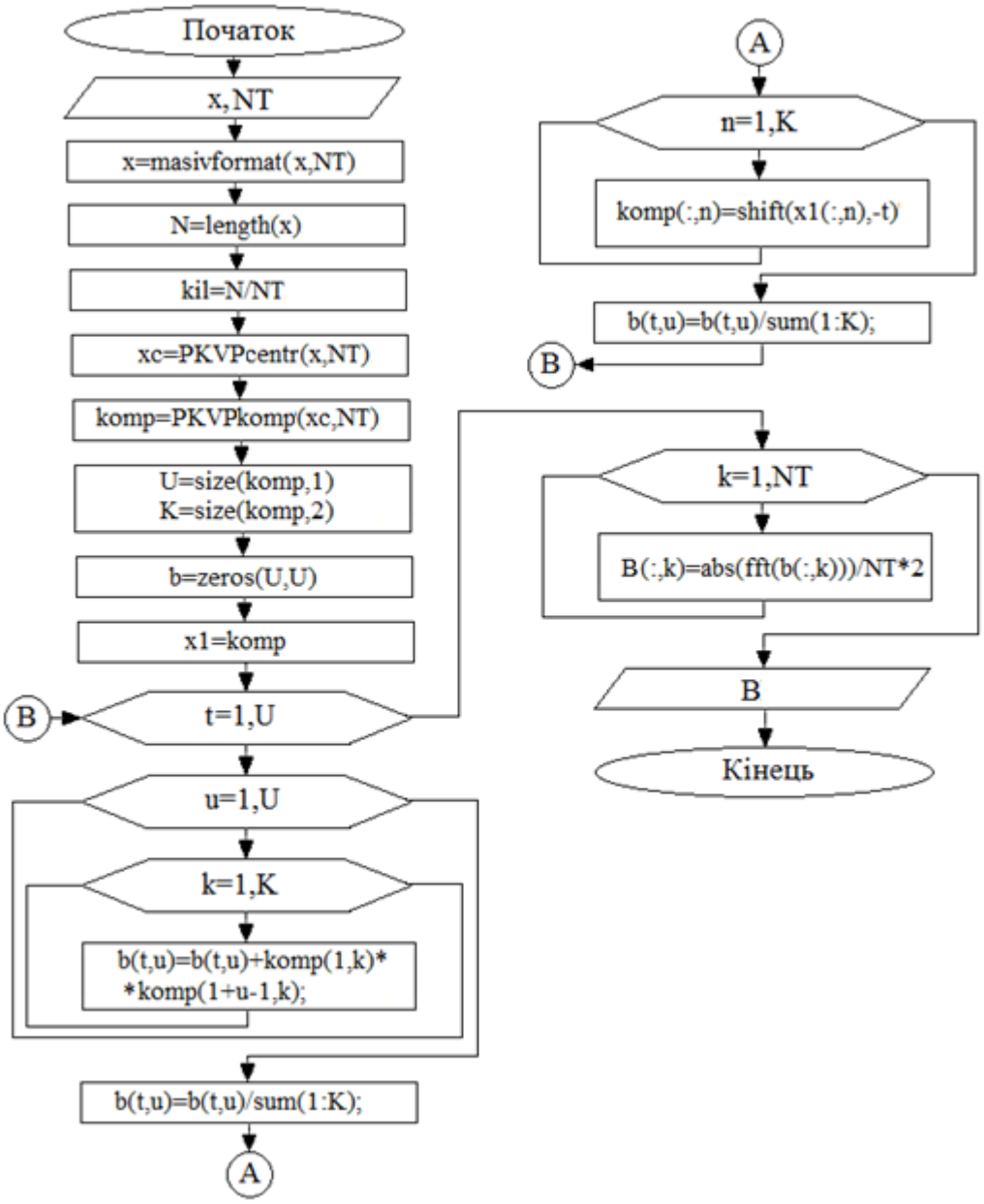

Рис.3.1. Алгоритм програмної реалізації системи прогнозування трафіку КМ

У алгоритмі, представленому на рис. 3.1, виконується завантаження даних трафіку КМ зі змінною x, що відповідає локальній зміні, та її показником періодичного інтервалу, позначеним змінною NT. У разі використання синфазного методу встановлюється умова, за якої тривалість даних трафіку КМ має бути кратною інтервалу періодичності даних (інтервал доби). У такому випадку забезпечується кратність довжини xx до періоду NT за допомогою функції masivformat, яка виконує операцію x=masivformat(x,NT).

Синфазна обробка передбачає процес обробки даних трафіку КМ, яка враховує числові варіації значень даних відносно центральних даних. Цей процес реалізується за допомогою коду xc=PKVPcentr(x,NT), де PKVPcentr — це функція центрування.

Під зміною komp зберігаються стаціонарні компоненти PKVPkomp(xc, NT) з аргументами функції, які визначаються центрованими значеннями даних трафіку xc та його періодом NT.

Ініціалізація масиву даних змінної b здійснюється за допомогою функції zeros(U, U) для збереження даних коваріації у матриці розміром U×U, де U – значення максимального зсуву. У циклі, що проходить за індексами k=1,K (компоненти), u=1,U (зсув), t=1,U (час спостереження), до масиву b(t,u) зберігаються значення коваріації даних трафіку КМ.

Далі, після обчислення параметричної коваріації, виконується зсув даних трафіку при кроці t за допомогою функції shift. Значення компонент komp(:,n) обчислюються командою komp(:,n)=shift(x1(:,n),-t). Напрям зсуву даних трафіку КМ – справа наліво.

У циклі, що повторюється U раз (t=1,U), здійснюється обчислення значень параметричної коваріації, а результати записуються до масиу b(t,u).

Нарешті, синфазні компоненти B(:,k) визначаються як B(:,k)=abs(fft(b(:,k)))/NT*2, де обчислення здійснюється за допомогою ШПФ (fft) для матриці коваріацій b(:,k).

Запропонований алгоритм синфазного прогнозу навантаженості трафіку КМ створює основу для подальшої програмної реалізації комп'ютерної системи прогнозу.

З урахуванням специфіки автоматизації прогнозу навантаженості, алгоритм включає елементи управління та візуалізації, що забезпечують ефективний процес прогнозу навантаженості даних трафіку мережі (рис. 3.2).

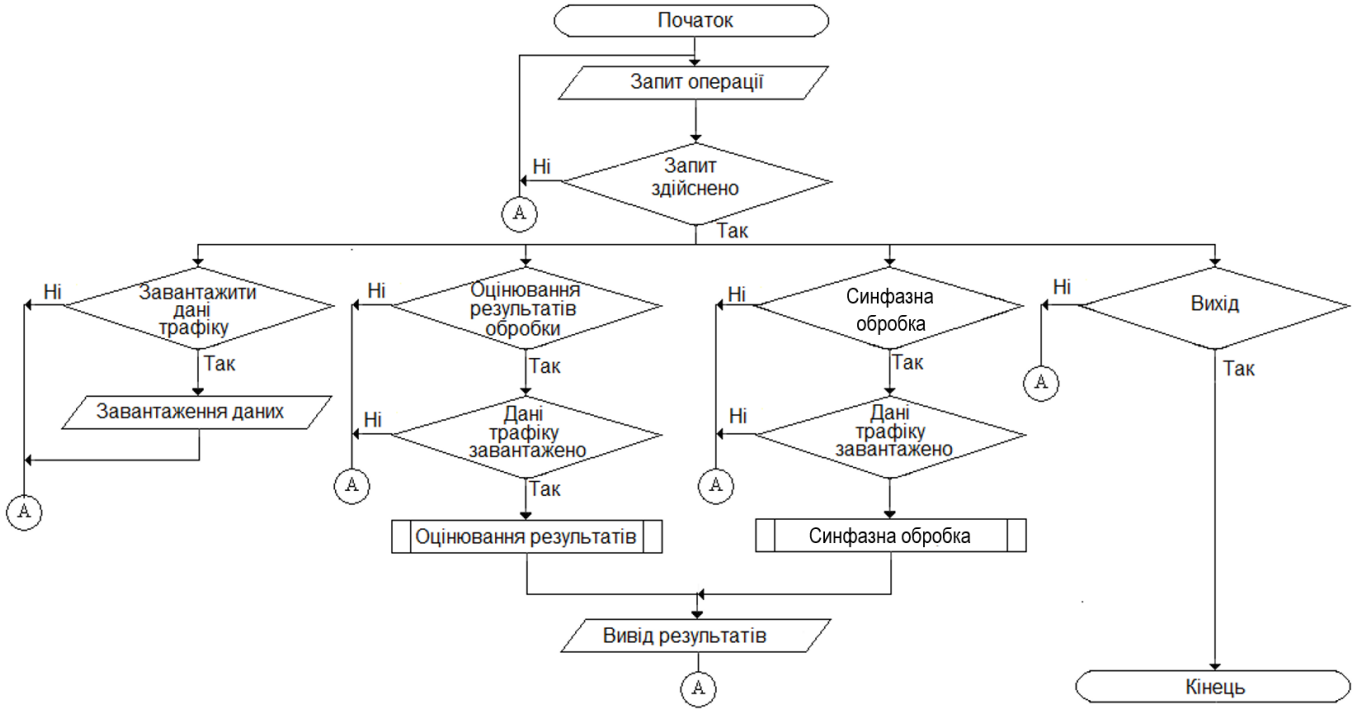

Рис.3.2. Алгоритм комп'ютерної системи прогнозу навантаженості трафіку

Алгоритм комп'ютерної системи прогнозу навантаженості включає такі етапи:

- завантаження даних трафіку мережі;
- синфазна обробка даних трафіку мережі для отримання ознак прогнозу;
- оцінка результатів синфазної обробки даних трафіку;
- коригування вхідних показників завантажених даних трафіку мережі;
- відображення результатів у зручному форматі;
- забезпечення ергономічного інтерфейсу.

3.2. Програмне забезпечення синфазної обробки даних трафіку комп’ютерної мережі

У процесі використання алгоритму, поданого на рис. 3.1, у середовищі Matlab було створено програмний засіб синфазного прогнозу трафіку КМ у формі функції function Btraffic=synphprognosis(datatraffic,Ttraffic) (додаток Б). У цій функції параметр datatraffic відповідає за досліджувані дані трафіку мережі, а Ttraffic — за періодичну тривалість цих даних.

Для забезпечення коректного введення обох аргументів функції datatraffic та Ttraffic реалізовано програмний захист, який представлено у вигляді відповідного програмного коду:

```
if nargin<2, error('min=2');       % Рядок захисту по к-ті вхідних параметрів
end;
```

Оскільки значення тривалості доби, введене користувачем, може бути нецілим числом, у програмі передбачено його округлення до найближчого цілого нижчого значення за допомогою функції fix. Цей процес реалізовано через наступний код:

```
Ttraffic =fix(Ttraffic);     % Округлення довжини доби до меншого ближчого
```

Оскільки синфазна обробка працює з центрованими даними трафіку КМ datattraffic, було виконано їх центрування за допомогою функції centrtraffic і відповідного коду:

```
cdatatraffic=centrtraffic(datatraffic,Ttraffic);          % Центрування даних трафіку
```

Процес обчислення значень компонент стаціонарних від центрованих даних трафіку КМ cdatatraffic реалізовано за допомогою програмної функції PKVPtraffic і коду.

```
komptraffic=PKVPtraffic(cdatatraffic, Ttraffic);
```

Зміну величини kr часового зміщення даних трафіку КМ при кроці зміщення *l* реалізовано за допомогою оператора циклу відповідно до наведеного коду.

```
for kr=1:Ttraffic
    %Тіло циклічної обробки даних трафіку КМ
    end;
```

У процесі циклічної обробки виконуються обчислення коваріації та синфазних компонент даних трафіку КМ, використовуючи програмні функції PKVPtraffic та dftransf (фундаментом є функція fft), відповідно до наведеного коду.

```
kompcortraffic(kr,1:n)= PKVPtraffic(komptraffic(kr,1:n)); % Коваріація
[Btraffic (kr,:) ftraffic (kr,:)]=dftransf(kompcortraffic (kr,1:n),1,n); %Компоненти синфазні
```

Програмна функція dftransf виконує перетворення Фур'є для коваріаційних даних трафіку мережі та обчислює їх модуль.

Поданий вище програмний код реалізовує синфазну обробки даних трафіку КМ, яка виступає ядром синфазного прогнозу навантаженості мережевого трафіку.

Програмний код синфазної обробки даних трафіку КМ є важливим компонентом комп’ютерної системи прогнозу навантаженості трафіку мережі.

3.3. Програмна реалізація системи прогнозу навантаженості трафіку

Використання середовища GUIDE як складової MATLAB дозволяє програмно реалізувати комп’ютерну систему прогнозу трафіку КМ відповідно до розроблених алгоритмів (рис. 3.1–3.2). У програмній реалізації присутній додатковий етап створення інтерфейсу з розміщенням на ньому елементів введення, управління та

візуалізації. Під час розробки було використано програмний ресурс інтегрованих функцій MATLAB та створених вручну.

Для розробки інтерфейсу системи передбачено використання кнопки pushbutton1, яка активує зміну параметрів трафіку та обробки/прогнозу, панель uipanel1 для об’єднання елементів за функціональністю, полів введення параметрів трафіку КМ (edit1-5), а також візуалізаційних елементів (axes1-4).

Кнопка pushbutton1 ініціює виконання програмного коду, що обробляє дані трафіку КМ як вхідні дані для подальшої синфазної обробки з метою прогнозу навантаженості.

Інтерфейс комп’ютерної системи прогнозу навантаженості трафіку представлено на рис. 3.3.

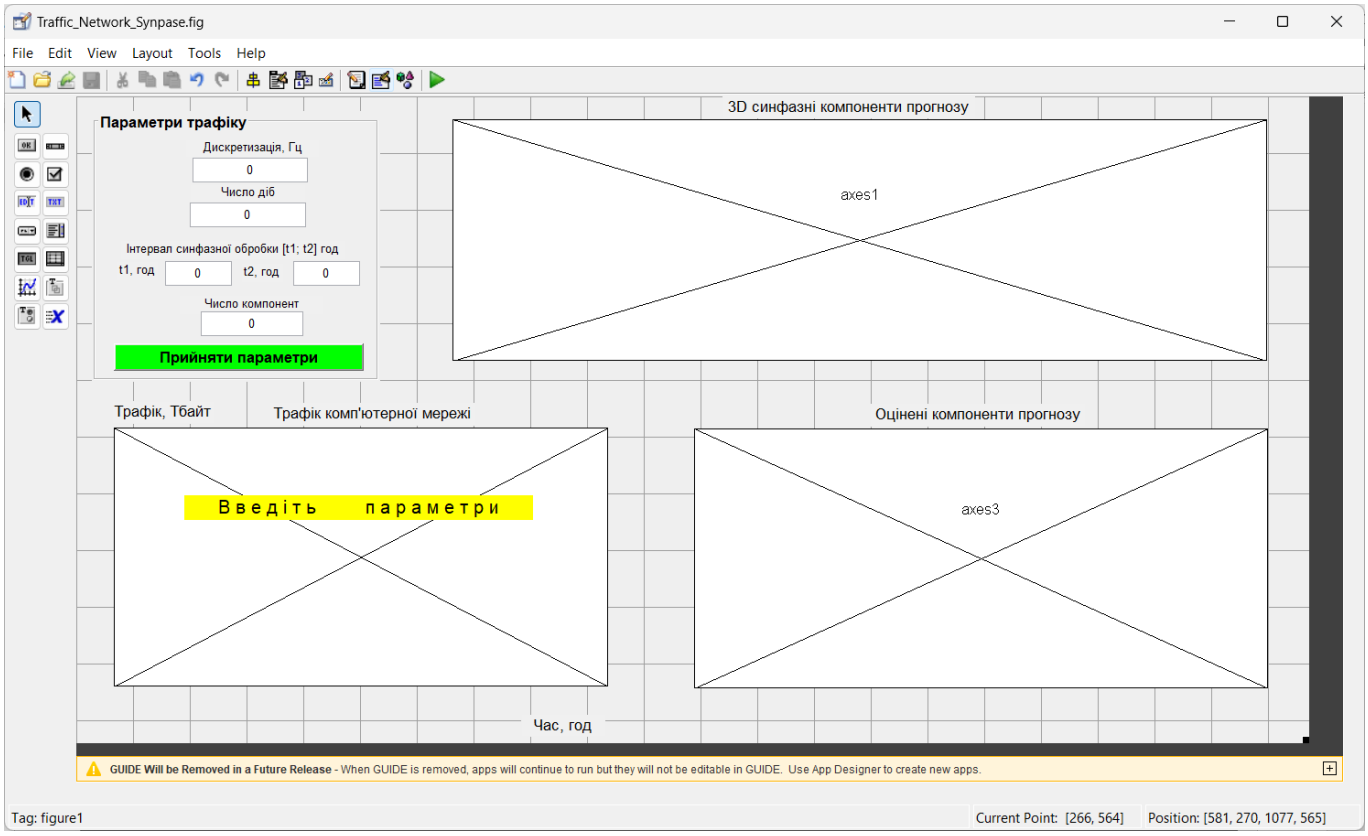

Рис. 3.3. Інтерфейс комп’ютерної системи прогнозу навантаженості трафіку

В системі передбачено меню (рис. 3.4), яке включає такі пункти:

1. Завантаження даних трафіку КМ.
2. Збереження результатів обробки даних трафіку.

3. Синфазна обробка даних трафіку.
4. Усереднення синфазних компонент даних трафіку.

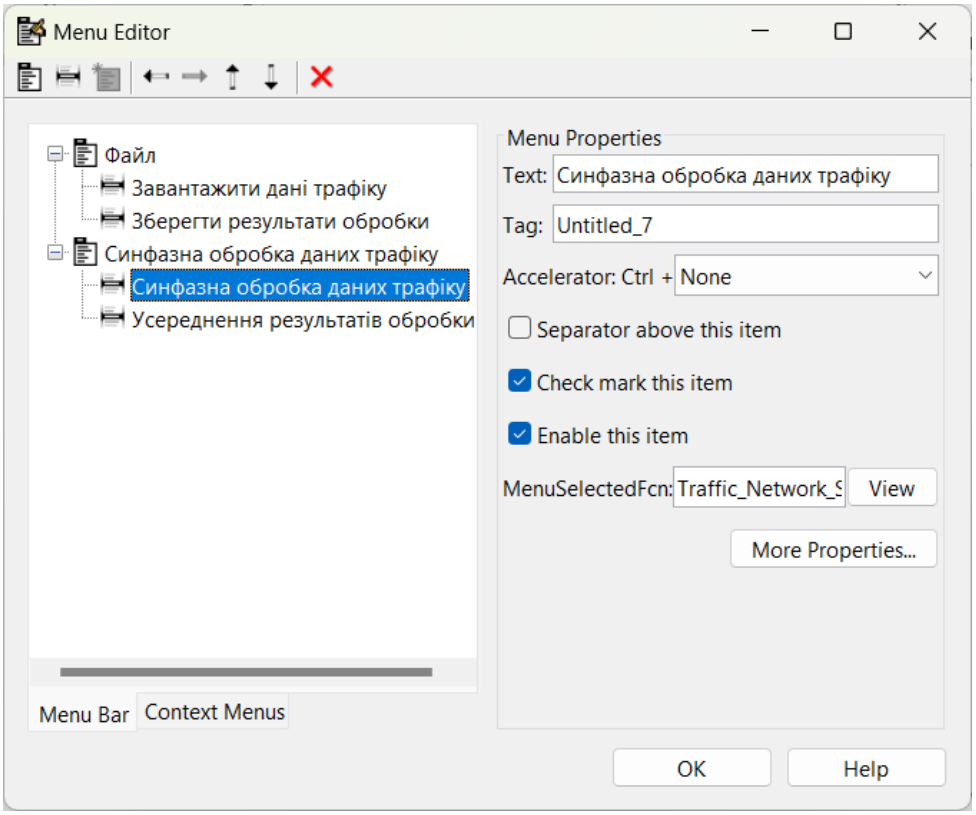

Рис. 3.4. Меню системи прогнозування

Процес завантаження даних трафіку КМ реалізована в меню «Завантажити дані трафіку», під яким реалізовано код програмний:

```
[filetraffic,directtraffic] = uigetfile('*.dat', 'Завантажити дані трафіку');
```

Для здійснення процедури перевірки файлової назви derecttraffic під час завантаження даних трафіку, включаючи перевірку його довжини, було реалізовано наступний програмний код:

```
if length(filetraffic)>=1   % Перевірка довжини назви файлу даних трафіку
directortraffic=[directtraffic filetraffic];
end;
```

Під час завантаження даних трафіку КМ з файлу використовується командна функція load:

```
traffic=load(directortraffic);
```

Завантажені дані трафіку зберігаються до змінної userdata, що забезпечує доступ до них для всіх зовнішніх програмних функцій.

```
set(pushbutton1,'userdata',traffic);
```

Дані параметрів трафіку КМ з властивостей об’єкту edit1-5 зберігаються із використанням команди get та перетворювача «текст/число» до локальних змінних fdtraffic, Ktraffic, traffictime1, traffictime2 та Ttraffic:

```
fdtraffic=1/str2num(get(handles.edit1,'string'))      % Дискретність даних трафіку
Ktraffic=str2num(get(handles.edit5,'string'));        % К-ть синфазних компонент
traffictime1=get(handles.edit3,'value')          % Початковий момент даних обробки
traffictime2=get(handles.edit4,'value')          % Кінцевий момент даних обробки
Ttraffic=str2num(get(handles.edit2,'string') % Тривалість доби даних трафіку
```

Здійснено перетворення часу у дискретну форму, де значення представлені цілими числами:

```
timetraffic1=fix(traffictime1*fdtraffic)+1;   % Початок відліку даних трафіку
timetraffic2=fix(traffictime2*fdtraffic)+1;   % Кінець відліку даних трафіку
```

Щоб уникнути некоректного введення значення traffictime2, зокрема випадків, коли воно перевищує максимально допустимий час, було впроваджено код для автоматичної корекції таких значень.

```
if traffictime2>length(traffic)   % Перевірка значення часу завершення трафіку
  traffictime2=length(traffic);   % Коригування значення часу завершення трафіку.
  end;
```

Використання команди plot дозволяє візуалізувати дані трафіку КМ з заданими параметрами, відображаючи його на екрані через компонент axes1:

```
ttraffic=(0:length(traffic)-1)*dttraffic;% Часова область даних трафіку КМ
plot(ttraficc(traffictime1: traffictime2), traffic (traffictime1: traffictime2));
```

Синфазна обробка даних трафіку КМ здійснюється за допомогою функції Untitled_7_Callback у меню «  », яка формує синфазні компоненти відповідно до функції Komptraffic:

```
Bktraffic=Komptraffic(traffic,Ttraffic,dttraffic,Ktraffic, length(traffic));
```

3D-візуалізація сформованих синфазних компонент даних трафіку КМ реалізована за допомогою наступного коду:

```
axes(handles.axes1);          % Фрейм візуалізації синфазних компонент
surf(Bkmp);                   % 3D-візуалізація синфазних компонент
shading interp;               % Інтерполяція синфазних компонент
```

Через тривимірну структуру масиву значень синфазних 3D компонентів реалізовано механізм їх обертання для детальності аналізу з різної проекції. Цей механізм здійснюється за допомогою команди rotate3d:

```
    rotate3d on;              % 3D режим обертання синфазних компонент
```

Для збереження результатів у меню «Зберегти результати обробки» використано команди dlmwrite/uiputfile, які дозволяють задати місце збереження та назву файлу для синфазної обробки даних трафіку КМ.

Для оцінювання синфазних 3D-компонентів трафіку створено пункт меню «Усереднення результатів обробки», у якому використано метод усереднення, реалізований за допомогою відповідної формули.

$$M_k\left\{\hat{B}_k(u)\right\} = \frac{1}{N_k}\sum_{k=1}^{N_k}\hat{B}_k(u), \quad u = \overline{1, N_u}\ ,\ k = \overline{1, N_k}\ . \tag{3.1}$$

де u – число зміщення даних трафіку КМ;

N_u – число зміщень;

N_k – число синфазних компонент.

3.4. Результати прогнозу навантаженості трафіку комп’ютерної мережі

Початкове вікно запущеної комп’ютерної системи (ПЗ) прогнозу навантаженості трафіку КМ подано на рис.3.5.

Після запущення відбувається завантаження даних трафіку КМ та введення його основних параметрів, що також відображені на рис. 3.5 в фреймі «Параметри трафіку».

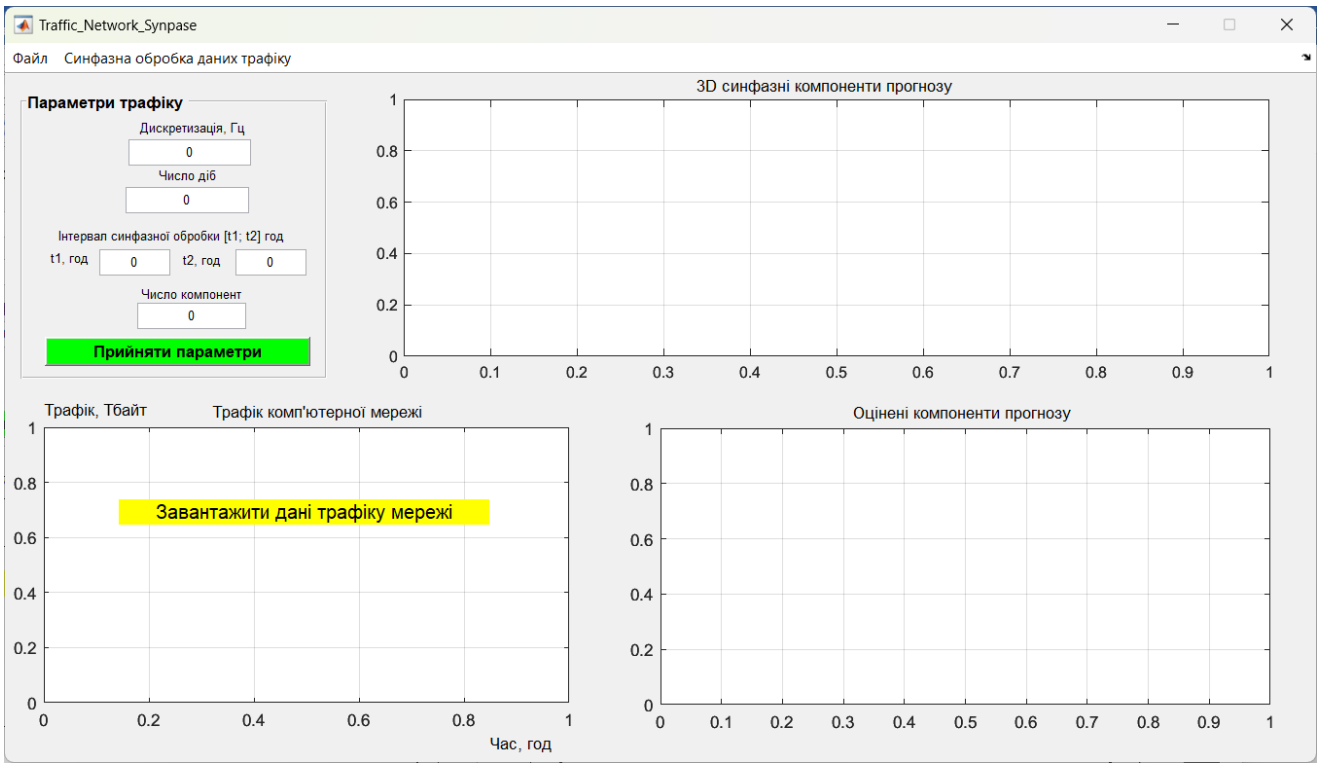

Рис. 3.4. Початкове вікно системи прогнозу навантаженості трафіку КМ

Після завантаження даних трафіку КМ та введення параметрів, їх підтвердження запускає програму візуалізації, який відображає дані трафіку на дисплеї, як показано на рис. 3.5.

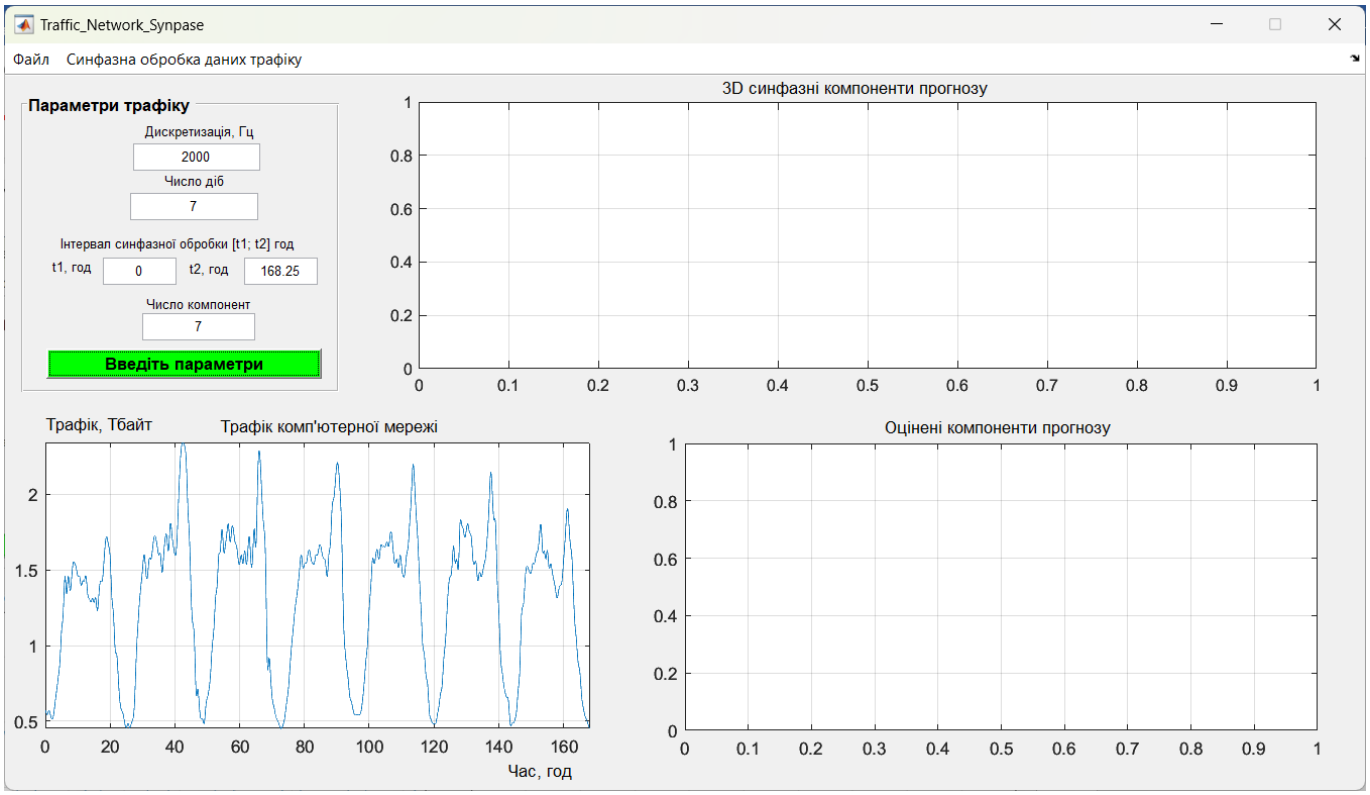

Рис.3.5. Завантажені дані трафіку КМ (період реєстрації 01-07.09.2021 р.)

(КЖ «Парковий комплекс», м. Тернопіль)

Замінивши параметри трафіку та обробки, наприклад, інтервал часу обробки, можна обробити вибраний діапазон даних трафіку трафіку КМ (рис. 3.6).

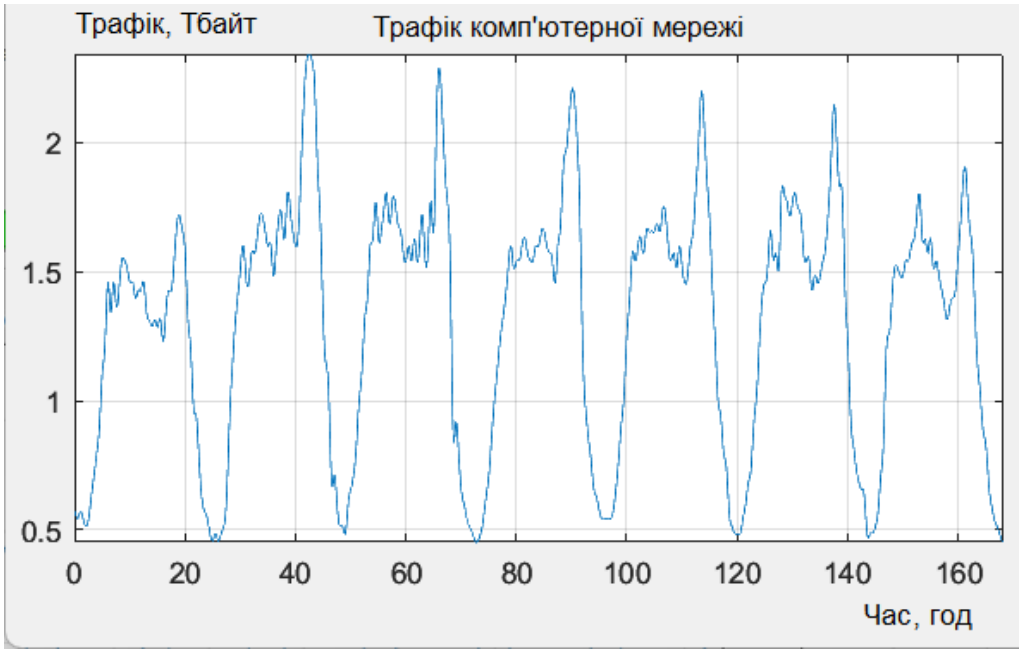

Рис. 3.6. Реалізація завантажених даних трафіку мережі КМ

Процес синфазної обробки даних трафіку активовується в каталозі меню (рис.3.7).

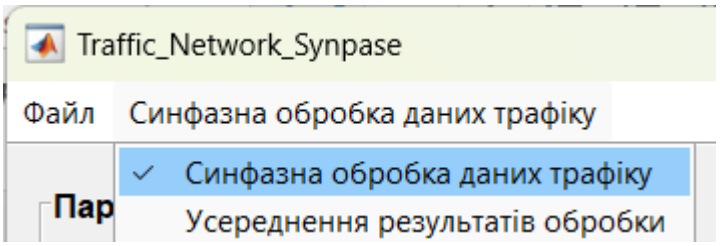

Рис.3.7. Пункт меню синфазної обробки даних трафіку КМ

Результати обробки даних трафіку КМ відображено на рис.3.8 (подано 3D вигляди в різних проекціях).

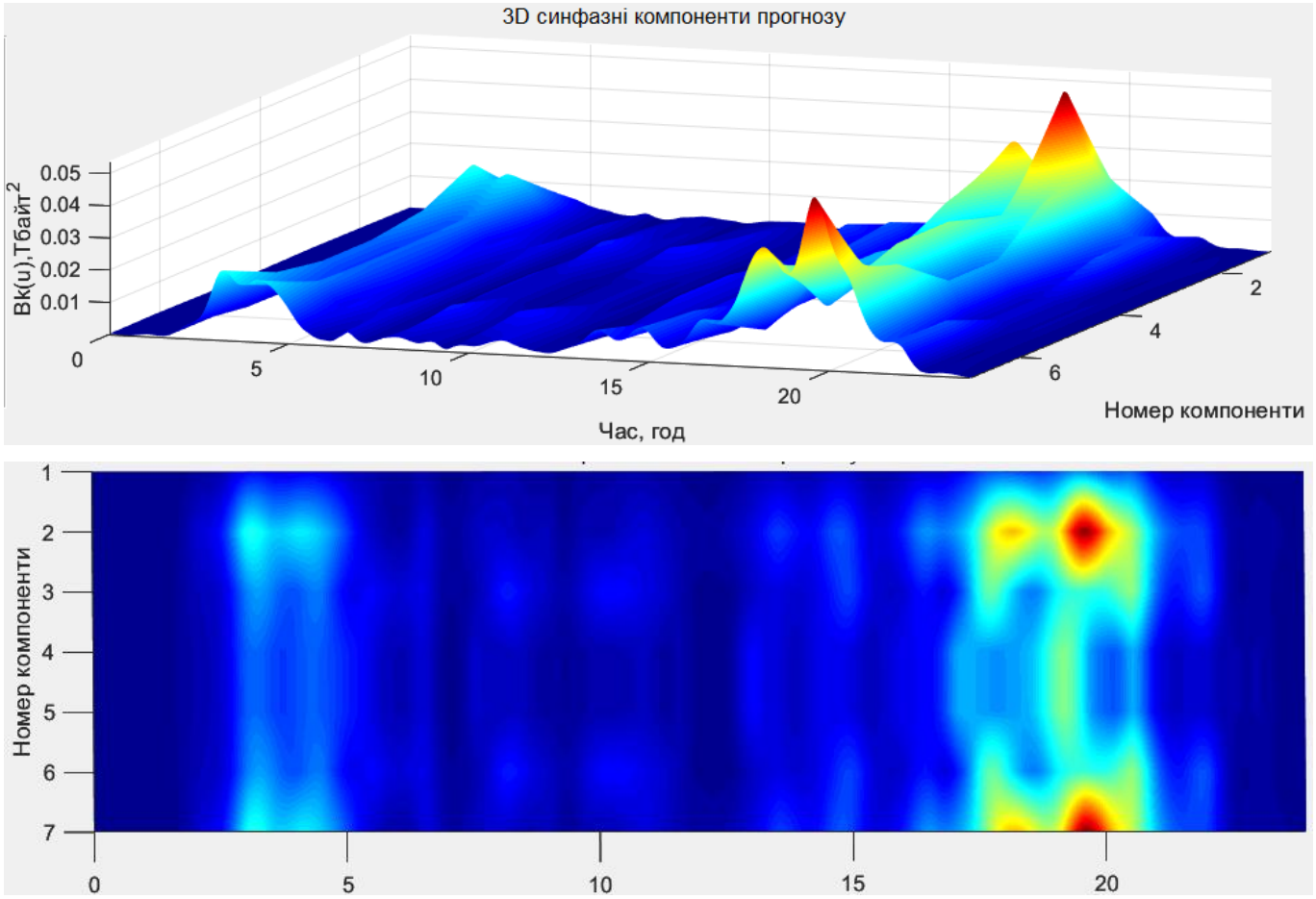

Рис.3.8. Синфазні 3D-компоненти даних трафіку КМ

Усередненні синфазні 3D-компоненти показано на рис.3.9.

Рис.3.9. Усереднені синфазні 3D-компоненти даних трафіку КМ

Повний інтерфейс комп’ютерної системи (програми) для прогнозу навантаженості трафіку разом із отриманими результатами представлено на рис. 3.10.

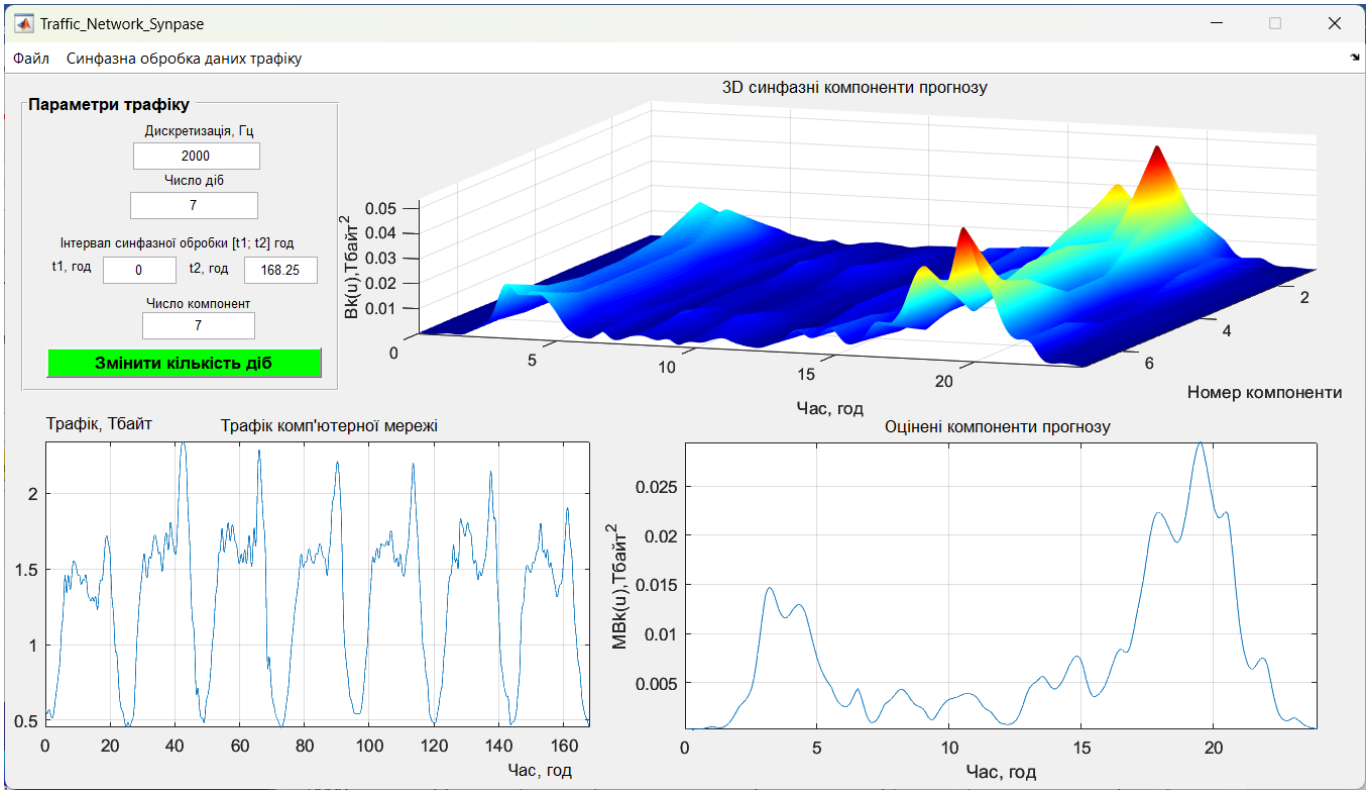

Рис.3.10. Результати синфазного прогнозу навантаженості трафіку КМ

З метою перевірки правильності прийнятого рішення створено тестові дані незмінного трафіку в рамках 7 діб, результати його синфазної обробки отримано за допомогою реалізованої програми (рис. 3.11).

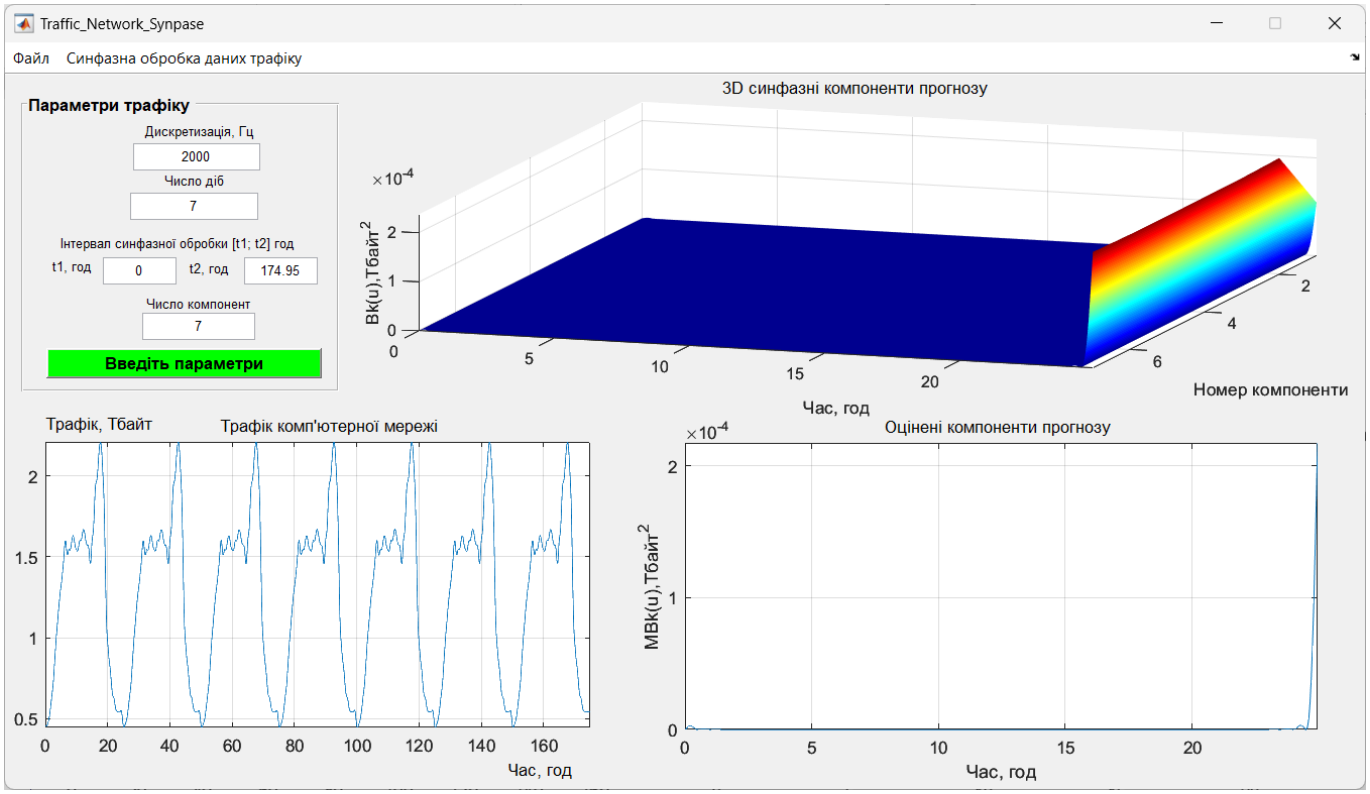

Рис.3.11. Результати синфазного прогнозу навантаженості незмінного трафіку КМ

На основі обробки стабільного трафіку (3.11) констатовано по факту, що синфазні компоненти знаходяться на нульовому рівні як в 3D представленні, так і в їх усередненому вигляді.

У випадку змінних даних трафіку КМ (рис. 3.10) спостерігається збільшення рівня потужності синфазних компонент залежно від часу (приріст споживання трафіку споживачами), з основною локалізацією на 3D-компонентах та в їх усередненій реалізації.

Така змінність характеристик синфазних компонент відображає динамічність навантаженості трафіку КМ у майбутньому, що є актуальним для задачі прогнозу.

Зокрема, за синфазними компонентами даних трафіку, які зображено на рис.3.10 встановлено, що в період часу від 03:00 год до 05:00 год та 17:00 год до 22:00 год спостерігається приріст навантаження трафіку споживачами. В ці моменти часу провайдерами варто активізувати роботу більшої частини мережевого обладнання для уникнення режимів перенавантаження на їх функціонування. В інші моменти часу провайдерам варто значну частину мережевого обладнання перевести

в режим економічного споживання з метою економії електроенергії та збільшення ресурсу безвідмовності функціонування обладнання.

Отже, сформовані синфазні компоненти даних трафіку КМ поданих через ПКВП чисельно відображають майбутню поведінку навантаженості мережі споживачами, тим самим надаючи чітке рішення для задачі прогнозу навантаженості трафіку КМ з метою оптимізації функціонування мережевого обладнання на основі потужності синфазних компонент.

3.5. Висновки до розділу 3

Розроблено алгоритм синфазної обробки даних трафіку КМ як фундаменту розробки комп’ютерної системи синфазного прогнозу навантаженості трафіку. Програмну реалізацію комп’ютерної системи прогнозу навантаженості трафіку КМ було здійснено за допомогою засобу MATLAB.

Реалізація комп’ютерної системи (програмного забезпечення) дозволила обчислювати синфазні компоненти даних трафіку мережі поданих через ПКВП, які використовуються для прогнозу навантаженості мережі.

Було підтверджено, що навантаженість трафіку КМ відповідає значенням потужності синфазних компонент.

Зазначено доцільність використання синфазних компонент як індикаторів для прогнозу навантаженості трафіку КМ, зокрема навантаженості обладнання мережі.

РОЗДІЛ 4
ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1. Охороні праці

Розробка програмного забезпечення системи прогнозування трафіку комп'ютерної мережі здійснювалась на ЕОМ, тому необхідно дотримуватися Державних санітарних правил і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами (ВДТ) електронно-обчислювальних машин (ДСанПіН 3.3.2.007-98), які затверджено постановою Головного державного санітарного лікаря України від 10.12.98 р. №7 [4].

Розміщення робочих місць з ВДТ ЕОМ у підвальних приміщеннях, на цокольних поверхах заборонено. Площа на одне робоче місце має становити не менше ніж 6,0 $м^2$, а об'єм не менше ніж 20,0 $м^3$.

Приміщення для роботи з ВДТ повинні мати природне та штучне освітлення відповідно до ДБН В.2.5-28:2018, мають бути обладнані системами опалення, кондиціонування повітря, або припливно-витяжною вентиляцією відповідно до ДБН В.2.5-67:2013.

Для забезпечення безпеки та захисту здоров'я під час роботи з комп'ютерним засобом випромінювання від екранних пристроїв має бути зведене до гранично допустимого рівня (вплив на людину факторів довкілля - шуму, вібрації, забруднювачів, температури тощо, який не спричиняє соматичних або психічних розладів, а також змін стану здоров'я, працездатності, поведінки, що виходять за межі пристосувальних реакцій) відповідно до вимог безпеки та охорони здоров'я працівників.

Зокрема, при облаштуванні робочого місця необхідно обирати таке комп'ютерне устаткування, яке не створює зайвого шуму та не виділяє надлишкового тепла. Рівні шуму повинні відповідати вимогам Санітарних норм виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку (ДСН 3.3.6.037-99) [9], які затверджено постановою Головного державного санітарного лікаря України від 01

грудня 1999 року № 37. Мікроклімат виробничого приміщення має підтримуватись на постійному рівні та відповідати вимогам Санітарних норм мікроклімату виробничих приміщень (ДСН 3.3.6.042-99) [10], які затверджено постановою Головного державного санітарного лікаря України від 01 грудня 1999 року № 42.

Організація робочого місця повинна забезпечувати відповідність усіх елементів робочого місця та їх розташування ергономічним, антропологічним, психофізіологічним вимогам, а також характеру виконуваних робіт. Освітлення - створювати відповідний контраст між екраном і навколишнім середовищем та відповідати вимогам ДСанПІН 3.3.2.007-98 [4].

Програмне забезпечення комп’ютерної системи розроблялось у такий спосіб, щоб у разі його застосування не було спричинено виникнення ризику для клінічного стану або безпеки споживачів чи для здоров’я і безпеки користувачів або інших осіб.

Програмне забезпечення розроблено відповідно до поточного рівня знань з урахуванням принципів циклу розробки, управління ризиками, валідації та перевірки.

Комп’ютерна система сконструйована таким чином, щоб мінімізувати ризики створення електромагнітних полів, які можуть погіршити роботу інших виробів або обладнання в звичайних умовах, а також, щоб уникнути ризиків випадкового ураження електричним струмом за умови належного використання, правильного встановлення, тобто має робочу ізоляцію і виконана таким чином, що підключити її до електричної мережі можна лише після під’єднання корпусу до заземлювача (нульового захисного провідника), а при від'єднанні від мережі - корпус відключається від заземлювача (нульового захисного провідника) в останню чергу.

Стан ізоляції струмопровідних частин відповідає правилам використання системи.

Конструкція робочого столу при розробці ПЗ має відповідати сучасним вимогам ергономіки і забезпечувати оптимальне розміщення на робочій поверхні використовуваного обладнання (дисплея, клавіатури, принтера) і документів.

Таким чином, розробка програмного забезпечення системи прогнозування трафіку комп’ютерної мережі є безпечною для розробника з точки зору техніки безпеки та охорони праці.

4.2. Безпека в надзвичайних ситуаціях

Під час експериментального дослідження в процесі розробки системи прогнозування трафіку мережі застосовується ПК. В такій ситуації забезпечення електробезпеки користувачів ПК є актуальним завданням.

Приміщення із робочими місцями користувачів ПК для забезпечення електробезпеки обладнання, а також для захисту від ураження електричним струмом самих користувачів ПК повинні мати достатні технічні засоби захисту.

Під час монтажу та експлуатації ліній електромережі необхідно повністю унеможливити виникнення електричного джерела загоряння внаслідок короткого замикання та перевантаження проводів, обмежувати застосування проводів з легкозаймистою ізоляцією і, за можливості, перейти на негорючу ізоляцію.

Лінія електромережі для живлення ПК, периферійних пристроїв ПК та устаткування для обслуговування, ремонту та налагодження ЕОМ виконується як окрема групова трипровідна мережа, шляхом прокладання фазового, нульового робочого та нульового захисного провідників. Нульовий захисний провідник використовується для заземлення (занулення) електроприймачів.

Використання нульового робочого провідника як нульового захисного провідника забороняється. Нульовий захисний провід прокладається від стійки групового розподільчого щита, розподільчого пункту до розеток живлення. Не допускається підключення на щиті до одного контактного затискача нульового робочого та нульового захисного провідників. Площа перерізу нульового робочого та нульового захисного провідника в груповій трипровідній мережі повинна бути не менше площі перерізу фазового провідника.

Усі провідники повинні відповідати номінальним параметрам мережі та навантаження, умовам навколишнього середовища, умовам розподілу провідників, температурному режиму та типам апаратури захисту, вимогам Правил налаштування електроустановокок.

У приміщенні, де одночасно експлуатується або обслуговується більше п'яти ПК, на помітному та доступному місці встановлюється аварійний резервний вимикач, який може повністю вимкнути електричне живлення приміщення, крім освітлення.

ПК, периферійні пристрої ПК та устаткування для обслуговування, ремонту та налагодження ПК повинні підключатися до електромережі тільки з допомогою справних штепсельних з'єднань і електророзеток заводського виготовлення. Штепсельні з'єднання та електророзетки крім контактів фазового та нульового робочого провідників повинні мати спеціальні контакти для підключення нульового захисного провідника. Конструкція їх має бути такою, щоб приєднання нульового захисного провідника відбувалося раніше ніж приєднання фазового та нульового робочого провідників. Порядок роз'єднання при відключенні має бути зворотним. Необхідно унеможливити з'єднання контактів фазових провідників з контактами нульового захисного провідника.

Неприпустимим є підключення ПК та периферійних пристроїв ПК до звичайної двопровідної електромережі, в тому числі – з використанням перехідних пристроїв.

Електромережі штепсельних з'єднань та електророзеток для живлення ПК, периферійних пристроїв слід виконувати за магістральною схемою, по 3-6 з’єднань або електророзеток в одному колі. Штепсельні з'єднання та електророзетки для напруги 12 В та 36 В за своєю конструкцією повинні відрізнятися від штепсельних з'єднань для напруги 127 В та 220 В і мають бути пофарбовані в колір, який візуально значно відрізняється від кольору штепсельних з'єднань, розрахованих на напругу 127 В та 220 В.

Індивідуальні та групові штепсельні з'єднання та електророзетки необхідно монтувати на негорючих або важкогорючих пластинах з урахуванням вимог Правил налаштування електроустанов та Правил пожежної безпеки в Україні.

Електромережу штепсельних розеток для живлення ПК, периферійних пристроїв ПК при розташуванні їх уздовж стін приміщення прокладають по підлозі поряд зі стінами приміщення, як правило, в металевих трубах і гнучких металевих рукавах з відводами відповідно до затвердженого плану розміщення обладнання та технічних характеристик обладнання.

При розташуванні в приміщенні за його периметром до 5 ПК, використанні трипровідникового захищеного проводу або кабелю в оболонці з негорючого або важкогорючого матеріалу дозволяється прокладання їх без металевих труб та гнучких металевих рукавів.

Електромережу штепсельних розеток для живлення ПК при розташуванні їх у центрі приміщення, прокладають у каналах або під знімною підлогою в металевих трубах або гнучких металевих рукавах. При цьому не дозволяється застосовувати провід і кабель в ізоляції з вулканізованої гуми та інші матеріали, що містять сірку. Відкрита прокладка кабелів під підлогою забороняється. Металеві труби та гнучкі металеві рукави повинні бути заземлені. Заземлення повинно відповідати вимогам НПАОП 40.1-1.21-98.

4.3. Висновки до розділу 4

У підрозділі з охорони праці обґрунтовано безпечність експлуатації комп’ютерної системи прогнозу навантаженості трафіку комп’ютерної мережі з точки зору охорони праці.

У підрозділі з безпеки в надзвичайних ситуаціях проаналізовано питання забезпечення електробезпеки користувачів ПК.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У роботі розроблено комп'ютерну систему синфазного оцінювання прогнозу навантаженості комп'ютерних мереж.

Отримані результати:

1. На підставі аналізу прогресу розвитку математичного моделювання (моделі, методи) навантаженості трафіку КМ. обґрунтовано актуальність дослідження.

2. Обґрунтовано подання математичної моделі навантаженості трафіку КМ через ПКВП, що уможливило розробку методу прогнозу навантаженості трафіку з метою оптимізації роботи КМ та забезпечення якісних послуг для її користувачів.

3. Реалізовано метод/ алгоритм синфазної обробки даних навантаженості трафіку КМ, , що дозволило визначати показники прогнозу навантаженості мережі у вигляді синфазних компонент та їх усереднених оцінок.

4. Розроблено комп’ютерну систему (ПЗ) в середовищі Matlab Guide для обробки даних навантаженості трафіку КМ з метою синфазного оцінювання прогнозу її навантаженості, зокрема мережевого обладнання, в часовому просторі за значеннями 3D-синфазним компонент та їх 2D-усереднених значень.

4. Досліджено роботу розробленої комп’ютерної системи (ПЗ) та здійснено процес синфазного оцінювання прогнозу навантаженості КМ. Встановлено, що обчислені системою синфазні компоненти за своїми значеннями кількісно відображають рівень прогнозу навантаженості трафіку КМ, зокрема навантаженості обладнання мережі.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Білостоцький Т., Осухівська Г. Математичне моделювання передачі даних в комп'ютерних мережах. Матеріали II науково-технічної конференції „Інформаційні моделі, системи та технології ". 2012. С. 36.

2. Микитишин А.Г., Митник М.М., Стухляк П.Д., Пасічник В.В. Комп'ютерні мережі [навчальний посібник]. Львів, «Магнолія 2006», 2013. 256 с.

3. Хвостівський М.О. Математична модель макромеханізму формування електроретиносигналу для підвищення достовірності офтальмодіагностичних систем. Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук: 01.05.02 Математичне моделювання та обчислювальні методи. Тернопіль, 2010. 20 с.

4. Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин ДСанПІН 3.3.2.007-98. URL: https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0007282-98 (дата звернення: 01.11.2021).

5. Драґан Я.П. Енергетична теорія лінійних моделей стохастичних сигналів. Львів: Центр стратегічних досліджень еко-біо-технічних систем, 1997. XVI+333с.

6. Sukh V.T., Khvostivska L.V. Computerized system for synphase data processing of computer network traffic. International scientific-practical conference «Global perspectives on sustainable development: science, technology and social progress»: book of abstracts (Rivne, November 30, 2024). Rivne, Ukraine, 2024. Part 2. P.43-45.

7. Прунчак А.В., Хвостівський В.М., Осухівська Г.М. Комп'ютерна система детектування корисних сигналів. Матеріали III Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції студентів, аспірантів та молодих вчених за тематикою «Сучасні комп'ютерні системи та мережі в управлінні»: збірка наукових праць / Під редакцією Г.О. Райко. Херсон: Видавництво ФОП Вишемирський В. С., 2020. С.81-82.

8. Пуассонівський процес URL: https://uk.freejournal.info/127931/1/puassonivskiy-protses.html (дата звернення: 01.11.2021).

9. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку ДСН 3.3.6.037-99. URL: http://arm.te.ua/docs/DSN-3.3.6.037-99.pdf (дата звернення: 01.11.2021).

10. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень ДСН 3.3.6.042-99. URL: https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va042282-99 (дата звернення: 01.11.2021).

11. Liliya Khvostivska, Mykola Khvostivskyy, Vasyl Dunetc, Iryna Dediv. Mathematical and Algorithmic Support of Detection Useful Radiosignals in Telecommunication Networks. Proceedings of the 2nd International Workshop on Information Technologies: Theoretical and Applied Problems (ITTAP 2022). Ternopil, Ukraine, November 22-24, 2022. P.314-318. ISSN 1613-0073.

12. Микитишин А. Г., Митник М. М., Стухляк П. Д. Телекомунікаційні системи та мережі. Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2017. 384 с.

13. Микитишин А. Г., Митник М. М., Стухляк П. Д., Пасічник В. В. Комп’ютерні мережі. Книга 2. [навчальний посібник]. Львів : "Магнолія 2006", 2014. 312 с..

14. Хвостівський М.О., Хвостівська Л.В. Зміно-періодичний корельований випадковий. Матеріали III Всеукраїнської науково-технічної конференції „Теоретичні та прикладні аспекти радіотехніки і приладобудування“, 8-9 червня 2017 року. Т.: ТНТУ, 2017. С. 129-130.

15. Хвостівський М.О., Осухівська Г.М., Хвостівська Л.В., Величко Д.В. Розвиток математичного моделювання трафіку комп’ютерних мереж. Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції „Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій“ до 60-річчя з дня заснування Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя та 175-річчя з дня народження Івана Пулюя, 14-15 травня 2020 року. Т.: ТНТУ, 2020. С. 187–188.

16. Хвостівський В., Осухівська Г., Хвостівська Л. Програмне забезпечення системи опрацювання мережевого трафіку. Матеріали IX науково-технічної конференції «Інформаційні моделі, системи та технології» Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, (Тернопіль, 8-9 грудня 2021р.). Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2020. С.102.

17. Голь В.Д., Іхра М.С. Телекомунікаційні та інформаційні мережі: Навчальний посібник. Київ: ІСЗЗІ ім. Сікорського, 2021. 250с.

18. Abdelnaser, A. Traffic Models in Broadband Networks. IEEE Communications Magazine. 1997. P.1-21

19. Abdelnaser A. Traffic Models in Broadband Telecommunication Networks. Department of Electrical Engineering. 1996. P.82-89.

20. Abhay K.A., Parekh G. Robert Gallage. Generalized Processor Sharing Approach to Flow Control in Integrated Services Networks. The Single-Node Case. 1994.

21. Brandauer C. Comparison of Tail Drop and Active Queue Management Performance for built-data and Web-like Internet Traffic. Diot. 2001. DOI:10.1109/ISCC.2001.935364

22. Crovella M., Bestavros A. Self-similarity in World Wide Web traffic: evidence and possible causes. IEEE/ACM Transactions on Networking. 1997. P.1-25.

23. Chen T. Network Traffic Modelling. Wiley. 2007. P.46.

24. Chen T.M. The Handbook of Computer Networks. Southern Methodist University. 2007.

25. Cui-Qing Y.A Alapati V.S. Reddy. Taxonomy for Congestion Control Algorithms in Packet Switching Networks. IEEE Network. 1995. P.34-45.

26. Discrete Stochastic Processes: MIT Open Course. 2011.

27. Jaffrey M. Bottleneck Flow Control. IEEE Transactions On Communications. - №7. 1981.

28. Feng W., Kandlur D.D., Saha D. A self-Configuring RED Gateway. 2000. DOI: 10.1109/INFCOM.1999.752150

29. Fishman G.S. Principles of Discrete Event Simulation. 1978. 514 p.

30. Frank K. Charging and rate control for elastic traffic. University of Cambridge. 1998. P.33-37. DOI:10.1002/ett.4460080106

31. Hefles H., Lucantoni D.A Markov modulated characterization of packetized voice and data traffic and related statistical multiplexer performance. IEEE Journal on Selected Areas in Communications. 1986. P.856-868. DOI:10.1109/JSAC.1986.1146393

32. Karn P. Improving Round-Trip Extimates in Reliable Transport Protocol. 1991. P.67-74. DOI:10.1145/55483.55484.

33. Land W. Taqqu M., Willinger W. On the self-similar nature of Ethernet traffic. IEEE/ACM Transactions on Networking. 1994. P.204-213. DOI:10.1145/166237.166255.

34. Network Working Group. Request for Comments: 5646. 2009. 84 p.

35. Network Working Group, A single Rate Three Color Marker. RFC 2697. 1999. P.1-6.

36. Reichl P.A. Generalized TES Model for Periodical Traffic. IEEE International Conference. 1998. 5 p. DOI:10.1.1.23.6258.

37. Sally F., Jacobson V. Random Early Detection Gateways for Congestion Avoidance. Lawrence Berkeley Laboratory. 1993. P.397-413. DOI:10.1109/90.251892.

38. Shim C. Ryoo I., Lee J., Lee S. Modeling and call admission control algorithm of variable bit rate video in ATM networks. IEEE journal on Selected Areas in Communications. № 3. 1993. P.332-344. DOI:10.1109/49.272884.

39. Li M., Claypool M., Kinicki R., Nichols J. Characteristics of streaming media stored on the Web. ACM Transactions on Internet Technology. 2005. P. 601-626. DOI:10.1145/1111627.1111629

40. Czachórski T., Grochla K., Jozefiok A., Nycz T., Pekergin F. Performance Evaluation of a Multiuser Interactive Networking System: A Comparison of Modelling Methods. Proceeding of 26th International Symposium on Computer and Information Sciences (ISCIS 2011). – London, UK. 2011. P. 215-221.

41. Domańska J Domański A., Czachórski T. Internet Traffic Source Based on Hidden Markov Model. NEW2AN, volume 6869 of Lecture Notes in Computer Science, Springer. – 2011. – P. 395-404. DOI: 10.1007/978-3-642-22875-9_36.

42. Fowler H.H., Leland W. Local Area Network Traffic Characteristics, with Implications for Broadband Network Congestion Management. IEEE Jour. on Sel. Areas in Comm, 9:1139–1149, September 1991. DOI: 10.1109/49.103559.

43. Khvostivskyy M., Osukhivska H., Khvostivska L., Lobur T., Velychko D. Mathematical modelling of daily computer network traffic. ITTAP-2021: Information Technologies: Theoretical and Applied Problems. The 1st International Workshop (November 16-18, 2021). Ternopil, UKRAINE. P.107-111. DOI: 10.1425/jsdtl.

44. Хвостівська Л., Хвостівський М., Дунець В., Дедів І. Математичне, алгоритмічне та програмне забезпечення синфазного виявлення радіосигналів в електронних комунікаційних мережах із завадами // Вісник ТНТУ. Т.: ТНТУ, 2023. Том 111. № 3. С. 48–57.

45. Khvostivska L., Khvostivskyi M., Dediv I. Mathematical, algorithmic and software support for signals wavelet detection in electronic communications. Proceedings of the 2nd International Workshop on Computer Information Technologies in Industry 4.0 (CITI 2024). CEUR Workshop Proceedings. Ternopil, Ukraine, June 14-16, 2024. Vol. 3742. P.223-234. ISSN 1613-0073.

46. Khvostivska L., Khvostivskyi M., Dediv I., Yatskiv V., Palaniza Y. Method, Algorithm and Computer Tool for Synphase Detection of Radio Signals in Telecommunication Networks with Noises. Proceedings of the 1st International Workshop on Computer Information Technologies in Industry 4.0 (CITI 2023). CEUR Workshop Proceedings. Ternopil, Ukraine, June 14-16, 2023. P.173-180. ISSN 1613-0073.

47. Liliya Khvostivska, Mykola Khvostivskyy, Vasyl Dunetc, Iryna Dediv. Mathematical and Algorithmic Support of Detection Useful Radiosignals in Telecommunication Networks. Proceedings of the 2nd International Workshop on Information Technologies: Theoretical and Applied Problems (ITTAP 2022). Ternopil, Ukraine, November 22-24, 2022. P.314-318. ISSN 1613-0073.

Додаток А

Копія тез конференцій

«Комп’ютерна система синфазної обробки даних трафіку комп’ютерних мереж»

ЦФЕНД
ЦЕНТР ФІНАНСОВО-ЕКОНОМІЧНИХ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ
INTERNATIONAL SCIENTIFIC-PRACTICAL CONFERENCE

ГЛОБАЛЬНІ ПЕРСПЕКТИВИ СТАЛОГО РОЗВИТКУ: НАУКА, ТЕХНОЛОГІЇ ТА СОЦІАЛЬНИЙ ПРОГРЕС

GLOBAL PERSPECTIVES ON SUSTAINABLE DEVELOPMENT: SCIENCE, TECHNOLOGY AND SOCIAL PROGRESS

Збірник тез доповідей
Book of abstracts

Частина 2
Part 2

30 листопада 2024 р.
November 30, 2024

м. Рівне, Україна
Rivne, Ukraine

Збірник тез доповідей Міжнародної науково-практичної конференції
"Стратегічні пріоритети розвитку економіки, фінансів, обліку та права в Україні та світі"

UDC 004.77:004.941

Khvostivska L. V.
Candidate of Technical Sciences (PhD), Associate Professor,
Associate Professor of the Department of Radiotechnical Systems,
Ternopil Ivan Puluj National Technical University
Sukh V. T.
Student of the Department of Radioetchnical Systems,
Ternopil Ivan Puluj National Technical University
Khvostivskyi M. O.
Candidate of Technical Sciences (PhD), Associate Professor,
Associate Professor of the Department of Biotechnical Systems,
Ternopil Ivan Puluj National Technical University

COMPUTERIZED SYSTEM FOR SYNPHASE DATA PROCESSING OF COMPUTER NETWORK TRAFFIC

Today, most areas of human activity are closely related to the need to use modern Internet technologies. This creates a need to ensure their reliability and stability, especially in the functioning of computer networks.

The main indicator of the operation of such a network is traffic, which allows you to assess and track the level of user activity, monitor and analyze its functioning. This contributes to optimizing the allocation of network resources and effective management in the event of its overload.

One of the effective methods of preventing network overload is to predict the level of traffic in different time periods. This allows you to optimize the use of resources and improve network performance.

A picture of computer network traffic data recorded over a 7-month period is shown in Fig. 1.

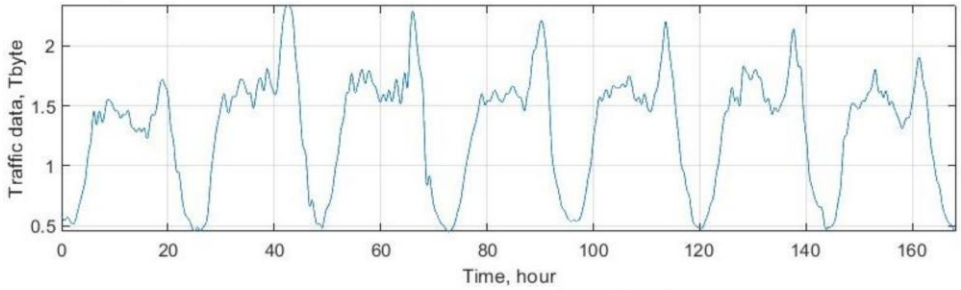

Fig. 1. Computer network traffic data

The computer network traffic data model (Fig. 1) in the form of a periodically correlated stochastic process (PCSP) [1-3] has a powerful processing arsenal, in particular synphase processing, which provides constructive consideration of daily repetition (periodicity) and time-amplitude variability (stochasticity) of network traffic data and calculation of quantitative indicators that reflect the degree of

mutual correlation of amplitude-time network traffic indicators of different days for the purpose of load forecasting.

The computer system (program) developed in the Matlab Guide environment for synphase processing of traffic data (Fig. 1) as a PCSP is presented in Fig. 2.

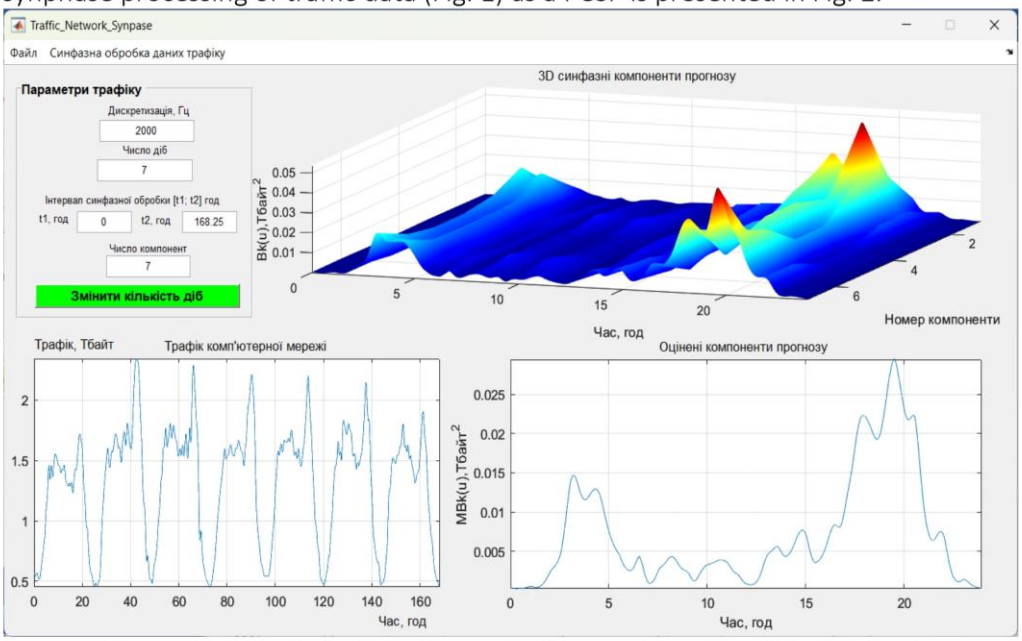

Fig. 2. Results of synphase forecast of computer network traffic load

In the case of variable KM traffic data (Fig. 2), an increase in the power level of common-mode components is observed depending on time (increase in traffic consumption by consumers), with the main localization on 3D components and in their averaged implementation.

Such variability of the characteristics of common-mode components reflects the dynamics of KM traffic load in the future, which is relevant for the forecasting problem.

Based on the common-mode traffic components presented in Fig. 2, it was established that in the time intervals from 03:00 to 05:00 and from 17:00 to 22:00 there is an increase in the load on the network due to consumer activity. During these periods, it is advisable for providers to activate most of the network equipment to avoid overload. At other times, it is recommended to transfer a significant part of the equipment to the economical consumption mode to reduce electricity costs and extend the period of uninterrupted operation of the equipment.

References

1. Khvostivskyy M., Osukhivska H., Khvostivska L., Lobur T., Velychko D. Mathematical modelling of daily computer network traffic. ITTAP-2021: Information Technologies: Theoretical and Applied Problems. The 1st International Workshop (November 16-18, 2021). Ternopil, UKRAINE. P.107-111. DOI: 10.1425/jsdtl.

2. Хвостівський М.О., Осухівська Г.М., Хвостівська Л.В., Величко Д.В. Розвиток математичного моделювання трафіку комп'ютерних мереж. Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції „Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій" до 60-річчя з дня заснування Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя та 175-річчя з дня народження Івана Пулюя, 14-15 травня 2020 року. Т.: ТНТУ, 2020. С. 187–188.

3. Драґан Я.П. Енергетична теорія лінійних моделей стохастичних сигналів. Львів: Центр стратегічних досліджень еко-біо-технічних систем, 1997. XVI+333с.

УДК 620.22(07)

Sharifova A. V.
Ph.D., Dosent,
department of "Materials science and processing technologies",
Azerbaijan State Oil and Industry University

FEATURES OF SURFACE HARDENING OF PISTON PARTS MADE OF POWDER MATERIALS BASED ON IRON OF VARIOUS COMPOSITIONS

Powder metallurgy has many advantages over traditional methods of creating materials and products. These methods make it possible to obtain products of precise shape and size with a given composition and properties. These methods have high productivity and are considered cost-effective due to minimizing the share of mechanical processing, saving metal (up to 60%) and high automation and mechanization of powder metallurgy processes [1, 2].

In the field of powder metallurgy, the focus is on iron-based materials. To improve the mechanical properties of iron-based structural parts, alloying elements can be used and various types of chemical-thermal treatment can be applied. In addition, important issues are ensuring tightness and at the same time eliminating deficiencies after the chemical-thermal treatment process [2, 3].

A wear-resistant structure on the surface of parts can be created using various methods of chemical-thermal treatment. However, most chemical-thermal treatment methods are less productive and comparatively less effective. Therefore, the search for a more effective method of chemical-thermal treatment for creating abrasive materials with a heterogeneous structure is an urgent scientific and technical problem.

In the conducted research, a method of steam-thermal oxidation was proposed to improve porous powder steels of various compositions, which ensure gas-tightness of products. The hardness, frictional resistance, electrical resistance, compressive strength, resistance to corrosion and wear, the tightness of powder parts, and also improve their appearance can be increased by the process of steam-thermal oxidation of iron-based powder materials [3, 4].

Додаток Б

Текст програмного забезпечення синфазного прогнозу навантаженості трафіку

```
function [Btraffic]=synphprognosis(daratraffic,Traffic);

% Оцінювання синфазної компоненти
% [Btraf]=synphprognosis(daratraffic,Traffic,typetraffic);
% daratraffic – вхідні дані трафіку КМ
% Traffic - період даних трафіку, рівний кількості точок на періоді;

if nargin<2, error('мінімум два аргументи'); end;

Ttraffic=fix(Ttraffic);
Ttraffic=formatdata(datattraffic, Ttraffic);
cdatatraffic=centrtraffic(datattraffic, Ttraffic);
komptraffic=PKVPtraffic(cdatatraffic, Ttraffic);
nkomp=size(komptraffic,2);
for kr=1:Ttraffic
    kompcortraffic(kr,1:n)=PKVPtraffic(komptraffic(kr,1: nkomp));
    Btraffic (kr,:)=dfttransf(kompcortraffic(kr,1:n),1,nkomp);
    end;
```

Додаток В

Текст програмного забезпечення системи прогнозування трафіку

```
function varargout = Traffic_Network_Synpase(varargin)
% Traffic_Network_Synpase M-file for Traffic_Network_Synpase.fig
%      Traffic_Network_Synpase, by itself, creates a new
Traffic_Network_Synpase or raises the existing
%      singleton*.
%
%      H = Traffic_Network_Synpase returns the handle to a new
Traffic_Network_Synpase or the handle to
%      the existing singleton*.
%
%      Traffic_Network_Synpase('CALLBACK',hObject,eventData,handles,...)
calls the local
%      function named CALLBACK in Traffic_Network_Synpase.M with the given
input arguments.
%
%      Traffic_Network_Synpase('Property','Value',...) creates a new
Traffic_Network_Synpase or raises the
%      existing singleton*.  Starting from the left, property value pairs are
%      applied to the GUI before Intarface_MKS_OpeningFunction gets called.
An
%      unrecognized property name or invalid value makes property application
%      stop.  All inputs are passed to Traffic_Network_Synpase_OpeningFcn via
varargin.
%
%      *See GUI Options on GUIDE's Tools menu.  Choose "GUI allows only one
%      instance to run (singleton)".
%
% See also: GUIDE, GUIDATA, GUIHANDLES

% Copyright 2002-2003 The MathWorks, Inc.

% Edit the above text to modify the response to help Traffic_Network_Synpase

% Last Modified by GUIDE v2.5 01-Nov-2024 12:40:02

% Begin initialization code - DO NOT EDIT
gui_Singleton = 1;
gui_State = struct('gui_Name',       mfilename, ...
                   'gui_Singleton',  gui_Singleton, ...
                   'gui_OpeningFcn', @Traffic_Network_Synpase_OpeningFcn, ...
                   'gui_OutputFcn',  @Traffic_Network_Synpase_OutputFcn, ...
                   'gui_LayoutFcn',  [] , ...
                   'gui_Callback',   []);
if nargin && ischar(varargin{1})
    gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1});
end

if nargout
```

```
    [varargout{1:nargout}] = gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
else
    gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
end
% End initialization code - DO NOT EDIT

% --- Executes just before Traffic_Network_Synpase is made visible.
function Traffic_Network_Synpase_OpeningFcn(hObject, eventdata, handles,
varargin)
% This function has no output args, see OutputFcn.
% hObject    handle to figure
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
% varargin   command line arguments to Traffic_Network_Synpase (see VARARGIN)

% Choose default command line output for Traffic_Network_Synpase
handles.output = hObject;

% Update handles structure
guidata(hObject, handles);

% UIWAIT makes Traffic_Network_Synpase wait for user response (see UIRESUME)
% uiwait(handles.figure1);
set(handles.text8,'string','Завантажити дані трафіку мережі');

% --- Outputs from this function are returned to the command line.
function varargout = Traffic_Network_Synpase_OutputFcn(hObject, eventdata,
handles)
% varargout  cell array for returning output args (see VARARGOUT);
% hObject    handle to figure
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Get default command line output from handles structure
varargout{1} = handles.output;

% ----------------------Load data of EMS-----------------------------
function Untitled_3_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to Untitled_3 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
[namefile, namepath] = uigetfile('*.txt;', 'Завантажити дані трафіку
мережі');
if length(namefile)>=1
dir=[namepath namefile];
data=load(dir);
data=data(:,2);
data=interp(data,10);
%data=data(330:(length(data)-95));
set(handles.pushbutton1,'userdata',data);
set(handles.text8,'visible','on');
```

```
set(handles.text8,'string','Введіть параметри завантажених даних трафіку');
end;

% ------------------------------Save of DATA-----------------------------
function Untitled_4_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to Untitled_4 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
[namefile, namepath] = uiputfile({'*.txt';'*.dat'}, 'Зберегти результат
обробки');
if length(namefile)>=1
dir=[namepath namefile];
data=get(handles.text1,'userdata');
dlmwrite(dir,data,' ');
end;
rotate3d off;

% ----------------------------Komponent---------------------------------
function Untitled_7_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to Untitled_7 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
xx=get(handles.pushbutton1,'userdata');
dt=1/str2num(get(handles.edit1,'string'));
kilKOMP=str2num(get(handles.edit5,'string'));
tN1=get(handles.edit3,'value')
tN2=get(handles.edit4,'value')
x1=xx(tN1:tN2);
kilkistNT=str2num(get(handles.edit2,'string'))
N=length(x1);
NT=fix(N/kilkistNT);
N=kilkistNT*NT;
x=x1(1:N);

B=synphprognosis (x',NT,'c');
set(handles.text8,'visible','off');
set(handles.pushbutton1,'string', 'Змінити кількість діб');
tb=((0:(size(B,1)-1)).*dt)*100;
axes(handles.axes1);
surf(1:7,tb,B);
shading interp;
axis tight;
grid on;
xlabel('Номер компоненти');
ylabel('Час, год');
zlabel('Вк(u),Тбайт^2');
rotate3d on;

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit1_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit1 (see GCBO)
```

```
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%       See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end


% ----------------------Синфазна обробка ---------------------------------
% --- Executes on button press in pushbutton1.
function pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to pushbutton1 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

set(handles.text1,'visible','on');

set(handles.text8,'visible','on');
set(handles.pushbutton1,'string', 'Введіть параметри');
x=get(handles.pushbutton1,'userdata');
dt=1/str2num(get(handles.edit1,'string'));
T=str2num(get(handles.edit2,'string'));
t1=str2num(get(handles.edit3,'string'));
t2=str2num(get(handles.edit4,'string'));
tN1=fix(t1/(dt*100))+1;
tN2=fix(t2/(dt*100))+1;
if tN2>length(x)
   tN2=length(x);
end
set(handles.edit3,'string',num2str((tN1-1)*dt*100));
set(handles.edit4,'string',num2str((tN2-1)*dt*100));

set(handles.edit3,'value',tN1);
set(handles.edit4,'value',tN2);

set(handles.text1,'string','Трафік, Тбайт');
set(handles.text10,'string','Час, год');
axes(handles.axes2);
t=((0:(length(x)-1)).*dt)*100;
plot(t(tN1:tN2),x(tN1:tN2));
axis tight;
grid on;
rotate3d off;
set(handles.text8,'visible','off');

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit2_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit2 (see GCBO)
```

```
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%       See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit3_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit3 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit3 as text
%        str2double(get(hObject,'String')) returns contents of edit3 as a
double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit3_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit3 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%       See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit4_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit4 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%       See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function uipanel1_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to uipanel1 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called
```

```
% --------------------------------------------------------------------
function Untitled_8_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to Untitled_8 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
xx=get(handles.pushbutton1,'userdata');
dt=1/str2num(get(handles.edit1,'string'));
kilKOMP=str2num(get(handles.edit5,'string'));
tN1=get(handles.edit3,'value');
tN2=get(handles.edit4,'value');
x1=xx(tN1:tN2);
kilkistNT=str2num(get(handles.edit2,'string'));
N=length(x1);
NT=fix(N/kilkistNT);
N=kilkistNT*NT;
x=x1(1:N);

B=synphprognosis(x',NT);
mB=mean(B');

set(handles.text1,'visible','off');
set(handles.text8,'visible','off');
set(handles.pushbutton1,'string', 'Змінити кількість діб');
tb=((0:(length(mB)-1)).*dt)*100;
axes(handles.axes3);
plot(tb,mB);
xlabel('Час, год');
ylabel('M{Bk(u)},Тбайт^2');
axis tight;
grid on;
rotate3d off;
set(handles.text1,'visible','on');

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit5_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit5 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%       See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```