

DOI: 10.18372/2310-5461.69.20942  
УДК 004.7:004.942

**Ю. Ю. Іскренко**, канд. техн. наук, доцент  
Державний університет «Київський авіаційний інститут»,  
orcid.org/0009-0005-3745-262X  
E-mail: yurii.iskrenko@npp.kai.edu.ua;

**С. О. Кашкевич**,  
Державний університет «Київський авіаційний інститут»,  
orcid.org/0009-0007-2406-8535  
E-mail: svitlana.kashkevych@npp.kai.edu.ua

## МЕТОД ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ІНФОРМАЦІЙНОГО ОБМІНУ В МЕРЕЖАХ З НЕРІВНОМІРНИМ ПОТОКОМ ДАНИХ

### Вступ

Сучасні інформаційні мережі функціонують у середовищі, де обсяг і структура передачі даних змінюються динамічно. Нерівномірність трафіку формується через різні джерела даних, різну частоту їх генерації, коливання навантаження на канали зв'язку, а також специфіку застосувань – від передавання коротких службових повідомлень до потокових мультимедійних даних. Така нерівномірність призводить до періодичних піків навантаження, що викликають затримки, колізії, втрати пакетів і деградацію пропускну здатності.

У загальному випадку мережевий трафік можна розглядати як потік випадкових подій, який характеризується інтенсивністю, варіативністю та кореляційними властивостями. Відсутність стабільності у цих параметрах потребує застосування адаптивних методів управління, які здатні реагувати на зміни структури потоку в реальному часі.

Під час роботи з нерівномірним трафіком виникають наступні проблеми: перевантаження каналів у моменти пікових навантажень; втрата пакетів через нестачу буферної пам'яті; нестабільність затримок, що критично для режимів реального часу; зростання часу маршрутизації та перемикання через збільшення кількості активних сесій; неефективний розподіл ресурсів, якщо мережа працює за статичними параметрами.

Для того щоб підтримувати стабільність якості обслуговування, мережа має містити механізми адаптації до поточних змін стану, оскільки статичні методи (фіксовані черги, статичні пріоритети, жорстко задані пороги) перестають бути результативними в умовах високої динаміки. Ефективність передачі можна підвищити шляхом реалізації таких принципів: пріоритезація інформації, пакети мають різну важливість і чутливість до затримок. Запровадження класів пріоритету дозволяє: мінімізувати втрати критичних даних, забезпечувати швидкий прохід ключових пакетів, ефективніше

використовувати ресурси каналу. Адаптивне керування потоками, методи адаптації базуються на аналізі поточного завантаження каналів, динамічній зміні розміру черг, коригуванні швидкості передавання, виборі оптимального маршруту. Адаптивність дозволяє мережі «підлаштовуватись» під пікові навантаження, зменшуючи за-тримки та втрати. Балансування навантаження, розподіл даних між каналами або маршрутами з урахуванням їх поточного стану забезпечує більш рівномірне заповнення мережевих ресурсів; прогнозування трафіку, використання моделей прогнозування (кореляційних, стохастичних, марковських, статистичних) дозволяє передбачити: імовірні піки, зниження навантаження, необхідність попереднього резервування ресурсів.

### Аналіз останніх досліджень і публікацій

Проблематика підвищення ефективності інформаційного обміну в складних мережевих структурах, а також забезпечення стабільності функціонування інформаційних систем у динамічних умовах активно висвітлюється у сучасних наукових дослідженнях. Значна частина робіт присвячена розробленню математичного апарату, методів самоорганізації, адаптивного управління потоками даних та застосуванню інтелектуальних алгоритмів для оптимізації обмінних процесів. У монографії [1] представлено фундаментальні підходи до побудови систем підтримки прийняття рішень та їх математичного забезпечення, що є базою для формування адаптивних алгоритмів керування інформаційними потоками. У роботі [2] розглянуто удосконалену модель безпечної маршрутизації в програмно-конфігурованих мережах, що прямо дотична до задач керування потоками та оптимізації інформаційного обміну в умовах змінних навантажень. Стаття [3] демонструє ефективність використання комбінованих біоінспірованих алгоритмів для пошуку

рішень у задачах оптимізації, що підтверджує актуальність застосування адаптивних методів у складних організаційно-технічних системах. У дослідженні [4] розроблено метод самоорганізації інформаційних мереж при дії дестабілювальних факторів, що безпосередньо пов'язано з необхідністю адаптації системи до нерівномірних потоків даних. Питання надійності та стійкості інформаційно-керуючих систем також висвітлено в роботі [5], де запропоновано математичну модель надійних структур таких систем. Значну увагу приділено і захисту інформаційних систем: у публікації [6] запропоновано метод виявлення кібер атак на базі технологій штучного інтелекту, що підкреслює важливість інтелектуальних механізмів в аналізі даних у режимі реального часу.

Підхід до обробки різнорідних даних у складних організаційно-технічних системах наведено в [7], а методологію оцінювання стану систем з великою кількістю параметрів – у роботі [8]. Колективні монографії [9–11] звертаються до питань штучного інтелекту в задачах оцінювання, обробки та оптимізації даних, що формує теоретичну основу для розроблення адаптивних методів перерозподілу інформаційних потоків у мережах. У дослідженнях [12–15] акцентовано увагу на принципах побудови мереж, що є ключовим елементом адаптивних систем передачі даних. Роботи [13–16] представляють сучасні біоінспіровані та метаевристичні алгоритми оптимізації, які демонструють високу ефективність у задачах пошуку оптимальних розподілів ресурсів, і можуть бути основою для побудови адаптивних механізмів керування трафіком. Дослідження [17] підкреслює важливість комбінованих підходів до фільтрації та обробки даних із застосуванням машинного навчання, що також є актуальним для задач підтримання стабільності інформаційних потоків.

Таким чином, аналіз робіт показує, що актуальність проблеми підвищення ефективності інформаційного обміну в умовах нерівномірного трафіку та складної динаміки систем підтверджується широким спектром сучасних досліджень.

Однак питання адаптивного розподілу пропускної здатності, який би враховував характеристики потоків у режимі реального часу, залишається недостатньо розробленим, що обумовлює необхідність створення нових методів і моделей у цій сфері.

#### **Мета статті**

Метою статті є розроблення та дослідження методу підвищення ефективності інформаційного обміну в мережах із нерівномірним потоком даних на основі адаптивного перерозподілу про-

пускної здатності та динамічного коригування параметрів потоків.

#### **Виклад основного матеріалу**

Для підвищення ефективності інформаційного обміну в мережах із нерівномірним потоком даних необхідно враховувати динамічний характер формування трафіку, варіації інтенсивності та відмінності у вимогах окремих потоків до затримки, втрат і пропускної здатності. У цьому розділі наведено теоретичні положення та запропоновано метод, який забезпечує адаптивний розподіл ресурсів каналу зв'язку з урахуванням поточного стану мережі та характеристик передачі даних [1–3].

Загальна концепція методу підвищення ефективності інформаційного обміну повинна включати: 1. Визначення типу нерівномірності трафіку (пік, сплеск, спад, long-range dependence). 2. Класифікацію даних за їх критичністю та вимогами до показників якості обслуговування. 3. Динамічний перерозподіл ресурсів з урахуванням змін у структурі потоку. 4. Оптимізацію черг та маршрутизації залежно від стану мережі. 5. Механізм адаптації в реальному часі, що коригує параметри передачі [4–6].

Така послідовність дозволяє мінімізувати навантаження на вузли, уникати перевантажень і забезпечувати високу якість обслуговування навіть у моменти нерівномірних пікових навантажень. Додатково слід зазначити, що нерівномірність мережевого трафіку є характерною ознакою сучасних інформаційних систем, у яких джерела даних мають різну природу, різні частоти генерації та різну чутливість до затримок. У таких умовах статичні методи керування потоками не забезпечують необхідної гнучкості, оскільки не реагують на миттєві зміни навантаження. Це призводить до коливань показників якості обслуговування, накопичення черг та локальних перевантажень окремих каналів зв'язку. Тому ефективне управління трафіком має базуватися на адаптивних підходах, які здатні змінювати параметри розподілу ресурсу відповідно до актуального стану мережі.

В данному підході важливо враховувати не лише загальний рівень завантаження каналу, а й статистичні властивості потоків, зокрема мінливість інтенсивності, кореляційні залежності та ймовірнісні характеристики пікових значень. Урахування цих параметрів дозволяє формувати математичну модель, здатну описати поведінку системи в динаміці та забезпечити оптимальні рішення щодо перерозподілу пропускної здатності. Таким чином, запропонований метод спирається на комплексний аналіз структури трафіку і механізмів самоадаптації, що дає змогу забез-

печити стабільність роботи мережі навіть у випадках різких змін навантаження.

Метод підвищення ефективності інформаційного обміну в мережах з нерівномірним потоком даних буде складатися з наступних кроків:

*Крок 1.* Оцінювання поточного завантаження та нерівномірності. Нехай у мережі передається множина потоків даних:  $F = \{f_1, f_2, \dots, f_N\}$ , а сумарна пропускна здатність каналу дорівнює  $C$  [біт/с]. Для кожного потоку  $f_i$  задаються:  $\lambda_i(t)$  – поточна інтенсивність надходження даних;  $D_i^{\max}$  – максимально припустима середня затримка;  $L_i^{\max}$  – максимально припустима імовірність втрати;  $w_i$  – базова важливість (пріоритет) потоку.

Обчислюємо сумарну інтенсивність трафіку:

$$\Lambda(t) = \sum_{i=1}^N \lambda_i(t).$$

Обчислюємо коефіцієнт завантаження каналу:

$$\rho(t) = \frac{\Lambda(t)}{C}.$$

Оцінюємо нерівномірність розподілу інтенсивностей між потоками. Наприклад, за коефіцієнтом варіації:

$$\begin{aligned} \mu_\lambda(t) &= \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \lambda_i(t), \\ \sigma_\lambda(t) &= \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (\lambda_i(t) - \mu_\lambda(t))^2}, \\ U(t) &= \frac{\sigma_\lambda(t)}{\mu_\lambda(t)}, \end{aligned}$$

тут  $U(t)$  – індекс нерівномірності.

*Крок 2.* Уточнення пріоритетів з урахуванням показників якості обслуговування. Для кожного потоку вводимо динамічну вагу  $W_i(t)$ , яка враховує і базовий пріоритет, і поточний стан показників якості обслуговування.

Нехай  $D_i(t)$  – поточна оцінка середньої затримки для потоку,  $L_i(t)$  – поточна оцінка імовірності втрати. Вводимо підсилюючі функції:

$$\begin{aligned} \phi_i^D(t) &= 1 + \alpha D \cdot \max \left\{ 0, \frac{D_i(t) - D_i^{\max}}{D_i^{\max}} \right\}, \\ \phi_i^L(t) &= 1 + \alpha L \cdot \max \left\{ 0, \frac{L_i(t) - L_i^{\max}}{L_i^{\max}} \right\}, \end{aligned}$$

де  $\alpha D, \alpha L \geq 0$  – налаштовувані коефіцієнти чутливості. Ефективна вага потоку визначається:

$$W_i(t) = w_i \cdot \phi_i^D(t) \cdot \phi_i^L(t).$$

*Крок 3.* Розрахунок оптимальних швидкостей обслуговування потоків.

На основі інтенсивностей  $\lambda_i(t)$  та ваг  $W_i(t)$  обчислюємо рекомендовану швидкість обслуговування  $r_i(t)$  для кожного потоку так, щоб не перевищити пропускну здатність, врахувати вагу й нерівномірність. Визначаємо нормований коефіцієнт:

$$S(t) = \sum_{j=1}^N W_j(t) \lambda_j(t).$$

Базовий розподіл пропускної здатності:

$$r_i^{(0)}(t) = C \cdot \frac{W_i(t) \lambda_i(t)}{S(t)}.$$

Обмежуємо швидкість зверху реальним навантаженням потоку:

$$r_i(t) = \min \{ \lambda_i(t), r_i^{(0)}(t) \}.$$

Таким чином: якщо мережа не перевантажена  $\rho(t) \leq 1 - r_i(t)$  наближена до  $\lambda_i(t)$ ; якщо  $\rho(t) > 1$  – відбувається пропорційне ущільнення потоків з урахуванням ваг  $W_i(t)$ .

*Крок 4.* Адаптація до рівня нерівномірності.

Для того щоб метод реагував саме на нерівномірність, вводимо залежність від індексу  $U(t)$ . Задаємо порогове значення  $U1$ . Якщо  $U(t) \leq U1$ , то мережа працює в штатному режимі.

Якщо  $U(t) > U1$ , тоді активуємо додаткову підтримку більш «проблемних» потоків.

Наприклад, вводимо корекцію ваг:

$$W_i^*(t) = W_i(t) \cdot (1 + \beta \cdot \psi_i(t)),$$

де  $\psi_i(t)$  – показник критичності потоку (наприклад, нормована затримка чи перевищення інтенсивності),  $\beta \geq 0$  – коефіцієнт підсилення. Після цього повторюється виконання кроку 3 із заміною  $W_i(t)$  на  $W_i^*(t)$ .

*Крок 5.* Відображення розрахованих швидкостей на політики обслуговування. Обчислені значення  $r_i(t)$  реалізуються в мережевому обладнанні через: квоти обслуговування черг, для кожної черги, що відповідає потоку, задається частка каналного часу, пропорційна  $r_i(t)$ ; політику планування, де ваги черг задаються за  $W_i(t)$  або  $W_i^*(t)$ ; політику відкидання пакетів, якщо  $\lambda_i(t) > r_i(t)$ , надлишок даних для низькопріоритетних потоків може бути відкинутий із вищою ймовірністю.

Формально, для дискретних тактів  $\Delta t$  кількість бітів (або пакетів), що виділяється потоку визначається як:  $Q_i(t, \Delta t) = r_i(t) \cdot \Delta t$ .

Запропонований метод базується на принципі адаптивного керування мережевими ресурсами з урахуванням поточного стану трафіку та вимог до кожного потоку даних. Для цього в реальному часі виконуються вимірювання характеристик трафіку і на їх основі проводиться обчислення параметрів, що визначають, яку частину пропускної здатності канал має виділяти кожному потоку для забезпечення стабільної роботи мережі.

На початковому етапі метод визначає, з якою швидкістю кожен потік генерує дані. Сукупна інтенсивність усіх потоків порівнюється з пропускною здатністю каналу, що дає змогу оцінити загальний рівень його завантаження. Такий підхід дозволяє виявити моменти перевищення допустимого навантаження та зрозуміти, чи достатньо ресурсу для обслуговування всіх потоків без деградації якості. Крім того, метод оцінює нерівномірність розподілу навантаження між потоками. Це важливо, оскільки навіть при прийнятному загальному завантаженні окремі потоки можуть зазнавати значних пікових навантажень, що призводить до збільшення затримок і втрат. Показник нерівномірності відображає, наскільки нестабільним є трафік у даний момент. Якщо нерівномірність значна, метод у подальших кроках коригує виділення ресурсу таким чином, щоб уникнути перевантаження найбільш нестабільних потоків [7].

Наступним компонентом методу є динамічне коригування ваг потоків. У моделі кожен потік має базовий пріоритет, який визначає його важливість. Однак у реальних умовах цього недостатньо, тому метод враховує також поточні показники якості обслуговування. Якщо в певного потоку затримки перевищують допустиме значення або зростає кількість втрат, його вага автоматично збільшується. Це означає, що при розподілі пропускної здатності мережа приділить цьому потоку більше уваги. Таким чином, метод забезпечує автоматичну компенсацію для потоків, у яких погіршуються умови обслуговування.

Після визначення динамічних ваг обчислюється бажана швидкість обслуговування кожного потоку. Цей показник визначає, яку частину пропускної здатності необхідно виділити потоку для забезпечення його коректної роботи. Розподіл проводиться пропорційно вагам потоків та їхній поточній інтенсивності. Якщо мережа працює без перевантаження, кожен потік отримує ресурс, близький до тієї швидкості, з якою він генерує дані. Якщо ж загальна інтенсивність перевищує можливості каналу, швидкість обслуговування потоків знижується, але робиться це не рівномірно, а з урахуванням їхньої важливості та стану.

Метод також враховує ситуації, коли нерівномірність трафіку є надто високою. У такому випадку вводиться додаткове коригування ваг, яке дозволяє підтримати ті потоки, що найбільше страждають від нестабільності. Це забезпечує більшу стійкість методу до коливань навантаження та сприяє рівномірнішому розподілу ресурсу в умовах пікових сплесків. Після визначення рекомендованих швидкостей обслуговування вони застосовуються до механізмів керування чергами або політик планування мережевого обладнання. Це може бути встановлення квот на обслуговування черг, зміна ваг у планувальнику або формування правил, за якими обробляються надлишкові пакети. У результаті мережа підлаштовується під зміни трафіку та підтримує стабільний рівень якості обслуговування. Завершальним елементом методу є його повторюваність.

Для перевірки ефективності запропонованого методу було проведено імітаційне моделювання роботи мережі з трьома незалежними потоками даних, кожен з яких характеризується різною інтенсивністю генерації пакетів та різним рівнем коливань у часі. Пропускна здатність каналу в моделі обмежена фіксованим значенням, що дозволяє оцінити роботу механізму адаптивного перерозподілу ресурсу в умовах нерівномірного навантаження.

На початковому етапі оцінюється профіль вхідного трафіку. На рис. 1 наведено динаміку зміни інтенсивностей потоків у часі.

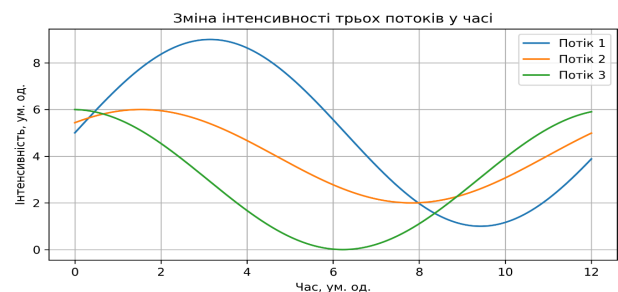


Рис. 1. Зміна інтенсивності трьох потоків у часі

Видно, що кожен потік має власну амплітуду та частоту коливань, при цьому моменти пікового навантаження не збігаються. Така ситуація є типовою для реальних мереж і саме вона створює проблему нестабільності якості обслуговування. Після визначення інтенсивностей трафіку було застосовано запропонований метод адаптивного перерозподілу пропускної здатності.

На рис. 2 показано порівняння розподілу ресурсу між потоками до та після застосування методу. У режимі «до» пропускна здатність розподіляється рівномірно й не враховує коливань інтенсивності, що призводить до локальних перевантажень і збільшення черг.

Застосування методу забезпечує динамічний перерозподіл ресурсу відповідно до ваг потоків та їхнього поточного стану.

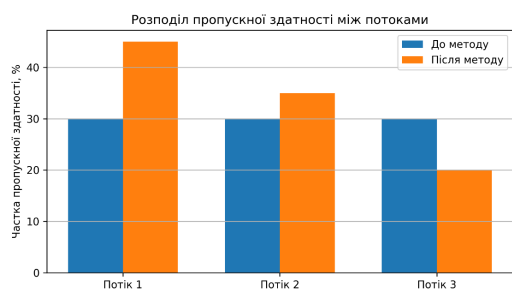


Рис. 2. Розподіл пропускної здатності між потоками до та після застосування методу

На заключному етапі оцінювалася зміна показників якості обслуговування. На рис. 3 наведено динаміку середньої затримки пакетів для потоків у двох режимах.

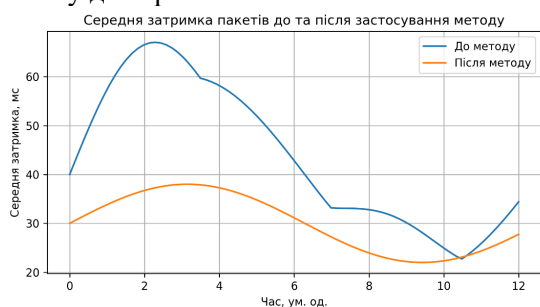


Рис. 3. Середня затримка пакетів до та після застосування методу.

У разі статичного розподілу ресурсу затримка істотно зростає під час пікових навантажень, що характерно для нерівномірного трафіку. Після застосування методу затримка залишається стабільнішою, її пікові значення зменшуються, а загальна амплітуда коливань суттєво нижча. Імітаційне моделювання та побудову графічних залежностей виконано в середовищі *Python*. Візуалізацію результатів здійснено за допомогою бібліотеки *matplotlib*, що дозволило відтворити характер нерівномірного трафіку та оцінити роботу запропонованого методу.

У таблиці 1 представлено узагальнені характеристики потоків та результати застосування запропонованого методу.

Отримані результати, демонструють ефективність запропонованого методу як на рівні адаптації пропускної здатності, так і на рівні кінцевих показників якості обслуговування. Зокрема, попередньо рівномірний розподіл ресурсу між потоками трансформується у схему, що враховує інтенсивність трафіку та базові пріоритети. Це дозволяє зменшити навантаження на найбільш чутливі потоки та збалансувати пікові коливання.

Таблиця 1

Узагальнені параметри потоків та результати тестування

Параметр / Потік	Потік 1	Потік 2	Потік 3
Середня інтенсивність, ум. од.	5	4	3
Амплітуда коливань	4	2	3
Базовий пріоритет	Високий	Середній	Низький
Допустима затримка	40	60	80
Розподіл пропускної здатності, %			
До застосування методу	30	30	30
Після застосування методу	45	35	20
Показники якості			
Середня затримка до методу	52	48	55
Середня затримка після методу	34	32	38
Покращення середньої затримки	-35 %	-33 %	-31 %
Втрати пакетів до методу	7,2	5,8	6,5
Втрати пакетів після методу, %	2,9	3,4	3,1
Зниження втрат, %	-60 %	-41 %	-52 %

Додатково помітне зниження середньої затримки та втрат пакетів після застосування методу підтверджує його здатність компенсувати нерівномірність трафіку й забезпечувати стабільніші умови передачі даних.

### Висновки

У дослідженні розроблено метод підвищення ефективності інформаційного обміну в мережах із нерівномірним потоком даних, який ґрунтується на адаптивному перерозподілі пропускної здатності та динамічному коригуванні ваг потоків залежно від поточного стану мережі. Прове-

дене імітаційне моделювання підтвердило, що метод дозволяє суттєво знизити середню та пікову затримку, зменшити втрати пакетів і стабілізувати роботу мережі в умовах змінної інтенсивності трафіку. Отримані результати доводять доцільність використання адаптивного підходу для забезпечення стійкої якості обслуговування без необхідності збільшення пропускної здатності каналу. Метод може бути інтегрований у сучасні телекомунікаційні системи та слугувати основою для подальших досліджень у сфері оптимізації інформаційних потоків.

**ЛІТЕРАТУРА**

- [1] Kashkevich, S. (Ed.) (2025). Decision support systems: mathematical support. Kharkiv: TECHNOLOGY CENTER PC. <https://doi.org/10.15587/978-617-8360-13-9>.
- [2] Плехова Г. А., Геронов С. М., Костікова М. В., Кашкевич С. О. Удосконалення моделі безпечної маршрутизації в програмно-конфігурованих мережах. ХНУРЕ. Біоніка інтелекту. 2024. No 1 (100). С. 50–57. [https://doi.org/10.30837/bi.2024.1\(100\).07](https://doi.org/10.30837/bi.2024.1(100).07).
- [3] Tamer K. A., Sova O., Shaposhnikova O., Yashchenok V., Stanovska I., Shostak S., Rudenko, O., Petruk S., Matsyi O. & Kashkevich S. Development of a solution search method using a combined bio-inspired algorithm. Eastern European Journal of Enterprise Technologies. 2024, Vol. 1, No. 4 (127), pp. 6–13. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.298205>.
- [4] Kashkevich S., Litvinenko O., Shyshatskyi A., Salnyk S., Velychko V. The method of self-organization of information networks in the conditions of the complex influence of destabilizing factors. Сучасні інформаційні системи. 2024. Т. 8, № 3. С. 59–79. <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2024.3.07>.
- [5] Ali Al-Ammouri. Development of a mathematical model of reliable structures of information-control systems / Ali Al-Ammouri, Iryna Lebid, Marina Dekhtiar, Ievgenii Lebid, Hasan Al-Ammori // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2022. Vol. 5/9, Issue (119). P. 68–78. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.265953>.
- [6] Owaid S. R., Miahkykh H., Odarushchenko E., Kashkevich S., Shyshatskyi A., Plekhova G., Hrymud A., Petruk S., Shaposhnikova O., Stryhun V. (2025). Development of a method for detecting cyber attacks on information systems based on artificial intelligence technologies. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 3 (9 (135)), 33–39. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2025.329258>.
- [7] Owaid S. R., Kashkevich S., Shyshatskyi A., Radzivilov H., Sova O., Zarubenko A., Veretnov A., Lazuta R., Noskov O., Voznytsia A. (2025). Development of heterogeneous data processing method in organizational and technical systems. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 1 (4 (133)), 64–71. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2025.322629>.
- [8] Mohammed B. A., Stanovska I., Kashkevich S., Lebedynskyi A., Vakulenko Y., Protas N., Klyuchak O., Lastivka O., Semeniuk A., Kivshar O. (2025). Development of a methodological approach for assessing the condition of complex organizational and technical systems. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2 (3 (134)), 47–53. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2025.326468>.
- [9] Svitlana Kashkevich, Nina Kuchuk, Oleksii Kuvshynov, Ganna Plekhova, Oleksandr Yefymenko, Andrii Veretnov. The development of methods for evaluating the state of complex technical systems using artificial intelligence theory. Information and control systems: modelling and optimizations: collective monograph. 2024, Kharkiv: TECHNOLOGY CENTER PC, pp. 70–101. <https://doi.org/10.15587/978-617-8360-04-7.ch3>.
- [10] Svitlana Kashkevich, Heorhii Kuchuk, Ganna Plekhova, Viacheslav Davydov, Oleksandr Yefymenko, Yurii Beketov. The development of methods of learning artificial neural networks of intelligent decision-making support systems. Information and control systems: modelling and optimizations: collective monograph. 2024, Kharkiv: TECHNOLOGY CENTER PC, pp. 102–136. <https://doi.org/10.15587/978-617-8360-04-7.ch4>.
- [11] Svitlana Kashkevich, Illia Dmytriiev, Inna Shevchenko, Oleksandr Lytvynenko, Lyubov Shabanova-Kushnarenko, Nataliia Apenko. Scientific-method apparatus for improving the efficiency of information processing using artificial intelligence. Information and control systems: modelling and optimizations: collective monograph. 2024, Kharkiv: TECHNOLOGY CENTER PC, pp. 137–167. <https://doi.org/10.15587/978-617-8360-04-7.ch5>.
- [12] Braik, M.S (2021). “Chameleon swarm algorithm: a bio-inspired optimizer for solving engineering design problems”. Expert Systems with Applications. Vol. 174, 114685. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2021.114685>.
- [13] Poliarus, O., Krepych, S., & Spivak, I. (2023). “Hybrid approach for data filtering and machine learning inside content management system”. Advanced Information Systems, 7(4), 70–74. <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2023.4.14-32>.
- [14] Engineering Method for Adjusting Electric Drive Regulators of Manipulator Motion Units With Significant Nonlinearities, Lysenko O., Tachinina O., Alekseeva I., Tymofeev Y. Ceur Workshop Proceedings Open source preview, 2025, 81–93.
- [15] Two-Channel Precision Regulator for Electric Drive of Optical Fiber Winding Mechanism of Avionics Sensory Elements. Lysenko O., Tachinina O., Ponomarenko S., Guida O., Kutieпов V. Lecture Notes in Networks and Systems, 2025, 298–310.
- [16] Engineering Methodology for the Synthesis of Control Algorithms for Digital Electric Drives of Mechatronic Devices of Flying Search Robots. Tachinina O., Lysenko O., Ponomarenko S., Chumachenko S., Kutieпов V. Lecture Notes in Networks and Systems, 2024, 996 LNNS, 427–439.
- [17] Koval, V., Nechyporuk, O., Shyshatskyi, A. et al. (2023), «Development of a method of complex analysis and multidimensional forecasting of the state of intelligence objects», Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, pp. 31–41, doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.276168>.

Іскренко Ю. Ю., Кашкевич С. О.

## МЕТОД ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ІНФОРМАЦІЙНОГО ОБМІНУ В МЕРЕЖАХ З НЕРІВНОМІРНИМ ПОТОКОМ ДАНИХ

У статті досліджено проблему підвищення ефективності інформаційного обміну в сучасних мережах передачі даних, які функціонують в умовах нерівномірного та динамічного трафіку. Нерівномірність потоків даних, що виникає внаслідок різної інтенсивності генерації повідомлень, коливань навантаження на канали зв'язку та різної чутливості сервісів до затримок і втрат пакетів, призводить до деградації показників якості обслуговування, перевантаження окремих вузлів мережі та неефективного використання пропускну здатності каналів. У зв'язку з цим актуальною задачею є розроблення методів адаптивного керування інформаційними потоками, здатних реагувати на зміну стану мережі в режимі реального часу. Метою дослідження є розроблення методу підвищення ефективності інформаційного обміну в мережах з нерівномірним потоком даних на основі адаптивного перерозподілу пропускну здатності та динамічного коригування параметрів потоків. Запропонований метод ґрунтується на аналізі інтенсивності трафіку, оцінюванні ступеня нерівномірності потоків та визначенні їхніх динамічних ваг з урахуванням пріоритетності даних, поточної затримки та ймовірності втрат пакетів. На основі отриманих характеристик формується механізм адаптивного розподілу пропускну здатності каналу зв'язку між потоками даних, що дозволяє мінімізувати перевантаження та стабілізувати показники якості обслуговування. Для перевірки ефективності запропонованого підходу проведено імітаційне моделювання функціонування мережі з кількома потоками даних із різною інтенсивністю генерації. Результати моделювання показали, що застосування методу забезпечує зменшення середньої та пікової затримки передачі пакетів, зниження втрат даних та більш рівномірне використання пропускну здатності каналу порівняно зі статичними схемами розподілу ресурсів. Отримані результати підтверджують ефективність запропонованого методу та доцільність його застосування в сучасних телекомунікаційних і інформаційних системах для оптимізації процесів передачі даних у складних умовах функціонування мереж.

**Ключові слова:** інформаційний обмін; нерівномірний трафік; адаптивний метод; пропускну здатність; затримка; втрати пакетів; моделювання; оптимізація потоків даних.

Iskrenko Y., Kashkevych S.

## METHOD FOR IMPROVING THE EFFICIENCY OF INFORMATION EXCHANGE IN NETWORKS WITH NON-UNIFORM DATA FLOWS

The article investigates the problem of improving the efficiency of information exchange in modern data transmission networks operating under conditions of uneven and dynamically changing traffic. The uneven nature of data flows, caused by differences in message generation intensity, fluctuations in channel load, and varying sensitivity of services to delays and packet losses, leads to degradation of quality of service indicators, congestion of individual network nodes, and inefficient use of channel bandwidth. Therefore, the development of adaptive traffic management methods capable of responding to changes in the network state in real time is an important scientific and practical task. The purpose of this study is to develop a method for improving the efficiency of information exchange in networks with non-uniform data flows based on adaptive bandwidth redistribution and dynamic adjustment of flow parameters. The proposed method is based on the analysis of traffic intensity, evaluation of the unevenness of data flows, and determination of their dynamic weights considering data priority, current delay, and packet loss probability. Based on these parameters, an adaptive mechanism for bandwidth allocation among data flows is formed, which allows minimizing network congestion and stabilizing quality of service indicators. To evaluate the effectiveness of the proposed approach, simulation modelling of a network with several data flows characterized by different traffic intensities was performed. The modelling results demonstrated that the proposed method provides a reduction in both average and peak packet delay, decreases packet losses, and improves the uniformity of channel bandwidth utilization compared to static resource allocation approaches. The obtained results confirm the effectiveness of the developed method and demonstrate the feasibility of its application in modern telecommunications and information systems to optimize data transmission processes in complex and dynamically changing network environments.

**Keywords:** information exchange; uneven traffic; adaptive method; bandwidth; delay; packet loss; modelling; data flow optimisation.

Дата першого надходження: 05.12.2025 р.

Дата прийняття до друку: 10.03.2026 р.

Дата публікації: 27.04.2026 р.