



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **77046** (13) **U**
(51) МПК
H04B 10/13 (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2012 08735	(72) Винахідник(и): Переверзев Олександр Анатольович (UA), Агєєв Дмитро Володимирович (UA)
(22) Дата подання заявки: 16.07.2012	(73) Власник(и): ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ (ХНУРЕ), пр. Леніна, 14, м. Харків, 61166 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 25.01.2013	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 25.01.2013, Бюл.№ 2	

(54) СПОСІБ РОЗПОДІЛУ ДОВЖИН ХВИЛЬ В ОПТИЧНИХ МЕРЕЖАХ З МУЛЬТИПЛЕКСУВАННЯМ З РОЗДІЛОМ ЗА ДОВЖИНОЮ ХВИЛІ

(57) Реферат:

Спосіб розподілу довжин хвиль в оптичних мережах з мультиплексуванням з розподілом за довжиною хвилі, використовуваний як у пасивних, так й в активних оптичних мережах полягає в керуванні завданням довжин хвиль світловим маршрутам, з використанням оптичного конвектора в першому вузлі світлового маршруту. Додатково здійснюють конвертування оптичного сигналу з однією довжиною хвилі на іншу за допомогою оптичних конвекторів, установлених у вузлах різних маршрутів. Місця їхнього розташування розраховують за допомогою алгоритмів знаходження місця положення конвектора "вузьке місце" і "широке місце". Перераховують коефіцієнт числа довжин хвиль доступних на маршруті з урахуванням, що на вузлах маршруту може перебувати оптичний конвектор. Роблять розрахунок Q-фактора при розподілі кожному світловому маршруту певних довжин хвиль, після чого перевіряють умову припустимого значення Q-фактора на всьому світловому маршруті, якщо значення Q-фактора перевищує припустиме значення, то знижується ймовірність використання даного світлового маршруту для передачі інформації між абонентами.

UA 77046 U

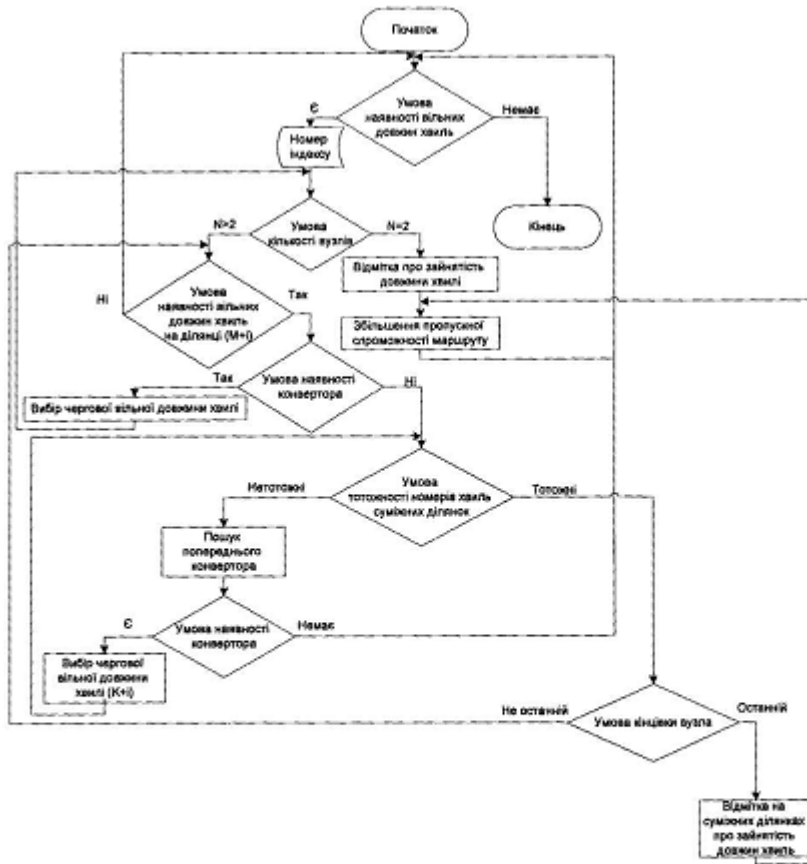


Fig. 1

Корисна модель належить до техніки зв'язку й може використатися в пасивній оптичній мережі, так й у пасивній оптичній мережі з активними елементами з мультиплексуванням з розділом по довжині хвилі (WDM).

5 Відомий спосіб, що реалізується в пристрої [патент РФ № 2361365 МПК H04B10/00, опубл. 10.07.2009] й який здійснює моніторинг і контроль довжин хвиль у волоконно-оптичній системі мультиплексування сигналу з поділом за спектральній щільності DWDM. У способі здійснюють синхронізацію довжин хвиль, які мало підпадають впливу навколишнього середовища. Крім того, внаслідок ізоляції виміру довжин хвиль від випромінювачів і можна здійснювати моніторинг різної кількості довжин хвиль без зміни пристрою виміру довжини хвилі. Даний спосіб має велику перевагу при переході системи DWDM із частотною сіткою 100 ГГц до системи DWDM з 10 50 ГГц.

Однак використання системи DWDM з 50 ГГц частотною сіткою приводить до збільшення впливу нелінійного явища чотирихвильового змішування, тому що збільшується кількість використаних каналів у мережі DWDM, крім того, не вирішується завдання ефективного вибору довжин хвиль при передачі трафіку через систему DWDM.

15 Відомий спосіб [патент РФ № 2407169 МПК H04B10/13, опубл. 20.12.2010] для багаторазового використання вхідного оптичного сигналу як висхідного оптичного сигналу, що не залежить від насичення посилення відбивного напівпровідникового оптичного підсилювача. Для того, щоб багаторазово використати спадний оптичний сигнал, необхідно стирати спадний 20 потік даних, включений у спадний оптичний сигнал, через процес багаторазового використання довжини світлової хвилі. Для цього в пристрої використовується спосіб введення струму прямого зв'язку.

Однак даний спосіб має недоліки: застосовується тільки в пасивних оптичних мережах, тому що стирання спадного потоку даних в активних елементах є трудомістким, а також не 25 вирішується завдання вибору порядку й призначення довжин хвиль маршрутам при передачі трафіку по оптичних лініях, не враховується впливу нелінійного явища чотирихвильового змішування, що може приводити до спотворення переданої інформації.

У розглянутих вище технічних рішеннях не використовуються математичні моделі, що припускають вибір найбільш оптимальних шляхів рішення завдання розподілу довжин хвиль і 30 призначення їх по світлових маршрутах. Розглянемо деякі роботи, присвячені цим питанням.

У роботі [Каминецкий, И.С. Применение теории графов для оптимизации распределения длин волн в ВОСП СР [Текст] // Труды учебных заведений святы.-2004. - № 171. - С. 48-60.] розглянуте рішення задачі розподілу довжин хвиль при використанні спеціального розділу теорії 35 графів, що присвячене розбивці безлічі вершин графа на класи попарно несуміжних між собою вершин, при якому кількість таких класів повинне бути найменшим. Інакше кажучи, використовуючи теорію розфарбувань графів, зменшують розмірність заданого графа і як наслідок одержують високу швидкодію цього способу.

Однак недоліком цього підходу є відсутність пошуку всіх маршрутів, з яких можна вибрати найкоротші.

40 У наступній роботі розглянуте М. Ali, B. Ramamurthy and J.S. Deogun, Routing algorithms for all-optical networks with power consideration: The unicast case, In Proc of the 8th IEEE ICCCN'99, Boston-Natick MA, Oct. 1999, pp. 335-340.] рішення завдання розподілу довжин хвиль світловим маршрутам при використанні генетичного алгоритму.

Однак такий спосіб має істотний недолік, алгоритм знаходить локальний екстремум цільової 45 функції, після чого він витрачає велику кількість ітерацій на отримання точності знаходження локального екстремуму цільової функції замість пошуку глобального оптимуму, що призводить до збільшення часу рішення оптимізаційної задачі.

Найбільш близьким технічним рішенням є спосіб заснований на використанні мета-евристичного алгоритму BCO-RWA [G. Markovic, V. Acimovic Raspopovic, "Solving the RWA Problem in WDM Optical Networks Using the BCO Meta-Heuristic, " Telfor Journal, Vol. 2, Nol, 2010.], 50 що призначений для пасивних та активних оптичних мереж з мультиплексуванням з розподілом за довжиною хвилі (WDM). В основі способу полягає керування розподілом довжин хвиль світловим маршрутам, з використанням оптичного конвектора в першому вузлі світлового маршруту у випадку неможливості передачі інформації зі світлового маршруту. Здійснення способу можна розбити на наступні етапи: вибір пари джерело-одержувач, розрахунок імовірності вибору маршруту з урахуванням його довжини й пропускної здатності, вибір 55 маршруту з необхідними робочими довжинами хвиль, причому у випадку неможливості вибору маршруту ставлять оптичний конвектор для розширення пропускної здатності цього маршруту, роблять порівняльний аналіз отриманих результатів, потім вибирають оптимальний варіант здійснення зв'язку попереднього значення й поточного. 60

До недоліків способу можна віднести, те що він використовує тільки один конвектор на всю мережу, що позначається на зниженні пропускної здатності, а також відсутній розрахунок вибору розміщення декількох конвекторів по всій мережі, при виборі світлового маршруту й завданні для нього довжини хвилі не враховується вплив нелінійного явища, що обумовлено чотирехвильовим змішуванням.

Технічною задачею запропонованої корисної моделі є збільшення пропускної здатності оптичної мережі за рахунок ефективного завдання довжин хвиль для всіх світлових маршрутів й обліку впливу чотирехвильового змішування, а також найбільш вигідного розташування конвекторів у вузлах мережі.

Ця задача вирішена наступним чином. У способі розподілу довжин хвиль в оптичних мережах з мультиплексуванням з розподілом за довжиною хвилі, що використовується як у пасивних, так й в активних оптичних мережах, і що полягає в керуванні завданням довжин хвиль світловим маршрутам, з використанням оптичного конвектора в першому вузлі світлового маршруту, згідно запропонованому технічному рішенню, для збільшення пропускної здатності мережі додатково здійснюють конвертування оптичного сигналу з однією довжиною хвилі на іншу за допомогою оптичних конвекторів, установлених у вузлах різних маршрутів, місця їхнього розташування розраховують за допомогою алгоритмів знаходження місця положення конвектора "вузьке місце", що полягає в пошуку вузького місця в мережі - вузол через який установлена найбільша кількість з'єднань, у якому встановлюється оптичний конвектор, і "широке місце", що полягає в пошуку широкого місця в мережі - вузол через який установлена найменша кількість з'єднань, у якому встановлюється оптичний конвектор, перераховують коефіцієнт числа довжин хвиль доступних на маршруті з урахуванням, що на вузлах маршруту може перебувати оптичний конвектор, здійснюють розрахунок Q-фактора при розподілі кожному світловому маршруту певних довжин хвиль, після чого перевіряють умову припустимого значення Q-фактора на всьому світловому маршруті, якщо значення Q-фактора перевищує припустиме значення, то знижується ймовірність використання даного світлового маршруту для передачі інформації між абонентами.

Розглянемо найбільше докладно запропонований спосіб. Дійсне технічне рішення передбачає керування розподілом довжин хвиль по світлових маршрутах за допомогою розробленого математичного апарата, що передбачає розрахунок рішення завдання вибору розташування оптичних конвекторів, облік конвекторів при розрахунку ймовірності вибору маршруту, розрахунок впливу чотирехвильового змішування при виборі маршруту.

У роботі [Педяш В.В., Решетников О.С. Оптимизация мощности линейного сигнала системы DWDM, Цифрові Технології, № 5, 2009] наведена наступна формула залежності Q-фактора від потужності перешкоди чотирехвильового змішування й потужності посиленого спонтанного випромінювання.

$$Q \approx \frac{b \cdot P_{\Sigma}}{\sqrt{P_{\text{еасе}\Sigma} + P_{\text{е4BC}\Sigma}}} \quad (1)$$

Отримане вираження (1) використано при розрахунку ймовірності вибору маршруту в алгоритмі BCO-RWA. Отримано граничне значення Q-фактора відповідні припустимому значенню ймовірності помилки. Відбувається порівняння розрахованого Q-фактора на кожному оптичному каналі через які проходить розглянутий маршрут, якщо значення Q-фактора перевищує припустиму норму, то ймовірність вибору цього маршруту зменшується.

Однак даний підхід розрахунку потужності спонтанного випромінювання й потужності чотирьох хвильового змішування не дозволяє вирішити завдання розподілу й завдання довжин світловим маршрутам. Тому даний підхід застосований в алгоритмі BCO-RWA при розрахунку, розрахунок ймовірності вибору маршруту.

На етапі обчислення ймовірності вибору маршруту було модифіковано розрахункове вираження з метою обліку умови, що на вузлі, через який проходить маршрут, може перебувати оптичний конвектор. Модифіковане вираження ймовірності вибору маршруту:

$$V_r^{s,d} = \left\{ a \frac{1}{h_r - h_{r \min} + 1} + (1-a) \frac{W_r^*}{W_{\max}} \right\} \quad (2)$$

де r - порядковий номер маршруту між парою вузлів (s, d), $r = 1, 2, \dots, k$, $r \in \{R^{s,d}\}$; h_r - довжина маршруту; h_{\min} - довжина найкоротшого маршруту; W_r^* - перерахований коефіцієнт числа довжин хвиль доступних на маршруті r з урахуванням, що на вузлах маршруту може

перебувати оптичний конвектор, $r = 1, 2, \dots, k$, $r \in \{R^{s,d}\}$; W_{max} - максимальне число довжин хвиль доступних на всіх маршрутах.

На фіг. 1 представлений алгоритм розрахунку ймовірності вибору маршруту з урахуванням конвекторів у вузлах.

5 На фіг. 2 представлений алгоритм знаходження місця положення конвектора "вузьке місце".
На фіг. 3 представлений алгоритм знаходження місця положення конвектора "широке місце".

10 Розглянемо ці алгоритми. У базовий алгоритм була також додана процедура вибору місця розташування оптичного конвектора. У роботі досліджено два варіанти модифікації, умовно названі "вузьке місце" й "широке місце" методом.

Суть способу "вузьке місце" полягає в пошуку вузького місця в мережі (вузол через який встановлене найбільша кількість з'єднань), у якому встановлюється оптичний конвектор.

Суть способу "широке місце" полягає в пошуку широкого місця в мережі (вузол через який встановлене найменша кількість з'єднань), у якому встановлюється оптичний конвектор.

15 Алгоритм встановлення конвектора у "вузьке місце"

Крок 1 перевіряється умова успішної установки з'єднання між джерелом й одержувачем.

Крок 2, якщо успішно встановлене з'єднання між джерелом і призначенням, то в масиві значення кожного індексу вузла мережі, які містить світловий маршрут збільшується на 1, перехід до кроку 1.

20 Крок 3, якщо невдало відбулася установка з'єднання між джерелом й одержувачем, то відбувається пошук максимального елемента в масиві, перехід до кроку 4.

Крок 4 перевіряється умова наявності конвекторів.

Крок 5, якщо є наявність конвекторів, то встановлюється оптичний конвектор у вузол індексу знайденого елемента масиву, обнуління значення елемента в масиві, зменшення значення кількості конвекторів на 1, перехід до кроку 1.

25 Крок 6, якщо немає доступних конвекторів, то кінець роботи алгоритму.

Алгоритм встановлення конвектора в "широке місце"

Крок 1 перевіряється умова успішної установки з'єднання між джерелом й одержувачем.

30 Крок 2, якщо успішно встановлене з'єднання між джерелом і призначенням, то в масиві значення кожного індексу вузла мережі, які містить світловий маршрут збільшується на 1, перехід до кроку 1.

Крок 3, якщо невдало відбулася установка з'єднання між джерелом й одержувачем, то відбувається пошук мінімального елемента в масиві, перехід до кроку 4.

Крок 4 перевіряється умова наявності конвекторів.

35 Крок 5, якщо є наявність конвекторів, то встановлюється оптичний конвектор у вузол індексу знайденого елемента масиву, присвоювання значення "нескінченності" елемента в масиві, зменшення значення кількості конвекторів на 1, перехід до кроку 1.

Крок 6, якщо немає доступних конвекторів, то кінець роботи алгоритму.

40 Алгоритм перерахунку коефіцієнту кількості довжин хвиль довжин хвиль доступних на маршруті з урахуванням конвекторів у вузлах.

Крок 1 перевіряється умова наявності вільних довжин хвиль в оптичному канал зв'язку на першій ділянці світлового маршруту.

Крок 2, якщо є вільна довжина хвилі, то змінній K привласнюється індекс номера вільної довжини хвилі. Перехід до кроку 4.

45 Крок 3, якщо немає вільної довжини хвилі, то кінець роботи алгоритму.

Крок 4 перевіряється умова: кількість вузлів, що отримуються в маршруті більше 2 або дорівнює 2 вузлів.

Крок 5, якщо 2 вузли в маршруті, то здійснюється відмітка про зайнятість K довжини хвилі й збільшується значення пропускної здатності світлового маршруту, перехід до кроку 2.

50 Крок 6, якщо більше двох вузлів у маршруті, то перевіряється умова, є чинні вільні довжини хвиль на ділянці (M+1).

Крок 7 якщо ні, перехід до кроку 2.

Крок 8, якщо так, те перевіряється умова наявності у вузлі конвектора.

55 Крок 9, якщо є конвектор у вузлі, то відбувається вибір чергової вільної довжини хвилі, перехід до кроку 4.

Крок 10, якщо немає конвектора, то перевіряється умова тотожності індексів номерів довжин хвиль суміжних ділянок.

Крок 11, якщо тотожні, то перевіряється умова кінцівки вузла.

60 Крок 12, якщо не тотожні, то відбувається пошук попереднього конвектора, перевіряється умова наявності конвектора.

Крок 13, якщо вузол останній, то відбувається відмітка на суміжних ділянках про зайнятість довжин хвиль, перехід до кроку 5.

Крок 14, якщо вузол не останній, то перехід до кроку 6.

Крок 15, якщо конвектора ні, те перехід до кроку 1.

5 Крок 16, якщо конвектора є, то відбувається вибір чергової довжини хвилі з індексом $(K+i)$ і перехід до кроку 10.

10 Таким чином, була вирішена задача збільшення пропускної здатності оптичної мережі за рахунок ефективного завдання довжин хвиль для всіх світлових маршрутах й урахуванням впливу чотирихвильового змішування, а також найбільш вигідного розташування конвекторів у вузлах мережі.

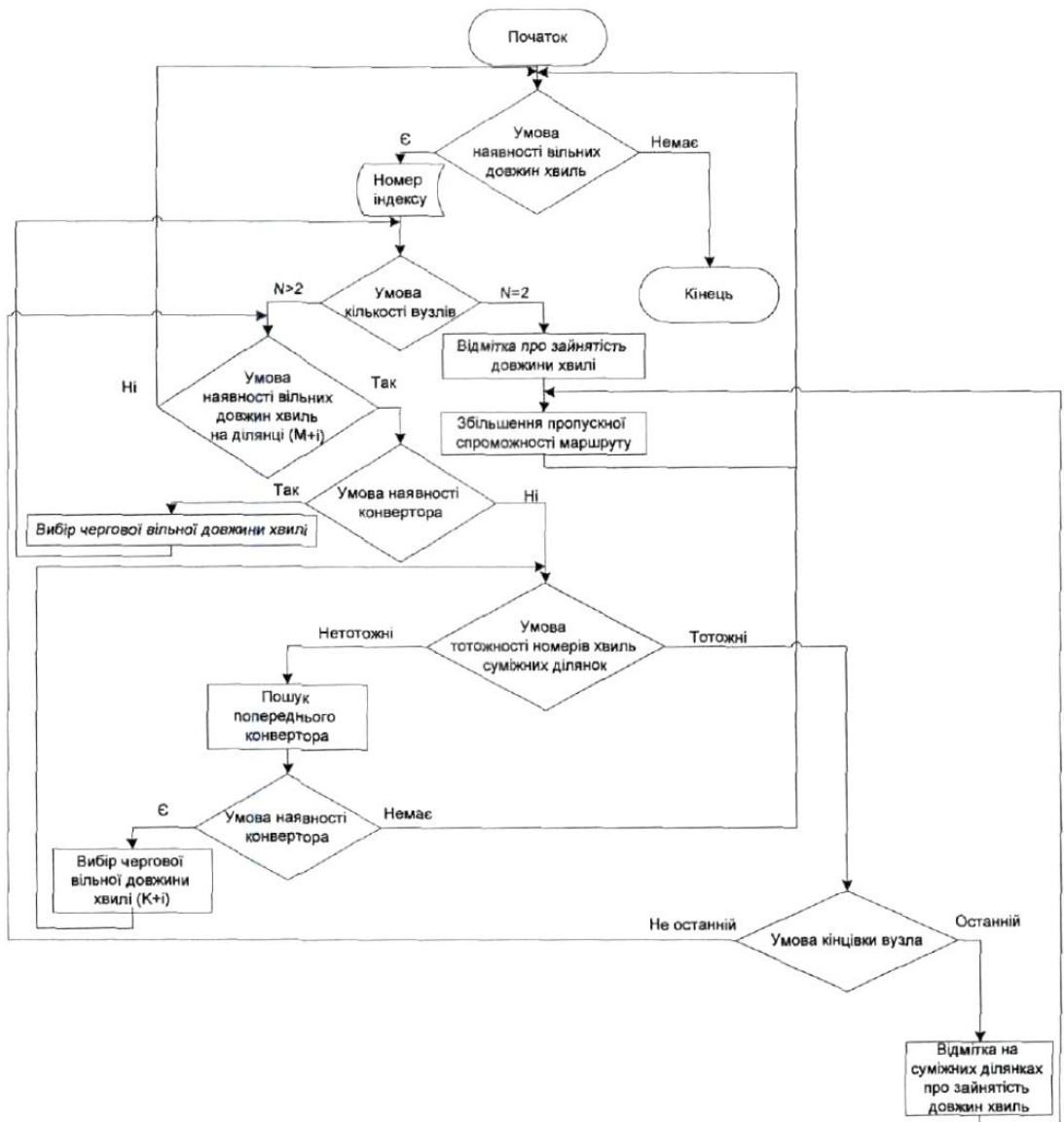
ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

15 Спосіб розподілу довжин хвиль в оптичних мережах з мультиплексуванням з розподілом за довжиною хвилі, використовуваний як у пасивних, так й в активних оптичних мережах, і, що полягає в керуванні завданням довжин хвиль світловим маршрутам, з використанням оптичного конвектора в першому вузлі світлового маршруту, який **відрізняється** тим, що для збільшення пропускної здатності мережі додатково здійснюють конвертування оптичного сигналу з однією довжиною хвилі на іншу за допомогою оптичних конвекторів, установлених у вузлах різних маршрутів, місця їхнього розташування розраховують за допомогою алгоритмів знаходження місця положення конвектора "вузьке місце", що полягає в пошуку вузького місця в мережі - вузол через який установлена найбільша кількість з'єднань, у якому встановлюється оптичний конвектор, і "широке місце", що полягає в пошуку широкого місця в мережі - вузол через який установлена найменша кількість з'єднань, у якому встановлюється оптичний конвектор, перераховують коефіцієнт числа довжин хвиль доступних на маршруті з урахуванням, що на вузлах маршруту може перебувати оптичний конвектор, роблять розрахунок Q-фактора при розподілі кожному світловому маршруту певних довжин хвиль, після чого перевіряють умову припустимого значення Q-фактора на всьому світловому маршруті, якщо значення Q-фактора перевищує припустиме значення, то знижується ймовірність використання даного світлового маршруту для передачі інформації між абонентами.

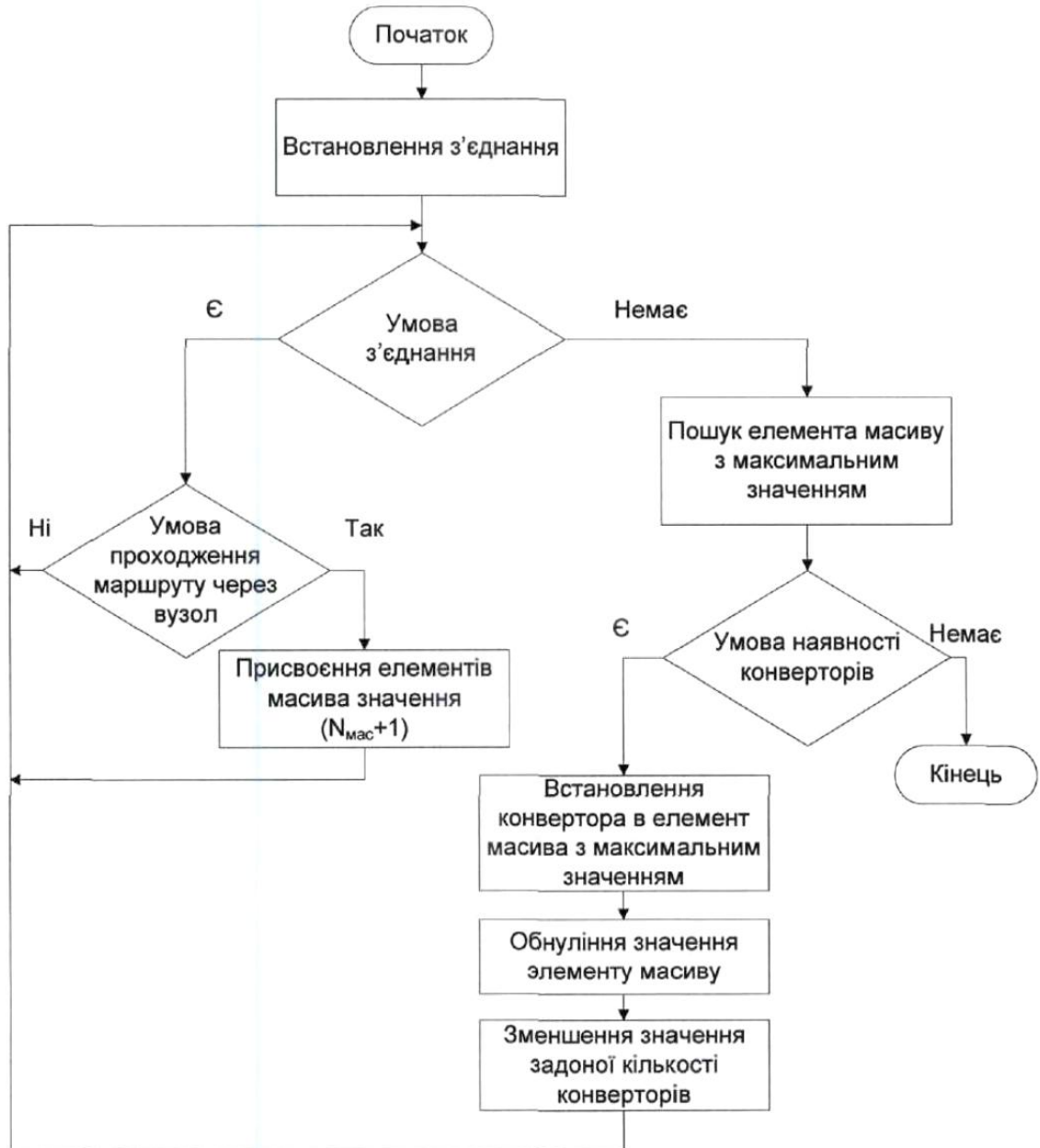
20

25

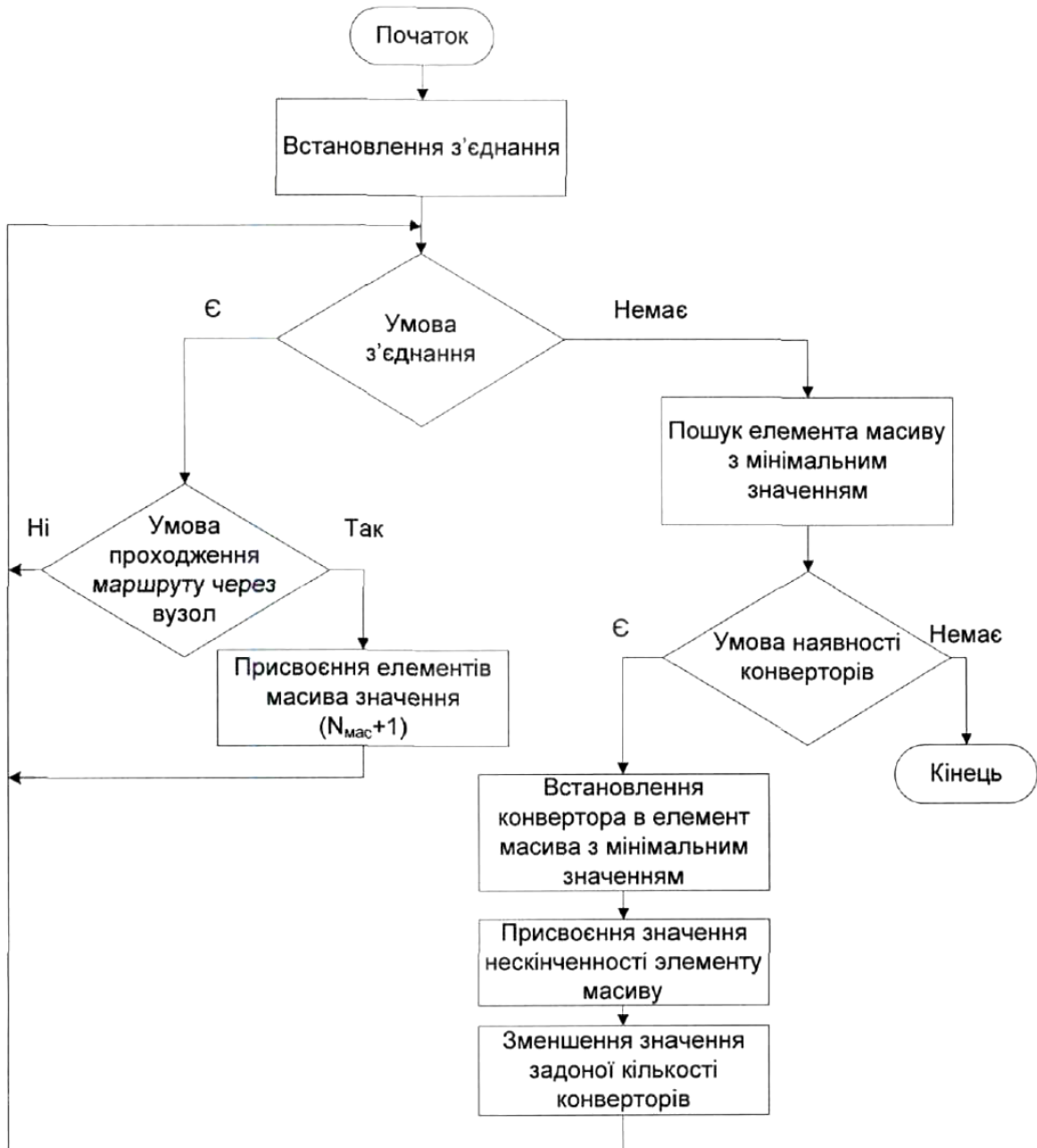
30



Фіг. 1



Фіг. 2



Фіг. 3