

## СИСТЕМИ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ

УДК 621.391.18

**Богдан Волочій, Андрій Шира**

Національний університет “Львівська політехніка”,  
кафедра теоретичної радіотехніки та радіовимірювань

### АЛГОРИТМ ІМІТАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ АДАПТИВНИХ ПРОЦЕДУР ВИБОРУ ПОВІДОМЛЕНЬ НА ОБСЛУГОВУВАННЯ ІЗ СУКУПНОСТІ БЗП У ВУЗЛАХ ІНФОРМАЦІЙНОЇ МЕРЕЖІ

© *Волочій Богдан, Шира Андрій, 2001*

Об'єктом моделювання є вузол інформаційної мережі з комутацією пакетів, для якого розглядаються процедури, що відтворюють його функціонування в імітаційній моделі. Дослідженню підлягають варіанти адаптивних процедур вибору повідомлень на обслуговування із сукупності буферних запам'ятовуючих пристроїв. Представлено блок-схему розробленого алгоритму імітаційної моделі.

Plant of simulation analysis is the assembly of an information network system with packet switching, for which the procedures are considered, which map its performance in imitative model. To probing are subject the variants of adaptive procedures of a choice of the messages on service from a set of buffer storage devices. The block-diagram of the developed algorithm of imitative model is submitted.

**Загальний опис об'єкта моделювання.** Для розв'язання задач, які виникають при розробці алгоритмів управління інформаційними потоками в комутаційних вузлах інформаційних мереж, необхідно надати в розпорядження проєктантів відповідну імітаційну модель. Створення імітаційної моделі передбачає вибір і розробку необхідних процедур, а також розробку алгоритму. Розв'язанню цих задач і присвячена ця стаття. Об'єктом моделювання є вузол інформаційної мережі з комутацією пакетів, який складається з  $N$  буферних запам'ятовуючих пристроїв (БЗП) з максимальною довжиною черги повідомлень у кожному з них  $L_{n\_max}$  та одного обслуговуючого пристрою. Обслуговування повідомлень у вузлі комутації відбувається у дискретні моменти часу. Часовий інтервал між даними моментами  $\Delta t$ , який умовно приймається таким, що дорівнює 1, будемо називати циклом. У кожен БЗП надходить випадковий потік повідомлень, розподілений за законом Пуассона з певною інтенсивністю. Дослідженню передусім підлягають варіанти процедур вибору повідомлень на обслуговування із сукупності БЗП. Вибір повідомлень з БЗП проводиться за принципом “перший прийшов – перший вийшов”.

#### **Розробка та опис процедур, які відтворюють функціонування вузла інформаційної мережі з комутацією пакетів у моделі**

##### ***Процедура надходження повідомлень в БЗП***

Потік повідомлень на вході кожного БЗП є випадковим і представляється законом розподілу Пуассона (рис.1, а), тому часові інтервали між появами повідомлень задаються

експоненційним законом розподілу ймовірностей. Інтенсивності для кожного з потоків задаються. Надходження повідомлень у БЗП здійснюється доти, доки час появи останнього не вийде за межі циклу (рис.1, б), у якому відбудеться момент чергового обслуговування повідомлення із сукупності БЗП. Час появи останнього повідомлення зберігається для подальшого використання, оскільки служить відправною точкою для формування моментів появи повідомлень у наступних циклах.

### ***Процедура формування черги повідомлень у БЗП***

Під час формування черги підраховується кількість повідомлень, які надійшли у БЗП. Якщо у черзі є вільне місце (поточна довжина черги повідомлень у БЗП є меншою від максимальної  $L_{n\_max}$ ), то її довжина збільшується на одиницю, якщо ж черга повністю заповнена, то повідомлення втрачається (рис. 2, а) і на одиницю збільшується значення лічильника втрачених повідомлень. При цьому генерація повідомлень продовжується, але усі повідомлення, що попадають у даний цикл, теж фіксуються як втрачені (рис. 2: N-й БЗП). Невтраченим фіксується лише повідомлення, яке вийде за межі даного циклу, оскільки воно буде розглянуте в одному з наступних циклів (рис. 2, б). У цій процедурі для кожного БЗП накопичується значення довжини черги повідомлень у кожному циклі для визначення її середнього значення .

### ***Процедура вибору БЗП, з якого буде проводитись вивід повідомлення на обслуговування***

Процедура вибору БЗП, з якого буде проводитись вивід повідомлення на обслуговування може бути статичною, при якій кожному БЗП наперед задається певний пріоритет, або адаптивною до зміни інтенсивностей вхідних потоків повідомлень, які надходять у кожен БЗП.

У цій імітаційній моделі закладені адаптивні процедури вибору БЗП, з якого буде проводитись вивід повідомлення на обслуговування. Відслідковування зміни інтенсивності вхідного потоку повідомлень проводиться посередньо [1], оскільки оцінюємо її за станом черги в БЗП, а не безпосереднім вимірюванням. Стан черги оцінюємо кількістю реальних та умовних заявок, які формуються повідомленнями, що стоять у черзі. Кількість реальних заявок від БЗП відображає довжину черги повідомлень у ньому, а кількість умовних заявок – затримку цих повідомлень у черзі [2].

В імітаційній моделі має бути передбачено, що:

- 1) умовні заявки формуються одним повідомленням, яке стоїть у черзі першим, або групою повідомлень, які перебувають в черзі;
- 2) формування умовних заявок в процесі проведення досліджень за вибором дослідника повинно здійснюватися за різними законами: лінійним, квадратичним, обернено експоненційним; повинна існувати можливість встановлення іншого закону;
- 3) вибір БЗП повинен реалізовуватись за бажанням дослідника за такими умовами: максимум довжини черги реальних заявок, максимум довжини черги реальних та умовних заявок або максимум довжини черги тільки умовних заявок.

### ***Процедура вирішення конфліктних ситуацій***

Якщо під час вибору БЗП виявляються дві (або більше) черги з однаковими параметрами, які відповідають умові вибору, то це вважається конфліктною ситуацією, і значення лічильника, який підраховує кількість конфліктних ситуацій, збільшується на одиницю.

В імітаційній моделі вибір БЗП при конфліктній ситуації за бажанням дослідника повинен здійснюватися такими способами: за статичним пріоритетом або випадковим вибором за рівномірним законом розподілу. При статичному пріоритеті кожному БЗП присвоюється порядковий номер, який визначає пріоритет, при цьому менший порядковий номер надає БЗП вищий пріоритет.

### ***Процедура виводу повідомлень з БЗП***

В імітаційній моделі необхідно передбачити такі варіанти режиму виводу повідомлень з БЗП: по одному повідомленню; групою повідомлень, причому група може бути: а) з фіксованою кількістю повідомлень; б) з кількістю повідомлень, яка є випадковою величиною. В обох випадках (а і б) кількість повідомлень залежить від часу, виділеного на обслуговування БЗП (час, потрібний для виводу групи повідомлень з БЗП, не повинен перевищувати часу на їх обслуговування). При цьому частковим випадком другого варіанта має бути випадок, коли виводяться усі повідомлення, які стоять у черзі.

Після вибору БЗП лічильник обліку часу затримки повинен сприймати значення часу затримки повідомлення чи групи повідомлень (сумарного часу затримки), які будуть виводитися з вибраного БЗП. Далі має проводитися вивід повідомлення (повідомлень) і зсув інших до початку черги. Якщо довжина черги не дорівнює нулю, то вона зменшується на кількість виведених повідомлень, якщо повідомлення у всіх БЗП відсутні, то на одиницю має збільшуватися значення лічильника неробочого ходу.

Після виводу повідомлень з БЗП зміна довжина черги заявок від нього повинна за вибором дослідника здійснюватись такими способами:

- а) черга заявок повинна зменшуватись на кількість умовних заявок, які сформовані повідомленнями, що виводяться;
- б) з черги заявок виключаються всі умовні заявки, сформовані як повідомленнями, що виводяться, так і повідомленнями, що залишаються в БЗП.

Процедура вибору напрямку подальшої передачі повідомлень в мережі у цій роботі не розглянута, але вона здійснюється після передачі на обслуговування одного чи групи повідомлень з БЗП в межах виділеного часу.

## **Опис блок-схеми алгоритму імітаційної моделі**

### ***Опис блок-схеми базової частини алгоритму***

У базовій частині алгоритму (рис. 3) детально не розглянено процедури 2.3 і 2.4 (вибору повідомлення на обслуговування і виявлення конфліктних ситуацій). Їх будемо розглядати в другій частині алгоритму, яка відповідає за їх реалізацію (рис. 4). Параметри кожного БЗП описуються у структурі такими змінними:

- моменти часу надходження повідомлень у БЗП;
- час перебування кожного повідомлення у БЗП  $tz[j]$ ;
- ємність БЗП;
- поточна довжина черги повідомлень в БЗП  $VZU[i]$ ;
- поточна довжина черги умовних заявок;
- кількість повідомлень, які надійшли у цій БЗП;
- кількість втрачених повідомлень.

У блоці 1 проводиться ввід необхідних параметрів:

- кількість БЗП –  $nbzu$ ;
- інтенсивності вхідних потоків повідомлень у кожне БЗП  $\lambda[i]$ ;

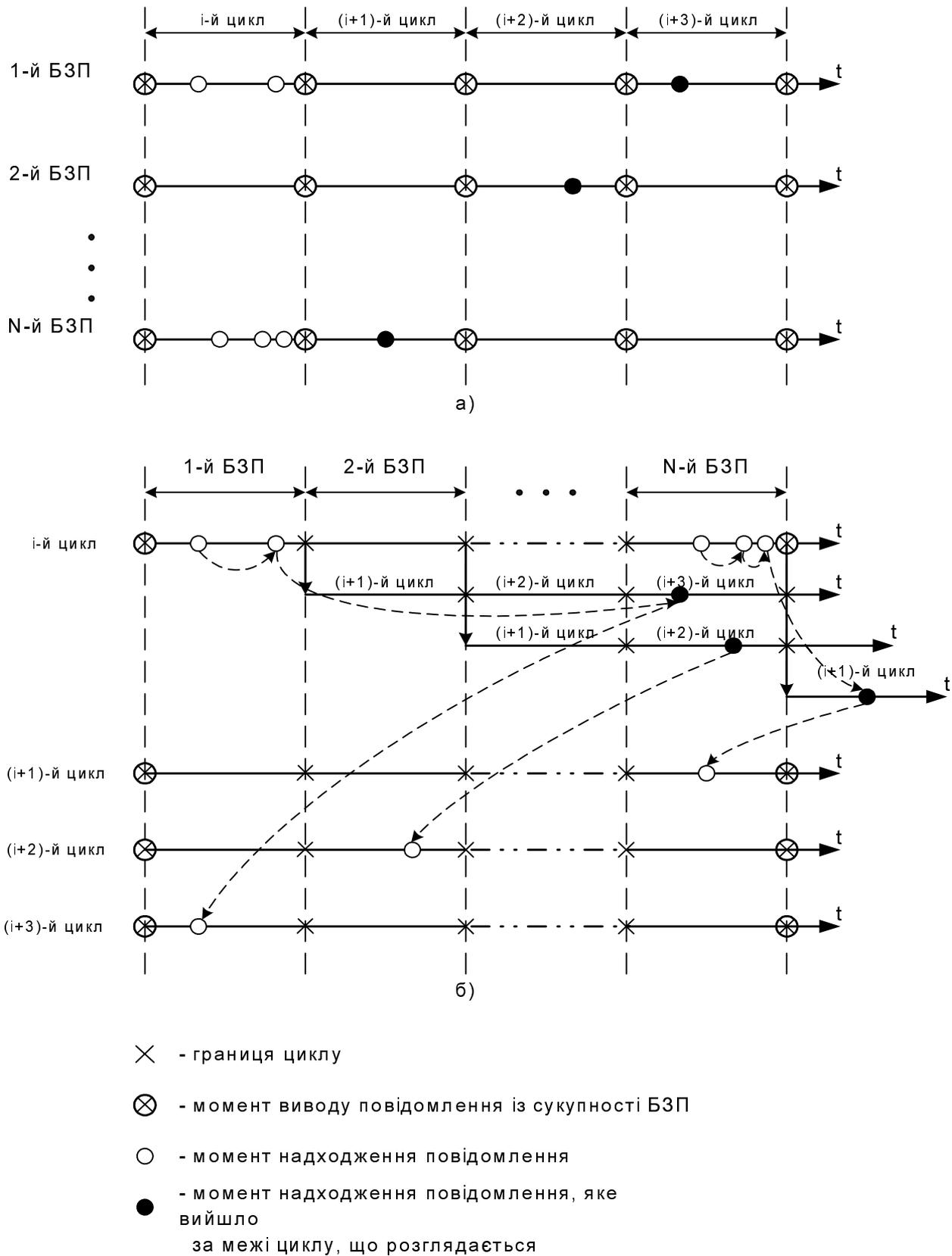


Рис. 1. Ілюстрація реального процесу надходження повідомлень у сукупність БЗП (а); ілюстрація відтворення процесу надходження повідомлень у сукупність БЗП в імітаційній моделі (б)

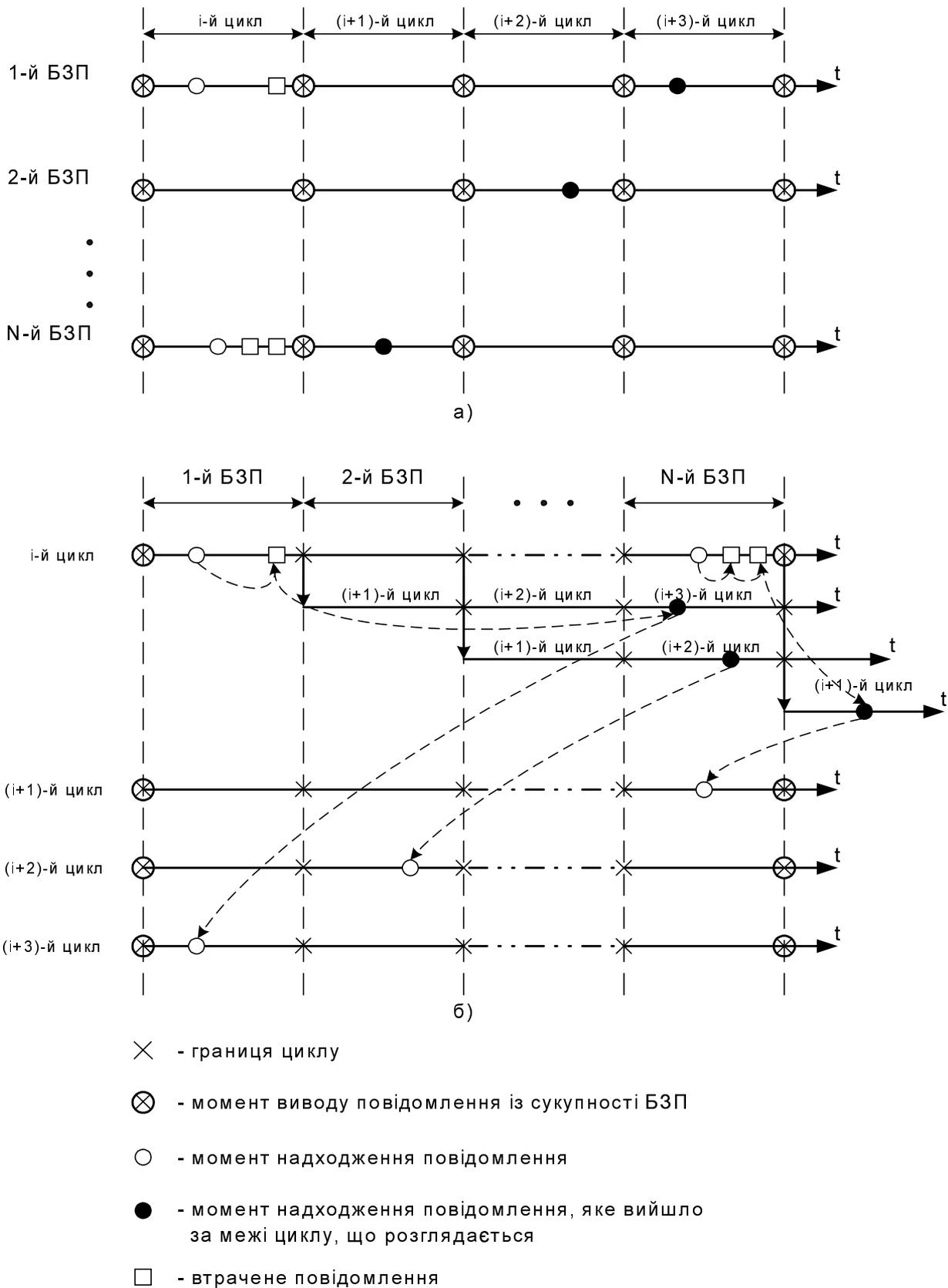


Рис. 2. Ілюстрація фіксації втрати повідомлень при надходженні їх у сукупність БЗП при максимальній довжині черги, що дорівнює 1 і нульових початкових чергах:  
 а – для реального процесу; б – для відображення реального процесу в імітаційній моделі

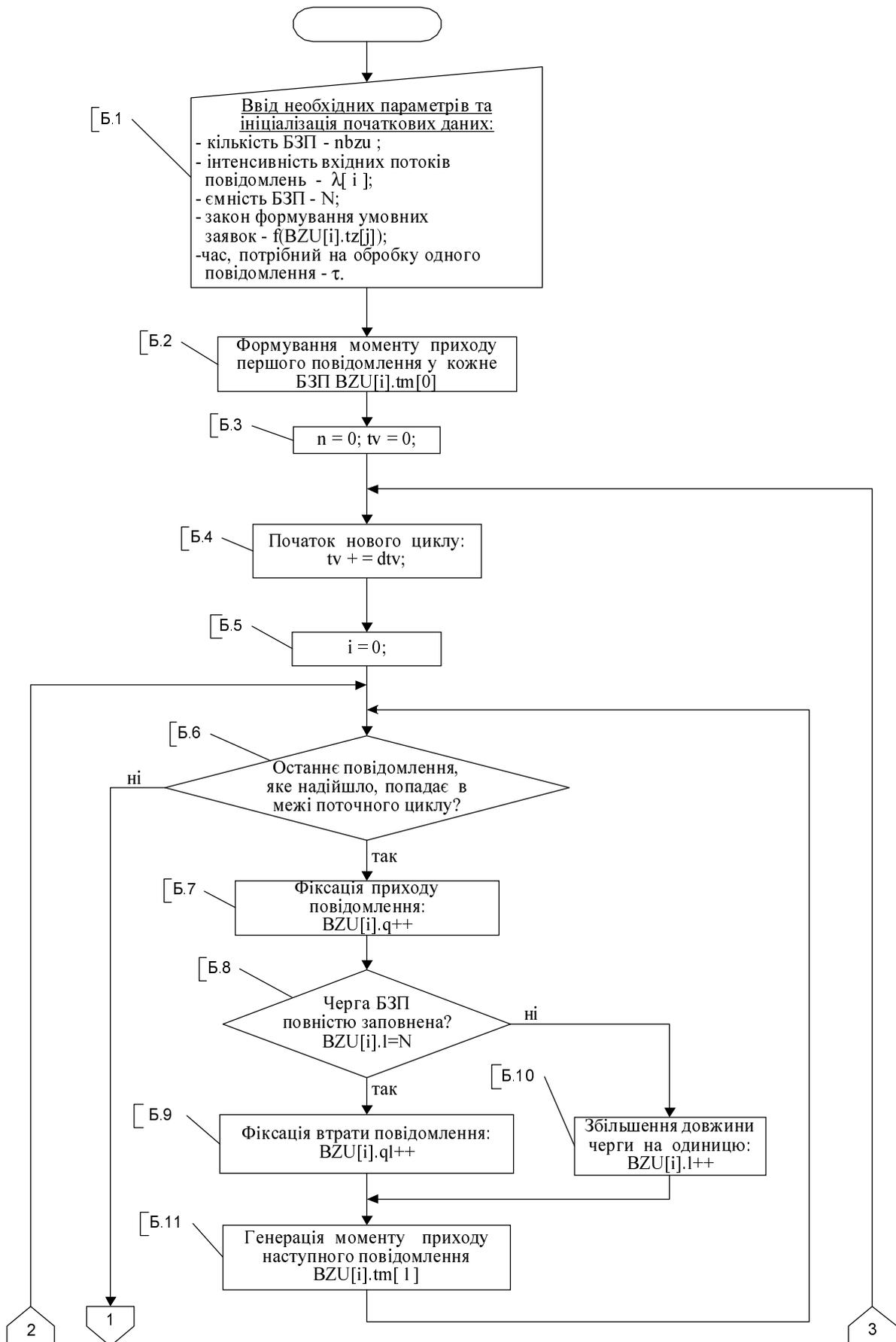
- ємність кожного БЗП –  $N$ ;
- закон формування умовних заявок  $f(BZU[i].tz[j])$ ;
- час, потрібний на обробку одного повідомлення та ініціалізація для них початкових даних.

Закон формування умовних заявок може бути: лінійним; квадратичним; експоненційним.

У блоці Б.2 здійснюється формування моментів надходження перших повідомлень у кожен з БЗП. Далі, у Б.3 ініціалізується нульовий цикл і початковий момент роботи самого алгоритму. Наступним кроком у Б.4 формується черговий момент обслуговування БЗП. Починаючи з нульового БЗП ( $i=0 > B.5$ ) у Б.6 відбувається перевірка, чи останнє повідомлення, яке надійшло у даний БЗП попадає в часові межі поточного циклу. Якщо так, то у Б.7 проводиться фіксація надходження повідомлення у даний БЗП. Далі, здійснюється ще одна перевірка (Б.8): чи повністю заповнена черга даного БЗП, якщо так, то у Б.9 фіксується втрата повідомлення, інакше, у Б.10 довжина черги збільшується на одиницю. Після виконання або блока 9, або блока 10, у Б.11 генерується момент надходження наступного повідомлення і здійснюється перехід до Б.6, де як уже було відмічено вище, здійснюється перевірка того, чи момент надходження останнього повідомлення попадає в межі циклу, що розглядається. Випадок, коли повідомлення попадає у межі циклу вже розглядався, а в протилежному випадку здійснюється перехід до блока 12, у якому відбувається накопичення поточної довжини черги у відповідному БЗП. У Б.13 здійснюється перехід до наступного БЗП. За умови, що опитані всі БЗП (Б.14), відбувається перехід до Б.15, інакше, знову переходимо до Б.6. У Б.15 підраховується час перебування кожного повідомлення у кожному БЗП. Час перебування кожного повідомлення потрібен для формування черги умовних заявок у наступному блоці. Далі необхідні параметри (масив структур БЗП, номер адаптивної процедури, кількість БЗП та, якщо потрібно, закон формування умовних заявок) передаються у Б.16, де й буде здійснюватись вибір БЗП на обслуговування за одним із критеріїв з врахуванням можливої конфліктної ситуації. Саме в цьому блоці закладаються адаптивні процедури вибору БЗП на обслуговування, які підлягають дослідженню. У Б.17 перевіряється, чи вибраний БЗП порожній, якщо ні, то у Б.18 здійснюється вивід одного повідомлення чи групи повідомлень з черги, а у Б.19 повідомлення, які залишилися, зсуваються до початку черги. Якщо ж обраний БЗП порожній, то у Б.20 фіксується неробочий хід. У Б.21 лічильник циклів збільшується на одиницю  $i$ , в разі виявлення того, що ще не вичерпана задана кількість циклів (Б.22), здійснюється перехід до Б.4 (початок нового циклу). Інакше, робота моделі припиняється і у Б.23 здійснюється підрахунок параметрів, які характеризують ефективність роботи обраного адаптивного алгоритму вибору повідомлення на обслуговування з сукупності БЗП:

- середнє значення довжини черги;
- середнє значення часу затримки повідомлень;
- дисперсія часу затримки повідомлень;
- оцінка ймовірності втрати повідомлення;
- оцінка ймовірності конфліктної ситуації;
- оцінка ймовірності неробочого ходу.

При цьому, ці параметри розраховують як для кожного БЗП зокрема, так і для їх сукупності. У Б.24 здійснюється вивід отриманих результатів.



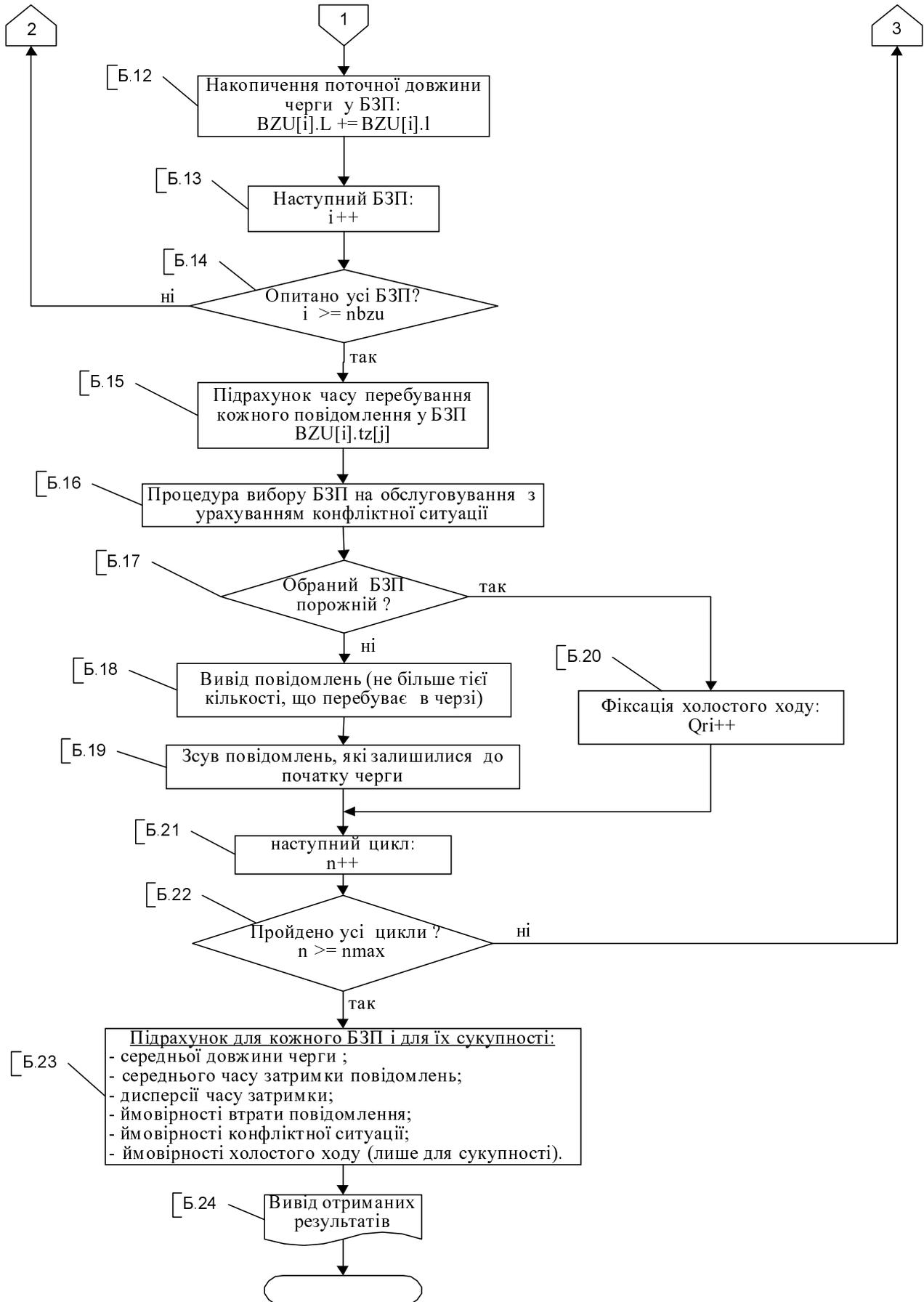


Рис. 3. Блок-схема базової частини алгоритму імітаційної моделі

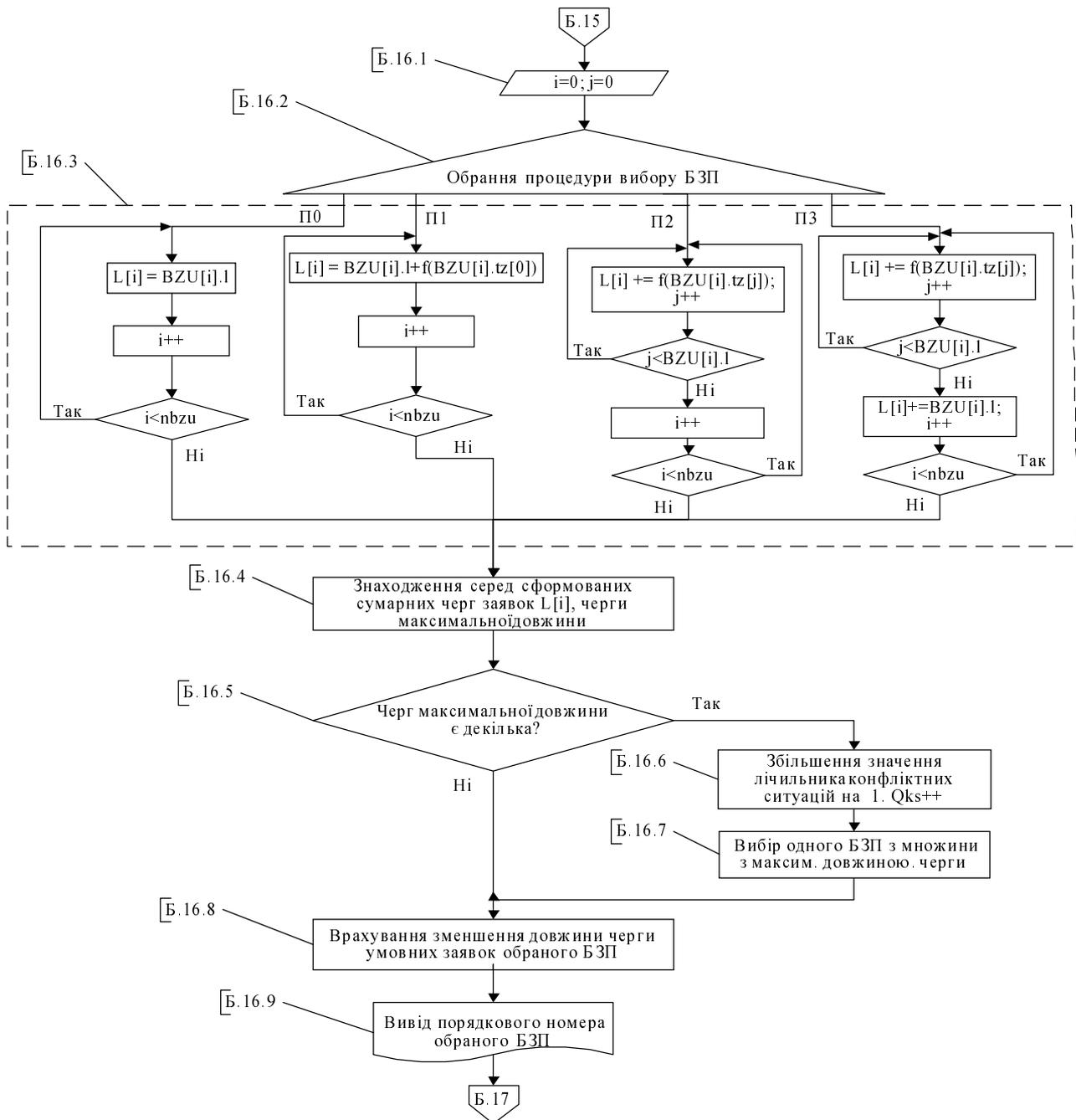


Рис. 4. Блок-схема частини алгоритму, яка відповідає за вибір БЗП на обслуговування з урахуванням конфліктної ситуації

**Опис блок-схеми частини алгоритму, що відповідає за вибір БЗП на обслуговування з урахуванням виникнення конфліктної ситуації**

Ця частина алгоритму є окремою функцією, входними параметрами якої є номер процедури, за якою здійснюється вибір БЗП, закон формування умовних заявок (існує певний їх набір), кількість БЗП та параметри кожного з них.

Блок Б.16.1 ініціалізує змінні для організації циклів за повідомленнями, які стоять в черзі конкретного БЗП –  $j$ , та по самих БЗП –  $i$ .

У блоці Б.16.2 обирається адаптивна процедура, яку необхідно дослідити. Процедури, що використовуються у програмі:

- П0 – враховуються лише реальні заявки (кількість повідомлень в черзі даного БЗП);
- П1 – враховуються реальні заявки, сформовані від всіх повідомлень даного БЗП і умовні заявки, утворені повідомленням, яке стоїть в черзі першим;
- П2 – враховуються лише умовні заявки, які утворені всіма повідомленнями, що стоять в черзі даного БЗП;
- П3 – враховуються як реальні заявки, так і умовні заявки, утворені всіма повідомленнями, що стоять у черзі даного БЗП;

У блоці Б.16.3 згідно з обраною процедурою здійснюється формування черги реальних заявок або черги умовних заявок, або і тієї і іншої. При цьому черги формуються неявно (для них не виділяються окремі змінні) – як складові сумарної черги заявок  $L[i]$ . Умовні заявки утворюються з урахуванням закону їх формування, що задається на початку алгоритму (Б.1.).

У блоці Б.16.4, серед сформованих сумарних черг знаходиться порядковий номер БЗП з найбільшою сумарною чергою. Якщо таких БЗП декілька (Б.16.5), то здійснюється перехід до блока Б.16.6, де відбувається врахування конфліктної ситуації – лічильник кількості конфліктних ситуацій збільшується на одиницю. У наступному блоці – Б.16.7 – здійснюється вибір одного БЗП з множини БЗП з найбільшою довжиною сумарної черги. Вибір можна проводити двома шляхами:

- за статичним пріоритетом (береться перший за порядком);
- випадковим чином (за рівномірним законом розподілу)

Блок Б.16.8 враховує зменшення довжини черги умовних заявок у обраному БЗП, оскільки з нього будуть виводитися повідомлення (що й необхідно врахувати). Цей блок є актуальний лише для алгоритмів А2 і А3. Зменшення довжини черги умовних заявок можна здійснювати двома шляхами:

- обнуленням черги;
- відніманням умовних заявок, спричинених повідомленнями, які виводяться.

Заключний блок (Б.16.9) здійснює передачу порядкового номера обраного БЗП у базову частину алгоритму.

Імітаційна модель, створена на базі запропонованого алгоритму, дозволить проводити проєктантам інформаційних мереж широке коло досліджень для розв'язання задач розробки алгоритмів управління інформаційними потоками в комутаційних вузлах.

1. Джейсуол Н. Очереди с приоритетами / Пер. с англ. И.С. Нефедовой и В.С. Манусевича; Под ред. В.В. Калашикова. М., – 1973. – с.218. 2. Волочий Б.Ю. Адаптивное многоканальное сопряжение информационных каналов с устройствами обработки // Вест. Львов. политехн. ин-та. 1986. № 206. с. 41–44. 3. Wolotschij B., Woschni E.– G. Adaptive Algorithmen für die Mehrkanalanpassung von Informationskanalen // Wissenschaftliche Zeitschrift. Technische Hochschule Chemnitz, JG. 26, 1984, Heft 4. – S. 577–587.