

Міністерство транспорту та зв'язку України
Державний департамент з питань зв'язку та інформатизації
Одеська національна академія зв'язку ім. О.С. Попова

Кафедра мереж та систем поштового зв'язку

С.С. КРІЛЬ, Л.О. ЯЩУК

МЕРЕЖІ ТА СИСТЕМИ ПОШТОВОГО ЗВ'ЯЗКУ

Навчальний посібник для вищих навчальних закладів зв'язку

За редакцією доктора технічних наук, професора Л.О. Ящука

Одеса, 2008

УДК 656.8.001

*Розповсюдження та тиражування
без офіційного дозволу видавництва заборонено*

Рецензент:

Директор інституту радіоелектроніки та телекомунікацій Одеського національного політехнічного університету доктор технічних наук, професор *П.Ю. Баранов*.

Наведено сучасні уявлення про мережі та системи поштового зв'язку. Викладено алгоритми і методи розв'язання задач побудови, організації, функціонування, проектування та оптимізації мереж та систем поштового зв'язку, зокрема, задач оптимізації структур мереж поштового зв'язку, організації перевезення й оброблення пошти, синхронізації оброблення й перевезення пошти, мінімізації нормативних строків пересилання письмової кореспонденції, побудови національної поштової індексації України.

Табл. 103, іл. 86, бібл. 49.

Навчальний посібник з дисципліни „Мережі та системи поштового зв'язку” підготовки бакалаврів і магістрів за напрямом 6.050904 „Мережі та системи поштового зв'язку”.

ЗАТВЕРДЖЕНО

Радою науково-навчального ін-
ституту „Поштовий зв'язок”

Протокол № 2

від 19 жовтня 2007 р.

РЕКОМЕНДОВАНО

Методичною радою
ОНАЗ ім. О.С. Попова

Протокол № 3

від 4 грудня 2007 р.

© С.С. Кріль,
Л.О. Ящук,

© ОНАЗ, 2007

Зміст

1. Загальна характеристика мереж та систем поштового зв'язку.....	6
1.1. Науково-технічна термінологія.....	6
1.2. Загальна характеристика задач побудови мереж та систем поштового зв'язку.....	12
Контрольні питання.....	17
Список рекомендованої літератури.....	17
2. Застосування методів теорії графів для розв'язання типових задач побудови мереж та систем поштового зв'язку.....	19
2.1. Основні поняття теорії графів.....	19
2.2. Задача побудови найкоротшої мережі перевезень пошти.....	20
2.3. Задача побудови найкоротших радіальних маршрутів між вузлами мережі перевезень пошти.....	24
2.4. Задача побудови найкоротших кільцевих маршрутів між вузлами мережі перевезень пошти.....	30
2.5. Задача побудови маршруту поштаря.....	38
2.6. Задача визначення максимальних потоків між вузлами мережі перевезень пошти.....	41
Контрольні питання.....	47
Список рекомендованої літератури.....	47
3. Оптимізація структур мереж поштового зв'язку.....	48
3.1. Загальна характеристика задач оптимізації структур мереж поштового зв'язку.....	48
3.2. Оптимізація кількості рівнів ієрархії мереж поштового зв'язку.....	49
3.3. Оптимізація кількості та місць розташування об'єктів поштового зв'язку.....	52
3.4. Оптимізація структури магістральної мережі поштового зв'язку.....	61
Контрольні питання.....	67
Список рекомендованої літератури.....	67
4. ОРганізація перевезень пошти.....	68
4.1. Розробка планів прямування пошти.....	68
4.2. Побудова регіональних і окружних поштових маршрутів.....	90
4.3. Побудова маршрутів виймання кореспонденції з поштових скриньок в обласних центрах.....	93
4.4. Визначення кількості транспортних засобів для перевезень пошти.....	97
4.5. Визначення обсягів оброблення й перевезення пошти в мережі поштового зв'язку за умов циклічних змін обсягів міжвузлових поштових потоків.....	99
4.6. Оптимізація вантажопідйомності транспортних засобів.....	105
4.7. Визначення затримки відправлень пошти і вантажів з вузлів мережі поштового зв'язку.....	109

4.8. Адаптація перевезень пошти до змін величин	114
поштових потоків.....	114
4.9. Адаптація перевезень пошти до надзвичайних ситуацій.....	120
Контрольні питання.....	124
Список рекомендованої літератури.....	125
5. Організація оброблення пошти.....	127
5.1. Розробка технології оброблення письмової кореспонденції	127
в мережі поштового зв'язку.....	127
5.2. Організація сортування письмової кореспонденції	130
в об'єктах ієрархічної мережі поштового зв'язку.....	130
5.3. Визначення розподілів поштових потоків у мережі	141
поштового зв'язку	141
5.4. Розробка планів сортування пошти.....	150
5.5. Організація маршрутного сортування пошти.....	155
5.6. Організація багатопрограмного сортування пошти.....	159
5.7. Організація багатоетапного сортування пошти.....	160
5.8. Визначення кількості робочих місць з оброблення пошти	166
у вузлах поштового зв'язку.....	166
5.9. Оптимізація розміщення робочих місць з оброблення пошти	173
в регіональних вузлах поштового зв'язку.....	173
5.10. Організація виробничих процесів у регіональних вузлах	179
поштового зв'язку.....	179
5.11. Організація сортування періодичних видань	185
у газетно-журнальних експедиціях.....	185
5.12. Оптимізація розподілу навантаження між операційними	191
вікнами відділень поштового зв'язку.....	191
5.13. Створення передумов впровадження засобів автоматизованого.....	194
оброблення пошти в регіональних вузлах мережі	194
поштового зв'язку.....	194
Контрольні питання.....	203
Список рекомендованої літератури.....	204
6. Синхронізація оброблення й перевезення пошти.....	205
6.1. Принципи синхронізації оброблення й перевезення пошти.....	205
6.2. Синхронізація циклів пересилання пошти в ієрархічній мережі.....	209
поштового зв'язку.....	209
6.3. Оптимізація часу виймання письмової кореспонденції	212
з поштових скриньок в обласних центрах.....	212
Контрольні питання.....	218
Список рекомендованої літератури.....	219
7. Побудова національної поштової індексації.....	220
України.....	220
7.1. Недоліки системи індексації об'єктів поштового зв'язку	220
колишнього СРСР.....	220
7.2. Вимоги до системи поштової індексації України.....	221
7.3. Принципи побудови системи індексації поштового зв'язку	222

України.....	222
7.4. Розподіл індексів між адміністративними утвореннями України.....	223
7.5. Особливості поштової індексації України.....	225
Контрольні питання.....	225
Список рекомендованої літератури.....	226

Вступ

Мережі та системи поштового зв'язку являють собою надто складні комплекси об'єктів, маршрутів, технологій, технічних засобів, трудових ресурсів, структур управління, нормативної документації, призначені для надання населенню, підприємствам, установам, організаціям послуг поштового зв'язку.

Зростання витрат на оброблення й перевезення пошти, виникнення конкурентного середовища, вимоги щодо підвищення якості надання послуг поштового зв'язку, пов'язані з підготовкою України до вступу в ЄС, обумовлюють необхідність нагального підвищення ефективності функціонування мереж та систем поштового зв'язку Українського державного підприємства поштового зв'язку „Укрпошта” – національного оператора поштового зв'язку України.

Мережа поштового зв'язку УДППЗ „Укрпошта” містить тисячі відділень поштового зв'язку, сотні вузлів районного (міського) рівня, десятки вузлів обласного рівня, декілька вузлів зонального рівня, тисячі магістральних, зональних, обласних, районних, міських, під'їзних, доставних поштових маршрутів.

Громіздкість та надмірність багаторівневої ієрархічної структури мережі поштового зв'язку, наявність чисельних варіантів її можливої побудови, розтягненість у часі та у просторі процесів пересилання пошти, участь у цих процесах багатьох об'єктів поштового зв'язку і поштових маршрутів, труднощі синхронізації оброблення й перевезення пошти потребують створення адекватних математичних моделей функціонування цієї мережі.

У навчальному посібнику наведено сучасні уявлення про структури і функціонування мереж та систем поштового зв'язку, викладено алгоритми і методи їхньої побудови, організації, функціонування, проектування та оптимізації.

У матеріалах навчального посібника використані результати наукових досліджень, виконаних в 1998 – 2006 рр. в Одеській національній академії зв'язку ім. О.С. Попова, частина яких упроваджена в УДППЗ „Укрпошта” зі значним економічним ефектом.

1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА МЕРЕЖ ТА СИСТЕМ ПОШТОВОГО ЗВ'ЯЗКУ

1.1. Науково-технічна термінологія

У навчальному посібнику використані наступні терміни та визначення.

Автоматизована інформаційна система поштового зв'язку. Комплекс технічних і обчислювальних засобів, інформаційних технологій, програмного забезпечення, призначених для автоматизованого оброблення інформації поштового зв'язку.

Автоматизоване (механізоване) оброблення пошти. Виконання виробничих операцій з оброблення пошти за допомогою засобів автоматизації (механізації).

Автоматична сортувальна машина. Машина, призначена для сортування поштових одиниць певного виду, в якій передбачено автоматичний пошук, зчитування і розпізнавання нанесених на них поштових індексів та направлення зазначених поштових одиниць до відповідних накопичувачів за визначеною програмою сортування.

Багатопрограмне сортування пошти. Сортування пошти в автоматичній сортувальній машині за наявності багатьох програми сортування.

Вихідна поштова одиниця. Поштова одиниця, прийнята в об'єкті поштового зв'язку від відправника, оброблена і відправлена одержувачу.

Вихідне поштове навантаження. Поштове навантаження, що складається з вихідних поштових одиниць.

Вихідний поштовий обмін. Поштовий обмін, що складається з вихідних поштових одиниць.

Вихідний поштовий потік. Поштовий потік, що складається з вихідних поштових одиниць.

Відділення поштового зв'язку. Об'єкт поштового зв'язку, підпорядкований поштамту або вузлу поштового зв'язку, який надає споживачам всі види послуг поштового зв'язку.

Примітка. Відділення зв'язку поділяються на стаціонарні та пересувні; цілорічні та сезонні; міські та сільські; відкритого та закритого типу; з повним та обмеженим доставлянням.

Відправник. Фізична особа, юридична особа, громадська організація, яка безпосередньо, через довірену особу або за допомогою технічних засобів, здає оператору поштового зв'язку поштову одиницю (поштовий переказ) для пересилання її визначеному нею одержувачу.

Внутрішня поштова одиниця. Поштова одиниця, яка пересилається в межах України.

Вручення поштової одиниці (поштового переказу). Виробнича операція видачі поштової одиниці (виплати поштового переказу) одержувачу.

Вузол поштового зв'язку. Об'єкт поштового зв'язку, що створюється в обласних центрах, містах обласного підпорядкування, районних центрах, призначений для організації поштового зв'язку на закріпленій за ним території, оброблення пошти, що до нього надходить і що з нього відправляється з поштовими маршрутами, та безпосереднього надання всіх видів послуг поштового зв'язку у власному операційному залі.

Вхідна поштова одиниця. Поштова одиниця, що надійшла до об'єкта поштового зв'язку для доставляння (вручення) одержувачу.

Вхідне поштове навантаження. Поштове навантаження, що складається з вхідних поштових одиниць.

Вхідний поштовий обмін. Поштовий обмін, що складається з вхідних поштових одиниць.

Вхідний поштовий потік. Поштовий потік, що складається з вхідних поштових одиниць.

Газетно-журнальна експедиція (ГЖЕ). Об'єкт поштового зв'язку, призначений для експедирування друкованих періодичних видань, розташований безпосередньо при друкарні.

Детальне сортування пошти. Сортування пошти, при якому до складу однієї сортувальної групи входять поштові одиниці певного виду, адресовані до об'єктів поштового зв'язку, розташованих в одному адміністративно-територіальному утворенні України.

Доставляння поштових одиниць. Виробнича операція з переміщення поштових одиниць по доставній ділянці та розкладання їх по поштових доставних і абонентних скриньках.

Доставна діляниця. Територія, закріплена для обслуговування одним поштарем.

Доставний об'єкт поштового зв'язку. Об'єкт поштового зв'язку, що здійснює доставляння простих поштових одиниць, поштових переказів і повідомлень про надходження реєстрованих поштових одиниць.

Експедирування періодичних видань. Комплекс виробничих операцій з приймання періодичних видань від друкарень; їхнього розподілу за найменуваннями та кількістю відповідно до замовлень передплатників; упакування зазначених видань; оформлення супровідної документації та відправлення цих видань до відповідних об'єктів поштового зв'язку.

Примітка. Експедирування періодичних видань може здійснюватися за картковою або адресною системами.

Загальне сортування пошти. Сортування пошти, при якому до складу однієї сортувальної групи входять поштові одиниці певного виду, адресовані до об'єктів поштового зв'язку, розташованих у різних адміністративно-територіальних утвореннях України.

Засіб поштового зв'язку. Технічний засіб, що використовується для пересилання пошти від відправників до одержувачів.

Згрупована поштова одиниця. Сукупність окремих, об'єднаних або складених поштових одиниць, що пересилається у виді єдиної групи.

Ієрархія об'єктів поштового зв'язку. Розташування об'єктів поштового зв'язку в порядку підпорядкування нижчих об'єктів вищим (ієрархічні сходи).

Іногородня поштова одиниця. Внутрішня поштова одиниця, яка пересилається за межі населеного пункту, а в сільській місцевості – за межі території, що обслуговується одним відділенням (пунктом) поштового зв'язку.

Мережа поштового зв'язку. Сукупність об'єктів поштового зв'язку і поштових маршрутів.

Місцева поштова одиниця. Внутрішня поштова одиниця, що пересилається в межах населеного пункту, а в сільській місцевості – в межах території, яка обслуговується одним відділенням (пунктом) поштового зв'язку.

Напрямок перевезення пошти. Сукупність напрямів сортування пошти, за якими поштові одиниці відправляються з об'єкта поштового зв'язку з певним поштовим маршрутом.

Напрямок сортування пошти. Сукупність адресних ознак поштових одиниць, за якими в процесі сортування формується сортувальна група.

Національний оператор поштового зв'язку. Оператор поштового зв'язку, який в установленому чинним законодавством порядку надає універсальні послуги поштового зв'язку на всій території країни і якому надаються виключні права на провадження певних видів діяльності у сфері надання послуг поштового зв'язку.

Норматив часу виймання листів (карток) з поштових скриньок. Значення найбільш пізнього часу виймання листів (карток) з поштових скриньок, за якого ще забезпечується виконання установлених нормативних строків їхнього пересилання.

Норматив часу надходження поштових одиниць до об'єкта поштового зв'язку. Значення найбільш пізнього часу надходження поштових одиниць до об'єкта поштового зв'язку, за якого ще забезпечується виконання установлених нормативних строків їхнього пересилання.

Норматив якості пересилання поштових одиниць. Значення частки поштових одиниць певного виду, фактичний строк пересилання яких не перевищує нормативного.

Нормативний строк пересилання поштової одиниці (поштового переказу). Відрізок часу, протягом якого повинно бути виконано пересилання поштової одиниці (поштового переказу).

Об'єднана поштова одиниця. Сукупність окремих поштових одиниць певного виду, щільно з'єднаних між собою, наприклад, упакованих або зв'язаних.

Об'єкт поштового зв'язку. Відокремлений підрозділ оператора поштового зв'язку.

Примітка. До об'єктів поштового зв'язку національного оператора поштового зв'язку відносяться: вузли поштового зв'язку, поштамти, центри поштового зв'язку, пункти обмінювання пошти, відділення поштового зв'язку, пункти поштового зв'язку.

Обмінювання пошти. Виробнича операція, яка полягає в передаванні пошти між об'єктом поштового зв'язку і поштовим маршрутом або між поштовим маршрутом і об'єктом поштового зв'язку.

Оброблення пошти. Виробничі операції з поштовими одиницями в об'єктах поштового зв'язку.

Одержувач. Фізична особа, юридична особа, громадська організація, яка безпосередньо, через довірену особу або за допомогою технічних засобів одержує від оператора поштового зв'язку поштову одиницю (поштовий переказ), що надійшла на її ім'я від відправника.

Однопрограмне сортування пошти. Сортування пошти в автоматичній сортувальній машині за наявності однієї програми сортування.

Окрема поштова одиниця. Поштова одиниця, що пересилається у тому ж самому виді, в якому вона була здана відправником оператору поштового зв'язку.

Перевезення пошти. Переміщення пошти між об'єктами поштового зв'язку транспортними засобами поштових маршрутів.

Пересилання пошти. Комплекс виробничих операцій, що забезпечують просування поштових одиниць від відправників до одержувачів засобами поштового зв'язку.

Примітка. Основними виробничими операціями з пересилання пошти є приймання, оброблення, перевезення та доставляння (вручення) поштових одиниць.

Письмова кореспонденція. Сукупність поштових одиниць з вкладенням переважно письмових повідомлень, документів, інформаційних матеріалів, друкованих видань, дрібних предметів подарункового характеру.

Примітка. До письмової кореспонденції відносяться поштові одиниці наступних видів: листи, картки, бандеролі, секограми, дрібні пакети, мішки „М”.

План прямування пошти. Документ, що визначає порядок перевезення пошти між об'єктами поштового зв'язку.

План сортування пошти. Документ, що визначає порядок сортування пошти в об'єктах поштового зв'язку.

Пошта. Сукупність поштових одиниць, що пересилаються засобами поштового зв'язку.

Примітка. За класифікацією Всесвітнього поштового союзу пошта поділяється на письмову кореспонденцію та поштові посилки.

Поштова абонентна скринька (А/С). Скринька, призначена для одержання одержувачем простих поштових одиниць, повідомлень про надходження реєстрованих поштових одиниць (поштових переказів), періодичних друкованих видань, яка встановлюється в об'єктах поштового зв'язку й абонується одержувачем на певний строк, та обладнана пристроєм для запобігання несанкціонованому доступу.

Поштова абонентна шафа. Шафа з поштовими абонентними скриньками, яка встановлюється в об'єктах поштового зв'язку, та обладнана пристроєм для запобігання несанкціонованому доступу.

Поштова адреса. Інформація про одержувачів і відправників (для громадян – прізвище, ім'я, по батькові, місце проживання; для організацій – найменування, місце розташування).

Поштова доставна скринька (Д/С). Скринька, призначена для одержання одержувачем простих поштових одиниць, повідомлень про надходження реєстрованих поштових одиниць (поштових переказів), періодичних друкованих видань, яка встановлюється за місцем проживання одержувача та обладнана пристроєм для запобігання несанкціонованому доступу.

Поштова доставна шафа. Шафа з поштовими доставними скриньками, яка встановлюється у під'їздах житлових багатоквартирних будинків, на вулицях у місцях індивідуальної забудови, вестибюлях адміністративних будинків та обладнана пристроєм для запобігання несанкціонованому доступу.

Поштова одиниця. Предмет, упакований та оформлений відповідно до Правил надання послуг поштового зв'язку, який оператор поштового зв'язку приймає від відправника для пересилання визначеному ним одержувачу.

Поштова скринька (П/С). Скринька, призначена для збирання від відправників простих листів і карток, яка встановлюється у спеціально відведених місцях та обладнана пристроєм для запобігання несанкціонованому доступу.

Поштова тара. Ємності, як правило багаторазового використання, призначені для пересилання закладених в них окремих або об'єднаних поштових одиниць, поштових марок, маркованих конвертів і карток і т.ін.

Примітка 1. До поштової тари належать мішки, ящики, планшети, контейнери.

Примітка 2. Поштова тара поділяється на закриту та відкриту.

Поштова упаковка. Оболонка, як правило одноразового використання, призначена для захисту закладеної в неї поштової одиниці від пошкодження або невиявленого несанкціонованого доступу.

Примітка 1. Як поштові упаковки використовуються конверти, пакети, обгортки, обшивки, коробки, ящики і т.ін.

Примітка 2. Як матеріали поштових упаковок використовуються папір, картон, фанера, тканина, полімерні плівки і т.ін.

Поштова шафа опорного пункту. Спеціальна шафа для тимчасового зберегання простих поштових одиниць, повідомлень про надходження реєстрованих поштових одиниць (поштових переказів), періодичних друкованих видань при їх механізованому доставлянні, яка встановлюється на доставних дільницях або за адресами одержувачів та обладнана пристроєм для запобігання несанкціонованому доступу.

Поштове навантаження. Кількість поштових одиниць, що надходять на оброблення до об'єкта поштового зв'язку протягом визначеного інтервалу часу.

Примітка. Поштове навантаження поділяється на вихідне, вхідне та транзитне.

Поштовий зв'язок. Вид зв'язку, призначений для пересилання поштових одиниць (поштових переказів) від відправників до одержувачів.

Поштовий індекс. Цифрове позначення об'єкта поштового зв'язку або населеного пункту, в якому такий об'єкт відсутній.

Поштовий маршрут. Шлях, яким здійснюється перевезення пошти між об'єктами поштового зв'язку.

Поштовий обмін. Кількість поштових одиниць, прийнятих від відправників, оброблених, перевезених та доставлених (вручених) одержувачам протягом певного інтервалу часу.

Примітка. Поштовий обмін поділяється на вихідний, вхідний та транзитний.

Поштовий потік. Кількість поштових одиниць одного виду, що прямують у певному напрямі.

Примітка. Поштові потоки поділяються на вихідні, вхідні та транзитні.

Поштові посилки. Сукупність поштових одиниць з вкладенням переважно товарів промислового, аграрного або кустарного виробництва, дозволених для пересилання.

Примітка. До поштових посилок відносяться поштові одиниці наступних видів: посилки, прямі контейнери (прямі мішки); умовно до поштових посилок також відносяться поштова тара, службові вантажі.

Програма сортування пошти. Програма розподілу напрямів сортування за накопичувачами автоматичної сортувальної машини.

Пункт обмінювання пошти. Об'єкт поштового зв'язку, призначений для оброблення, тимчасового зберігання та безпосереднього обмінювання пошти з поштовими маршрутами.

Пункт поштового зв'язку. Об'єкт поштового зв'язку, підпорядкований вузлу поштового зв'язку або поштамту, який надає споживачам окремі види послуг поштового зв'язку.

Регіональна поштова одиниця. Внутрішня поштова одиниця, яка пересилається в межах певного регіону.

Рівень ієрархії об'єкта поштового зв'язку. Назва або номер місця об'єкта поштового зв'язку в ієрархії об'єктів поштового зв'язку.

Примітка. Існуюча ієрархія об'єктів поштового зв'язку національного оператора включає чотири рівні: головний або регіональний (зональний) вузол поштового зв'язку, обласний вузол поштового зв'язку (поштамт), міжрайонний (районний, міський) вузол поштового зв'язку, відділення (пункт) поштового зв'язку.

Синхронізація оброблення й перевезення пошти. Оброблення пошти в об'єктах поштового зв'язку та її перевезення між об'єктами поштового зв'язку у певні інтервали часу, за яких забезпечуються мінімальні нормативні строки пересилання поштових одиниць від відправників до одержувачів.

Система індексації поштового зв'язку. Перелік поштових індексів, наданих об'єктам поштового зв'язку або населеним пунктам, в яких такі об'єкти відсутні.

Система поштового зв'язку. Сукупність технічних засобів поштового зв'язку, поштових технологій, трудових ресурсів, організаційних структур та нормативної документації, з'єднаних в єдиний виробничий комплекс з надання послуг поштового зв'язку.

Складена поштова одиниця. Сукупність окремих або об'єднаних поштових одиниць, що пересилаються у поштовій тарі.

Сортувальна шафа. Шафа з комірками для тимчасового зберігання листів, карток або бланків поштових переказів під час їхнього сортування.

Сортування пошти. Виробнича операція з розподілу поштових одиниць на сортувальні групи за адресними ознаками.

Споживач послуг поштового зв'язку. Фізична особа, юридична особа, громадська організація, яка безпосередньо, через довірену особу або за допомогою технічних засобів користується послугами поштового зв'язку

Схема поштового зв'язку. Умовне зображення розміщення мережі поштового зв'язку.

Таблиця сортування пошти. Таблиця, що містить повний перелік напрямів сортування пошти.

Транзитна поштова одиниця. Поштова одиниця, що надійшла з деякого об'єкта поштового зв'язку до даного об'єкта поштового зв'язку для оброблення й відправлення до іншого об'єкта поштового зв'язку.

Транзитне поштове навантаження. Поштове навантаження, що складається з транзитних поштових одиниць.

Транзитний поштовий обмін. Поштовий обмін, що складається з транзитних поштових одиниць.

Транзитний поштовий потік. Поштовий потік, що складається з транзитних поштових одиниць.

Транспортний засіб поштового маршруту. Транспортний засіб для перевезення пошти, закріплений за визначеним поштовим маршрутом.

Укрупнена поштова одиниця. Сукупність окремих поштових одиниць, які пересилаються у виді єдиної поштової одиниці.

Центр поштового зв'язку. Спеціалізований об'єкт поштового зв'язку, призначений для виконання окремих функцій з пересилання поштових одиниць (поштових переказів) між об'єктами поштового зв'язку або з надання певних послуг поштового зв'язку.

Примітка. Існують наступні центри поштового зв'язку: оброблення пошти; перевезення пошти; надання послуг; передплати періодичних видань і т.ін.

Штриховий кодовий ідентифікатор. Штриховий код, що надається окремим, об'єднаним, складеним та згрупованим поштовим одиницям для їх автоматизованої ідентифікації.

Якість послуг поштового зв'язку. Комплексна характеристика ступеня задоволення споживачів наданням послуг поштового зв'язку.

1.2. Загальна характеристика задач побудови мереж та систем поштового зв'язку

Класифікація задач побудови мереж та систем поштового зв'язку

Виходячи з призначення мереж та систем поштового зв'язку – пересилання пошти від відправників до одержувачів, як основні узагальнені задачі побудови мереж та систем поштового зв'язку виступають:

- оптимізація структур мереж поштового зв'язку;
- організація перевезення пошти;
- організація оброблення пошти.

Узагальнені задачі побудови мереж та систем поштового зв'язку поділяються на певні конкретні задачі, класифікацію яких наведено на рис. 1.



Рисунок 1 – Класифікація задач побудови мереж та систем поштового зв'язку

Загальна характеристика задач побудови мереж та систем поштового зв'язку

Складність оптимізації мереж та систем поштового зв'язку визначається значною кількістю можливих варіантів з'єднання об'єктів поштового зв'язку між собою.

Загальна кількість можливих варіантів з'єднання n об'єктів між собою визначається сумою можливих варіантів з'єднання зазначених об'єктів по 2, по 3, ..., по n , тобто

$$N_{\Sigma} = N_2 + N_3 + \dots + N_n = A_n^2 + A_n^3 + \dots + A_n^n = \sum_{k=2}^n A_n^k = \sum_{k=2}^n \frac{n!}{(n-k)!},$$

де A_n^k – кількість розміщень з n об'єктів по k ,

при цьому кожна пара об'єктів може бути з'єднана $N_{\Sigma} / (n(n-1))$ способами.

У табл. 1 надані значення N_{Σ} у залежності від значень $n = 2, 3, \dots, 10$.

Таблиця 1 – Залежність значень N_{Σ} від значень n

n	2	3	4	5	6	7	8	9	10
N_{Σ}	2	12	60	320	1950	13692	109592	986400	9864090

За реальної кількості вузлів мережі поштового зв'язку $n \approx 120$, значення N_{Σ} сягають астрономічних величин, за яких розрахунок, а тим більш аналіз і оптимізація структур мереж поштового зв'язку у загальному виді виявляються недосяжними а ні для сучасних, а ні для майбутніх ЕОМ.

Кажуть, що над подібними задачами тяжіє прокляття розмірності.

Дійсно, враховуючи, що $A_n^k = k!C_n^k$, де C_n^k – кількість сполучень з n об'єктів по k , тобто $A_n^k \gg C_n^k$, а $\sum_{k=0}^n C_n^k = C_n^0 + C_n^1 + \dots + C_n^n = 2^n$, значення $N_{\Sigma} \gg 2^n$.

Втім, будемо вважати $N_{\Sigma} \approx 2^n$.

Про фантастичну величину числа 2^{120} можна судити з таких міркувань.

Припустимо, що для розв'язання задачі оптимізації структури мережі поштового зв'язку використовується суперкомп'ютер, швидкодія якого $3 \cdot 10^{10}$ операцій за секунду (це теоретична межа швидкодії комп'ютера у виді сфери діаметром 1 см, яка визначається лише часом поширення електромагнітної хвилі від одного краю сфери до іншого).

Будемо вважати, що розрахунок одного варіанта побудови структури мережі поштового зв'язку потребує виконання лише однієї операції комп'ютера.

Подамо число N_{Σ} у виді $N_{\Sigma} \approx 2^{120} \approx 10^{36}$. Тоді для розрахунку всіх можливих варіантів повинно бути витрачено $10^{36} / (3 \cdot 10^{10}) = 0,33 \cdot 10^{26}$ секунд або 10^{18} (мільярд мільярдів) років!

Проте, ієрархічні принципи побудови мережі поштового зв'язку, за якими оптимізація мережі поштового зв'язку в цілому може бути замінена оптимізацією окремих мереж на кожному з рівнів ієрархії; можливість переходу від повного перебору варіантів розв'язання задач оптимізації мереж поштового зв'язку до їх спрямованого перебору; обмеження на кількість і місця розташування об'єктів поштового зв'язку, обумовлені вимогами до їхнього місцеположення серед інших об'єктів поштового зв'язку, наявності розвиненої технічної інфраструктури, наявності відповідних шляхів сполучення; обмеження на кількість об'єктів поштового зв'язку, що можуть обслуговуватися одним поштовим маршрутом, обумовлені допустимим часом проходження поштових маршрутів і вантажопідйомністю транспортних засобів, що використовуються для перевезень пошти; можливість застосування аналітичних залежностей між деякими параметрами мереж поштового зв'язку, зокрема, рекурентних; розташування екстремумів цільових функцій більшою частиною в області малих значень змінних; ряд інших ефективних методів дозволяють радикально скоротити розмірності задач оптимізації мереж поштового зв'язку і розв'язати їх за допомогою ЕОМ з середньою швидкістю.

При побудові структури мережі поштового зв'язку за адміністративно-територіальним принципом в центрах відповідних адміністративних утворень України створюються об'єкти поштового зв'язку універсального призначення, ієрархічна підпорядкованість яких відповідає ієрархічній підпорядкованості зазначених адміністративних утворень: Україна (Головний вузол або Зональний вузол) – Область (Обласний вузол) – Район (Районний вузол) – Сільрада (Відділення зв'язку).

При побудові структури мережі поштового зв'язку за функціонально-територіальним принципом об'єкти поштового зв'язку створюються за функціональним призначенням там, де це економічно доцільно.

При переході від структури мережі поштового зв'язку, побудованої за адміністративно-територіальним принципом, до структури мережі поштового зв'язку, побудованої за функціонально-територіальним принципом, на території України передбачено створення поштових регіонів з Регіональними (міжобласними) вузлами поштового зв'язку, а на територіях поштових регіонів – поштових округів з Окружними (міжрайонними) вузлами поштового зв'язку.

На рис. 2 наведено співвідношення рівнів ієрархії об'єктів мереж поштового зв'язку (*а* – мережі, побудованої за адміністративно-територіальним принципом; *б* – мережі, побудованої за функціонально-територіальним принципом).

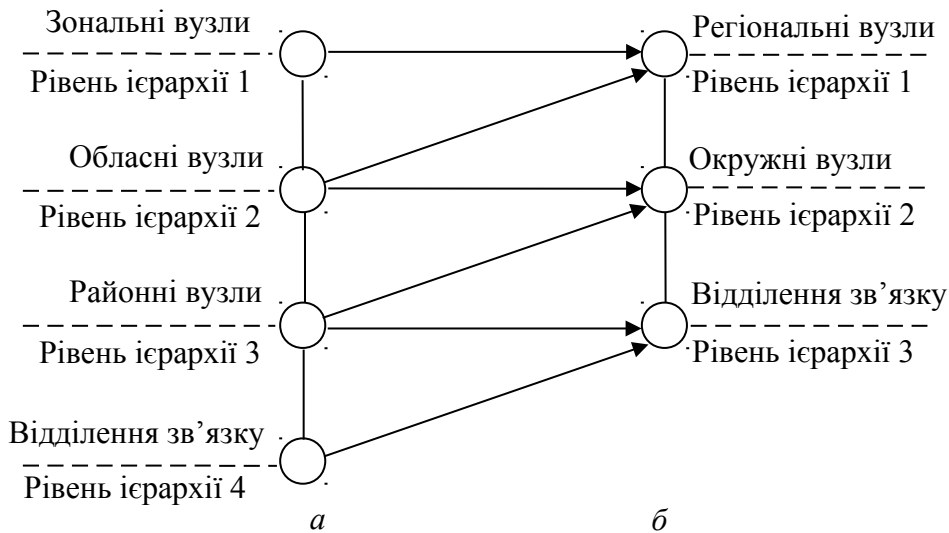


Рисунок 2 – Співвідношення рівнів ієрархії об'єктів поштового зв'язку

На рис. 3 наведено узагальнені структури мереж поштового зв'язку (*a* – мережі, побудованої за адміністративно-територіальним принципом; *б* – мережі, побудованої за функціонально-територіальним принципом).

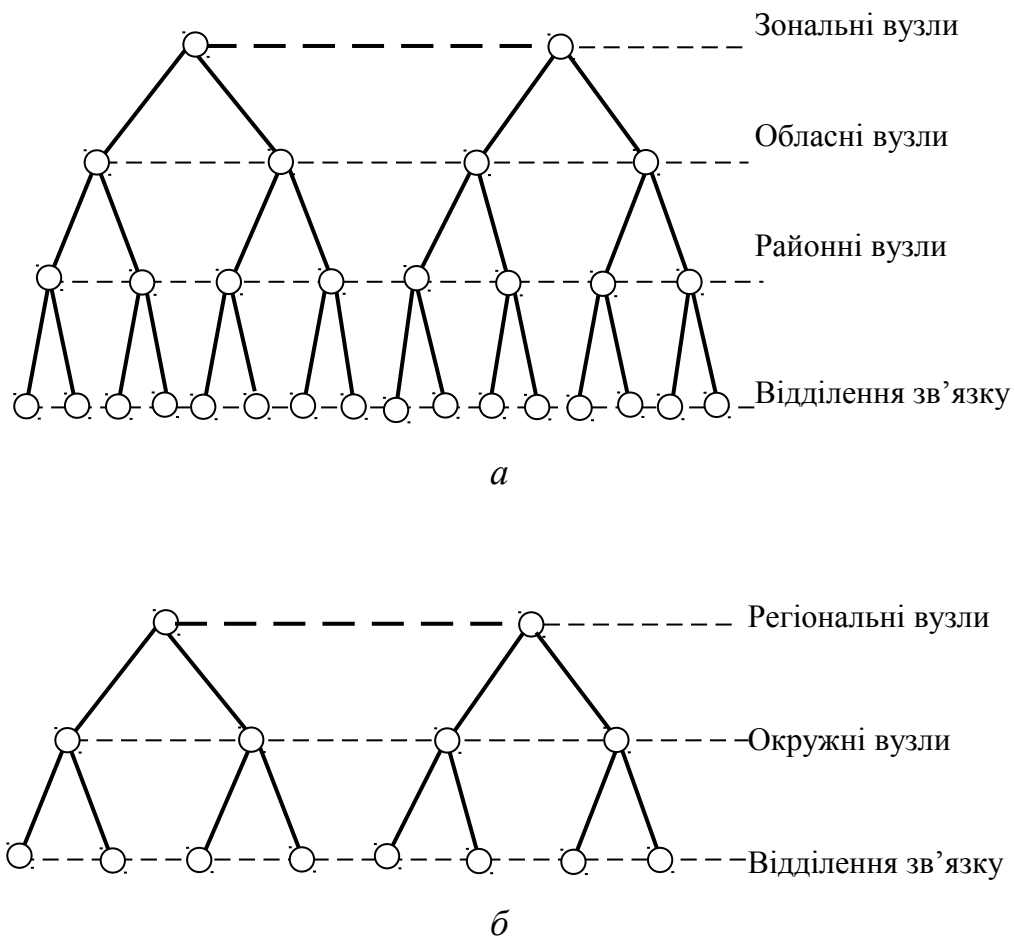


Рисунок 3 – Узагальнені структури мереж поштового зв'язку

У мережі поштового зв'язку, побудованій за адміністративно-територіальним принципом, об'єкти рівня ієрархії 1 (зональні вузли) з'єднуються між собою магістральними поштовими маршрутами; кожний об'єкт рівня ієрархії 1 (зональний вузол) з'єднується з усіма підпорядкованими йому об'єктами рівня ієрархії 2 (обласні вузли) зональними поштовими маршрутами; кожний об'єкт рівня ієрархії 2 (обласний вузол) з'єднується з усіма підпорядкованими йому об'єктами рівня ієрархії 3 (районні (міські) вузли) обласними поштовими маршрутами; кожний об'єкт рівня ієрархії 3 (районний (міський) вузол) з'єднується з усіма підпорядкованими йому об'єктами рівня ієрархії 4 (відділення зв'язку) районними (міськими) поштовими маршрутами.

У мережі поштового зв'язку, побудованій за функціонально-територіальним принципом, об'єкти рівня ієрархії 1 (регіональні вузли) з'єднуються між собою магістральними поштовими маршрутами; кожний об'єкт рівня ієрархії 1 (регіональний вузол) з'єднується з усіма підпорядкованими йому об'єктами рівня ієрархії 2 (окружні вузли) регіональними поштовими маршрутами; кожний об'єкт рівня ієрархії 2 (окружний вузол) з'єднується з усіма підпорядкованими йому об'єктами рівня ієрархії 3 (відділення зв'язку) окружними поштовими маршрутами.

Таким чином, як структура мережі поштового зв'язку, побудованої за адміністративно-територіальним принципом, так і структура мережі поштового зв'язку, побудованої за функціонально-територіальним принципом, поділяється на структури різних рівнів ієрархії, причому структури магістральних мереж мають чисельні можливі варіанти своєї побудови і тому потребують оптимізації, а структури мереж на всіх інших рівнях ієрархії визначені однозначно і тому не потребують оптимізації.

Як впливає з рис. 3, пересилання пошти в мережі поштового зв'язку, побудованій за адміністративно-територіальним принципом, у найбільш несприятливому випадку здійснюється за схемою Відділення зв'язку – Районний вузол – Обласний вузол – Зональний вузол – Зональний вузол – Обласний вузол – Районний вузол – Відділення зв'язку (8 об'єктів, 7 маршрутів), а в мережі поштового зв'язку, побудованій за функціонально-територіальним принципом, – за схемою Відділення зв'язку – Окружний вузол – Регіональний вузол – Регіональний вузол – Окружний вузол – Відділення зв'язку (6 об'єктів, 5 маршрутів).

Таким чином, при переході від побудови мережі поштового зв'язку за адміністративно-територіальним принципом до побудови мережі поштового зв'язку за функціонально-територіальним принципом, максимальна кількість об'єктів поштового зв'язку, задіяних у пересиланні поштових одиниць, скорочується з 8 до 6 (в 1,33 рази), а максимальна кількість поштових маршрутів, задіяних у цьому пересиланні, – з 7 до 5 (в 1,4 рази). Завдяки цьому суттєво зменшуються витрати на оброблення пошти, скорочується кількість поштових маршрутів, скорочується час пересилання пошти, спрощується синхронізація оброблення й перевезення пошти.

Зазначимо, що наявність зональних вузлів у мережі поштового зв'язку, побудованій за адміністративно-територіальним принципом, і регіональних

вузлів у мережі поштового зв'язку, побудованій за функціонально-територіальним принципом, не є обов'язковою, зокрема, зазначені вузли можуть бути взагалі відсутні, або замість них може використовуватися єдиний головний вузол поштового зв'язку.

Основну увагу в навчальному посібнику приділено мережам поштового зв'язку, побудованим за функціонально-територіальним принципом, оскільки вони мають безперечні переваги перед мережами поштового зв'язку, побудованими за адміністративно-територіальним принципом.

З методичних міркувань задачі побудови мереж та систем поштового зв'язку поділені на дві групи.

До першої групи віднесені типові задачі, що мають певне самостійне значення, і для розв'язання яких використовуються методи теорії графів. Розв'язання задач цієї групи наведене у другому розділі посібника.

До другої групи віднесені специфічні задачі, що виникають у контексті узагальнених задач організації оброблення й перевезення пошти, і для розв'язання яких, крім методів теорії графів, використовуються також інші методи. Розв'язання задач цієї групи наведене в наступних розділах посібника.

Контрольні питання

1. Поясніть, чим відрізняються поштовий обмін, поштове навантаження і поштовий потік?
2. Назвіть основні функції вузлів поштового зв'язку (поштамтів) і центрів поштового зв'язку.
3. Чим відрізняються загальне і детальне сортування пошти?
4. Які основні завдання експедирування періодичних видань?
5. Що являє собою поштовий маршрут?
6. Що являють собою ієрархія об'єктів поштового зв'язку та рівні ієрархії об'єктів поштового зв'язку?
7. Назвіть основні задачі побудови мереж та систем поштового зв'язку.
8. Чим визначається загальна кількість можливих варіантів з'єднання об'єктів мережі поштового зв'язку між собою?
9. Назвіть рівні ієрархії об'єктів мереж поштового зв'язку, побудованих за адміністративно-територіальним і за функціонально-територіальним принципами.
10. Чим відрізняються узагальнені структури мереж поштового зв'язку, побудованих за адміністративно-територіальним і за функціонально-територіальним принципами?

Список рекомендованої літератури

1. Оптимізація поштового зв'язку України: Монографія / П.П. Воробієнко, С.О. Довгий, В.А. Коляденко, В.М. Мороз, В.Г. Мухін, О.Л. Нечипорук, Л.О. Ящук. – К.: Укрпошта, 2002. – 160 с.

2. Ящук Л.О. Державна пошта України: напрями розвитку// Зв'язок. – 2000. – № 4. – С. 52-56.
3. Ящук Л.О. Оптимізація системи поштового зв'язку України: комплексний підхід // Наукові праці УДАЗ ім. О.С. Попова. – 2000. – № 2. – С. 63-71.
4. Ящук Л.О. Проблеми оптимізації техніко-технологічної інфраструктури мережі поштового зв'язку УДППЗ „Укрпошта” // Зв'язок. – 2005. – № 6. – С. 12-17.
5. Ящук Л.О. Державна пошта України: рішучі кроки до Європи// Зв'язок. – 2004. – № 8. – С. 32-36.
6. Ящук Л.О. Проблеми створення національної науково-технічної термінології у галузі поштового зв'язку // Зв'язок. – 2006. – № 7. – С. 25-30.

2. ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ ТЕОРІЇ ГРАФІВ ДЛЯ РОЗВ'ЯЗАННЯ ТИПОВИХ ЗАДАЧ ПОБУДОВИ МЕРЕЖ ТА СИСТЕМ ПОШТОВОГО ЗВ'ЯЗКУ

2.1. Основні поняття теорії графів

Графом $G(X, Y)$ називається подання заданої множини об'єктів

$$X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$$

і заданої множини зв'язків між ними

$$Y = \{y_1, y_2, \dots, y_m\}$$

у виді відповідної множини точок і відповідної множини ліній, що ці точки з'єднують.

Точки графа називаються його вершинами, а лінії – дугами, якщо їхні напрямки визначені, або ребрами, якщо ці напрямки не визначені.

Граф, що містить лише дуги, називається орієнтованим; граф, що містить лише ребра – неорієнтованим; граф, що містить як дуги, так і ребра – змішаним.

У подальшому тексті вершини графа позначені їхніми послідовними номерами (1, 2, 3 і т.д.), а дуги або ребра – значеннями номерів вершин, які вони з'єднують.

У позначеннях дуг (i, j) перші елементи визначають вершини, з яких відповідні дуги починаються, а другі – в яких вони закінчуються.

У позначеннях ребер порядок подання елементів може бути довільним, тобто можна писати (i, j) , можна (j, i) .

На рис. 4 наведений приклад змішаного графа $G(X, Y)$, в якому $n = 5, m = 7$.

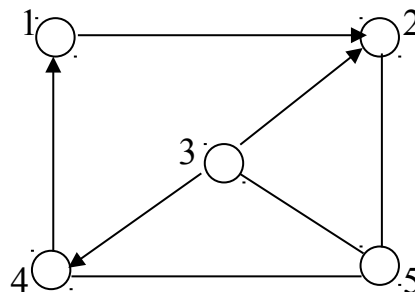


Рисунок 4 – Приклад змішаного графа

Вершинами графа рис. 4 є $X = \{1, 2, 3, 4, 5\}$, дугами (ребрами) – $Y = \{(1, 2), (2, 5), (3, 2), (3, 4), (3, 5), (4, 1), (4, 5)\}$.

Вершинам або дугам (ребрам) графа можуть бути надані ваги, які визначають ті чи інші характеристики:

- пропускну спроможність,
- протяжність,
- час просування,
- вартість перевезення,
- надійність тощо.

Граф, вершинам або дугам (ребрам) якого надані ваги, називається зваженим.

Послідовність вершин або дуг (ребер), що веде з вершини p до вершини s безпосередньо або через проміжні вершини, називається шляхом з вершини p до вершини s .

Граф, в якому існують шляхи між будь-якими його вершинами, називається зв'язним.

Граф, в якому існують вершини, між якими немає шляхів, називається незв'язним.

Дуга (ребро) (p, p) , що починається і закінчується у вершині p , називається петлею.

Шлях, що починається і закінчується в вершині p , називається циклом.

Граф, в якому відсутні петлі і цикли, називається деревом. Дерево – це граф з мінімальним числом дуг (ребер), яке дорівнює числу його вершин, зменшеному на одиницю.

Граф, в якому існують дуги (ребра) між кожною парою його вершин, називається повним або повнозв'язним.

2.2. Задача побудови найкоротшої мережі перевезень пошти

Задача формулюється так: заданий початковий зв'язний зважений граф, вершини якого відповідають вузлам мережі перевезень пошти, ребра – шляхам, що з'єднують ці вузли, а ваги ребер – протяжностям відповідних шляхів. Побудувати новий зв'язний зважений граф, сукупність вершин якого співпадає, а сукупність ребер є частиною сукупності ребер початкового графа, за умови, що сумарна вага ребер нового графа мінімальна.

Очевидно, що новий граф є дерево, отже йдеться про побудову дерева з мінімальною сумарною вагою ребер.

Алгоритм побудови такого дерева заснований на формуванні фрагментів, що являють собою частини зазначеного дерева. Ребра графа повинні перевірятися в порядку зростання їхньої ваги (ребра зі співпадаючими вагами можуть перевірятися в довільному порядку).

У залежності від того, як співвідносяться кінцеві вершини перевірного ребра з іншими вершинами графа, можливі чотири випадки.

Випадок 1. Формування нового фрагмента.

У цьому випадку жодна з кінцевих вершин перевірного ребра не належить жодному з раніше сформованих фрагментів. Новий фрагмент формується з перевірного ребра й обох його кінцевих вершин.

Випадок 2. Розширення існуючого фрагмента.

У цьому випадку перша кінцева вершина перевірного ребра належить деякому раніше сформованому фрагменту, а друга – не належить жодному фрагменту. Розширений фрагмент формується з раніше сформованого фрагмента, перевірного ребра та його другої кінцевої вершини.

Випадок 3. Об'єднання двох раніше сформованих фрагментів.

В цьому випадку перша кінцева вершина перевірного ребра належить одному раніше сформованому фрагменту, а друга – іншому. Об'єднаний фрагмент формується з обох зазначених раніше сформованих фрагментів та перевірного ребра.

Випадок 4. Збереження раніше сформованих фрагментів.

У цьому випадку обидві кінцеві вершини перевірного ребра належать деякому раніше сформованому фрагменту. Перевірне ребро не включається до складу жодного з фрагментів.

Процес перевірки ребер закінчується, коли всі вершини графа увійдуть в один фрагмент, або коли загальна кількість ребер, що увійшла в зазначений фрагмент, дорівнює числу вершин графа, зменшеному на одиницю.

Алгоритм побудови графа з мінімальною сумарною вагою ребер наведений на рис. 5.

Алгоритм містить 10 блоків.

У блоці 1 провадиться уведення в довільному порядку переліку ребер початкового графа з зазначенням їх ваг.

У блоці 2 здійснюється вибір чергового перевірного ребра мінімальної ваги згідно з будь-яким алгоритмом пошуку мінімального числа.

У блоці 3 з переліку ребер початкового графа виключається перевірне ребро для запобігання його повторного вибору.

У блоці 4 перевіряється умова формування нового фрагмента (випадок 1). При виконанні умови – перехід до блока 5, при невиконанні – до блока 6.

У блоці 5 провадиться формування нового фрагмента.

У блоці 6 перевіряється умова розширення існуючого фрагмента (випадок 2). При виконанні умови – перехід до блока 7, при невиконанні – до блока 8.

У блоці 7 провадиться формування розширеного фрагмента.

У блоці 8 перевіряється умова об'єднання двох існуючих фрагментів (випадок 3). При виконанні умови – перехід до блока 9, при невиконанні – до блока 10.

У блоці 9 провадиться формування об'єданого фрагмента.

У блоці 10 перевіряється умова закінчення формування графа. При невиконанні умови – повернення до блока 2, при виконанні – закінчення роботи алгоритму.

Зазначимо, що оскільки перевірка будь-якого ребра завжди призводить до одного з чотирьох зазначених випадків, достатньо перевірити умови виконання лише трьох з них, тому в наведеному алгоритмі умова виконання випадку 4 не перевіряється.

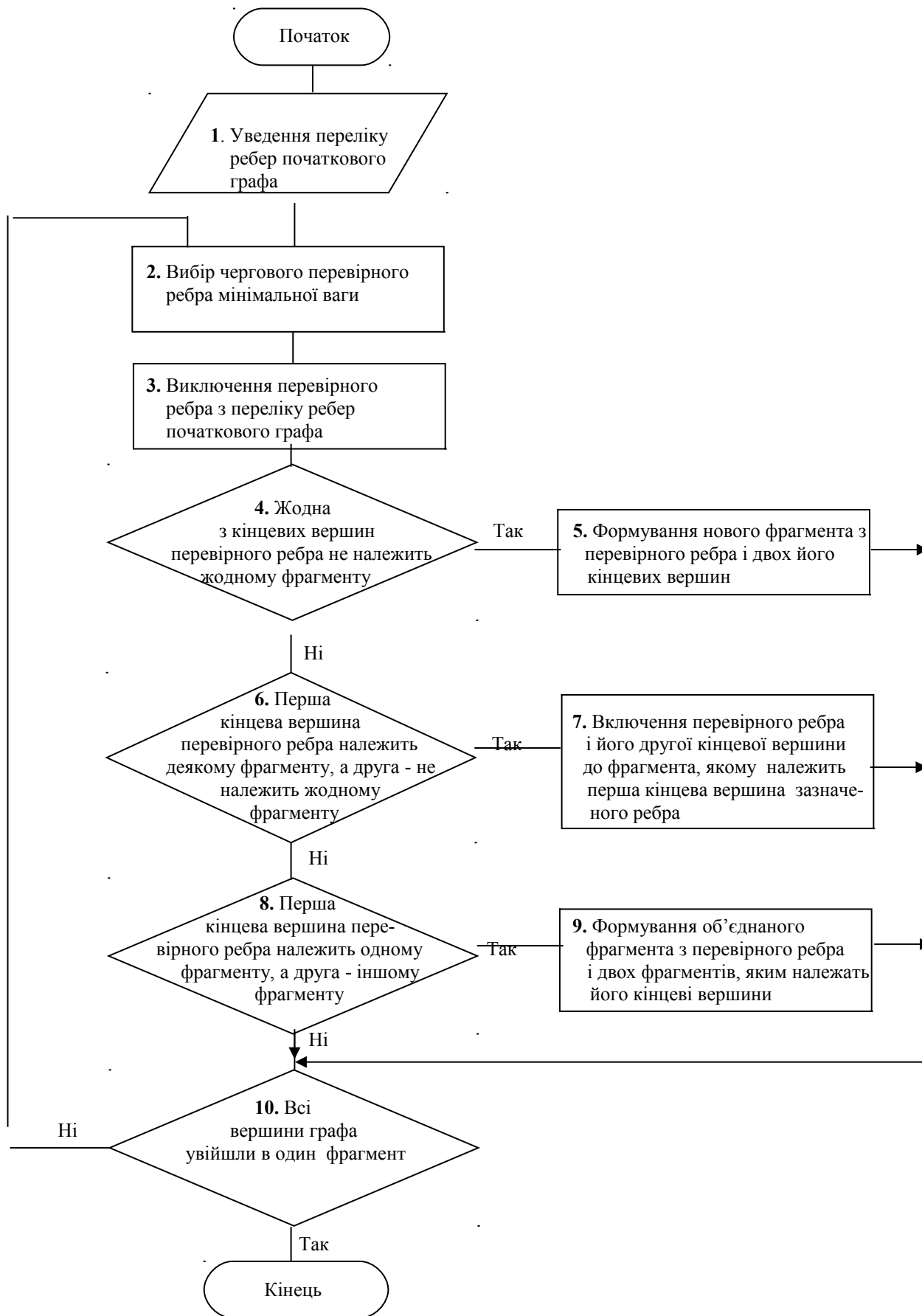


Рисунок 5 – Алгоритм побудови графа з мінімальною сумарною вагою ребер

Наведемо приклад побудови найкоротшої мережі перевезень пошти. Граф початкової мережі зображений на рис. 6. Біля ребер графа зазначені їхні ваги.

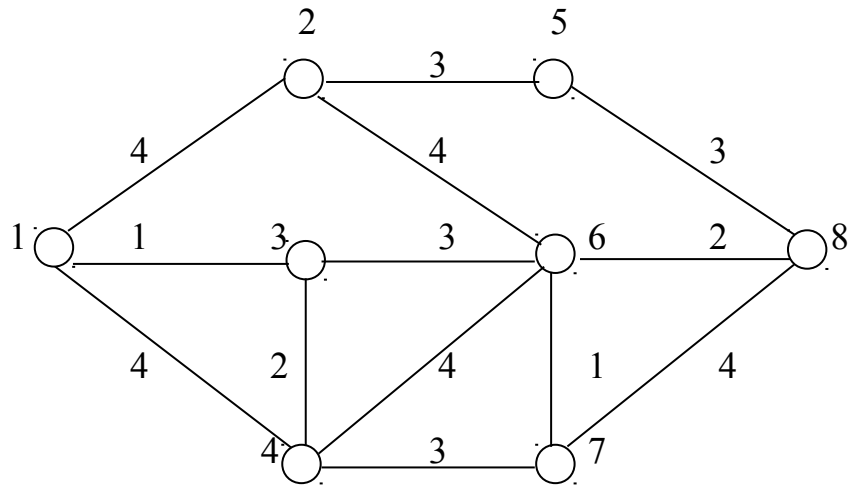


Рисунок 6 – Граф початкової мережі

У табл. 2 наведений перелік ваг ребер початкового графа.

Таблиця 2 – Перелік ваг ребер початкового графа

Ребро	(1,2)	(1,3)	(1,4)	(2,5)	(2,6)	(3,4)	(3,6)	(4,6)	(4,7)	(5,8)	(6,7)	(6,8)	(7,8)
Вага	4	1	4	3	4	2	3	4	3	3	1	2	4

У табл. 3 наведено послідовність кроків формування графа з мінімальною сумарною вагою ребер.

Таблиця 3 – Послідовність кроків формування графа з мінімальною сумарною вагою ребер

Крок	Перевірне ребро	Вага перевірного ребра	Вершини		
			Фрагмент 1	Фрагмент 2	Фрагмент 3
1	(1,3)	1	1,3		
2	(6,7)	1	1,3	6,7	
3	(3,4)	2	1,3,4	6,7	
4	(6,8)	2	1,3,4	6,7,8	
5	(2,5)	3	1,3,4	6,7,8	2,5
6	(3,6)	3	1,3,4,6,7,8		2,5
7	(4,7)	3	1,3,4,6,7,8		2,5
8	(5,8)	3	1,3,4,6,7,8,2,5		

Усього для формування графа з мінімальною сумарною вагою ребер знадобилось 8 кроків, причому крок 7 (перевірка ребра (4,7)) виявився зайвим.

На рис. 7 наведений граф, на якому жирними лініями виділене дерево з мінімальною сумарною вагою ребер.

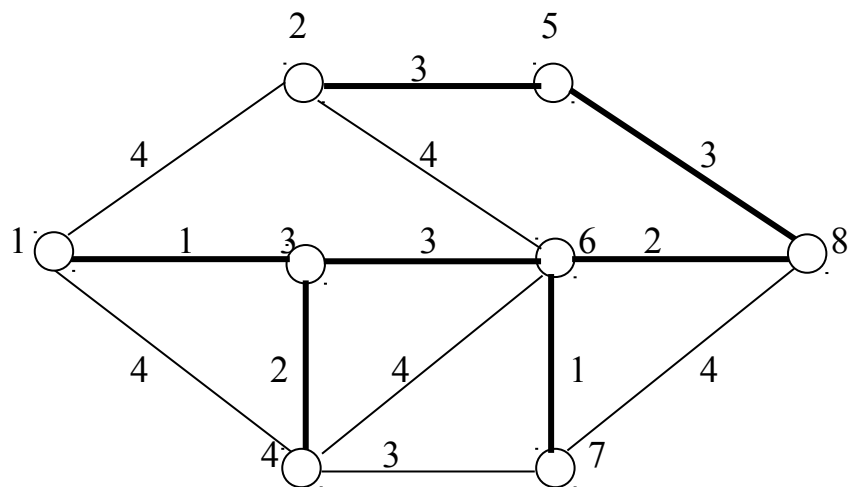


Рисунок 7 – Дерево з мінімальною сумарною вагою ребер

У наведеному прикладі сумарна вага ребер початкового графа складає 38, а дерева з мінімальною сумарною вагою ребер – 15.

Зазначимо, що за іншим порядком перевірки ребер однакової ваги можна отримати інше дерево з мінімальною сумарною вагою ребер, але значення цієї сумарної ваги не зміниться.

2.3. Задача побудови найкоротших радіальних маршрутів між вузлами мережі перевезень пошти

У поштовому зв'язку радіальні маршрути використовуються, в основному, як магістральні та регіональні маршрути, а в разі нестачі часу для проходження кільцевих маршрутів – також як окружні маршрути.

Задача формулюється так: заданий зв'язний зважений граф, вершини якого відповідають вузлам мережі перевезень пошти, ребра – шляхам, що з'єднують ці вузли, а ваги ребер – протяжностям відповідних шляхів. Знайти найкоротші шляхи, що з'єднують задану початкову вершину з рештою вершин графа.

Розв'язання задачі засновано на формуванні рельєфу графа у виді ваг вершин графа, значення яких дорівнюють значенням протяжностей найкоротших шляхів між ними і початковою вершиною графа.

Початковій вершині B_i надається вага $P_i = 0$, решті вершин – нескінченні ваги $P_j = \infty$.

На кожному кроці формування рельєфу графа знаходиться раніше неперевірена вершина мінімальної ваги, відносно якої формуються ваги тих неперевірених вершин, що безпосередньо з'єднані з перевіреною вершиною. Вага неперевірених вершин замінюється вагою перевіреної вершини, збільшеної на вагу ребра, що з'єднує зазначені вершини, якщо перша перевищує другу.

Разом з формуванням рельєфу формується інформація про значення ваги кожної вершини і про номер вершини, від якої ця вага отримана.

Найкоротші шляхи формуються як послідовності записів зазначеної інформації, прочитані в порядку, зворотному до їхнього формування.

Алгоритм формування рельєфу графа наведений на рис. 8.

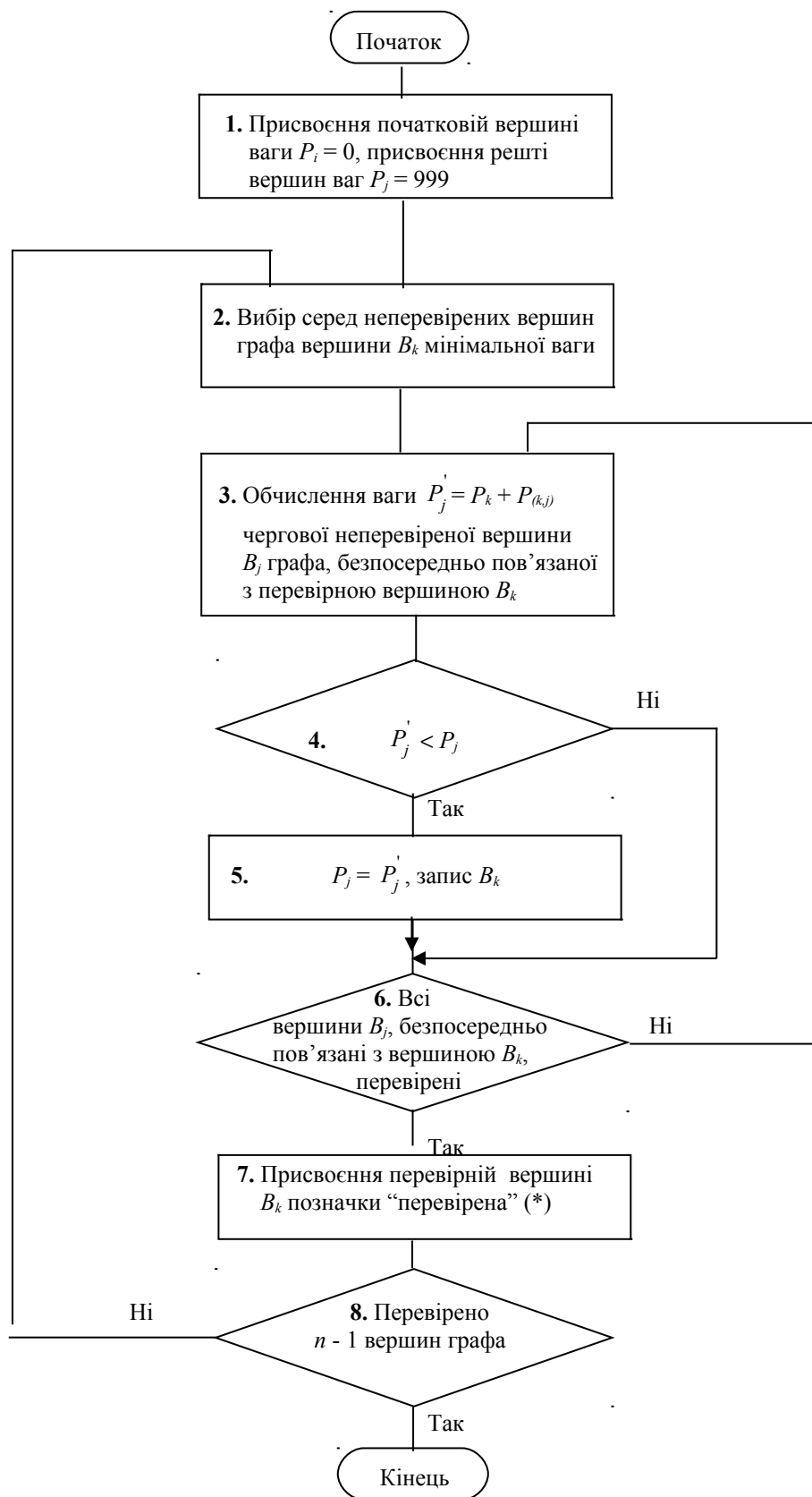


Рисунок 8 – Алгоритм формування рельєфу графа

Алгоритм містить 8 блоків.

У блоці 1 створюється початковий рельєф графа. Початковій вершині B_i присвоюється мінімальна вага $P_i = 0$, решті вершин графа B_j ($j = 1, 2, \dots, n, j \neq i$) – нескінченні ваги $P_j = \infty$, які подаються як надмірні ваги $P_j = 999$.

У блоці 2 серед неперевіраних вершин вибирається вершина B_k мінімальної ваги P_k .

У блоці 3 обчислюється вага $P'_j = P_k + P_{(k,j)}$ чергової неперевіреної вершини B_j відносно перевіреної вершини B_k , що безпосередньо пов'язана з вершиною B_j графа.

У блоці 4 обчислена вага P'_j порівнюється з вагою P_j вершини B_j . При $P'_j < P_j$ виконується перехід до блока 5, при $P'_j \geq P_j$ – до блока 6.

У блоці 5 вага P_j замінюється вагою P'_j , тобто значення ваги вершини B_j знижується, і запам'ятовується вершина B_k , від якої одержано значення ваги P_j .

У блоці 6 перевіряється, чи всі вершини B_j графа, безпосередньо пов'язані з перевіреною вершиною B_k , перевірені. Якщо “Так” – здійснюється перехід до блока 7, якщо “Ні” – повернення до блока 3.

У блоці 7 перевірній вершині B_k присвоюється позначка “перевірена” (*) і вона виключається з подальшого розгляду.

У блоці 8 перевіряється кількість вершин графа, що вже перевірені. Якщо таких вершин менше $n - 1$ – здійснюється повернення до блока 2, і процес формування рельєфу графа повторюється, якщо їх $n - 1$ – рельєф графа сформований і робота алгоритму закінчується.

Алгоритм формування найкоротших шляхів за сформованим рельєфом графа наведено на рис. 9.

Алгоритм містить 5 блоків.

У блоці 1 фіксується поточна перевірена вершина $B_l = B_j$ ($j = 1, 2, \dots, n, j \neq i$).

У блоці 2 виконується зчитування рядка l таблиці рельєфу графа.

У блоці 3 фіксується значення номера попередньої вершини B_k графа та ваги P_l .

У блоці 4 значення l замінюється значенням k , тобто поточна вершина B_l замінюється поточною вершиною B_k графа.

У блоці 5 порівнюються значення l і i . При $l \neq i$ виконується повернення до блока 2 і формування шляху між вершинами B_i та B_j графа продовжується. При $l = i$ шлях між вершинами B_i та B_j графа сформований і робота алгоритму закінчується.

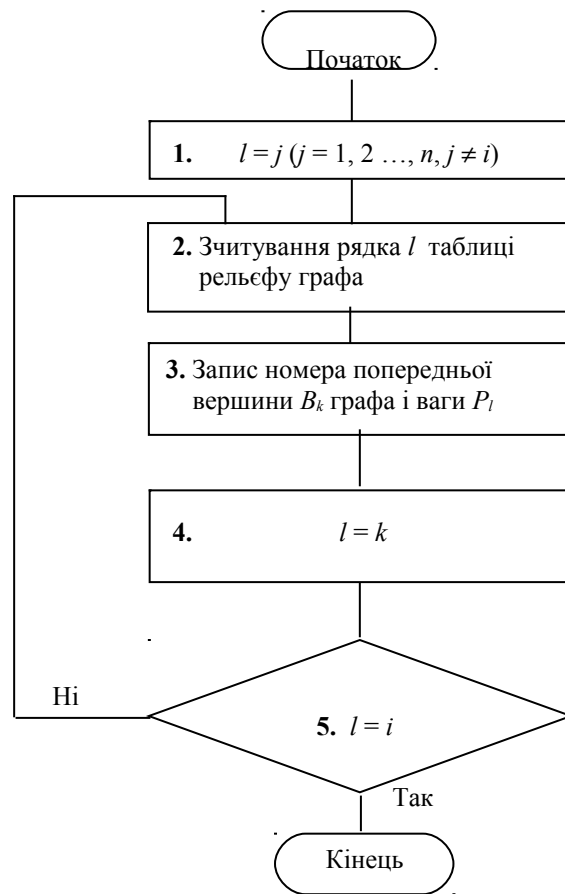


Рисунок 9 – Алгоритм формування найкоротших шляхів

Послідовність кроків формування рельєфу графа рис. 6 відносно вершини 4 наведено в табл. 4 ... 11 (B_i – будь-яка вершина, P_i – вага вершини B_i , * - позначка вершини “перевірена”, B_k – вершина, від якої одержана вага P_i).

Таблиця 4 – Формування рельєфу графа

Крок 0: початковий			
B_i	*	P_i	B_k
1		999	
2		999	
3		999	
4		0	
5		999	
6		999	
7		999	
8		999	

Таблиця 5 – Формування рельєфу графа

Крок 1: $P_i = 0, B_i = 4$			
B_i	*	P_i	B_k
1		4	4
2		999	
3		2	4
4	*	0	
5		999	
6		4	4
7		3	4
8		999	

Таблиця 6 – Формування рельєфу графа

Крок 2: $P_i = 2, B_i = 3$			
B_i	*	P_i	B_k
1		3	3
2		999	
3	*	2	4
4	*	0	
5		999	
6		4	4
7		3	4
8		999	

Таблиця 7 – Формування рельєфу графа

Крок 3: $P_i = 3, B_i = 1$			
B_i	*	P_i	B_k
1	*	3	3
2		7	1
3	*	2	4
4	*	0	
5		999	
6		4	4
7		3	4
8		999	

Таблиця 8 – Формування рельєфу графа

Крок 4: $P_i = 3, B_i = 7$			
B_i	*	P_i	B_k
1	*	3	3
2		7	1
3	*	2	4
4	*	0	
5		999	
6		4	4
7	*	3	4
8		7	7

Таблиця 9 – Формування рельєфу графа

Крок 5: $P_i = 4, B_i = 6$			
B_i	*	P_i	B_k
1	*	3	3
2		7	1
3	*	2	4
4	*	0	
5		999	
6	*	4	4
7	*	3	4
8		6	6

Таблиця 10 – Формування рельєфу графа

Крок 6: $P_i = 6, B_i = 8$			
B_i	*	P_i	B_k
1	*	3	3
2		7	1
3	*	2	4
4	*	0	
5		9	8
6	*	4	4
7	*	3	4
8	*	6	6

Таблиця 11 – Формування рельєфу графа

Крок 7: $P_i = 7, B_i = 2$			
B_i	*	P_i	B_k
1	*	3	3
2	*	7	1
3	*	2	4
4	*	0	
5		9	8
6	*	4	4
7	*	3	4
8	*	6	6

Сформовані найкоротші шляхи між вершиною 4 та рештою вершин графа наведено у табл. 12 (в дужках зазначені протяжності відповідних шляхів або їхніх частин).

Таблиця 12 – Перелік найкоротших шляхів

4 (0) – 3 (2) – 1 (3)
4 (0) – 3 (2) – 1 (3) – 2 (7)
4 (0) – 3 (2)
4 (0) – 6 (4) – 8 (6) – 5 (9)
4 (0) – 6 (4)
4 (0) – 7 (3)
4 (0) – 6 (4) – 8 (6)

Наведені алгоритми формування рельєфу графа (рис. 8) і формування найкоротших шляхів за сформованим рельєфом графа (рис. 9) можуть бути використані також для формування шляхів, найкоротших за числом проміжних вершин.

У задачах поштового зв'язку такі шляхи використовуються для перевезень важкої (посилкової) пошти з метою скорочення витрат, пов'язаних з її перевантаженням у транзитних вузлах.

Для одержання зазначених шляхів достатньо прийняти ваги усіх ребер графа, що дорівнюють одиниці.

У табл. 13 ... 19 наведено послідовність кроків формування рельєфу графа рис. 6 відносно вершини 4 за умови рівності ваг усіх його ребер одиниці (позначення – такі ж самі, що і в табл. 4 ... 11).

Таблиця 13 – Формування рельєфу графа

Крок 0: початковий			
B_i	*	P_i	B_k
1		999	
2		999	
3		999	
4		0	
5		999	
6		999	
7		999	
8		999	

Таблиця 14 – Формування рельєфу графа

Крок 1: $P_i = 0, B_i = 4$			
B_i	*	P_i	B_k
1		1	4
2		999	
3		1	4
4	*	0	
5		999	
6		1	4
7		1	4
8		999	

Таблиця 15 – Формування рельєфу графа

Крок 2: $P_i = 2, B_i = 3$			
B_i	*	P_i	B_k
1	*	1	4
2		2	1
3		1	4
4	*	0	
5		999	
6		1	4
7		1	4
8		999	

Таблиця 16 – Формування рельєфу графа

Крок 3: $P_i = 3, B_i = 1$			
B_i	*	P_i	B_k
1	*	1	4
2		2	1
3	*	1	4
4	*	0	
5		999	
6		1	4
7		1	4
8		999	

Таблиця 17 – Формування рельєфу графа

Крок 4: $P_i = 3, B_i = 7$			
B_i	*	P_i	B_k
1	*	1	4
2		2	1
3	*	1	4
4	*	0	
5		999	
6	*	1	4
7		1	4
8		3	6

Таблиця 18 – Формування рельєфу графа

Крок 5: $P_i = 4, B_i = 6$			
B_i	*	P_i	B_k
1	*	1	4
2		2	1
3	*	1	4
4	*	0	
5		999	
6	*	1	4
7	*	1	4
8		3	6

Таблиця 19 – Формування рельєфу графа

Крок 6: $P_i = 6, B_i = 8$			
B_i	*	P_i	B_k
1	*	1	4
2	*	2	1
3	*	1	4
4	*	0	
5		3	2
6	*	1	4
7	*	1	4
8		3	6

Оскільки на кроці 6 всі вершини отримали ваги, формування рельєфу закінчується.

У табл. 20 наведено найкоротші за числом проміжних вершин шляхи між вершиною 4 та рештою вершин графа.

Таблиця 20 – Перелік найкоротших шляхів

4 – 1
4 – 1 – 2
4 – 3
4 – 1 – 2 – 5
4 – 6
4 – 7
4 – 6 – 8

2.4. Задача побудови найкоротших кільцевих маршрутів між вузлами мережі перевезень пошти

Кільцеві маршрути використовуються як маршрути обмінювання пошти між окружними вузлами зв'язку і підпорядкованими їм відділеннями зв'язку, маршрути міської службової пошти, маршрути виймання листів з поштових скриньок, маршрути розвезення письмової кореспонденції та газет від доставних відділень зв'язку до опорних пунктів.

Задача формулюється так: побудувати найкоротший кільцевий маршрут, що розпочинається і закінчується у деякому центральному вузлі та, як найменше, один раз проходить через кожний з решти вузлів мережі.

Сформульована задача називається задачею комівояжера і має надто складний розв'язок.

Алгоритм, який забезпечує знаходження оптимального або достатньо близького до оптимального рішення, в термінах теорії графів полягає в побудові найкоротших радіальних маршрутів між центральною вершиною графа і рештою його вершин та послідовному об'єднанні радіальних маршрутів в кільцевий маршрут.

Алгоритм заснований на тому, що дві довільні вершини графа r та s , розташовані на відстанях L_{kr} та L_{ks} від центральної вершини k і на відстані L_{rs} одна від одної, при використанні радіальних маршрутів $k - r - k$ та $k - s - k$ обумовлюють їх загальну протяжність $2 L_{kr} + 2 L_{ks}$, а при використанні кільцевого маршруту $k - r - s - k$ – загальну протяжність $L_{kr} + L_{ks} + L_{rs}$.

Різниця між зазначеними загальними протяжностями $L_{kr} + L_{ks} - L_{rs}$ визначає величину, на яку скорочується загальна протяжність поштових маршрутів при об'єднанні радіальних маршрутів у кільцевий маршрут.

Оскільки $L_{kr} + L_{ks} - L_{rs} \geq 0$ (рівність має місце, коли найкоротший шлях між вершинами r та s проходить через центральну вершину k), протяжність об'єданого кільцевого маршруту ніколи не перевищує загальної протяжності радіальних маршрутів, з яких він складається.

При об'єднанні двох радіальних маршрутів у кільцевий маршрут як вершини r та s є кінцеві вершини радіальних маршрутів.

При об'єднанні радіального і кільцевого маршрутів як вершина r є кінцева вершина радіального маршруту, а як вершина s – перша після центральної або остання перед нею за напрямом руху вершина кільцевого маршруту.

При об'єднанні двох кільцевих маршрутів як вершини r та s є перші або останні за напрямом руху вершини кільцевих маршрутів.

На рис. 10 наведено ілюстрацію об'єднання радіальних та кільцевих поштових маршрутів (верхній ряд – початкові маршрути, нижній – об'єдані кільцеві маршрути).

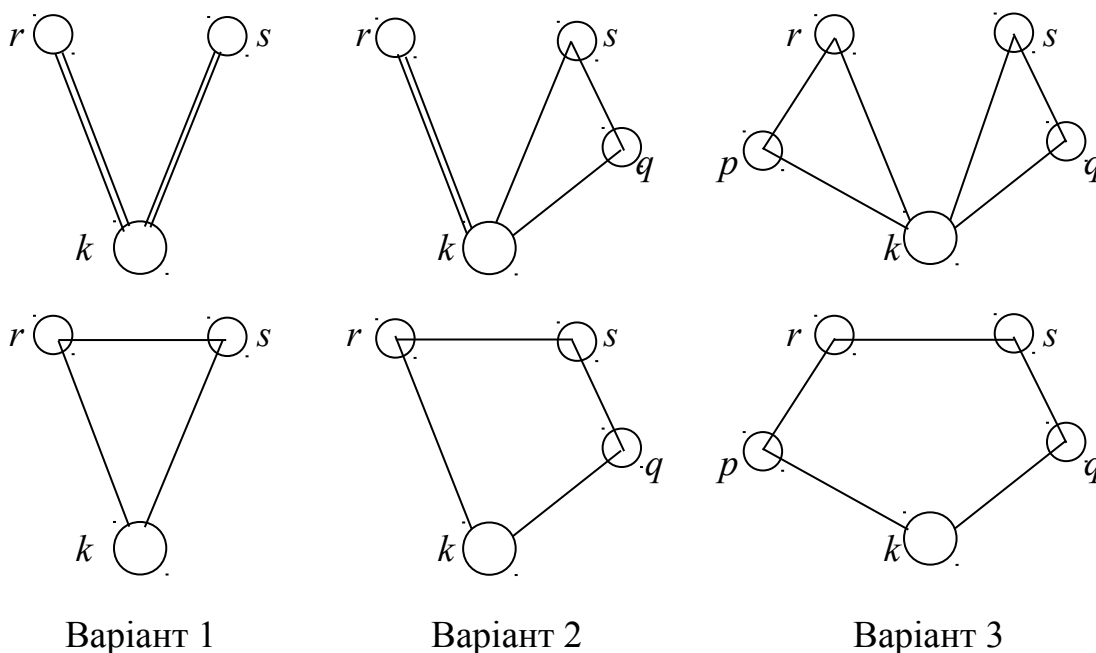


Рисунок 10 – Об'єднання радіальних та кільцевих поштових маршрутів

У першому варіанті протяжності L_{kr} та L_{ks} входили у загальну протяжність обох радіальних маршрутів по два рази (в прямому та в зворотному напрямках), отже у протяжність об'єданого кільцевого маршруту вони увійдуть по одному разу, внаслідок чого об'єднаний кільцевий маршрут набуде виду $k - r - s - k$.

У другому варіанті протяжність L_{kr} входила у загальну протяжність обох маршрутів два рази, а протяжність L_{ks} – один раз, отже у протяжність об'єданого кільцевого маршруту протяжність L_{kr} увійде один раз, а протяжність L_{ks} – не увійде жодного разу, внаслідок чого об'єднаний кільцевий маршрут набуде виду $k - r - s - q - k$.

У третьому варіанті протяжності L_{kr} та L_{ks} входили у загальну протяжність обох кільцевих маршрутів по одному разу, отже у протяжність об'єданого кільцевого маршруту вони не увійдуть жодного разу, внаслідок чого об'єднаний кільцевий маршрут набуде виду $k - p - r - s - q - k$.

Підкреслимо, що визначена протяжність об'єданого кільцевого маршруту не залежить від того, як фактично проходить найкоротший шлях між вершинами r та s .

Якщо, наприклад, у третьому варіанті найкоротший шлях між вершинами r та s проходить через вершини p та q , то загальна протяжність об'єданого кільцевого маршруту скоротиться на $L_{kr} + L_{ks}$ і збільшиться на L_{rs} , тобто на $L_{rp} + L_{pq} + L_{qs}$, внаслідок чого протяжності ділянок L_{rp} та L_{qs} увійдуть в об'єднаний кільцевий маршрут по два рази, а об'єднаний кільцевий маршрут набуде виду $k - p - r - p - q - s - q - k$.

Для досягнення найбільшого скорочення протяжностей кільцевих маршрутів доцільно об'єднувати ті окремі маршрути, у яких розташування вершин r та s забезпечує максимальне значення величини $L_{kr} + L_{ks} - L_{rs}$.

Як обмеження при об'єднанні поштових маршрутів є час проходження об'єданого кільцевого маршруту (з урахуванням часу, що витрачається на обмінювання пошти в проміжних вузлах маршруту) і вантажопідйомність транспортного засобу, що використовується для перевезень пошти на цьому маршруті.

Внаслідок зазначених обмежень для сполучення вузлів мережі можуть використовуватися не один, а декілька кільцевих маршрутів, на кожному з яких зазначені обмеження виконуються.

Алгоритм об'єднання радіальних маршрутів у кільцевий заснований на послідовному формуванні фрагментів, що являють собою частини об'єданого кільцевого маршруту.

У кожному фрагменті розглядаються три типи вершин:

- центральна вершина, з якої розпочинається і якою закінчується кільцевий маршрут;
- активні вершини, в якості яких є перша після центральної вершини і остання перед нею за напрямом руху вершини кільцевого маршруту;

– пасивні вершини, в якості яких є вершини, розташовані між активними вершинами кільцевих маршрутів.

Як перевірні вершини є пари кінцевих вершин радіальних маршрутів.

У залежності від співвідношення перевірних вершин і вершин раніше сформованих фрагментів кільцевого об'єданого маршруту можливі чотири випадки.

Випадок 1. Створення нового фрагмента.

У цьому випадку жодна з перевірних вершин не є жодною з вершин раніше сформованих фрагментів. Новий фрагмент формується з центральної вершини й обох перевірних вершин.

Випадок 2. Розширення існуючого фрагмента.

У цьому випадку перша перевірна вершина є активною вершиною деякого раніше сформованого фрагмента, а друга – не є жодною з вершин раніше сформованих фрагментів. Розширений фрагмент формується з зазначеного раніше сформованого фрагмента і зазначеної другої перевірної вершини.

Випадок 3. Об'єднання двох існуючих фрагментів.

У цьому випадку перша перевірна вершина є активною вершиною одного, а друга – активною вершиною іншого раніше сформованих фрагментів. Об'єднаний фрагмент формується з обох зазначених раніше сформованих фрагментів.

Випадок 4. Збереження існуючих фрагментів.

У цьому випадку хоча б одна з перевірних вершин є пасивною вершиною будь-якого раніше сформованого фрагмента або обидві перевірні вершини є активними вершинами деякого раніше сформованого фрагмента.

Процес перевірки вершин r та s провадиться в порядку зменшення значень величин $L_{kr} + L_{ks} - L_{rs}$ і закінчується коли всі пари вершин r та s перевірені, або коли для усіх пар вершин r та s , що залишилися неперевіреними, $L_{kr} + L_{ks} - L_{rs} = 0$.

При $L_{kr} + L_{ks} - L_{rs} = 0$ створення нових фрагментів, розширення існуючих фрагментів або об'єднання раніше сформованих фрагментів об'єданого кільцевого маршруту не призводить до скорочення його загальної протяжності, але все ж таки може бути доцільним, оскільки призводить до зменшення числа кільцевих або радіальних маршрутів, а, разом з цим, – до зменшення кількості транспортних засобів, що використовуються для перевезень пошти.

Алгоритм побудови найкоротшого кільцевого маршруту наведено на рис. 11.

Алгоритм містить 11 блоків.

У блоці 1 вводяться значення найкоротших відстаней між вершинами графа, отримані за допомогою будь-якого алгоритму побудови найкоротших радіальних шляхів між вершинами графа.

У блоці 2 виконується розрахунок значень $L_{kr} + L_{ks} - L_{rs}$ для всіх пар вершин r та s за значеннями найкоротших відстаней, уведених у блоці 1. Як вершини r та s є всі вершини графа, крім центральної.

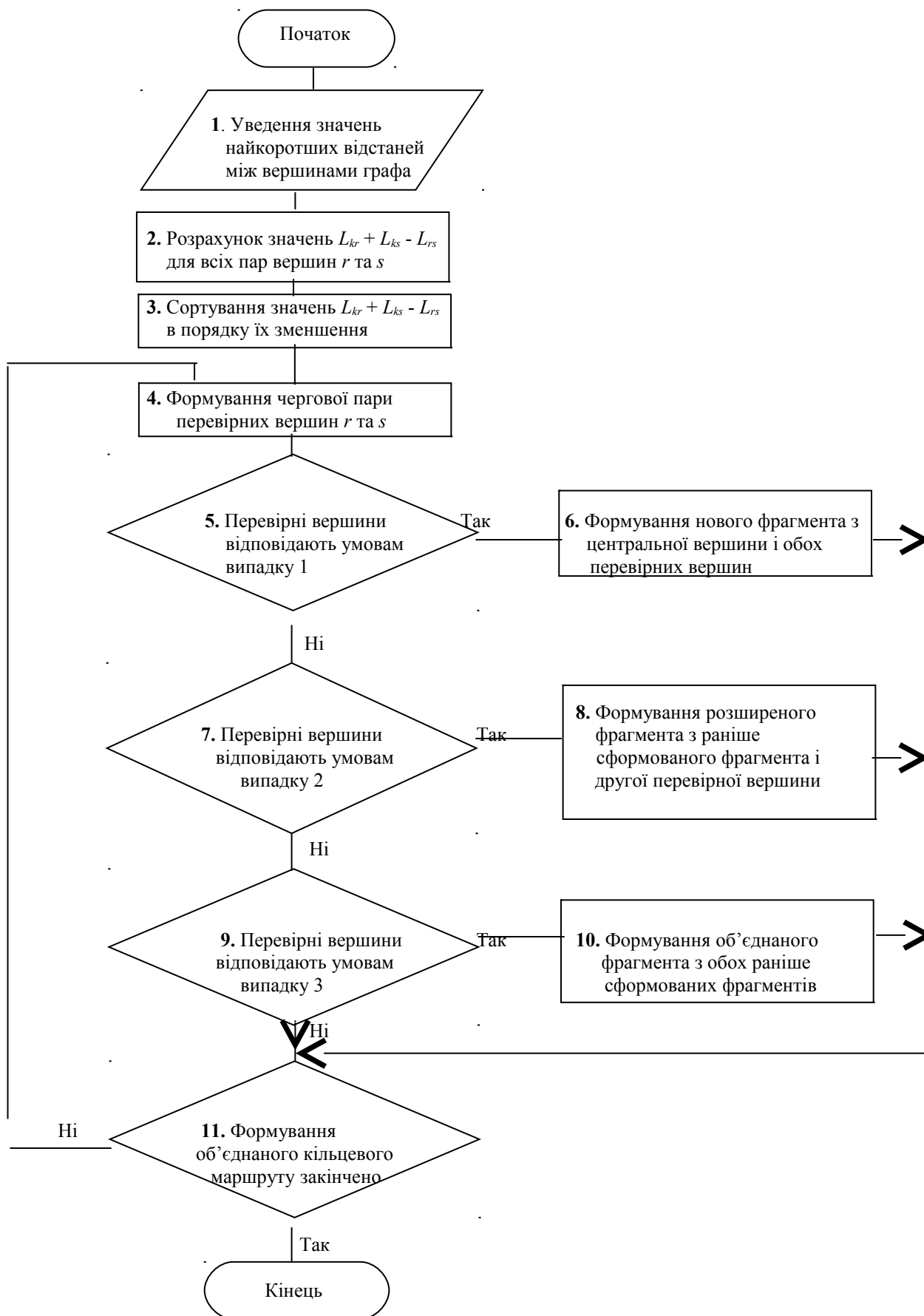


Рисунок 11 – Алгоритм побудови кільцевого маршруту

У блоці 3 відбувається сортування (упорядкування) отриманих у блоці 2 значень $L_{kr} + L_{ks} - L_{rs}$ в порядку їх зменшення. Рівні значення $L_{kr} + L_{ks} - L_{rs}$ можуть подаватися в довільному порядку.

У блоці 4 формується чергова пара перевірних вершин r та s відповідно до подання значень $L_{kr} + L_{ks} - L_{rs}$, упорядкованих у блоці 3.

У блоці 5 аналізується, чи відповідають перевірні вершини умовам випадку 1 (жодна з перевірних вершин не є жодною з вершин раніше сформованих фрагментів). Якщо “Так” – перехід до блока 6, якщо “Ні” – до блока 7.

У блоці 6 формується новий фрагмент з центральної вершини графа та обох перевірних вершин.

У блоці 7 аналізується, чи відповідають перевірні вершини умовам випадку 2 (перша перевірна вершина є активною вершиною деякого раніше сформованого фрагмента, а друга перевірна вершина не є жодною з вершин раніше сформованих фрагментів). Якщо “Так” – перехід до блока 8, якщо “Ні” – до блока 9.

У блоці 8 формується розширений фрагмент з раніше сформованого фрагмента та другої перевірної вершини, визначених у блоці 7.

У блоці 9 аналізується, чи відповідають перевірні вершини умовам випадку 3 (перша перевірна вершина є активною вершиною одного, а друга – активною вершиною іншого раніше сформованих фрагментів). Якщо “Так” – перехід до блока 10, якщо “Ні” – до блока 11.

У блоці 10 формується об'єднаний фрагмент з обох раніше сформованих фрагментів, визначених у блоці 9.

У блоці 11 аналізується, чи закінчено формування об'єданого кільцевого маршруту (всі пари вершин r та s перевірені, або для усіх пар вершин r та s , що залишилися неперевіреними, $L_{kr} + L_{ks} - L_{rs} = 0$). Якщо “Ні” – повернення до блока 4, якщо “Так” – закінчення роботи алгоритму.

Зазначимо, що оскільки перевірка будь-якої пари вершин r та s завжди призводить до одного з чотирьох зазначених випадків, достатньо перевірити умови виконання лише трьох з них, тому в наведеному алгоритмі умова виконання випадку 4 не перевіряється.

Наведемо приклад побудови найкоротших кільцевих маршрутів перевезення пошти.

Початковий граф мережі наведено на рис. 12. Вершини графа позначені цифрами 0 ... 9 (0 – центральна вершина графа). Біля ребер графа зазначені їх протяжності (км).

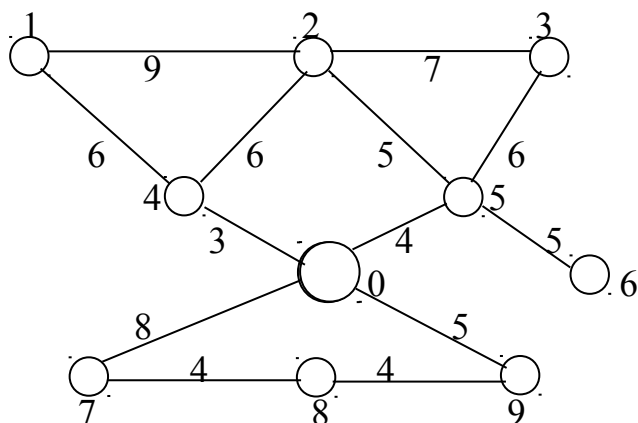


Рисунок 12 – Початковий граф мережі

Значення найкоротших відстаней між вершинами графа (км) у виді трикутної матриці наведені у табл. 21.

Таблиця 21 – Значення найкоротших відстаней між вершинами графа

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
-	9	9	10	3	4	9	8	9	5	0
	-	9	16	6	13	18	17	18	14	1
		-	7	6	5	10	17	18	14	2
			-	13	6	11	18	19	15	3
				-	7	12	11	12	8	4
					-	5	12	13	9	5
						-	17	18	14	6
							-	4	8	7
								-	4	8
									-	9

Значення величин $L_{kr} + L_{ks} - L_{rs}$ (км) у виді трикутної матриці наведені у табл. 22.

Таблиця 22 – Значення величин $L_{kr} + L_{ks} - L_{rs}$ (км)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	
-	9	3	6	0	0	0	0	0	1
	-	12	6	8	8	0	0	0	2
		-	0	8	8	0	0	0	3
			-	0	0	0	0	0	4
				-	8	0	0	0	5
					-	0	0	0	6
						-	13	5	7
							-	10	8
								-	9

Послідовність кроків побудови найкоротших кільцевих маршрутів ($L_{kr} + L_{ks} - L_{rs} > 0$) наведено у табл. 23.

Таблиця 23 – Послідовність кроків побудови найкоротших кільцевих маршрутів

Крок	Перевірні вершини	Значення величин $L_{kr} + L_{ks} - L_{rs}$ (км)	Фрагмент 1	Фрагмент 2
1	7,8	13	0-7-8-0	
2	2,3	12	0-7-8-0	0-2-3-0
3	8,9	10	0-7-8-9-0	0-2-3-0
4	1,2	9	0-7-8-9-0	0-1-2-3-0
5	2,5	8	0-7-8-9-0	0-1-2-3-0
6	2,6	8	0-7-8-9-0	0-1-2-3-0
7	3,5	8	0-7-8-9-0	0-1-2-3-5-0
8	3,6	8	0-7-8-9-0	0-1-2-3-5-0
9	5,6	8	0-7-8-9-0	0-1-2-3-5-6-0
10	1,4	6	0-7-8-9-0	0-4-1-2-3-5-6-0
11	2,4	6	0-7-8-9-0	0-4-1-2-3-5-6-0
12	7,9	5	0-7-8-9-0	0-4-1-2-3-5-6-0
13	1,3	3	0-7-8-9-0	0-4-1-2-3-5-6-0

У результаті роботи алгоритму сформовані два кільцевих маршрути: 0-7-8-9-0 протяжністю 21 км і 0-4-1-2-3-5-6-0 протяжністю 45 км.

За наявності достатнього резерву часу проходження маршруту і вантажопідйомності транспортного засобу може бути сформований об'єднаний кільцевий маршрут 0-7-8-9-4-1-2-3-5-6-0 протяжністю 66 км.

За браком часу проходження маршруту або вантажопідйомності транспортного засобу відповідний маршрут (найбільш протяжний або найбільш завантажений) може бути поділений на два маршрути, наприклад, маршрут 0-4-1-2-3-5-6-0 протяжністю 45 км може бути поділений на маршрути 0-4-1-2-0 протяжністю 27 км і 0-3-5-6-0 протяжністю 30 км. Зростання загальної протяжності маршрутів на 12 км обумовлене заміною найкоротшої відстані L_{23} (7 км) сумою найкоротших відстаней $L_{20} + L_{03}$ (19 км).

Хоча формально для побудови найкоротших кільцевих маршрутів у наведеному прикладі знадобилось 13 кроків, їх реальна кількість значно менша, оскільки при виконанні на будь-якому кроці умов випадку 4 (хоча б одна з перевірних вершин є пасивною вершиною будь-якого раніше сформованого фрагмента або обидві перевірні вершини є активними вершинами деякого раніше сформованого фрагмента), ніяких дій не провадиться.

У розглянутому прикладі умови випадку 4 виконуються на кроках 5, 6, 8, 11, 12, 13, отже фактично побудова найкоротших кільцевих маршрутів виконується лише на кроках 1, 2, 3, 4, 7, 9, 10, тобто на 7 з 13 кроків.

2.5. Задача побудови маршруту поштаря

Задача побудови маршруту поштаря полягає в знаходженні кільцевого маршруту мінімальної протяжності, який починається і закінчується у відділенні зв'язку і проходить вздовж усіх будинків, які обслуговує поштар.

Побудуємо граф $G(X, Y)$, одна з вершин якого відповідає відділенню зв'язку, кожна з решти вершин – перехрестю вулиць, кожне ребро – частині вулиці (кварталу) між двома сусідніми перехрестями вулиць, а ваги ребер – їхнім протяжностям.

Зазначена задача побудови маршруту поштаря зводиться до задачі пошуку найкоротшого маршруту, в який кожне ребро графа входить, як найменше, один раз.

Розв'язання задачі суттєво залежить від так званої парності вершин графа.

Вершина графа, в якій перехрещується парне число ребер, називається парною. Вершина графа, в якій перехрещується непарне число ребер, називається непарною.

Граф $G(X, Y)$ називається парним, якщо всі його вершини парні. Граф $G(X, Y)$ називається непарним, якщо в ньому є непарні вершини.

Відзначимо, що число непарних вершин у будь-якому графі завжди парне.

У парному графі завжди може бути забезпечене одноразове входження кожного ребра в маршрут поштаря, тому розв'язання задачі не залежить від ваг ребер графа.

У непарному графі одне або кілька ребер входять у маршрут поштаря більше одного разу, тому загальна протяжність зазначеного маршруту залежить від ваг ребер графа.

У парному графі число приходів поштаря у будь-яку вершину завжди дорівнює числу його виходів з цієї вершини, внаслідок чого розв'язання задачі полягає в побудові довільних циклів, сукупність яких містить усі ребра графа, і об'єднанні знайдених циклів у загальний цикл. Вибір початкової вершини може бути довільним.

На рис. 13 наведений парний граф $G(X, Y)$, в якому $n = 6$, $m = 8$. Біля ребер графа зазначені їхні ваги. Початкова вершина 1 відповідає відділенню зв'язку.

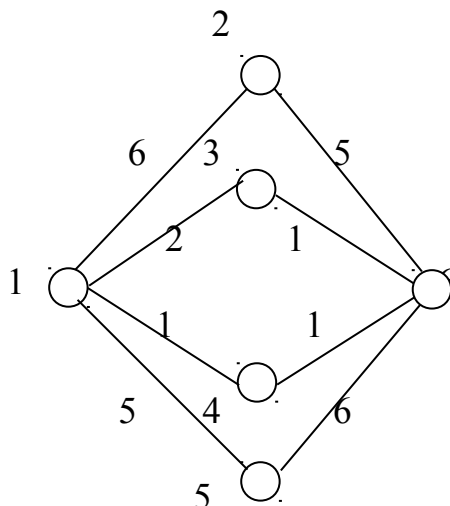


Рисунок 13 – Парний граф

Будуємо цикли:

$$(1,2), (2,6), (6,4), (4,1);$$

$$(1,3), (3,6), (6,5), (5,1).$$

Об'єднуємо знайдені цикли в будь-якій спільній вершині, скажімо 6, і будуємо загальний цикл:

$$(1,2), (2,6), (6,5), (5,1), (1,3), (3,6), (6,4), (4,1).$$

У знайденому загальному циклі ребра $(1,2)$, $(2,6)$ і $(6,4)$, $(4,1)$ належать першому циклу, а ребра $(6,5)$, $(5,1)$, $(1,3)$, $(3,6)$ – другому.

У непарному графі число ребер, по яких поштар приходить у будь-яку непарну вершину, завжди на одиницю перевищує число ребер, по яких він виходить з цієї вершини, внаслідок чого шлях поштаря по одному з ребер, що перехрещуються в зазначеній вершині, буде проходити двічі.

Уявимо ребро, по якому поштар проходить двічі, у вигляді двох ребер – основного та додаткового. З урахуванням усіх додаткових ребер непарний граф перетворюється на парний, для якого задача побудови маршруту поштаря вже вирішена.

Отже, йдеться про знаходження такої сукупності додаткових ребер, яка перетворює непарний граф на парний і має мінімальну сумарну вагу.

Для знаходження зазначеної сукупності додаткових ребер побудуємо за алгоритмом знаходження найкоротших маршрутів (рис. 8, 9) найкоротші маршрути між усіма непарними вершинами графа і виберемо серед них таку сукупність маршрутів, що включає всі зазначені вершини і має мінімальну протяжність.

На рис. 14 наведений непарний граф $G(X,Y)$, в якому $n = 6$, $m = 10$.

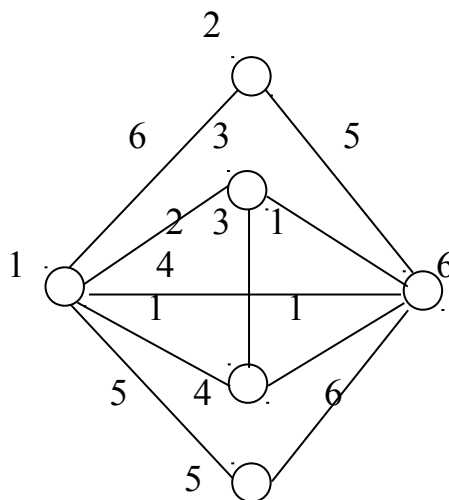


Рисунок 14 – Непарний граф

У наведеному графі вершини 2,5 – парні, вершини 1,3,4,6 – непарні.

Значення найкоротших шляхів між усіма непарними вершинами графа наведені у табл. 24.

Таблиця 24 – Значення найкоротших шляхів між усіма непарними вершинами графа

Сполучення непарних вершин	Найкоротший шлях	Вага найкоротшого шляху
(1,3)	1 – 3	2
(1,4)	1 – 4	1
(1,6)	1 – 4 – 6	2
(3,4)	3 – 6 – 4	2
(3,6)	3 – 6	1
(4,6)	4 – 6	1

У табл. 25 наведені можливі варіанти сполучень чотирьох непарних вершин графа рис. 14 за допомогою додаткових ребер.

Таблиця 25 – Можливі варіанти сполучень чотирьох непарних вершин графа

Варіант	Сполучені вершини	Сумарна вага додаткових ребер
1	(1,3), (4,6)	3
2	(1,4), (3,6)	2
3	(1,6), (3,4)	4

Як впливає з табл. 25, мінімальна сумарна вага додаткових ребер графа досягається у варіанті 2.

Отже, додатковими повинні бути ребра (1,4), (3,6), сумарна вага яких мінімальна і складає 2.

На рис. 15 наведений парний граф $G(X,Y)$, в якому $n = 6$, $m = 12$, отриманий з початкового непарного графа рис. 14 шляхом уведення в нього додаткових ребер (1,4), (3,6).

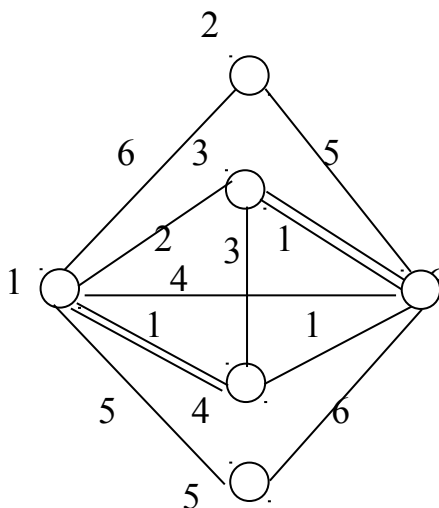


Рисунок 15 – Сформований парний граф

Будуємо, як і раніше, довільні цикли. Для спрощення починаємо з циклів, створених подвійними ребрами:

(1,4), (4,1);
 (3,6), (6,3);
 (1,2), (2,6), (6,5), (5,1);
 (1,3), (3,4), (4,6), (6,1).

Об'єднуємо знайдені цикли у спільних вершинах 1 і 3 та будуємо загальний цикл:

(1,4), (4,1), (1,2), (2,6), (6,5), (5,1), (1,3), (3,6), (6,3), (3,4), (4,6), (6,1).

Зазначимо, що наведений розв'язок задачі значною мірою відповідає побудові маршруту сільського поштаря. Вузькі вулиці та низька інтенсивність дорожнього руху дозволяють сільському поштарю проходити маршрут, переходячи з однієї сторони вулиці на іншу.

При розв'язанні задачі побудови маршруту міського поштаря слід враховувати ширину вулиць, високу інтенсивність дорожнього руху, можливість переходу вулиць тільки у певних місцях. Практично це означає, що такі вулиці поштар змушений проходити двічі – по одній і по другій стороні. На початковому графі це відбивається у вигляді додаткових (рівнобіжних) ребер, якими подаються зазначені вулиці, аналогічно додатковим ребрам, що вводились для перетворення непарного графа на парний.

2.6. Задача визначення максимальних потоків між вузлами мережі перевезень пошти

У практиці поштового зв'язку іноді виникає ситуація, коли кількість посилок, що надходять у вузли на оброблення, перевищує їхні пропускні спроможності.

Якщо таке перевищення короткострокове, зазначена ситуація призводить лише до уповільнення термінів оброблення посилок та деяких незручностей, якщо ж воно більш-менш тривале – відбувається нагромадження посилок, вони заповнюють складські, виробничі площі і допоміжні приміщення, закривають проходи, викликають так звані завали вузлів. Вузли практично перестають функціонувати.

Розбирання завалів, особливо крупних вузлів, – складний і тривалий процес. Для розбирання завалів вживаються відповідні заходи: припинення приймання посилок у відділеннях зв'язку та від підприємств і організацій; припинення обмінювань з поштовим транспортом; перевезення посилок у тимчасові складські приміщення; залучення до роботи військовослужбовців, студентів, пенсіонерів та інші.

Ефективним заходом розбирання завалів є перевезення необроблених посилок у ті вузли, де існують можливості їхнього оброблення. При цьому

виникає задача визначення максимальних поштових потоків, які можливо спрямувати між вузлами мережі перевезень пошти.

Розглянемо граф $G(X, Y)$, вершини якого відповідають вузлам мережі перевезень пошти, ребра – поштовим маршрутам, що з'єднують вузли мережі, а ваги ребер – їхнім пропускним спроможностям.

Пропускна спроможність ребра дорівнює сумі пропускних спроможностей (вантажопідйомностей) транспортних одиниць усіх поштових маршрутів, що прямують по зазначеному ребру.

На рис. 16 наведений граф $G(X, Y)$, в якому $n = 5$, $m = 6$. Біля ребер графа зазначені їхні пропускні спроможності.

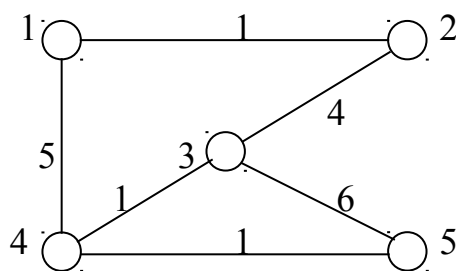


Рисунок 16 – Граф мережі

У мережі поштового зв'язку, яку відбиває граф, для перевезень пошти використовуються маршрути:

$$M1: 1 - 2 - 3 - 4 - 5, M2: 5 - 4 - 3 - 2 - 1$$

$$\text{пропускну спроможністю } R(M1) = R(M2) = R(M1/M2) = 1;$$

$$M3: 1 - 4, M4: 4 - 1$$

$$\text{пропускну спроможністю } R(M3) = R(M4) = R(M3/M4) = 5;$$

$$M5: 2 - 3 - 5, M6: 5 - 3 - 2$$

$$\text{пропускну спроможністю } R(M5) = R(M6) = R(M5/M6) = 3;$$

$$M7: 3 - 5, M8: 5 - 3$$

$$\text{пропускну спроможністю } R(M7) = R(M8) = R(M7/M8) = 3.$$

Пропускні спроможності ребер визначаються як:

$$P(1,2) = R(M1/M2) = 1;$$

$$P(1,4) = R(M3/M4) = 5;$$

$$P(2,3) = R(M1/M2) + R(M5/M6) = 4;$$

$$P(3,4) = R(M1/M2) = 1;$$

$$P(3,5) = R(M5/M6) + R(M7/M8) = 6;$$

$$P(4,5) = R(M1/M2) = 1.$$

Пропускні спроможності ребер зручно подавати у виді матриці, наведеної у табл. 26.

Таблиця 26 – Загальний вид матриці пропускних спроможностей ребер графа

Вершина	1	2	3	4	5
1	$P(1,1)$	$P(1,2)$	$P(1,3)$	$P(1,4)$	$P(1,5)$
2	$P(2,1)$	$P(2,2)$	$P(2,3)$	$P(2,4)$	$P(2,5)$
3	$P(3,1)$	$P(3,2)$	$P(3,3)$	$P(3,4)$	$P(3,5)$

4	$P(4,1)$	$P(4,2)$	$P(4,3)$	$P(4,4)$	$P(4,5)$
5	$P(5,1)$	$P(5,2)$	$P(5,3)$	$P(5,4)$	$P(5,5)$

Вершини, подані в лівій колонці, вважаються витокami, а вершини, подані в верхньому рядку, – стоками, наприклад, $P(2,4)$ – це пропускна спроможність дуги $(2,4)$, а $P(4,2)$ – пропускна спроможність дуги $(4,2)$. Пропускні спроможності ребер $(2,4)$ і $(4,2)$ співпадають. Відсутнім дугам або ребрам приписуються пропускні спроможності, що дорівнюють нулю.

У табл. 27 подана матриця пропускних спроможностей графа рис. 16 (пропускні спроможності елементів головної діагоналі матриці вважаються невизначеними).

Таблиця 27 – Матриця пропускних спроможностей графа

Вершина	1	2	3	4	5
1	-	1	0	5	0
2	1	-	4	0	0
3	0	4	-	1	6
4	5	0	1	-	1
5	0	0	6	1	-

Оскільки значення пропускних спроможностей ребер симетричні відносно головної діагоналі матриці, вони можуть бути подані у вигляді трикутної матриці, елементи якої розташовані вище або нижче зазначеної діагоналі.

Для визначення значень максимальних потоків між вузлами мережі перевезень пошти використовуються значення так званих перетинів графа.

Перетином зв'язного графа $G(X, Y)$ називається ненадмірна множина його дуг (ребер), вилучення яких розділяє зазначений граф на два незв'язаних між собою графа $G_1(X_1, Y_1)$ і $G_2(X_2, Y_2)$.

Пропускна спроможність перетину дорівнює сумі пропускних спроможностей дуг (ребер), що його створюють.

Відповідно до однієї з основних теорем теорії графів величина максимального потоку між вершинами i та j графа дорівнює мінімальній величині пропускної спроможності перетину, що розділяє зазначені вершини.

З розгляду матриць табл. 26, 27 видно, що у перетин, який розділяє, наприклад, вершини 1, 3, 5 і вершини 2, 4 входять дуги (ребра), які подані елементами, розташованими на перехрестях 1, 3, 5 рядків з 2, 4 стовпчиками зазначених матриць, тобто елементи $(1,2)$, $(1,4)$, $(3,2)$, $(3,4)$, $(5,2)$, $(5,4)$, сума пропускних спроможностей яких дорівнює $1 + 5 + 4 + 1 + 0 + 1 = 12$.

Це означає, що значення потоків між вершинами 1 і 2, 1 і 4, 3 і 2, 3 і 4, 5 і 2, 5 і 4 не перевищують 12.

Розглядаючи послідовно всі перетини, що розділяють вершини i та j , можна визначити з них те, яке має мінімальну пропускну спроможність, і, тим

самим, визначити величину максимального потоку між зазначеними вершинами.

Будемо вважати, що кожний перетин заданий n -розрядним двійковим кодом, в якому вершинам-витокам відповідають одиниці, а вершинам-стокам – нулі. Наприклад, згаданий перетин, що розділяє вершини 1, 3, 5 і 2, 4 має код 10101.

Оскільки загальне число n -розрядних двійкових кодів складає 2^n , а коди 00 ... 0 і 11 ... 1 не є кодами перетинів, існує $2^n - 2$ перетинів орієнтованого і $2^{n-1} - 1$ перетинів неорієнтованого графа. Таким чином, послідовність кодів перетинів відповідає послідовності звичайних двійкових кодів.

Визначення величин максимальних потоків між вершинами графа полягає в наступному.

Початкові величини максимальних потоків між усіма парами вершин графа подаються у виді матриці табл. 26 і приймаються необмеженими.

Створюється код чергового перетину й обчислюється величина його пропускної спроможності, яка порівнюється з раніше отриманими величинами всіх потоків, що поділяються зазначеним перетином.

Якщо обчислена величина пропускної спроможності перетину менше, ніж величина відповідного потоку, остання замінюється першою.

Після розглядання всіх перетинів графа автоматично створюється матриця величин максимальних потоків між усіма парами вершин графа, тобто, між усіма парами вузлів мережі перевезень пошти.

Алгоритм визначення величин максимальних потоків між вершинами графа $G(X,Y)$ поданий на рис. 17.

Алгоритм містить 10 блоків.

У блоці 1 провадиться уведення матриці пропускних спроможностей ребер графа.

У блоці 2 усім елементам матриці максимальних потоків, крім розташованих на головній діагоналі, надаються необмежені значення, які подаються у виді надмірних чисел 999.

У блоці 3 коду перетину надається початкове значення $K = 00 \dots 0$.

У блоці 4 код перетину збільшується на одиницю.

У блоці 5 виконується розрахунок пропускної спроможності перетину $R(K)$.

У блоці 6 провадиться визначення значення чергового потоку $P(i, j)$ між вершинами i, j , що поділяються зазначеним перетином.

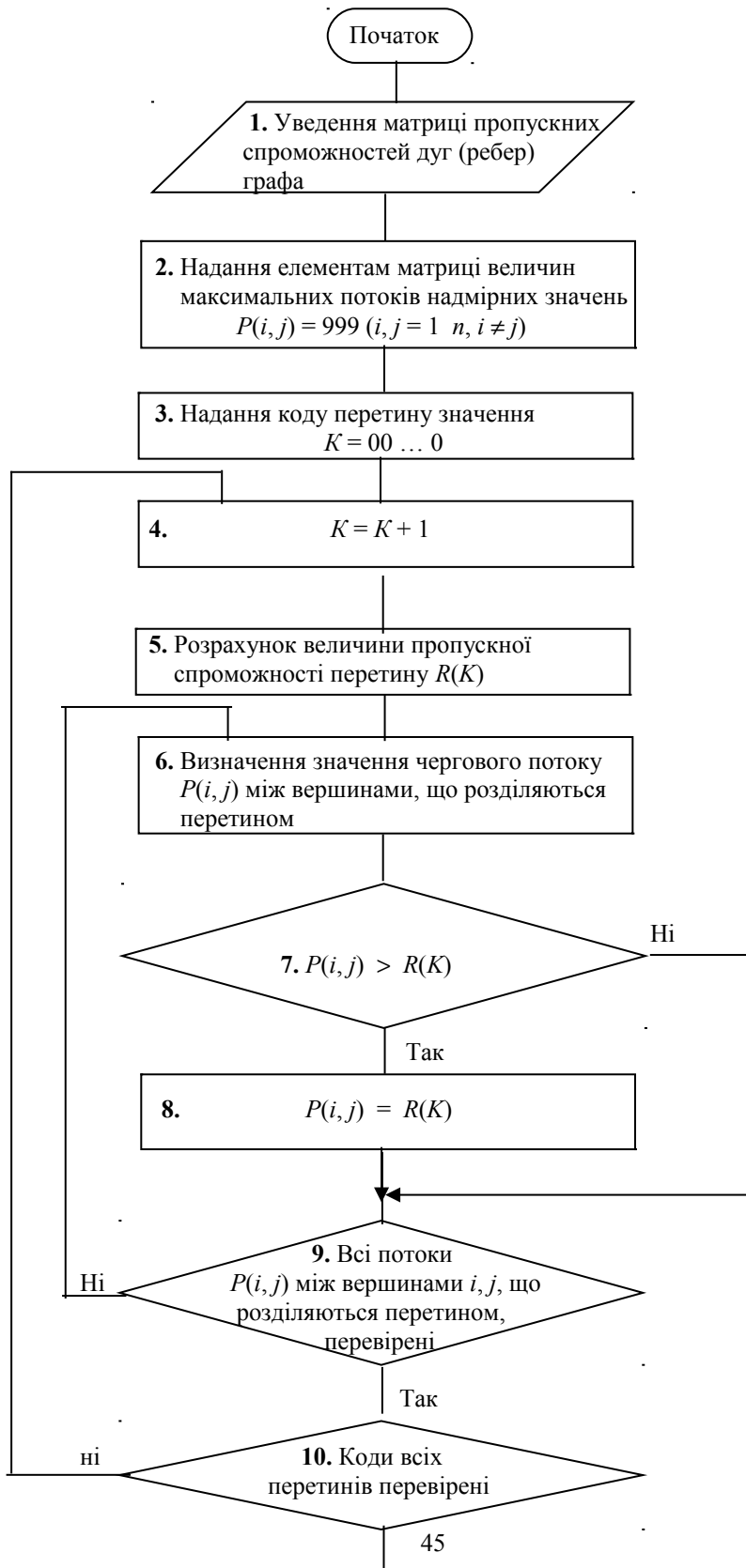
У блоці 7 величина потоку $P(i, j)$ порівнюється з величиною пропускної спроможності перетину $R(K)$. При $P(i, j) > R(K)$ – перехід до блока 8, при $P(i, j) \leq R(K)$ – до блока 9.

У блоці 8 величина $P(i, j)$ замінюється величиною $R(K)$.

У блоці 9 перевіряється, чи всі потоки $P(i, j)$ між вершинами i, j , що розділяються перетином, перевірені. Якщо “Так” – перехід до блока 10, якщо “Ні” – повернення до блока 6.

У блоці 10 перевіряється значення коду перетину. Якщо він менше

11 ...1 для орієнтованого графа або 10 ...0 для неорієнтованого – повернення до блока 4, в протилежному випадку робота алгоритму закінчується.



Так



Рисунок 17 – Алгоритм визначення величин максимальних потоків між вершинами графа

У табл. 28 ... 35 наведено послідовність кроків формування матриці максимальних потоків для графа рис. 16. Кроки, що не змінюють значень потоків, випущені.

Таблиця 28 – Формування матриці максимальних потоків

Крок 0: початковий					
Вершина	1	2	3	4	5
1	-	999	999	999	999
2	999	-	999	999	999
3	999	999	-	999	999
4	999	999	999	-	999
5	999	999	999	999	-

Таблиця 29 – Формування матриці максимальних потоків

Крок 1: $R(00001) = R(11110) = 7$					
Вершина	1	2	3	4	5
1	-	999	999	999	7
2	999	-	999	999	7
3	999	999	-	999	7
4	999	999	999	-	7
5	7	7	7	7	-

Таблиця 30 – Формування матриці максимальних потоків

Крок 2: $R(00010) = R(11101) = 7$					
Вершина	1	2	3	4	5
1	-	999	999	7	7
2	999	-	999	7	7
3	999	999	-	7	7
4	7	7	7	-	7
5	7	7	7	7	-

Таблиця 31 – Формування матриці максимальних потоків

Крок 4: $R(00100) = R(11011) = 11$					
Вершина	1	2	3	4	5
1	-	999	11	7	7
2	999	-	11	7	7
3	11	11	-	7	7
4	7	7	7	-	7
5	7	7	7	7	-

Таблиця 32 – Формування матриці максимальних потоків

Крок 5: $R(00101) = R(11010) = 6$					
Вершина	1	2	3	4	5
1	-	999	6	7	6
2	999	-	6	7	6
3	6	6	-	6	7
4	7	7	6	-	6
5	6	6	7	6	-

Таблиця 33 – Формування матриці максимальних потоків

Крок 8: $R(01000) = R(10111) = 5$					
Вершина	1	2	3	4	5
1	-	5	6	7	6
2	5	-	5	5	5
3	6	5	-	6	7
4	7	5	6	-	6
5	6	5	7	6	-

Таблиця 34 – Формування матриці максимальних потоків

Крок 13: $R(01101) = R(10010) = 3$					
Вершина	1	2	3	4	5
1	-	3	3	7	3
2	3	-	5	3	5
3	3	5	-	3	7

Таблиця 35 – Формування матриці максимальних потоків

Крок 15: $R(01111) = R(10000) = 6$					
Вершина	1	2	3	4	5
1	-	3	3	6	3
2	3	-	5	3	5
3	3	5	-	3	7

4	7	3	3	-	3	4	6	3	3	-	3
5	3	5	7	3	-	5	3	5	7	3	-

При визначенні шляхів передачі максимальних потоків між вузлами мережі перевезень пошти слід враховувати, що наявність прямого маршруту між вузлами i, j не означає його обов'язкового використання.

Так, згідно з табл. 35, максимальний потік між вузлами 1 і 5 становить 3. У перетин з мінімальною пропускною спроможністю, що розділяє вузли 1 і 5, входять ребра (1,2), (3,4), (4,5).

Якщо для передачі максимального потоку використати прямий маршрут $M1: 1 - 2 - 3 - 4 - 5$ пропускною спроможністю 1, він займе всі зазначені ребра і, тим самим, перекриє інші шляхи його передачі.

Передача максимального потоку буде забезпечена, якщо для цього використати комбіновані маршрути $M1, M5: 1 - 2 - 3 - 5$ пропускною спроможністю 1; $M3, M2, M5: 1 - 4 - 3 - 5$ пропускною спроможністю 1; $M3, M1: 1 - 4 - 5$ пропускною спроможністю 1.

Контрольні питання

1. Що називається графом?
2. Який граф називається орієнтованим, неорієнтованим, змішаним?
3. Який граф називається графом-деревом і яку кількість дуг (ребер) він містить?
4. Який граф називається повним і яку кількість дуг (ребер) він містить?
5. Який граф називається зваженим?
6. Який граф відповідає найкоротшій мережі перевезень пошти?
7. Який маршрут називається найкоротшим?
8. Що являє собою рельєф графа?
9. Чим визначається можливість чи неможливість побудови такого шляху на графі, в який кожна дуга (ребро) входить лише один раз?
10. Чим визначається можливість чи неможливість побудови такого шляху на графі, в який кожна вершина входить лише один раз?
11. Що називається перетином графа?
12. Як пов'язані між собою потік між будь-якою парою вершин графа і його перетином?

Список рекомендованої літератури

1. Ящук Л.О. Застосування методів теорії графів для розв'язання типових задач поштового зв'язку: Методичний посібник. – Одеса: ОНАЗ, 2006. – 32 с.
2. Ящук Л.О. Алгоритм побудови найкоротших кільцевих маршрутів перевезення пошти // Зв'язок. – 2003. – № 4. – С. 40-42.

3. ОПТИМІЗАЦІЯ СТРУКТУР МЕРЕЖ ПОШТОВОГО ЗВ'ЯЗКУ

3.1. Загальна характеристика задач оптимізації структур мереж поштового зв'язку

Цілі і завдання оптимізації

Основними цілями оптимізації є:

- зниження витрат на оброблення й перевезення пошти;
- створення передумов упровадження засобів автоматизованого оброблення пошти.

Основними завданнями оптимізації є:

- розробка структури мережі поштового зв'язку;
- розробка схем перевезень пошти;
- розробка технологій ручного та автоматизованого оброблення пошти;
- синхронізація оброблення й перевезення пошти.

Критерії та обмеження оптимізації

Задача оптимізації мережі поштового зв'язку України постає як задача побудови мережі, оптимальної за критерієм мінімізації сумарних витрат на перевезення й оброблення пошти

$$S_{\text{мер}} = S_{\text{пер}} + S_{\text{обр}} = \min.$$

Основними обмеженнями при розв'язанні задачі є:

- задані нормативні строки пересилання письмової кореспонденції;
- значення мінімального часу готовності пошти до відправлення з об'єктів поштового зв'язку;
- значення максимального часу надходження пошти до об'єктів поштового зв'язку;
- значення часу оброблення пошти в об'єктах поштового зв'язку;
- значення часу готовності періодичних видань до відправлення з експедиційних об'єктів поштового зв'язку;
- значення мінімального часу початку останнього виймання листів із поштових скриньок;
- значення обсягів поштових потоків;
- вартість перевезення пошти по поштових маршрутах;
- вартість оброблення пошти в об'єктах поштового зв'язку;
- типи та вантажопідйомності транспортних засобів для перевезення пошти;
- значення середніх швидкостей руху поштового транспорту по поштових маршрутах.

Шляхи і методи розв'язання задач оптимізації

Основними шляхами розв'язання задач оптимізації є:

- скорочення кількості рівнів ієрархії об'єктів поштового зв'язку за рахунок переходу від громіздкої та надмірної чотирирівневої ієрархії об'єктів мережі поштового зв'язку, побудованої за адміністративно-територіальним принципом, до більш компактної та гнучкої трирівневої ієрархії об'єктів мережі поштового зв'язку, побудованої за функціонально-територіальним принципом;
- суттєве скорочення кількості об'єктів поштового зв'язку за рахунок розширення зон обслуговування тих об'єктів, що залишаються.

Основними методами розв'язання задач оптимізації є:

- методи теорії графів;
- методи математичного аналізу;
- методи комбінаторики;
- методи математичного моделювання;
- методи спрямованого перебору.

3.2. Оптимізація кількості рівнів ієрархії мереж поштового зв'язку

Структура мережі поштового зв'язку чинить вирішальний вплив на всі її техніко-економічні показники, основними серед яких є витрати на перевезення й оброблення пошти та нормативні строки пересилання поштових одиниць між об'єктами поштового зв'язку.

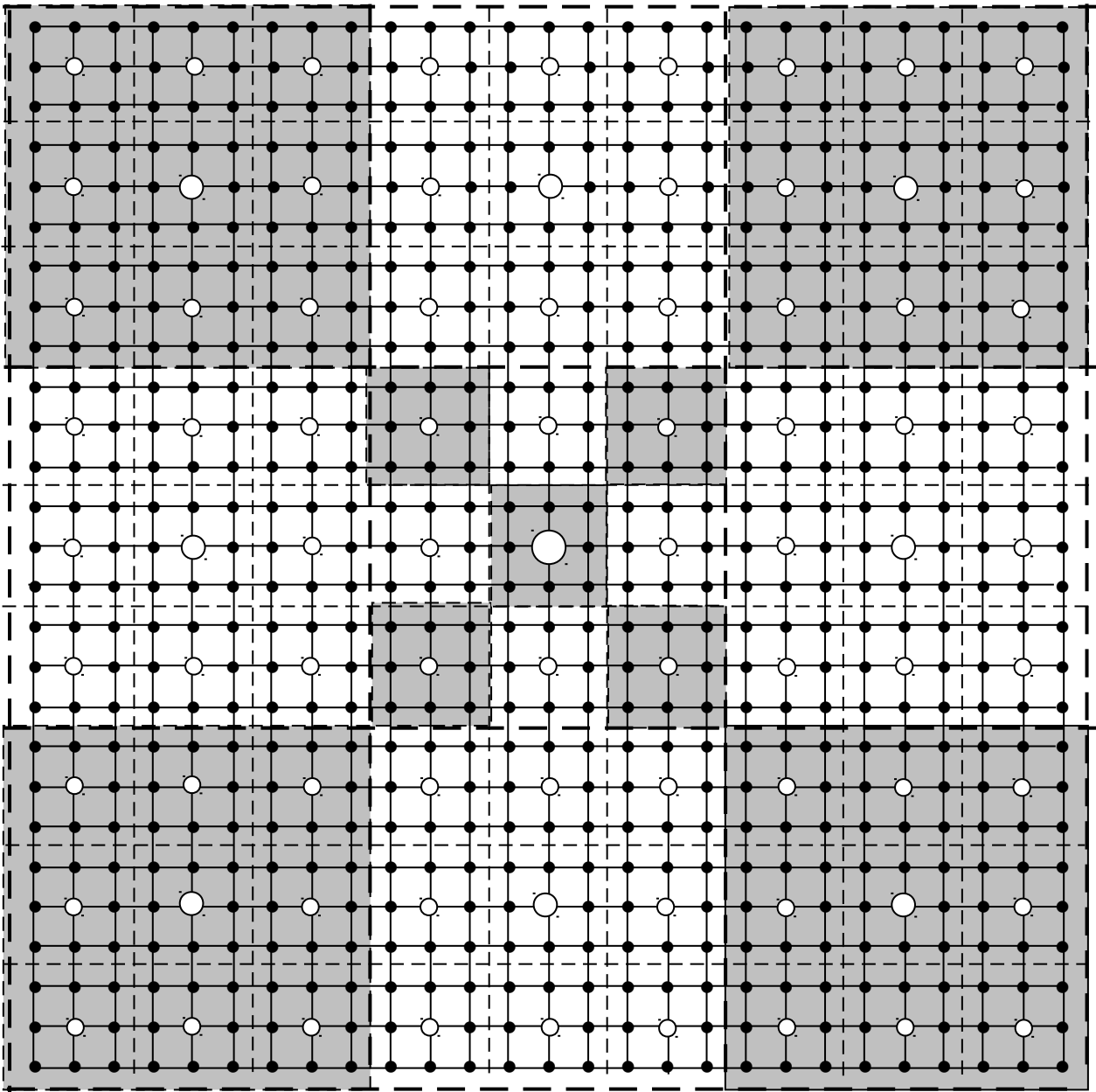
Про вплив кількості рівнів ієрархії об'єктів мережі поштового зв'язку на її основні техніко-економічні показники свідчить хоча й умовний, але дуже переконливий приклад, наведений на рис. 18.

Умовна мережа поштового зв'язку містить 729 вузлів (відділень) зв'язку, що розташовані у вузлах прямокутних решіток розміром 27×27 і пов'язані між собою горизонтальними та вертикальними шляхами; протяжність шляху між будь-якими сусідніми вузлами дорівнює одиниці.

Як вузли виступають:

- головний вузол (ГВ), розташований в центральному вузлі решіток;
- регіональні вузли (РВ), розташовані в центральних вузлах частин решіток розміром 9×9 ;
- окружні вузли (ОВ), розташовані в центральних вузлах частин решіток розміром 3×3 ;
- відділення зв'язку (ВЗ), розташовані в усіх вузлах решіток.

Для наочності відповідні частини решіток виділені.



- головний вузол
- регіональний вузол
- окружний вузол
- відділення зв'язку

Рисунок 18 – Умовна мережа поштового зв'язку

У табл. 36 наведено значення кількості та загальної й середньої протяжностей поштових маршрутів між об'єктами мережі поштового зв'язку (рис. 18).

Таблиця 36 – Кількість та загальна і середня протяжності поштових маршрутів

Поштові маршрути	Кількість поштових маршрутів	Протяжності поштових маршрутів	
		Загальні	Середні
ГВ – ВЗ	728	9828	13,5
ГВ – ОВ	80	1080	13,5
ГВ – РВ	8	108	13,5
РВ – ВЗ	720	3240	4,5
РВ – ОВ	72	324	4,5
ОВ – ВЗ	648	972	1,5

Розглянемо чотири варіанти організації мережі.

Варіант 1. Пересилання пошти здійснюється за схемою ВЗ – ГВ – ВЗ.

Варіант 2. Пересилання пошти здійснюється за схемою ВЗ – РВ – ГВ – РВ – ВЗ.

Варіант 3. Пересилання пошти здійснюється за схемою ВЗ – ОВ – ГВ – ОВ – ВЗ.

Варіант 4. Пересилання пошти здійснюється за схемою ВЗ – ОВ – РВ – ГВ – РВ – ОВ – ВЗ.

У табл. 37 наведено основні техніко-економічні показники мереж поштового зв'язку за зазначеними варіантами пересилання пошти (враховано дані табл. 36).

Таблиця 37 – Основні техніко-економічні показники мереж поштового зв'язку

Техніко-економічні показники мереж поштового зв'язку	Варіанти пересилання пошти			
	1	2	3	4
Кількість рівнів ієрархії об'єктів мереж поштового зв'язку	2	3	3	4
Загальна кількість поштових маршрутів	728	728	728	728
Загальна протяжність поштових маршрутів	9828	3348	2052	1404
Середня протяжність поштових маршрутів	27	36	30	39
Загальна кількість транзитних вузлів, задіяних в обробленні пошти	1	9	81	81
Кількість транзитних вузлів, задіяних в обробленні однієї поштової одиниці	1	3	3	5
Кількість поштових маршрутів, задіяних в перевезенні однієї поштової одиниці	2	4	4	6
Строки пересилання пошти	мінімальні	середні	середні	максимальні

З порівняння наведених варіантів випливає, що при збільшенні кількості рівнів ієрархії вузлів мережі сумарна протяжність поштових маршрутів багаторазово зменшується, але, разом з цим, значно зростають витрати на оброблення пошти, пов'язані зі зростанням кількості вузлів, в яких це оброблення відбувається, і відповідним зростанням витрат на утримання виробничого і

адміністративно-управлінського персоналу; збільшується час проходження поштових маршрутів як за рахунок їх подовження, так і за рахунок збільшення часу, що витрачається на оброблення пошти в об'єктах поштового зв'язку; суттєво ускладнюється синхронізація оброблення й перевезення пошти; виникає необхідність застосування авіап перевезень пошти для виконання установлених Адміністрацією зв'язку України нормативних строків пересилання пошти між об'єктами мережі поштового зв'язку.

Загальна кількість поштових маршрутів за усіма варіантами залишається незмінною і складає 728, оскільки структури всіх мереж є графами-деревами.

Подолання суперечностей табл. 37 є однією з основних задач оптимізації структури мережі поштового зв'язку.

Комплексний аналіз позитивних і негативних наслідків зміни кількості рівнів ієрархії об'єктів мережі поштового зв'язку однозначно свідчить про доцільність її зменшення.

Переконливим підтвердженням цьому є досвід перебудови мережі поштового зв'язку однієї з найбільш крупних країн Європи – ФРН з трирівневої ієрархії об'єктів поштового зв'язку, побудованої за адміністративно-територіальним принципом (земельні вузли – окружні вузли – відділення зв'язку), на дворівневу ієрархію об'єктів поштового зв'язку, побудовану за функціонально-територіальним принципом (територіальні вузли – відділення зв'язку).

Згідно з цією перебудовою у ФРН було ліквідовано всі земельні й окружні вузли поштового зв'язку і замість них створено 83 територіальні вузли поштового зв'язку, з'єднані між собою автомобільними (до 600 км) або авіаційними (понад 600 км) поштовими маршрутами.

Основним наслідком такої перебудови стало досягнення найвищих показників якості поштового зв'язку – нормативних строків $D + 1$ пересилання внутрішньої письмової кореспонденції в межах усієї країни, при тому, що значна частина цієї кореспонденції пересилається за принципом „ввечері відправлено – вранці доставлено”, що дозволило пошті ФРН значно послабити позиції електронних засобів телекомунікацій у пересиланні ділової кореспонденції та зайняти провідне місце в Європі і в світі.

Виходячи з цього, перехід від чотирирівневої структури мережі поштового зв'язку, побудованої за адміністративно-територіальним принципом, до трирівневої структури мережі поштового зв'язку, побудованої за функціонально-територіальним принципом, визначено як основний напрям оптимізації мережі поштового зв'язку України.

3.3. Оптимізація кількості та місць розташування об'єктів поштового зв'язку

Основними чинниками, що визначають оптимальну кількість поштових регіонів і поштових округів є мінімізація витрат на перевезення й оброблення пошти і загальнодержавних періодичних видань за умов забезпечення виконання установлених Адміністрацією зв'язку України нормативних строків пересилання письмової кореспонденції між об'єктами поштового зв'язку.

Розглянемо задачу оптимізації кількості та місць розташування m РВ серед n ОВ на імітаційних моделях мереж поштового зв'язку.

Схеми імітаційних моделей мереж поштового зв'язку наведено на рис. 19.

ОВ розташовані у вершинах правильних 12-кутників, вписаних у кола одиничного радіусу; нумерація вузлів збігається з нумерацією годин на циферблаті годинника; кількість РВ змінюється від 1 до 6; РВ затінено; магістральні поштові маршрути виділено жирними лініями; верхній ряд схем – для з'єднання РВ за принципом „Кожний з кожним” (надалі – структура A); нижній ряд схем – для з'єднання РВ через ГВ (надалі – структура B).

У табличках, розташованих під відповідними схемами, наведено значення кількості РВ m , сумарної протяжності магістральних поштових маршрутів L_{MM} , сумарної протяжності регіональних поштових маршрутів L_{PM} та загальної сумарної протяжності магістральних і регіональних поштових маршрутів L_{Σ} .

Значення протяжностей кожного з магістральних або регіональних поштових маршрутів розраховуються як протяжності відповідних хорд

$$L = 2 \sin \frac{\alpha}{2},$$

де α – центральний кут відповідної хорди.

На рис. 19 значенням $\alpha = 30^\circ; 60^\circ; 90^\circ; 120^\circ; 150^\circ; 180^\circ$ відповідають значення $L = 0,52; 1,00; 1,41; 1,73; 1,92; 2,00$.

Рис. 19

На рис. 20 наведено графіки залежностей протяжностей маршрутів L_{MM} , L_{PM} , L_{Σ} , визначених на рис. 19, від кількості РВ m .

$L_{MM}, L_{PM}, L_{\Sigma}$

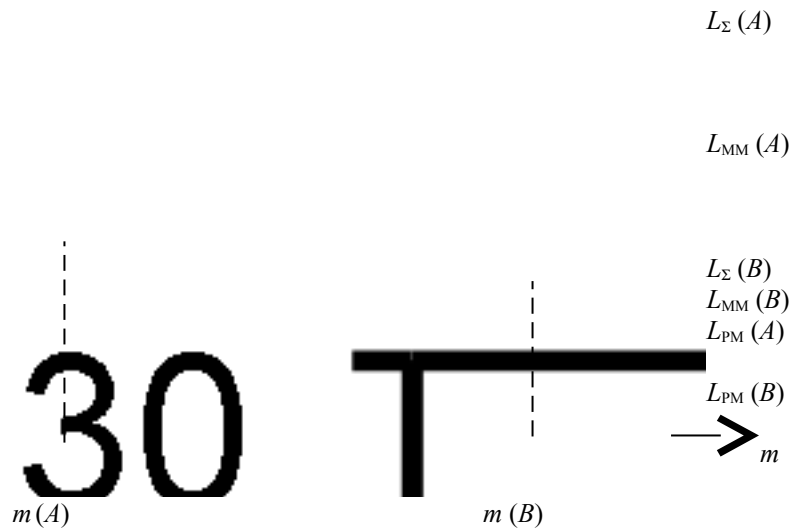


Рисунок 20 – Графіки залежностей протяжностей поштових маршрутів від кількості РВ

З рис. 20 випливає:

– незважаючи на наявність незначних локальних відхилень, зі зростанням кількості РВ сумарні протяжності магістральних маршрутів в мережі за структурою A збільшуються в залежності, близькій до квадратної, а в мережі за структурою B – в залежності, близькій до лінійної; сумарні протяжності регіональних маршрутів в мережах за обома структурами зменшуються в залежності, близькій до обернено пропорційної;

– в мережах поштового зв'язку спостерігається наявність таких значень кількості РВ, за яких загальна сумарна протяжність магістральних і регіональних поштових маршрутів сягає мінімуму;

– кількість РВ, за якої спостерігається мінімум загальної сумарної протяжності магістральних і регіональних поштових маршрутів, в мережі поштового зв'язку за структурою A , менше ніж в мережі поштового зв'язку за структурою B .

Кількість РВ визначає кількість вузлів та кількість ділянок у шляхах пересилання пошти між об'єктами мережі поштового зв'язку.

У залежності від взаємного розташування вузлів відправлення і призначення, кількість зазначених вузлів може змінюватися від 1 (місцева пошта) до 4 (пересилання пошти за схемою $OB - PB - PB - OB$ в мережі поштового зв'язку за структурою A) або до 5 (пересилання за схемою $OB - PB - GB - PB - OB$ в

мережі поштового зв'язку за структурою B), а кількість зазначених ділянок – від 0 (місцева пошта) до 3 (пересилання пошти за схемою $OB - PB - PB - OB$ в мережі поштового зв'язку за структурою A) або до 4 (пересилання пошти за схемою $OB - PB - GB - PB - OB$ в мережі поштового зв'язку за структурою B).

При цьому потік між двома окружними вузлами обробляється у декількох вузлах i , тим самим, відповідно збільшує сумарні обсяги оброблення пошти в мережі та завантажує транспортні засоби декількох поштових маршрутів i , тим самим, відповідно збільшує сумарні обсяги перевезення пошти в мережі.

Для аналізу впливу кількості PB на сумарні обсяги оброблення пошти у вузлах мережі поштового зв'язку та на сумарні обсяги перевезень пошти між вузлами мережі поштового зв'язку необхідно визначити значення кількості вузлів та кількості ділянок у шляхах проходження пошти між кожною парою вузлів і розрахувати середню кількість таких вузлів та ділянок.

Для спрощення розрахунків усі потоки між вузлами умовної мережі поштового зв'язку вважаються одиничними.

Приклади визначення кількості вузлів D_1, D_2, D_3, D_4, D_5 та кількості ділянок E_0, E_1, E_2, E_3, E_4 у шляхах пересилання пошти в умовній мережі поштового зв'язку за структурою A при $n = 12, m = 4$ (рис. 19) наведено на рис. 21. Значення затінених елементів для умовної мережі поштового зв'язку за структурою B збільшуються на одиницю. Вузол 12 – GB .

	12	1	11	3	2	4	6	5	7	9	8	10
12	1	2	2	2	3	3	2	3	3	2	3	3
1	2	1	3	3	4	4	3	4	4	3	4	4
11	2	3	1	3	4	4	3	4	4	3	4	4
3	2	3	3	1	2	2	2	3	3	2	3	3
2	3	4	4	2	1	3	3	4	4	3	4	4
4	3	4	4	2	3	1	3	4	4	3	4	4
6	2	3	3	2	3	3	1	2	2	2	3	3
5	3	4	4	3	4	4	2	1	3	3	4	4
7	3	4	4	3	4	4	2	3	1	3	4	4
9	2	3	3	2	3	3	2	3	3	1	2	2
8	3	4	4	3	4	4	3	4	4	2	1	3
10	3	4	4	3	4	4	3	4	4	2	3	1

Рисунок 21 – Визначення кількості вузлів та кількості ділянок у шляхах пересилання пошти

Враховуючи, що кількість ділянок у будь-яких шляхах пересилання пошти завжди менше кількості вузлів у цих шляхах на одиницю, кількість діля-

нок E_0, E_1, E_2, E_3, E_4 в зазначеній умовній мережі визначається відповідними значеннями D_1, D_2, D_3, D_4, D_5 , зменшеними на одиницю.

Значення кількості вузлів та кількості ділянок у шляхах пересилання пошти при $n = 12, m = 1, 2, 3, 4, 5, 6$ наведено у табл. 38.

Таблиця 38 – Значення кількості вузлів та кількості ділянок у шляхах пересилання пошти

Кількість сортувальних вузлів	Структура мережі	Кількість вузлів та кількість ділянок						
		D_1 E_0	D_2 E_1	D_3 E_2	D_4 E_3	D_5 E_4	D_c	E_c
$m = 1$	A	12	22	110	0	0	2,68	1,68
	B	12	22	110	0	0	2,68	1,68
$m = 2$	A	12	22	60	50	0	3,03	2,03
	B	12	22	60	50	0	3,03	2,03
$m = 3$	A	12	24	54	54	0	3,04	2,04
	B	12	22	44	48	18	3,26	2,26
$m = 4$	A	12	28	56	48	0	2,97	1,97
	B	12	22	38	48	24	3,35	2,35
$m = 5$	A	12	34	60	38	0	2,86	1,86
	B	12	22	36	48	26	3,38	2,38
$m = 6$	A	12	42	60	30	0	2,75	1,75
	B	12	22	40	50	20	3,31	2,31

Наведені у табл. 38 значення середньої кількості вузлів D_c у шляхах пересилання пошти визначаються зі співвідношення:

$$D_c = \frac{D_1 + 2D_2 + 3D_3 + 4D_4 + 5D_5}{D_1 + D_2 + D_3 + D_4 + D_5} = \frac{D_1 + 2D_2 + 3D_3 + 4D_4 + 5D_5}{144},$$

а значення середньої кількості ділянок E_c у зазначених шляхах – зі співвідношення:

$$E_c = \frac{E_1 + 2E_2 + 3E_3 + 4E_4}{E_0 + E_1 + E_2 + E_3 + E_4} = \frac{E_1 + 2E_2 + 3E_3 + 4E_4}{144}.$$

На рис. 22 наведено графіки залежностей кількості вузлів D_c та кількості ділянок E_c у шляхах пересилання пошти від кількості РВ m .

З рис. 22 випливає:

– в мережах поштового зв'язку спостерігається наявність таких значень кількості РВ, за яких середня кількість вузлів та середня кількість ділянок у шляхах пересилання пошти одночасно сягають максимуму;

– кількість РВ, за якої спостерігається максимум середньої кількості вузлів та середньої кількості ділянок у шляхах пересилання пошти, в мережі поштового зв'язку за структурою A менше ніж в мережі поштового зв'язку за структурою B .

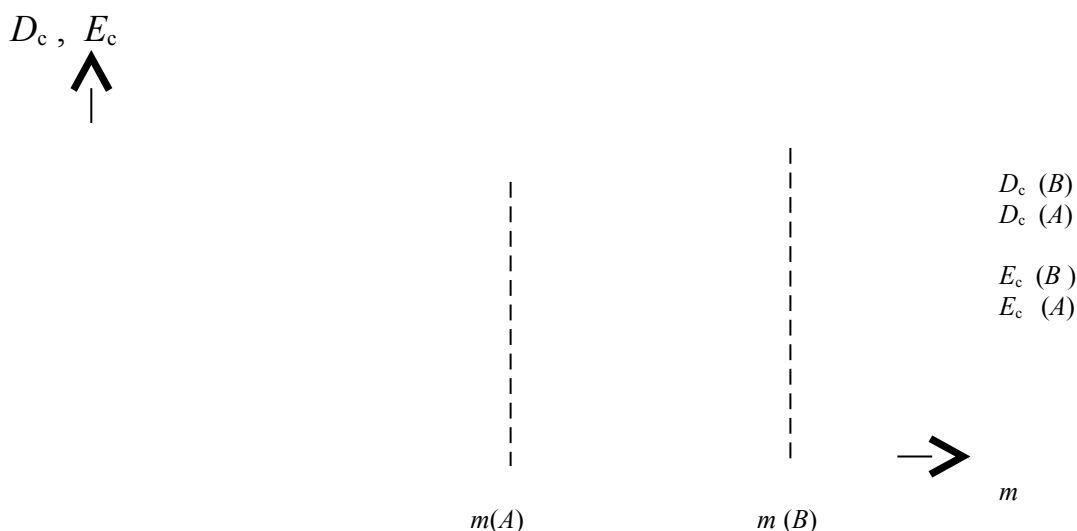


Рисунок 22 – Залежності D_c та E_c від m

Структурний алгоритм визначення оптимальної кількості та місць розташування РВ наведено на рис. 23.

Алгоритм містить 11 блоків.

У блоці 1 виконується уведення початкових даних – номерів і назв ОВ, на базі яких можуть створюватися РВ; загальна кількість ОВ n ; матриця зв'язності ОВ $\|a_{ij}\| (i, j = 1, 2, \dots, n)$.

У блоці 2 значенню загальної сумарної протяжності поштових маршрутів L_{Σ}^0 присвоюється початкове нескінченне значення.

У блоці 3 здійснюється формування чергової поточної сукупності РВ.

У блоці 4 провадиться закріплення ОВ за РВ за критерієм мінімальних відстаней.

У блоці 5 виконується розрахунок сумарної протяжності магістральних поштових маршрутів L_{MM}^i за поточним варіантом.

У блоці 6 виконується розрахунок сумарної протяжності регіональних поштових маршрутів L_{PM}^i за поточним варіантом.

У блоці 7 виконується розрахунок загальної сумарної протяжності магістральних і регіональних поштових маршрутів $L_{\Sigma}^i = L_{MM}^i + L_{PM}^i$ за поточним варіантом.

У блоці 8 загальна сумарна протяжність поштових маршрутів L_{Σ}^0 порівнюється з загальною сумарною протяжністю поштових маршрутів L_{Σ}^i . При виконанні умови $L_{\Sigma}^0 > L_{\Sigma}^i$ здійснюється перехід до блока 9, при невиконанні – до блока 11.

У блоці 9 значення L_{Σ}^0 замінюється значенням L_{Σ}^i , значення L_{MM}^0 – значенням L_{MM}^i , а значення L_{PM}^0 – значенням L_{PM}^i .

У блоці 10 запам'ятовуються кількість та назви РВ і назви ОВ, закріплені за кожним з РВ.

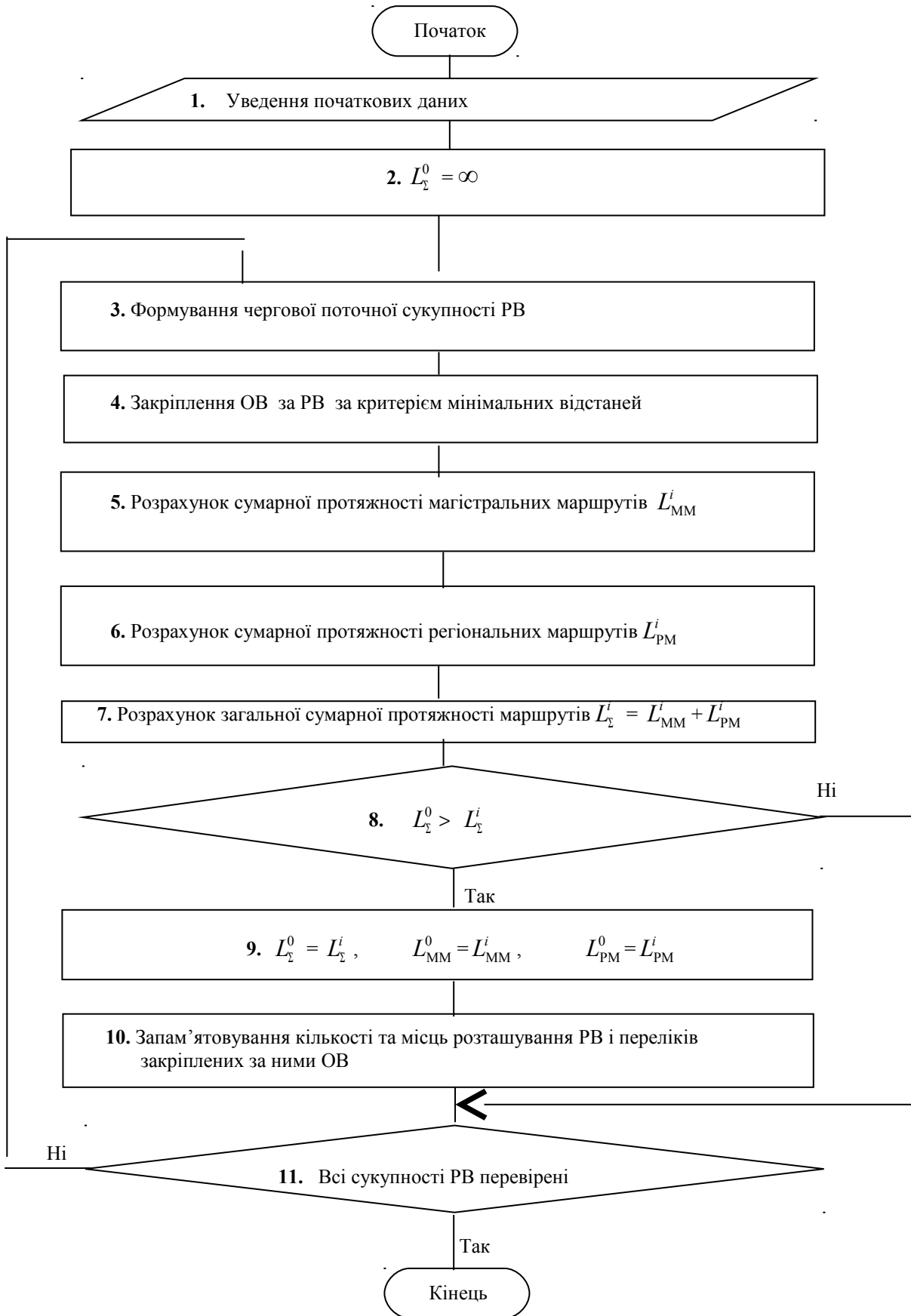


Рисунок 23 – Структурний алгоритм визначення оптимальної кількості та місць розташування РВ

У блоці 11 провадиться перевірка, чи всі сукупності РВ перевірені. Якщо “Ні” – повернення до блока 3, якщо “Так” – закінчення роботи алгоритму.

Наведений на рис. 23 алгоритм передбачає повний перебір усіх можливих варіантів кількості та місць розташування m РВ серед n ОВ.

Як вже зазначалося, при реальних значеннях кількості ОВ $n \approx 120$, кількість можливих варіантів розташування серед них $m = 1, 2, \dots, 120$ РВ складає $2^n - 1 \approx 2^{120}$, астрономічна величина якої не дозволяє розв’язати задачу оптимізації кількості та місць розташування m РВ серед n ОВ за допомогою ЕОМ.

Враховуючи, що мінімум загальної протяжності магістральних і регіональних поштових маршрутів спостерігається в області малих значень m , для переходу від повного до спрямованого перебору варіантів кількості та місць розташування m РВ серед n ОВ достатньо знайти поточні мінімуми зазначеної сумарної протяжності L_{Σ}^k і L_{Σ}^{k+1} для сусідніх поточних значень k і $k+1$ кількості РВ серед n ОВ ($1 \leq k \leq m$) і визначити оптимальне значення k виходячи з умови $L_{\Sigma}^k < L_{\Sigma}^{k+1}$.

При цьому послідовності номерів РВ у кожному з варіантів визначаються як

$$N_1 (1 \leq N_1 \leq n - k + 1), N_2 (N_1 + 1 \leq N_2 \leq n - k + 2), \dots, N_k (N_{k-1} + 1 \leq N_k \leq n).$$

Наприклад, при $n = 5, k = 3$ одержимо наступні $C_5^3 = 10$ трійок номерів РВ: 1, 2, 3; 1, 2, 4; 1, 2, 5; 1, 3, 4; 1, 3, 5; 1, 4, 5; 2, 3, 4; 2, 3, 5; 2, 4, 5; 3, 4, 5.

Оптимальна кількість поштових округів визначається як їх мінімальна кількість за умов проходження окружних поштових маршрутів у денний час (орієнтовно з 10.00 до 16.00). При цьому кількість окружних маршрутів повинна також бути мінімальною, а, отже, кількість ВЗ, розташованих на кожному з окружних маршрутів, – максимальною.

Максимальна кількість k сільських ВЗ, розташованих на одному окружному маршруті, може бути визначена з наступних міркувань.

В Україні близько 12 тисяч сільських ВЗ, на долю кожного з яких, в середньому, припадає територія $603700/12000 = 50,3$ кв.км (умовно круг радіусом 4 км). Виходячи з цього середні відстані між сільськими ВЗ складають близько 8 км.

Окружний маршрут включає три частини:

- першу (неробочу) протяжністю L_1 від ОВ до першого ВЗ;
- другу (робочу) протяжністю L_2 від першого до останнього ВЗ;
- третю (неробочу) протяжністю L_3 від останнього ВЗ до ОВ.

За середньої швидкості руху поштового транспорту по окружних маршрутах 30 км/год, наявності k сільських ВЗ, розташованих на одному окружному маршруті, середній відстані між сільськими ВЗ 8 км і нормативі часу обмінювання пошти з сільськими ВЗ 5 хв., час проходження окружного маршруту $T_{\text{ОМ}}$ розподіляється між його складовими T_1, T_2 і T_3 наступним чином:

$$T_{\text{ОМ}} = T_1 + T_2 + T_3 = \frac{L_1}{30} + \frac{8(k-1)}{30} + \frac{k}{12} + \frac{L_3}{30} = 6.$$

Максимальна кількість сільських ВЗ на одному окружному маршруті досягається при $L_1 = L_3 = 8$ км і складає $k \approx 16$. При цьому протяжність окружного маршруту складає $8(k + 1) \approx 136$ км, а відстань між ОВ і максимально віддаленим від нього ВЗ – 68 км.

Оскільки окружні маршрути мають зигзагоподібні траси, відстань між ОВ і максимально віддаленим від нього ВЗ, виміряна по прямій, а, отже, і радіус зони обслуговування ОВ складає близько 40 км.

Враховуючи принципову неможливість виконання умови $L_1 = L_3 = 8$ км більш ніж для трьох окружних маршрутів (на колі радіусом 8 км з центром в ОВ може бути розташовано лише 6 ВЗ, середні відстані між якими 8 км), складові L_1 і L_3 окружних маршрутів зростають, а L_2 – зменшується, внаслідок чого реальна максимальна кількість ВЗ на одному окружному маршруті зменшується в середньому з 16 до 12.

Оскільки площа круга радіусом 40 км складає 5024 кв. км, на території України (603700 кв. км) орієнтовно повинно бути створено близько 120 ОВ.

Місця розташування зазначених ОВ визначаються як місця розташування обласних центрів, міст обласного підпорядкування і районних центрів, більш-менш рівномірно розташованих на території України.

3.4. Оптимізація структури магістральної мережі поштового зв'язку

Враховуючи, що зі значної кількості можливих варіантів з'єднання РВ між собою переважна частина не задовольняє умовам зниження витрат на перевезення й оброблення пошти та не забезпечує можливості виконання нормативних строків пересилання поштових одиниць, доцільно розглянути і порівняти лише принципово різні структури магістральних мереж поштового зв'язку.

Класифікацію структур магістральних мереж поштового зв'язку наведено на рис. 24.

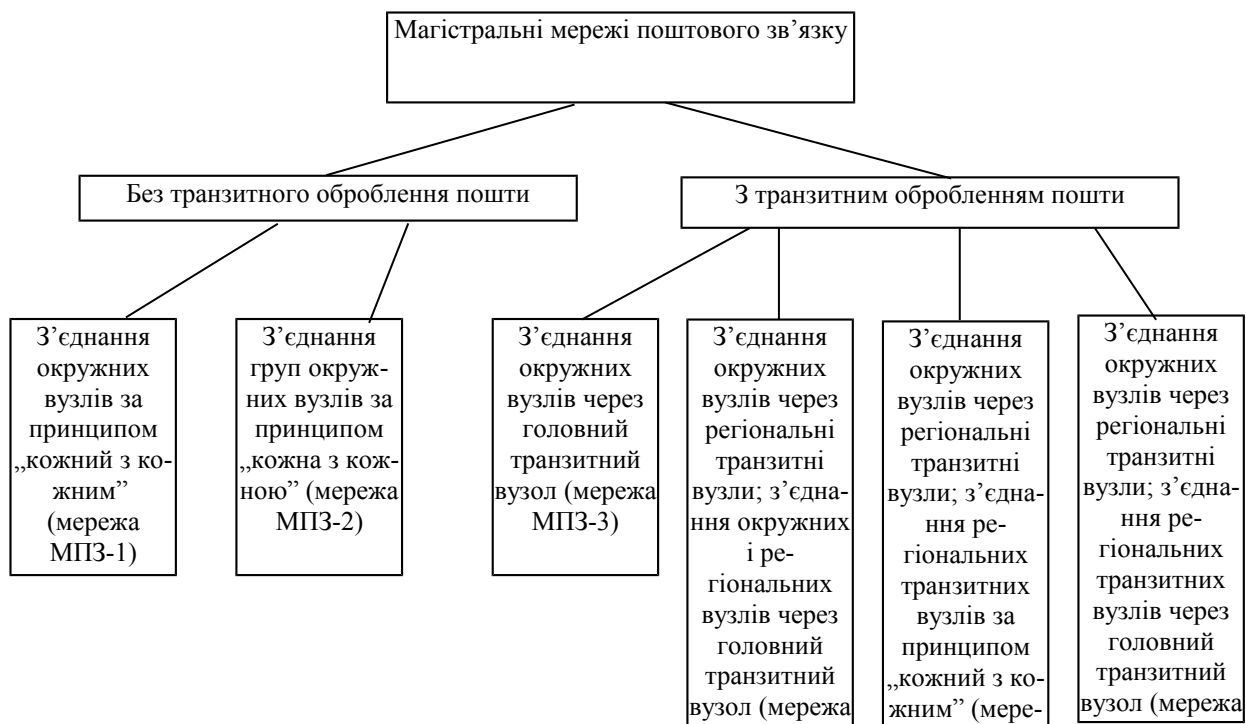


Рисунок 24 – Класифікація структур магістральних мереж поштового зв'язку

Структури магістральних мереж МПЗ-1, МПЗ-2, ..., МПЗ-6 наведено на рис. 25 (жирними лініями позначені магістральні зв'язки).

Структури МПЗ-1, МПЗ-2 – без транзитного оброблення пошти; структури МПЗ-3, МПЗ-4 – з одним транзитним обробленням пошти; структура МПЗ-5 – з двома транзитними обробленнями пошти; структура МПЗ-6 – з трьома транзитними обробленнями пошти.

В структурі МПЗ-1 ОВ з'єднані за принципом „Кожний з кожним”.

Оскільки в МПЗ-1 кожний поштовий маршрут з'єднує лише два ОВ, кількість поштових маршрутів у прямому і зворотному напрямках визначається тим, що кожний з n ОВ мережі з'єднаний поштовими маршрутами з рештою $n - 1$ ОВ і складає $N_{МПЗ-1} = n(n - 1)$.

Загальна кількість поштових маршрутів в МПЗ-2 залежить від кількості ОВ, що з'єднуються поштовими маршрутами.

Для розрахунку зазначеної кількості розіб'ємо n ОВ МПЗ-2 на k груп, кожна з яких включає n_1, n_2, \dots, n_k ОВ, що розташовані на мінімальних відстанях один від одного.

Кожну з одержаних груп ОВ з'єднаємо поштовим маршрутом з кожною з решти груп, внаслідок чого загальна кількість таких поштових маршрутів складе $N_{МПЗ-2} = k(k - 1)$, причому кожний з маршрутів, що з'єднує будь-які дві групи ОВ, одночасно з'єднує також усі ОВ, включені до кожної з зазначених груп.

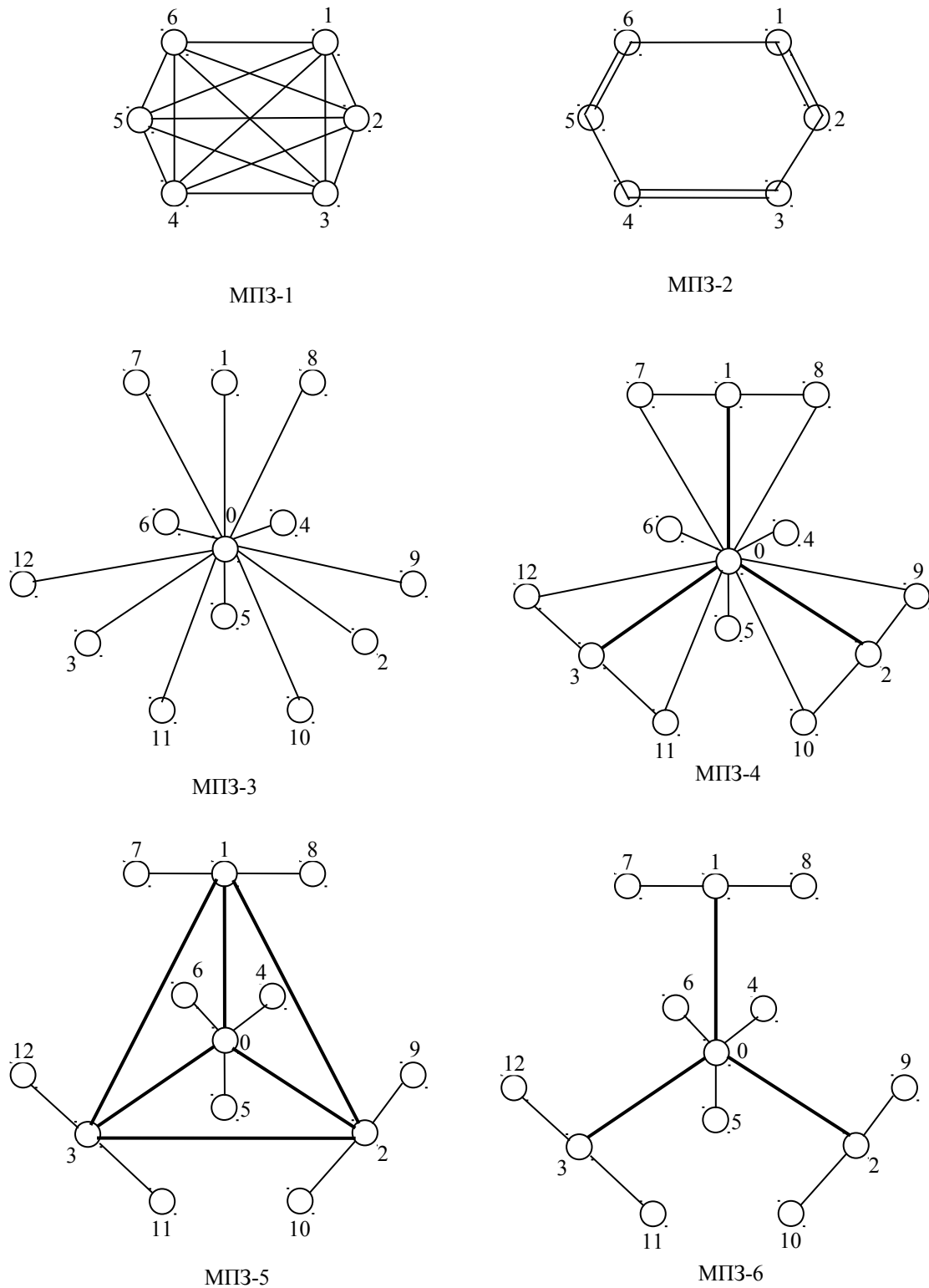


Рисунок 25 – Структури магістральних мереж поштового зв'язку

Зокрема, якщо $n_1 = n_2 = \dots = n_k = n / k$, кількість ОВ, яку з'єднає кожний поштовий маршрут МПЗ-2, складе $2n / k$.

На рис. 25 МПЗ-2 містить $n = 6$ ОВ, розбитих на $k = 3$ групи по $n / k = 6 / 3 = 2$ ОВ в кожній, внаслідок чого загальна кількість поштових маршрутів

складає $k(k-1) = 3 \cdot 2 = 6$, а кількість ОВ, з'єднаних одним поштовим маршрутом, складає $2n/k = 12/3 = 4$.

Групування ОВ дозволяє суттєво скоротити як кількість поштових маршрутів, що використовуються для з'єднання зазначених ОВ між собою, так і їх загальну протяжність.

Так, якщо вважати, що ОВ МПЗ-1 і МПЗ-2 на рис. 25 розташовані у вершинах правильних шестикутників, сторони яких дорівнюють одиниці, то в МПЗ-1, де кожний поштовий маршрут з'єднує лише 2 ОВ, використовується 30 поштових маршрутів загальною протяжністю $L_{МПЗ-1} = 44,78$, а в МПЗ-2, де кожний поштовий маршрут з'єднує 4 ОВ, 2 з яких розташовані в одній групі, а 2 – в іншій, використовується тільки 6 поштових маршрутів загальною протяжністю $L_{МПЗ-2} = 18$.

У мережах з транзитним обробленням пошти МПЗ-3, МПЗ-4, МПЗ-5, МПЗ-6 на рис. 25 застосовано нумерацію вузлів, зручну для розрахунків загальної протяжності поштових маршрутів, що в них використовуються.

При цьому прийняті наступні позначення:

n – загальна кількість ОВ, нумерація вузлів $0, 1, \dots, n-1$;

m – загальна кількість РВ, нумерація вузлів $0, 1, \dots, m-1$;

0 – позначення номера ГВ;

$1, 2, \dots, m-1$ – позначення номерів РВ;

n_0 – позначення кількості ОВ, підпорядкованих ГВ;

n_1, \dots, n_{m-1} – позначення кількості ОВ, підпорядкованих РВ $1, 2, \dots, m-1$;

$m, m+1, \dots, m+n_0-1$ – позначення номерів ОВ, підпорядкованих ГВ;

$m+n_0, m+n_0+1, \dots, m+n_0+n_1-1$; ...; $m+n_0+n_1+\dots+n_{m-2}, m+n_0+n_1$

+ ... + $n_{m-2}+1, \dots, m+n_0+n_1+\dots+n_{m-1}-1$ – позначення номерів ОВ, підпорядкованих РВ $1, 2, \dots, m-1$.

Аналіз структур мереж МПЗ-3, МПЗ-4, МПЗ-5, МПЗ-6, наведених на рис. 25, свідчить, що сумарна протяжність поштових маршрутів будь-якої з них визначається комбінацією протяжностей п'яти складових зазначених маршрутів:

– сумарної протяжності поштових маршрутів, що з'єднують ГВ з РВ

$$L_1 = 2 \sum_{i=1}^{m-1} L_{0i};$$

– сумарної протяжності поштових маршрутів, що з'єднують ГВ з підпорядкованими йому ОВ

$$L_2 = 2 \sum_{i=m}^{m+n_0-1} L_{0i};$$

– сумарної протяжності поштових маршрутів, що з'єднують ГВ з ОВ, підпорядкованими відповідним РВ

$$L_3 = 2 \sum_{i=m+n_0}^{n-1} L_{0i};$$

– сумарної протяжності поштових маршрутів, що з'єднують РВ з підпорядкованими їм ОВ

$$L_4 = 2 \sum_{i=m+n_0}^{m+n_0+n_1-1} L_{1i} + 2 \sum_{i=m+n_0+n_1}^{m+n_0+n_1+n_2-1} L_{2i} + \dots + 2 \sum_{i=m+n_0+n_1+\dots+n_{m-2}}^{n-1} L_{(m-1)i};$$

– сумарної протяжності поштових маршрутів, що з'єднують РВ між собою

$$L_5 = 2 \sum_{i=1}^{m-2} \sum_{j=i+1}^{m-1} L_{ij} .$$

Виходячи з наведених значень L_1, L_2, L_3, L_4, L_5 , сумарні протяжності поштових маршрутів МПЗ-3, МПЗ-4, МПЗ-5, МПЗ-6 складають:

$$\begin{aligned} L_{МПЗ-3} &= L_1 + L_2 + L_3; \\ L_{МПЗ-4} &= L_1 + L_2 + L_3 + L_4; \\ L_{МПЗ-5} &= L_1 + L_2 + L_4 + L_5; \\ L_{МПЗ-6} &= L_1 + L_2 + L_4 . \end{aligned}$$

З аналізу отриманих виразів випливає:

- протяжності поштових маршрутів усіх мереж містять складові $L_1 + L_2$;
- враховуючи, що $L_4 < L_3$, протяжність $L_{МПЗ-6} = \min$;
- приймаючи, як це має місце на практиці, $L_3 \approx L_4 + L_5$, протяжності $L_{МПЗ-3} \approx L_{МПЗ-5}$;
- протяжність $L_{МПЗ-4} = \max$.

Звідси випливає

$$\min = L_{МПЗ-6} < L_{МПЗ-3} \approx L_{МПЗ-5} < L_{МПЗ-4} = \max .$$

На рис. 26 наведено граф взаємозв'язків сумарних протяжностей поштових маршрутів МПЗ-3, МПЗ-4, МПЗ-5, МПЗ-6.

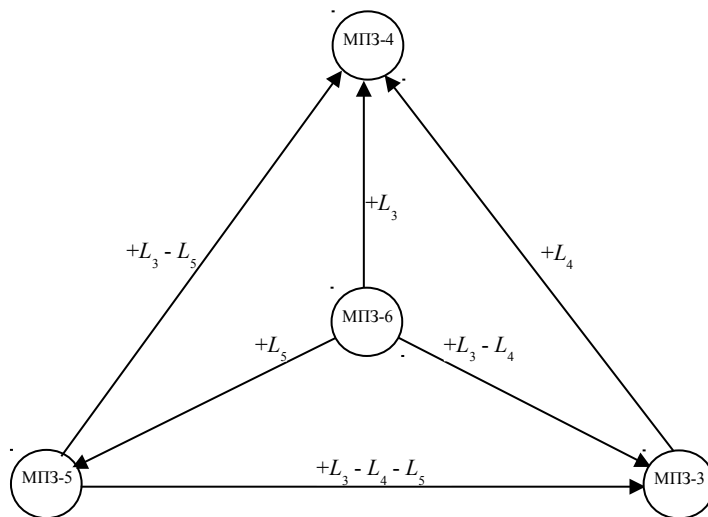


Рисунок 26 – Граф взаємозв'язків сумарних протяжностей поштових маршрутів МПЗ-3, МПЗ-4, МПЗ-5, МПЗ-6

Загальна кількість поштових маршрутів у МПЗ-3 і МПЗ-6 мінімальна і складає $N_{МПЗ-3} = N_{МПЗ-6} = n - 1$, оскільки структури цих мереж є графами-деревами.

Загальна кількість поштових маршрутів у МПЗ-5 порівняно з МПЗ-6 зростає за рахунок упровадження маршрутів, що з'єднують РВ між собою, а в

МПЗ-4 – за рахунок упровадження маршрутів, що з’єднують ОВ, підпорядковані РВ, з ГВ.

У табл. 39 наведено узагальнені показники мереж поштового зв’язку з транзитним обробленням пошти.

Таблиця 39 – Узагальнені показники мереж поштового зв’язку з транзитним обробленням пошти

Показники	МПЗ-3	МПЗ-4	МПЗ-5	МПЗ-6
Загальна кількість поштових маршрутів	мінімальна	максимальна	середня	мінімальна
Сумарна протяжність поштових маршрутів	середня	максимальна	середня	мінімальна
Кількість транзитних вузлів, задіяних у пересиланні пошти між ОВ	1	1	2	3
Кількість поштових маршрутів, задіяних у пересиланні пошти між ОВ	2	2	3	4
Сумарна кількість транзитних вузлів і поштових маршрутів, задіяних у пересиланні пошти між ОВ	3	3	5	7
Затримка часу пересилання пошти між ОВ	мінімальна	мінімальна	середня	максимальна

Мінімальною структурою мережі поштового зв’язку є структура МПЗ-3 з ГВ у Києві, яка передбачає з’єднання усіх ОВ між собою через зазначений ГВ.

Як доведено нижче, при створенні в Україні одного ГВ у Києві, він здатний забезпечити автоматизоване сортування усієї письмової кореспонденції України як за умов існуючих обсягів письмової кореспонденції, так і за умов їх суттєвого зростання у майбутньому.

Виходячи з цього, вирішальним чинником створення інших поштових регіонів є мінімізація витрат на перевезення й оброблення посилочної пошти, а також скорочення нормативних строків пересилання поштових одиниць у регіонах.

Враховуючи, що створення нових поштових регіонів призводить, з одного боку, до скорочення витрат на перевезення й оброблення посилочної пошти за рахунок заміни перевезення посилочної пошти більш протяжними маршрутами через ГВ у Києві менш протяжними маршрутами через РВ відповідних регіонів, а, з іншого, – до їх зростання внаслідок упровадження нових регіональних маршрутів, створення нових регіонів доцільне, якщо зазначене скорочення витрат на перевезення посилочної пошти перевищує їх зростання, і недоцільне у протилежному випадку.

Оскільки теперішнього часу згадане співвідношення виконується лише у південно-східному (РВ у Дніпропетровську) і західному (РВ у Львові) регіонах, у структурі МПЗ-4 передбачено створення зазначених поштових регіонів.

За умов виконання згаданих співвідношень в інших регіонах України, кількість створюваних поштових регіонів буде відповідно зростати.

Контрольні питання

1. Охарактеризуйте цілі та завдання оптимізації структур мереж поштового зв'язку.
2. Охарактеризуйте критерії та обмеження оптимізації структур мереж поштового зв'язку.
3. Охарактеризуйте шляхи та методи розв'язання задач оптимізації структур мереж поштового зв'язку.
4. Як впливає кількість рівнів ієрархії об'єктів мережі поштового зв'язку на загальну кількість поштових маршрутів?
5. Як впливає кількість рівнів ієрархії об'єктів мережі поштового зв'язку на загальну протяжність поштових маршрутів?
6. Як впливає кількість рівнів ієрархії об'єктів мережі поштового зв'язку на середню протяжність поштових маршрутів?
7. Як впливає кількість рівнів ієрархії об'єктів мережі поштового зв'язку на строки пересилання поштових одиниць?
8. Охарактеризуйте імітаційні моделі для визначення кількості та місць розташування об'єктів мережі поштового зв'язку.
9. Поясніть наявність мінімуму загальної сумарної протяжності магістральних і регіональних поштових маршрутів у мережі поштового зв'язку.
10. Чим визначається максимальна кількість відділень поштового зв'язку на одному окружному маршруті?
11. Охарактеризуйте можливі структури магістральних мереж поштового зв'язку без транзитного оброблення пошти.
12. Охарактеризуйте можливі структури магістральних мереж поштового зв'язку з транзитним обробленням пошти.

Список рекомендованої літератури

1. Ящук Л.О., Мухін В.Г., Мороз В.М. Оптимізація мережі об'єктів поштового зв'язку України // Зв'язок. – 2002. – № 5. – С. 45-48.
2. Мухін В.Г., Ящук Л.О. Алгоритм визначення оптимальної кількості та місць розташування територіальних вузлів поштового зв'язку в областях України // Зв'язок. – 2002. – № 6. – С. 37-38.
3. Бойчук В.М., Кидисюк А.І., Ящук Л.О. Аналіз впливу кількості та місць розташування сортувальних вузлів на техніко-економічні показники мережі поштового зв'язку // Зв'язок. – 2005. – № 3. – С. 28-32.

4. ОРГАНІЗАЦІЯ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ПОШТИ

4.1. Розробка планів прямування пошти

Ключові положення

План прямування пошти – основний документ, що регламентує порядок пересилання пошти між заданим вузлом (вузлом відправлення) та рештою вузлів (вузлів призначення) мережі поштового зв'язку.

У плані прямування пошти з заданого вузла мережі відбиваються:

- порядкові номери відправок;
- номери кожного з поштових маршрутів, за якими відправляється пошта;
- час відправлення кожного з поштових маршрутів;
- перелік вузлів призначення, до яких прямує пошта з кожним поштовим маршрутом;
- перелік вузлів здавання пошти на кожному з поштових маршрутів;
- час надходження пошти у кожний з вузлів здавання пошти;
- час надходження пошти у кожний з вузлів призначення;
- нормативні строки пересилання пошти між вузлом відправлення та кожним з вузлів призначення;
- число транзитних вузлів у кожному зі шляхів проходження пошти.

Плани прямування пошти розробляються вищими установами поштового зв'язку для усіх підпорядкованих їм установ та розсилаються останнім як керівні документи.

Початковими даними для розробки планів прямування пошти є:

- розклади руху поштового транспорту;
- перелік вузлів, між якими прямує пошта;
- нормативи часу готовності власної пошти до відправлення у вузлах мережі;
- нормативи часу доставляння пошти, що надійшла, у вузлах мережі;
- нормативи часу перевантаження транзитної пошти у вузлах мережі;
- вузол відправлення;
- час початку формування плану прямування пошти.

Плани прямування пошти повинні бути оптимальними за відповідними критеріями.

Критерієм оптимальності плану прямування легкої пошти (письмова кореспонденція, поштові перекази, дрібні пакети, бандеролі) є досягнення мінімальних нормативних строків її пересилання між вузлами мережі незалежно від кількості проміжних транзитних вузлів.

Критерієм оптимальності плану прямування важкої пошти (посилки, газетні пачки) є досягнення мінімуму кількості проміжних транзитних вузлів у шляхах її пересилання, що відповідає мінімуму трудових витрат, пов'язаних з пересиланням цієї пошти.

Оскільки критерії оптимальності планів прямування легкої та важкої пошти не співпадають, плани прямування легкої та важкої пошти також, як правило, не співпадають, внаслідок чого розробка цих планів провадиться окремо для легкої та важкої пошти.

Мережа перевезень пошти являє собою мережу зі змінною структурою, яка подана розкладами руху поштового транспорту. Зв'язок між заданим вузлом відправлення та будь-якими вузлами призначення за допомогою того чи іншого поштового маршруту існує лише у момент відправлення поштового транспорту і повторюється при його щоденному курсуванні лише через 24 години.

Оскільки мінімальним інтервалом часу відправлення поштового транспорту з будь-якого вузла є одна хвилина, принципово можливі $24 \times 60 = 1440$ станів мережі перевезень, для кожного з яких може існувати свій оптимальний план прямування пошти. Для зменшення витрат часу на розробку планів прямування пошти добу поділяють на кілька інтервалів часу (частіше за все на 24, 12, 8 або 6 інтервалів відповідно по 1, 2, 3 або 4 години), в кожному з яких розробляють по одному плану за станом на час початку інтервалу і з усіх одержаних планів формують об'єднаний план прямування пошти з заданого вузла відправлення.

Об'єднаний план прямування пошти у загальному випадку є оптимальним лише на моменти часу початку інтервалів, на які розбивається доба, але практично з урахуванням відносно низької частоти відправок пошти, його можна вважати оптимальним і в цілому.

Розробка планів прямування пошти провадиться, звичайно, один – два рази на рік і пристосовується до змін у розкладах руху поштового транспорту.

Подання початкових даних

Часові показники можуть подаватися у повній або неповній формах.

Повні часові показники мають вигляд трьох двозначних чисел, розділених крапками, перше з яких вказує день, друге – години, а третє - хвилини, наприклад, 01.17.30 означає 17 год. 30 хв. першого дня.

Неповні часові показники мають вигляд двох двозначних чисел, розділених крапками, перше з яких вказує години, а друге – хвилини, наприклад, 17.30 означає 17 год. 30 хв. (будь-якого дня).

Розклади руху поштового транспорту можуть бути подані у послідовній або матричній формах.

Послідовна форма подання розкладів являє собою таблицю послідовних записів, у кожному з яких зазначені номери прямого (непарного) і зворотного (парного) маршрутів, номер вузла, через який проходить маршрут, неповного часу прибуття у цей вузол і неповного часу відправлення з цього вузла поштового транспорту на прямому та зворотному маршрутах.

У табл. 40 наведено приклад послідовної форми подання розкладів руху поштового транспорту.

Таблиця 40 – Послідовна форма подання розкладів руху поштового транспорту

Номер запису	Прямий маршрут			Вузол	Зворотний маршрут		
	номер маршруту	прибуття	відправлення		номер маршруту	прибуття	відправлення
1	M1	-	08.15	B2	M2	14.25	-
2	M1	14.55	15.05	B3	M2	07.40	07.45
3	M1	00.10	00.15	B1	M2	22.25	22.35
4	M1	13.35	13.40	B4	M2	09.00	09.05
5	M1	22.30	22.45	B6	M2	23.55	00.10
6	M1	07.25	-	B7	M2	-	15.20
7	M3	-	14.00	B1	M4	21.50	-
8	M3	16.20	17.10	B3	M4	18.45	19.30
9	M3	19.15	-	B6	M4	-	16.40
10	M5	-	17.30	B2	M6	10.30	-
11	M5	19.20	20.00	B3	M6	07.55	08.40
12	M5	22.10	-	B6	M6	-	05.45
13	M7	-	15.05	B6	M8	01.25	-
14	M7	17.50	-	B5	M8	-	22.40
15	M9	-	23.00	B7	M10	13.15	-
16	M9	01.15	02.00	B6	M10	10.15	11.00
17	M9	04.35	05.25	B8	M10	06.55	07.40
18	M9	07.30	-	B5	M10	-	04.50

Зазначення номера зворотного маршруту необов'язкова, оскільки він може бути отриманий шляхом збільшення на одиницю номера прямого маршруту.

Матрична форма подання розкладів являє собою квадратну таблицю розміром $n \times n$ (n – число вузлів мережі), у кожній клітці (i, j) якої наведені записи номерів усіх маршрутів, що з'єднують вузли i та j , неповного часу відправлення поштового транспорту з вузла i та повного часу його прибуття у вузол j на кожному з цих маршрутів.

У табл. 41 наведено матричну форму подання розкладів руху поштового транспорту, яка відповідає прикладу послідовної форми, наведеної у табл. 40.

Послідовна форма подання розкладів руху поштового транспорту потребує значно меншого об'єму пам'яті, ніж матрична, оскільки інформація про прямий і зворотній поштові маршрути, які проходять через m вузлів, у послідовній формі подається в m записах, а в матричній – в $m(m - 1)$ записах. Крім того, потрібні ще численні додаткові записи про відсутність маршрутів, що з'єднують вузли i та j .

Втім, послідовна форма подання розкладів руху поштового транспорту потребує значно більшого часу, що витрачається на пошук маршрутів, які з'єднують вузли i та j , ніж матрична, оскільки пов'язана з необхідністю проведення аналізу усіх його записів.

Табл. 4.1

Для подолання цього недоліку послідовної форми подання розкладів руху поштового транспорту вона доповнюється довідковими даними про номери записів, які відносяться до кожного з вузлів мережі.

У табл. 42 наведені довідкові дані про номери записів, які відповідають розкладам руху поштових маршрутів, наведених у табл. 40.

Таблиця 42 – Довідкові дані

Вузол	Номери записів
B1	3, 7
B2	1, 10
B3	2, 8, 11
B4	4
B5	14, 18
B6	5, 9, 12, 13, 16
B7	6, 15
B8	17

Завдяки довідковим даним замість аналізу всіх записів провадиться аналіз лише записів у межах маршрутів, які включають записи, зазначені в табл.3, наприклад, для вузла B8 записи 17, 18 (маршрут M9) і 17, 16, 15 (маршрут M10); для вузла B5 – записи 14, 13 (маршрут M8) і 18, 17, 16, 15 (маршрут M10).

Перелік вузлів, між якими прямує пошта, подається їхньою нумерацією, наприклад, B1, B2, B3, B4, B5, B6, B7, B8.

Нормативи часу готовності власної пошти до відправлення у вузлах мережі задаються у повній формі і мають вид, наведений у табл. 43.

Таблиця 43 – Нормативи часу готовності

Вузол	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8
Час готовності	01.21.00	01.21.00	01.22.00	01.21.30	01.21.30	01.23.00	01.21.00	01.21.30

Нормативи часу доставляння пошти, що надійшла, у вузлах мережі задаються у неповній формі і мають вид, наведений у табл. 44.

Таблиця 44 – Нормативи часу доставляння

Вузол	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8
Час доставляння	09.00	09.00	08.30	09.00	09.30	08.00	08.30	09.00

При надходженні пошти не пізніше наведених у табл. 44 нормативів вона доставляється в день надходження, у протилежному випадку – наступного дня.

Нормативи часу перевантаження транзитної пошти у вузлах мережі задаються у неповній формі і мають вид, наведений у табл. 45.

Таблиця 45 – Нормативи часу перевантаження

Вузол	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8
Час перевантаження	02.00	02.00	02.00	01.00	01.30	03.00	02.00	01.00

Час готовності транзитної пошти до відправлення обчислюється як сума повного часу прибуття цієї пошти у даний вузол та неповного часу її перевантаження в цьому вузлі.

Вузол відправлення задається своїм номером, наприклад, В2.

Час початку формування планів прямування пошти задається значеннями повних часових показників початку інтервалів, на які поділяється доба, починаючи з повного часу готовності власної пошти вузла до відправлення.

У табл. 46 наведено приклади значень часу початку формування планів прямування пошти з вузлів мережі, час готовності власної пошти яких до відправлення поданий у табл. 43, для 6 інтервалів по 4 години.

Таблиця 46 – Значення часу початку формування планів прямування пошти

Вузол	Час початку формування планів					
	01.21.00	02.01.00	02.05.00	02.09.00	02.13.00	02.17.00
В1	01.21.00	02.01.00	02.05.00	02.09.00	02.13.00	02.17.00
В2	01.21.00	02.01.00	02.05.00	02.09.00	02.13.00	02.17.00
В3	01.22.00	02.02.00	02.06.00	02.10.00	02.14.00	02.18.00
В4	01.21.30	02.01.30	02.05.30	02.09.30	02.13.30	02.17.30
В5	01.21.30	02.01.30	02.05.30	02.09.30	02.13.30	02.17.30
В6	01.23.00	02.03.00	02.07.00	02.11.00	02.15.00	02.19.00
В7	01.21.00	02.01.00	02.05.00	02.09.00	02.13.00	02.17.00
В8	01.21.30	02.01.30	02.05.30	02.09.30	02.13.30	02.17.30

На рис. 27 наведено два варіанти подання схеми перевезення пошти, що відповідає зазначеним розкладам руху поштового транспорту (*a* – з позначенням номерів поштових маршрутів на кожному з ребер графа; *б* – з одноразовим позначенням номерів поштових маршрутів на одному з ребер мультиграфа).

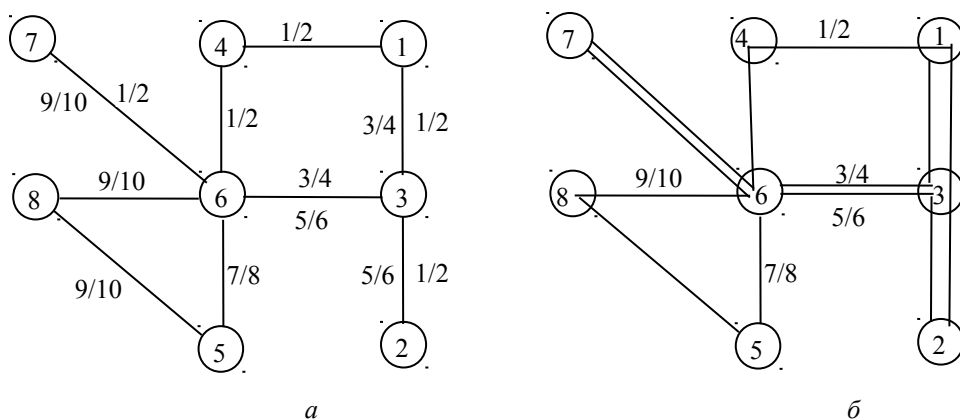


Рисунок 27 – Подання схеми перевезення пошти

Алгоритми розробки планів прямування пошти

Структурний алгоритм розробки планів прямування пошти наведений на рис. 28.

Алгоритм містить назви і порядок виконання 11 функціональних алгоритмів розробки планів прямування пошти.

Функціональний алгоритм 5 співпадає з функціональним алгоритмом 2, але виконується з відкоригованими у функціональному алгоритмі 4 нормативами часу перевантаження важкої пошти у вузлах мережі.

Функціональний алгоритм 7 співпадає з функціональним алгоритмом 3, але виконується з відкоригованим у функціональному алгоритмі 6 часовим рельєфом важкої пошти.

Функціональні алгоритми 10 і 11 співпадають, але виконуються з різними вихідними даними.

Таким чином, загальна кількість функціональних алгоритмів, що не співпадають, становить 8.

Функціональний алгоритм 1 уведення початкових даних наведений на рис. 29.

Алгоритм містить 7 функціональних блоків, в яких виконується уведення відповідних початкових даних.

Функціональний алгоритм 2, 5 формування часового рельєфу наведений на рис. 30.

Згідно з цим алгоритмом у вузлах мережі формуються повні часові показники, які у сукупності створюють часовий рельєф, за допомогою якого у подальшому формуються шляхи пересилання пошти між вузлами мережі.

В остаточному часовому рельєфі часовий показник вузла відправлення дорівнює повному часу початку формування плану прямування пошти, а часові показники вузлів призначення – значенням повного часу прибуття пошти у ці вузли при її пересиланні оптимальними шляхами.

Часовий рельєф разом з додатковими даними про вузли, від яких одержані повні часові показники, і маршрути, що ці вузли з'єднують, заносяться у таблицю часового рельєфу.

Алгоритм містить 11 функціональних блоків.

У блоці 1 створюється початковий часовий рельєф.

Вузлу відправлення V_i присвоюється повний часовий показник, який дорівнює повному часу початку формування плану, $T_i = T_0$.

Вузлам призначення V_j ($j = 1 \dots n, j \neq i$) присвоюються нескінченні повні часові показники $T_j = \infty$. В алгоритмі значення $T_j = \infty$ подаються як надмірні повні часові показники $T_j = 999.99.99$.

У блоці 2 в розкладі руху поштового транспорту провадиться пошук чергового маршруту M_r , який включає вузол V_i як початковий або проміжний вузол.

У блоці 3 перевіряється, чи знайдено маршрут M_r . Якщо такий маршрут знайдено – виконується перехід до блока 4, якщо “Ні” – до блока 8.

У блоці 4 обчислюється повний час $T_{прj}$ прибуття M_r у черговий вузол j з урахуванням можливого збільшення показника дня.

Показник дня збільшується на одиницю у таких випадках:

– неповний час відправлення маршруту з вузла V_i менше неповного часу початку формування плану прямування пошти (збільшення в очікуванні відправлення);

– неповний час прибуття маршруту у черговий вузол менше неповного часу відправлення цього маршруту з попереднього вузла (збільшення на шляху);

– неповний час відправлення маршруту з будь-якого вузла менше неповного часу його прибуття у цей вузол (збільшення на зупинці);

– неповний час закінчення перевантаження пошти у будь-якому транзитному вузлі менше неповного часу прибуття маршруту в цей вузол (збільшення при перевантаженні).

У блоці 5 повний час прибуття $T_{пр\ j}$ порівнюється з повним часовим показником T_j . При $T_{пр\ j} < T_j$ здійснюється перехід до блока 6, при $T_{пр\ j} \geq T_j$ – до блока 7.

У блоці 6 повний часовий показник T_j замінюється повним часовим показником $T_{пр\ j}$, тобто значення повного часового показника T_j (значення часового рельєфу) знижується. Водночас у таблиці часового рельєфу фіксуються значення V_i (вузла, від якого одержано значення T_j) і M_r (маршруту, який з'єднує вузли V_i і V_j).

У блоці 7 провадиться перевірка, чи усі вузли, які включені в маршрут M_r , перевірені. Якщо аналіз маршруту закінчено – здійснюється повернення до блока 2, якщо “Ні” – до блока 4.

У блоці 8 вузлу V_i присвоюється позначка ”перевірений“ (*) і він виключається з подальшого розглядання.

У блоці 9 серед усіх неперевірених вузлів знаходиться такий вузол V_j , у якого значення суми повного часового показника часового рельєфу T_j і неповного часу перевантаження $T_{пер\ j}$ мінімальне.

У блоці 10 значення i замінюється значенням j , тобто перевірений вузол V_i замінюється знайденим вузлом V_j , а повний часовий показник T_0 – знайденою мінімальною сумою $T_j + T_{пер\ j}$.

У блоці 11 перевіряється умова закінчення формування часового рельєфу. Якщо одержаний повний часовий показник T_0 менше будь-якого з повних часових показників T_j , здійснюється повернення до блока 2 і процес формування часового рельєфу повторюється, якщо “Ні” – часовий рельєф сформований і робота алгоритму закінчується.

Функціональний алгоритм 3, 7 формування шляхів пересилання пошти наведений на рис. 31.

Алгоритм забезпечує для кожного з вузлів призначення послідовний аналіз сформованих у функціональному алгоритмі 2, 5 даних про повні часові показники часового рельєфу, вузли, від яких одержані ці показники, і маршрути, які з'єднують зазначені вузли.

Самі шляхи пересилання пошти між вузлами V_i і V_j можна одержати, якщо зазначені дані прочитати у порядку, зворотному до їх запису.

Ділянка пам'яті, виділена для формування шляхів пересилання пошти між вузлами V_i і V_j , організується як так звана стекова або магазинна пам'ять і реалізує дисципліну обслуговування LIFO (last in – first out), або ”останнім уві-

йшов – першим вийшов“ за аналогією з магазином гвинтівки (набій, який був закладений у магазин останнім, вистрілює першим).

В цьому алгоритмі i – номер вузла відправлення, j – номер вузла призначення, k – номер транзитного вузла, l – номер перевірного вузла.

Алгоритм містить 7 функціональних блоків.

У блоці 1 фіксується перевірений вузол призначення $V_l = V_j$ ($j = 1 \dots n, j \neq i$) та обнулюється лічильник числа транзитних вузлів S_k у шляху між вузлами V_i і V_j .

У блоці 2 значення лічильника числа транзитних вузлів S_k збільшується на одиницю.

У блоці 3 виконується зчитування рядка l таблиці часового рельєфу.

У блоці 4 фіксуються значення повного часового показника T_l , попередній вузол V_k та маршрут M_r , який з'єднує вузли V_k і V_l .

У блоці 5 значення l замінюється значенням k , тобто вузол V_l замінюється вузлом V_k .

У блоці 6 порівнюються значення l і i . При $l \neq i$ формування шляху між V_i і V_l не закінчено і виконується повернення до блока 2, при $l = i$ формування цього шляху закінчено і виконується перехід до блока 7.

У блоці 7 фіксується кількість транзитних вузлів S_k на шляху між вузлами V_i і V_j .

Функціональний алгоритм 4 корекції нормативів часу перевантаження важкої пошти наведений на рис. 32 і містить один функціональний блок, в якому нормативи неповного часу перевантаження пошти у вузлах мережі доповнюються до надмірних повних нормативів шляхом збільшення перших на 100 днів.

Завдяки такому збільшенню, яке свідомо перевищує повний час пересилання пошти будь-якими реальними шляхами, забезпечується автоматичний вибір шляхів з мінімальною кількістю транзитних вузлів.

Функціональний алгоритм 6 корекції часового рельєфу важкої пошти наведений на рис. 33 і містить один функціональний блок, в якому надмірна третя цифра повних часових показників часового рельєфу обнулюється, тобто виконується повернення до звичайних повних часових показників.

Функціональний алгоритм 8 розрахунку нормативних строків пересилання пошти від вузла відправлення V_i до вузла призначення V_j ($j = 1 \dots n, j \neq i$) наведений на рис. 34.

Алгоритм містить 5 функціональних блоків.

У блоці 1 формуються початкові значення нормативних строків для легкої та важкої пошти $K_{лпj} = D_{пр лп j}$, $K_{впj} = D_{пр вп j}$, тобто значення днів прибуття цієї пошти у вузол V_j .

У блоці 2 неповний час прибуття легкої пошти у вузол V_j $T_{пр лп j}$ порівнюється з заданим нормативом $T_{д j}$ неповного часу доставляння пошти у вузлі V_j .

При $T_{пр лп j} \leq T_{д j}$ здійснюється перехід до блока 5, при $T_{пр лп j} > T_{д j}$ – до блока 3.

У блоці 3 значення нормативного строку пересилання легкої пошти збільшується на одиницю, оскільки при $T_{\text{пр.лп } j} > T_{\text{д } j}$ доставляння пошти, що прибула у вузол V_j , здійснюється наступного дня після дня прибуття.

У блоках 4 і 5 для важкої пошти здійснюються операції, аналогічні тим, що здійснюються у блоках 2 і 3 для легкої пошти.

Функціональний алгоритм 9 корекції шляхів пересилання легкої пошти наведений на рис. 35.

Алгоритм забезпечує заміну знайденого шляху пересилання легкої пошти від вузла відправлення V_i до вузла призначення V_j ($j = 1 \dots n, j \neq i$) відповідним шляхом пересилання важкої пошти, якщо прискорення, досягнуте за рахунок збільшення кількості транзитних вузлів на шляху пересилання легкої пошти, не призводить до скорочення нормативного строку її пересилання між цими вузлами.

Алгоритм містить два функціональних блоки.

У блоці 1 нормативний строк пересилання легкої пошти порівнюється з нормативним строком пересилання важкої пошти між вузлами V_i і V_j .

При $K_{\text{лп } j} < K_{\text{вп } j}$ робота алгоритму закінчується, тобто зберігається одержаний шлях пересилання легкої пошти.

При $K_{\text{лп } j} = K_{\text{вп } j}$ здійснюється перехід до блока 2.

У блоці 2 шлях пересилання легкої пошти між вузлами V_i і V_j замінюється відповідним шляхом пересилання важкої пошти, оскільки збільшення кількості транзитних вузлів не змінює нормативного строку пересилання легкої пошти між цими вузлами.

Функціональний алгоритм 10, 11 формування і друкування планів прямування пошти наведений на рис. 36.

Алгоритм забезпечує формування даних у порядку їх виводу на друкування.

Алгоритм містить 7 функціональних блоків.

У блоці 1 здійснюється формування повної назви документа та його окремих показників.

У блоці 2 виконується друкування повної назви документа та його окремих показників.

У блоці 3 здійснюється упорядкування маршрутів, за якими прямує пошта, у порядку наростання неповного часу їхнього відправлення.

У блоці 4 здійснюється упорядкування вузлів призначення, до яких прямує пошта з кожним маршрутом, у порядку зростання їхніх номерів.

У блоці 5 здійснюється формування решти показників плану прямування пошти для кожного з вузлів призначення.

У блоці 6 виконується друкування усіх показників плану прямування пошти до чергового вузла призначення. Для наочності плану в кожному черговому рядку друкуються лише ті показники, які не повторюють показників, віддрукованих раніше.

У блоці 7 перевіряється, чи всі показники для усіх вузлів призначення віддруковані. Якщо "Ні" – здійснюється повернення до блока 5, якщо "Так" – робота алгоритму закінчується.

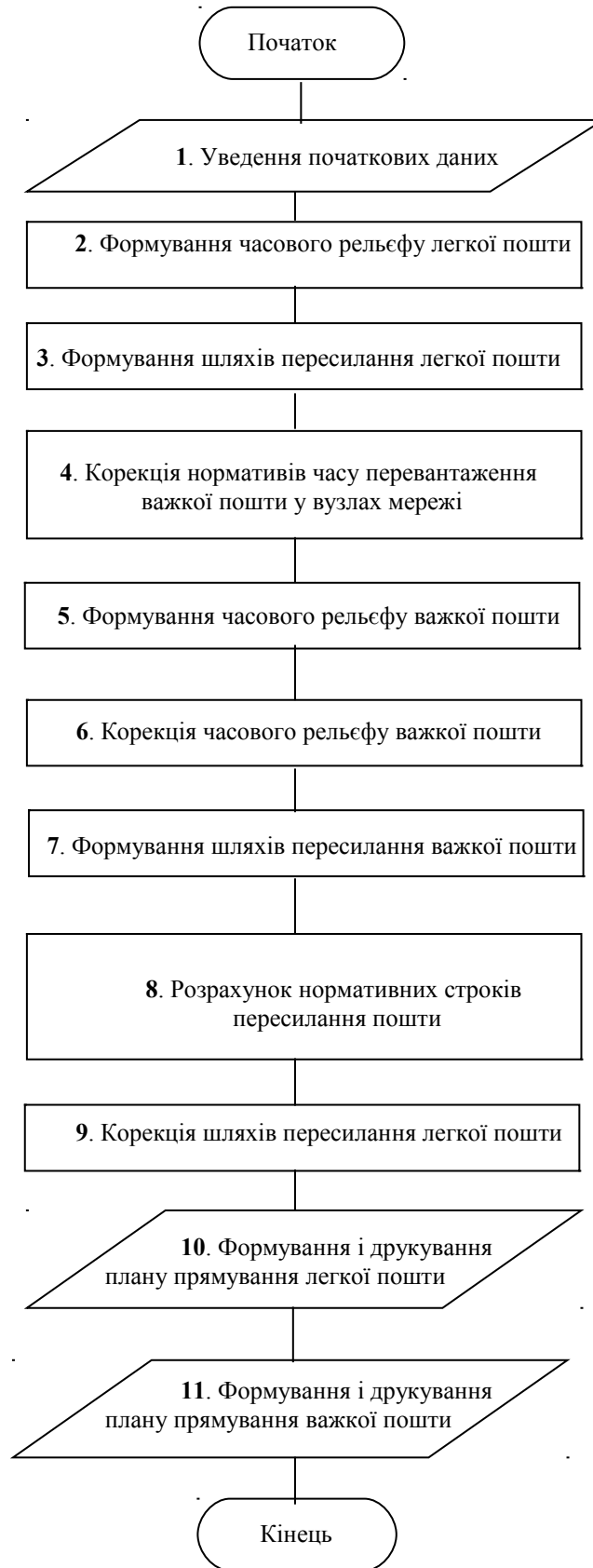


Рисунок 28 – Структурний алгоритм розробки планів прямування пошти

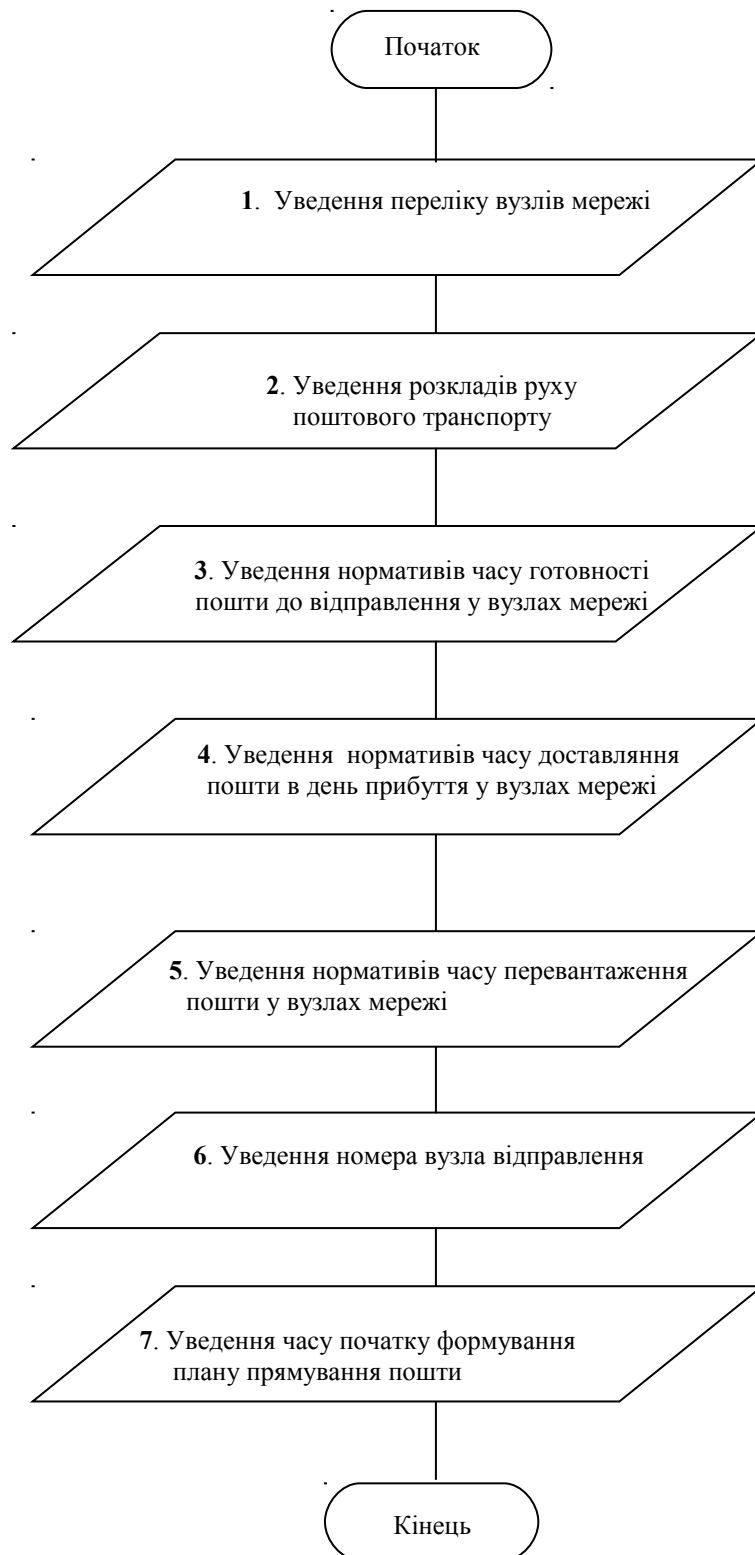


Рисунок 29 – Функціональний алгоритм 1 уведення початкових даних

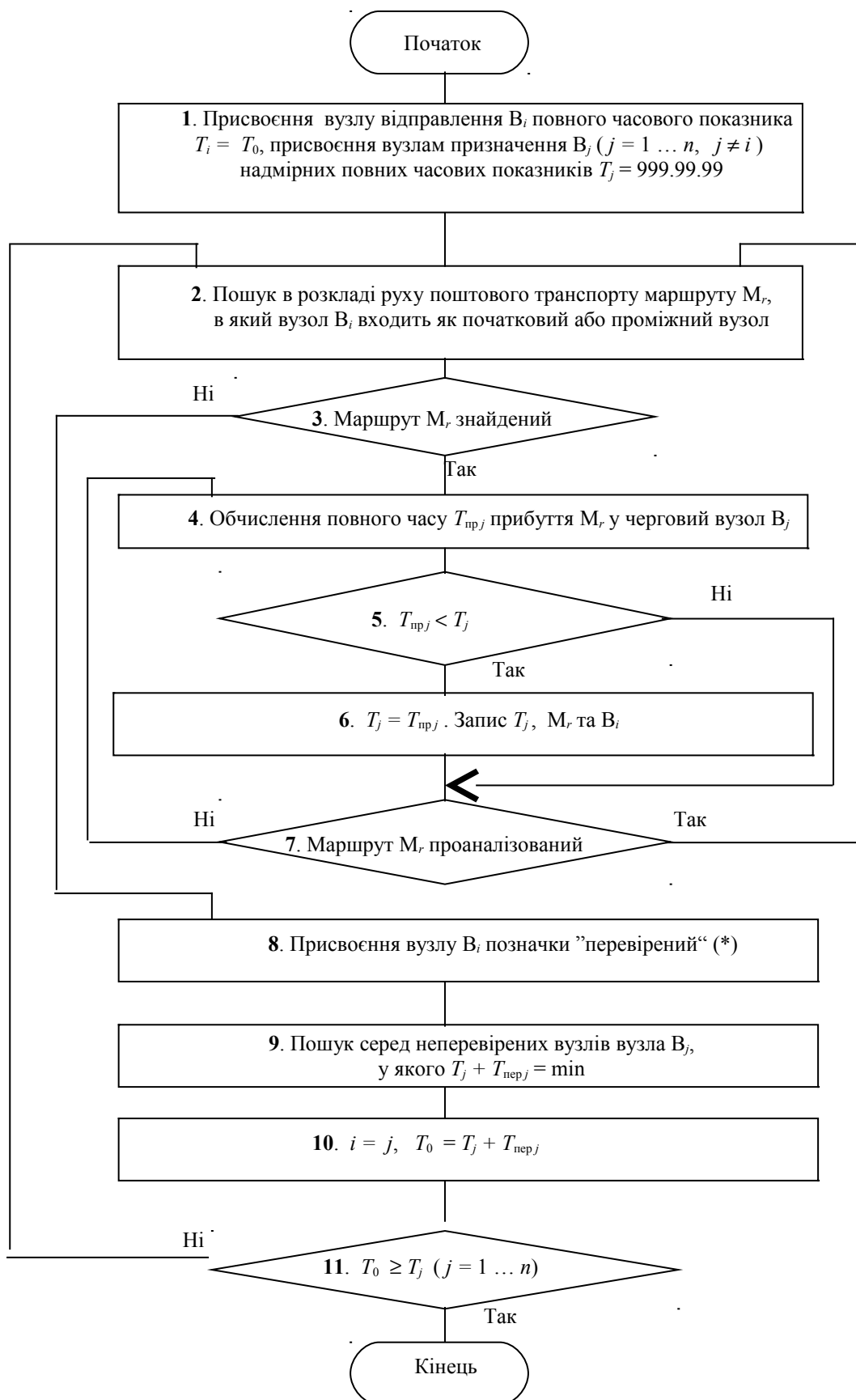


Рисунок 30 – Функціональний алгоритм 2, 5 формування часового рельєфу

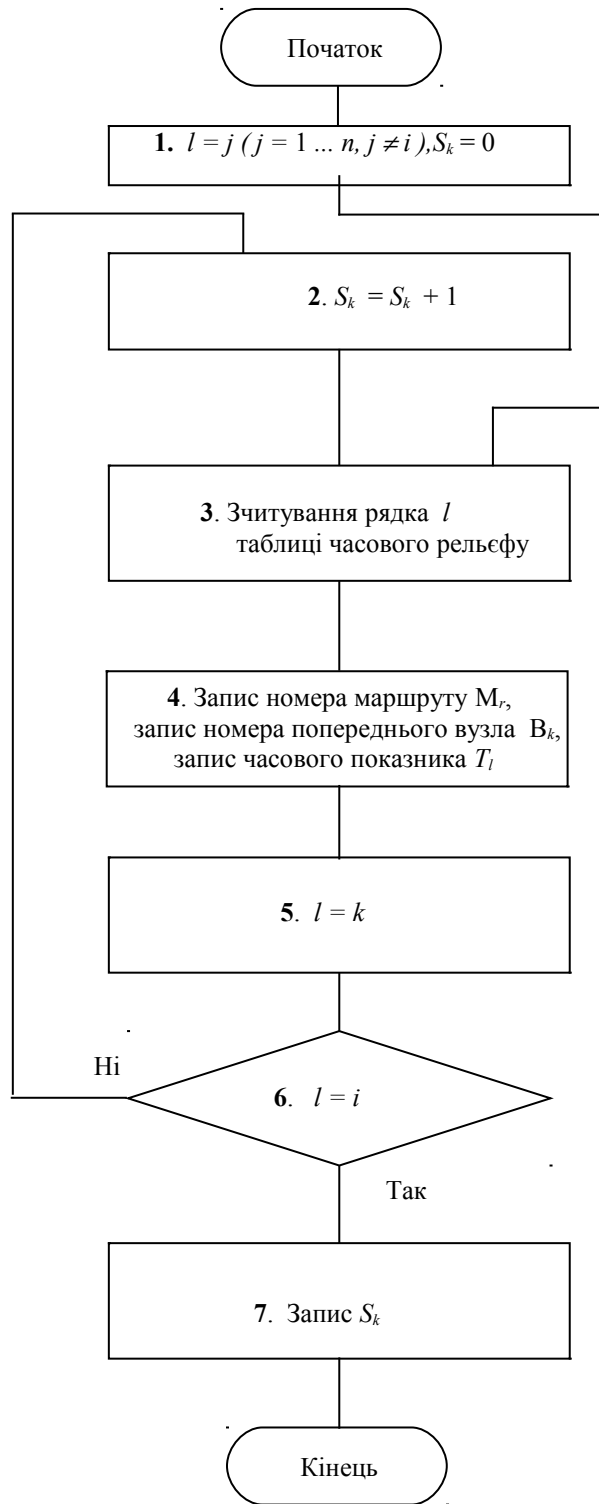


Рисунок 31 – Функціональний алгоритм 3, 7 формування шляхів пересилання пошти



Рисунок 32 – Функціональний алгоритм 4 корекції нормативів часу перевантаження важкої пошти

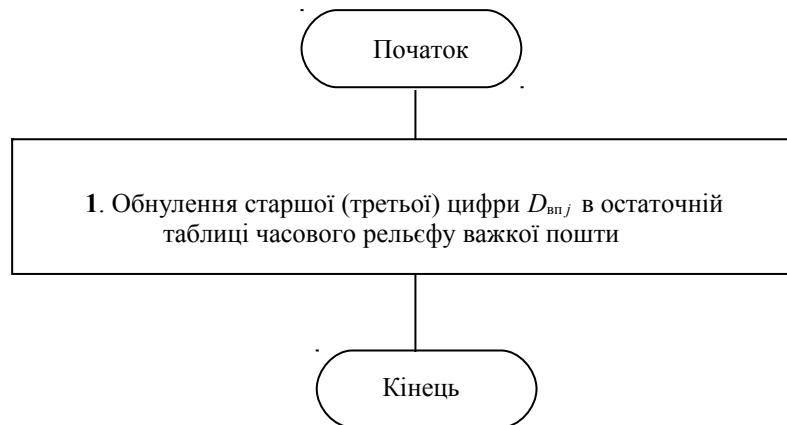


Рисунок 33 – Функціональний алгоритм 6 корекції часового рельєфу важкої пошти



Рисунок 34 – Функціональний алгоритм 8 розрахунку нормативних строків пересилання пошти

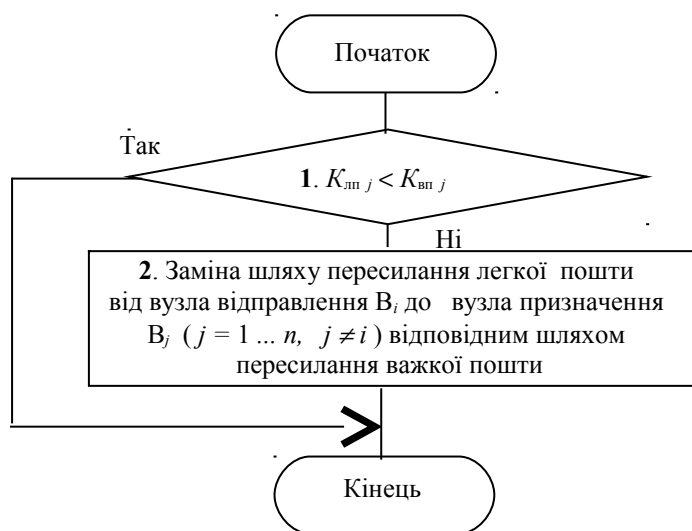


Рисунок 35 – Функціональний алгоритм 9 корекції шляхів пересилання легкої пошти

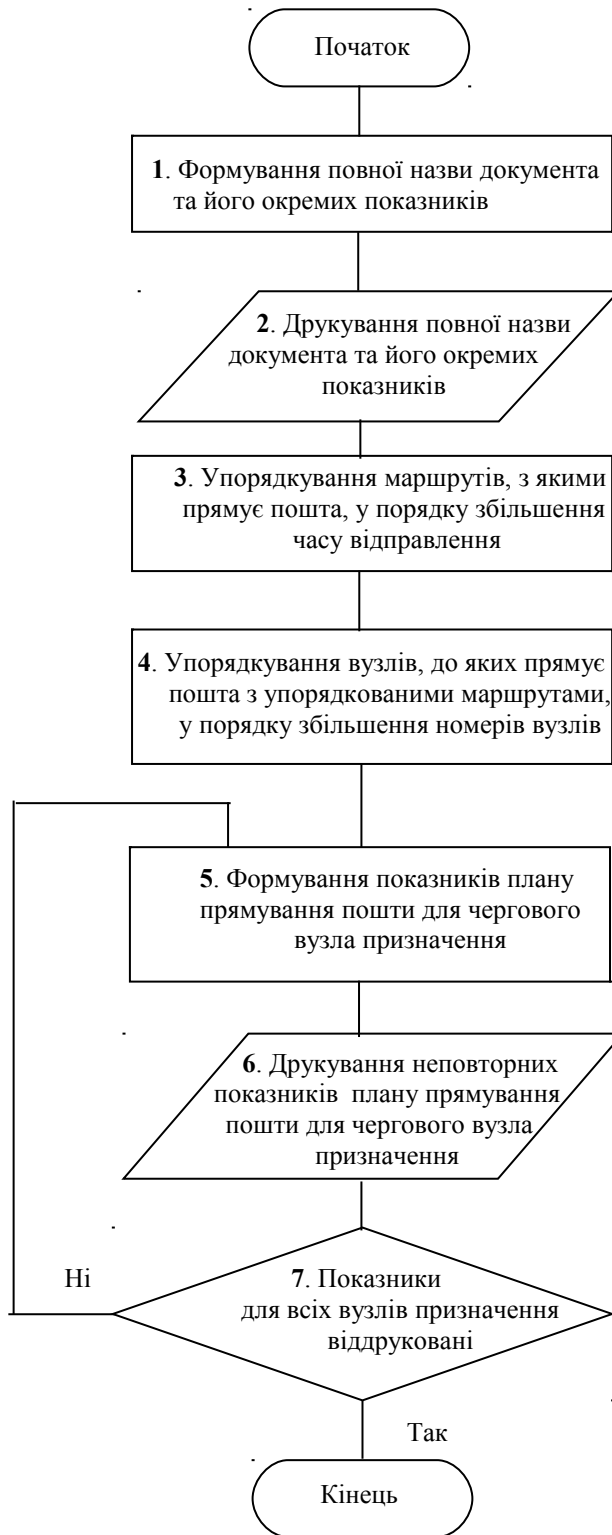


Рисунок 36 – Функціональний алгоритм 10, 11 формування і друкування планів прямування пошти

Приклад розробки планів прямування пошти

Структурний алгоритм планів прямування пошти (рис. 28) визначає послідовність функціональних алгоритмів.

Уведення початкових даних провадиться згідно з функціональним алгоритмом 1 (рис. 29).

Перелік вузлів, між якими прямує пошта: В1, В2, В3, В4, В5, В6, В7, В8.

Розклади руху поштового транспорту наведені в табл. 40, табл. 42 (послідовна форма) або в табл. 41 (матрична форма).

Нормативи часу готовності власної пошти до відправлення у вузлах мережі наведено в табл. 43.

Нормативи часу доставляння пошти, що надійшла, у вузлах мережі наведені в табл. 44.

Нормативи часу перевантаження транзитної пошти у вузлах мережі наведено в табл. 45.

Вузол відправлення: В2.

Час початку формування плану прямування пошти: 02.01.00.

Формування часового рельєфу легкої пошти провадиться згідно з функціональним алгоритмом 2, 5 (рис. 30).

Послідовність результатів, які одержано на кожному кроці роботи алгоритму, наведено у табл. 47... 52 (V_i – вузол відправлення; V_j – вузол призначення; V_l – будь-який вузол; * – позначка вузла ”перевірений“; T_l – повний часовий показник часового рельєфу вузла V_l ; V_k – вузол, від якого одержаний часовий показник T_l ; M_r – поштовий маршрут, що з'єднує вузли V_l і V_k).

Таблиця 47 – Формування часового рельєфу легкої пошти

Крок 0: початковий				
V_l	*	T_l	M_r	V_k
В1		999.99.99		
В2		02.01.00		
В3		999.99.99		
В4		999.99.99		
В5		999.99.99		
В6		999.99.99		
В7		999.99.99		
В8		999.99.99		

Таблиця 48 – Формування часового рельєфу легкої пошти

Крок 1: В2, $T_0 = 02.01.00$				
V_l	*	T_l	M_r	V_k
В1		03.00.10	М1	В2
В2	*	02.01.00		
В3		02.14.55	М1	В2
В4		03.13.35	М1	В2
В5		999.99.99		
В6		02.22.10	М5	В2
В7		04.07.25	М1	В2
В8		999.99.99		

Таблиця 49 – Формування часового рельєфу легкої пошти

Крок 2: В3, $T_0 = 02.16.55$				
V_l	*	T_l	M_r	V_k
В1		02.21.50	М4	В3
В2	*	02.01.00		
В3	*	02.14.55	М1	В2
В4		03.13.35	М1	В2
В5		999.99.99		
В6		02.19.15	М3	В3
В7		04.07.25	М1	В2
В8		999.99.99		

Таблиця 51 – Формування часового рельєфу легкої пошти

Крок 4: В1, $T_0 = 02.23.50$				
V_l	*	T_l	M_r	V_k
В1	*	02.21.50	М4	В3
В2	*	02.01.00		
В3	*	02.14.55	М1	В2
В4		03.09.00	М2	В6
В5		03.07.30	М9	В6
В6	*	02.19.15	М3	В3
В7		03.07.25	М1	В6
В8		03.04.35	М9	В6

Таблиця 50 – Формування часового рельєфу легкої пошти

Крок 3: В6, $T_0 = 02.22.15$				
V_l	*	T_l	M_r	V_k
В1		02.21.50	М4	В3
В2	*	02.01.00		
В3	*	02.14.55	М1	В2
В4		03.09.00	М2	В6
В5		03.07.30	М9	В6
В6	*	02.19.15	М3	В3
В7		03.07.25	М1	В6
В8		03.04.35	М9	В6

Таблиця 52 – Формування часового рельєфу легкої пошти

Крок 5: В8, $T_0 = 03.05.35$				
V_l	*	T_l	M_r	V_k
В1	*	02.21.50	М4	В3
В2	*	02.01.00		
В3	*	02.14.55	М1	В2
В4		03.09.00	М2	В6
В5		03.07.30	М9	В6
В6	*	02.19.15	М3	В3
В7		03.07.25	М1	В6
В8	*	03.04.35	М9	В6

На кроці 6 повинен перевірятися вузол В5 на час $T_0 = 03.09.00$. Оскільки цей час не менший, ніж часові показники часового рельєфу усіх вузлів мережі, формування часового рельєфу закінчується, а часовий рельєф, одержаний на кроці 5, є остаточним.

Формування шляхів пересилання легкої пошти виконується згідно з функціональним алгоритмом 3, 7 (рис. 31).

Сформовані шляхи пересилання легкої пошти від вузла В2 до решти вузлів мережі із зазначенням повних часових показників часового рельєфу наведені у табл. 53 (запис шляхів – справа наліво, зчитування шляхів – зліва направо).

Таблиця 53 – Шляхи пересилання легкої пошти

В2 (02.01.00) - М1 - В3 (02.14.55) - М4 - В1 (02.21.50)
В2 (02.01.00) - М1 - В3 (02.14.55)
В2 (02.01.00) - М1 - В3 (02.14.55) - М3 - В6 (02.19.15) - М2 - В4 (03.09.00)
В2 (02.01.00) - М1 - В3 (02.14.55) - М3 - В6 (02.19.15) - М9 - В5 (03.07.30)
В2 (02.01.00) - М1 - В3 (02.14.55) - М3 - В6 (02.19.15)

B2 (02.01.00) - M1 - B3 (02.14.55) - M3 - B6 (02.19.15) - M1 - B7 (03.07.25)
B2 (02.01.00) - M1 - B3 (02.14.55) - M3 - B6 (02.19.15) – M9 – B8 (03.04.35)

Корекція нормативів часу перевантаження важкої пошти у вузлах мережі здійснюється згідно з функціональним алгоритмом 4 (рис. 32).

Внаслідок корекції часові показники перевантаження транзитної важкої пошти в усіх вузлах мережі збільшуються на 100.00.00.

Формування часового рельєфу важкої пошти провадиться згідно з функціональним алгоритмом 2, 5 (рис. 30).

Послідовність результатів, які одержано на кожному кроці роботи алгоритму, наведено в табл. 54 ... 58.

Таблиця 54 – Формування часового рельєфу важкої пошти

Крок 0: початковий				
B_l	*	T_l	M_r	B_k
B1		999.99.99		
B2		02.01.00		
B3		999.99.99		
B4		999.99.99		
B5		999.99.99		
B6		999.99.99		
B7		999.99.99		
B8		999.99.99		

Таблиця 55 – Формування часового рельєфу важкої пошти

Крок 1: B2, $T_0 = 02.01.00$				
B_l	*	T_l	M_r	B_k
B1		03.00.10	M1	B2
B2	*	02.01.00		
B3		02.14.55	M1	B2
B4		03.13.35	M1	B2
B5		999.99.99		
B6		02.22.10	M5	B2
B7		04.07.25	M1	B2
B8		999.99.99		

Таблиця 56 – Формування часового рельєфу важкої пошти

Крок 2: B3, $T_0 = 102.16.55$				
B_l	*	T_l	M_r	B_k
B1		03.00.10	M1	B2
B2	*	02.01.00		
B3	*	02.14.55	M1	B2
B4		03.13.35	M1	B2
B5		999.99.99		
B6		02.22.10	M5	B2
B7		04.07.25	M1	B2
B8		999.99.99		

Таблиця 57 – Формування часового рельєфу важкої пошти

Крок 3: B6, $T_0 = 103.01.10$				
B_l	*	T_l	M_r	B_k
B1		03.00.10	M1	B2
B2	*	02.01.00		
B3	*	02.14.55	M1	B2
B4		03.13.35	M1	B2
B5		103.07.30	M9	B6
B6	*	02.22.10	M5	B2
B7		04.07.25	M1	B2
B8		103.04.35	M9	B6

Таблиця 58 – Формування часового рельєфу важкої пошти

Крок 4: $V_1, T_0 = 103.02.10$				
V_l	*	T_l	M_r	V_k
V1	*	03.00.10	M1	V2
V2	*	02.01.00		
V3	*	02.14.55	M1	V2
V4		03.13.35	M1	V2
V5		103.07.30	M9	V6
V6	*	02.22.10	M5	V2
V7		04.07.25	M1	V2
V8		103.04.35	M9	V6

На кроці 5 повинен перевірятися вузол V4 на час $T_0 = 103.14.35$. Оскільки цей час перевищує часові показники часового рельєфу усіх вузлів мережі, формування часового рельєфу закінчується, а часовий рельєф, одержаний на кроці 4, є остаточним.

Корекція часового рельєфу важкої пошти здійснюється згідно з функціональним алгоритмом 6 (рис. 33).

Внаслідок обнулювання старшої (третьої) цифри $D_{вп}$ в остаточному часовому рельєфі, його надмірні часові показники набувають звичайних значень.

Формування шляхів пересилання важкої пошти виконується згідно з функціональним алгоритмом 3, 7 (рис. 31).

Сформовані шляхи пересилання важкої пошти від вузла V2 до решти вузлів мережі із зазначенням повних часових показників часового рельєфу наведено у табл. 59.

Таблиця 59 – Шляхи пересилання важкої пошти

V2 (02.01.00) - M1 – V1 (03.00.10)
V2 (02.01.00) - M1 - V3 (02.14.55)
V2 (02.01.00) - M1 - V4 (03.13.35)
V2 (02.01.00) - M5 - V6 (02.22.10) - M9 - V5 (03.07.30)
V2 (02.01.00) - M5 - V6 (02.22.10)
V2 (02.01.00) - M1 - V7 (04.07.25)
V2 (02.01.00) - M5 - V6 (02.22.10) - M9 – V8 (03.04.35)

Розрахунок нормативних строків пересилання пошти провадиться згідно з функціональним алгоритмом 8 (рис. 34).

Значення знайдених нормативних строків пересилання пошти від вузла відправлення V2 до усіх вузлів призначення (днів) наведено у табл. 60 (V_j –

вузол призначення; $K_{лп j}$ – нормативний строк пересилання легкої пошти; $K_{вп j}$ – нормативний строк пересилання важкої пошти).

Таблиця 60 – Нормативні строки пересилання пошти

V_j	V1	V3	V4	V5	V6	V7	V8
$K_{лп j}$	3	3	3	3	3	3	3
$K_{вп j}$	3	3	4	3	3	4	3

Корекція шляхів пересилання легкої пошти провадиться згідно з функціональним алгоритмом 9 (рис. 35).

Шляхи пересилання легкої пошти, в яких $K_{лп j} < K_{вп j}$ (V2 – V4, V2 – V7), зберігаються, оскільки в них збільшення кількості транзитних вузлів призводить до скорочення нормативних строків. Шляхи пересилання легкої пошти, в яких $K_{лп j} = K_{вп j}$ (V2 – V1, V2 – V3, V2 – V5, V2 – V6, V2 – V8), замінюються відповідними шляхами пересилання важкої пошти, оскільки збільшення кількості транзитних вузлів у шляхах пересилання легкої пошти не призводить до скорочення нормативних строків.

Формування і друкування планів прямування пошти виконується згідно з функціональним алгоритмом 10, 11 (рис. 36).

Сформований план прямування легкої пошти наведено у табл. 61.

Сформований план прямування важкої пошти наведено у табл. 62.

Таблиця 61 – План прямування легкої пошти

План прямування легкої пошти з вузла V2								
Порядковий номер відправки	Номер маршруту	Час відправлення маршруту	Вузол призначення	Вузол здавання пошти	Час надходження у вузол пошти	Час надходження у вузол призначення	Нормативний строк пересилання пошти	Кількість транзитних вузлів
1	M1	08.15	V1	V1	00.10	00.10	3	0
			V3	V3	14.55	14.55	3	0
			V4	V3	14.55	09.00	3	2
			V7	V3	14.55	07.25	3	2
2	M5	17.30	V5	V6	22.10	07.30	3	1
			V6	V6	22.10	22.10	3	0
			V8	V6	22.10	04.35	3	1

Таблиця 62 – План прямування важкої пошти

План прямування важкої пошти з вузла В2								
Порядковий номер відправки	Номер маршруту	Час відправлення маршруту	Вузел призначення	Вузел здавання пошти	Час надходження у вузол здавання	Час надходження у вузол призначення	Нормативний строк пересилання пошти	Кількість транзитних вузлів
1	М1	08.15	В1	В1	00.10	00.10	3	0
			В3	В3	14.55	14.55	3	0
			В4	В4	13.35	13.35	4	0
			В7	В7	07.25	07.25	4	0
2	М5	17.30	В5	В6	22.10	07.30	3	1
			В6	В6	22.10	22.10	3	0
			В8	В6	22.10	04.35	3	1

4.2. Побудова регіональних і окружних поштових маршрутів

Виходячи з прагнення зменшення витрат на перевезення пошти оптимізація поштових маршрутів передбачає мінімізацію кількості та загальної протяжності поштових маршрутів і кількості та вантажопідйомності транспортних засобів для перевезень пошти.

Ефективним шляхом одночасної мінімізації кількості поштових маршрутів, їх загальної протяжності та кількості транспортних засобів для перевезень пошти є об'єднання поштових маршрутів.

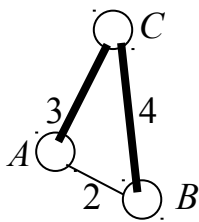
В основу об'єднання поштових маршрутів покладений принцип трикутника, який полягає в тому, що з трьох можливих варіантів сполучення вершин трикутника ABC , тобто $AB + AC$, $AB + BC$, $AC + BC$ вибирається той, що має мінімальну протяжність.

На рис. 37 наведено ілюстрацію об'єднання поштових маршрутів за принципом трикутника.

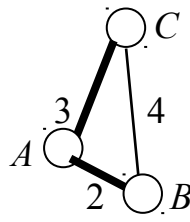
У першому прикладі мінімальну протяжність має об'єднаний маршрут *SAB*. Об'єднаний маршрут замінює початкові маршрути *CA* і *CB*, якщо витримуються задані обмеження, зокрема на час його проходження (з урахуванням часу перевантаження у вузлі *A*).

У другому прикладі мінімальну протяжність мають початкові маршрути *CA* і *CB*, отже об'єднання маршрутів не провадиться.

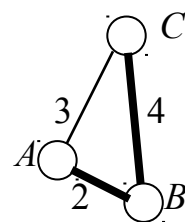
Вузли, що увійшли в об'єднані маршрути, розглядаються як вершини нових трикутників, внаслідок чого з об'єднаних маршрутів можуть створюватися нові більш протяжні об'єднані маршрути або їхні розгалуження.



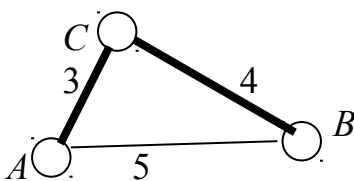
Початкові маршрути *CA* і *CB* загальною протяжністю $3+4=7$



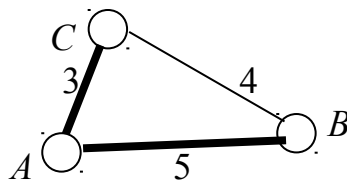
Об'єднаний маршрут *SAB* загальною протяжністю $3+2=5$



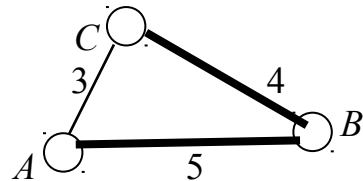
Об'єднаний маршрут *SBA* загальною протяжністю $4+2=6$



Початкові маршрути *CA* і *CB* загальною протяжністю $3+4=7$



Об'єднаний маршрут *SAB* загальною протяжністю $3+5=8$



Об'єднаний маршрут *SBA* загальною протяжністю $4+5=9$

Рисунок 37 – Ілюстрація об'єднання поштових маршрутів

Аналіз свідчить, що час, який може бути виділений на проходження поштового маршруту в прямому напрямі (від вузла більш високого рівня ієрархії до вузла більш низького рівня ієрархії), як правило, суттєво перевищує час, який може бути виділений на проходження поштового маршруту в зворотному напрямі (від вузла більш низького рівня ієрархії до вузла більш високого рівня ієрархії).

Таке становище пояснюється, головним чином, тим, що обсяги потоків, що пересилаються у прямому напрямі, значно перевищують обсяги потоків, що пересилаються у зворотному напрямі, оскільки у складі перших присутні загальнодержавні, центральні та регіональні періодичні видання, продукція технологічного забезпечення функціонування мережі поштового зв'язку, товари для продажу у відділеннях зв'язку, вантажі тощо, які практично відсутні у складі

других. Внаслідок цього, час, що витрачається на завантаження і обмінювання пошти на маршрутах прямого напрямку, значно перевищує такий час на маршрутах зворотного напрямку.

Зазначену обставину можна використати для організації прямих маршрутів між окружними вузлами за рахунок використання транспортних засобів, що здійснюють перевезення пошти за регіональними маршрутами.

Ілюстрацію такої організації наведено на рис. 38.

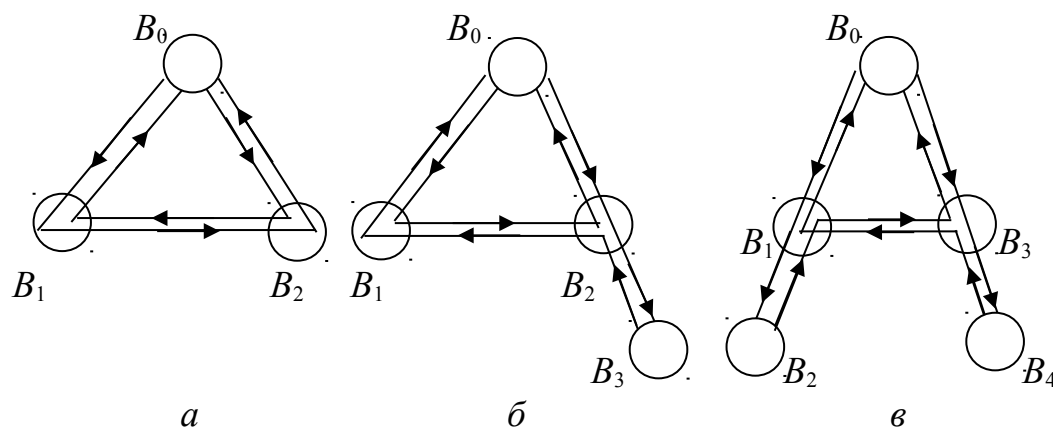


Рисунок 38 – Ілюстрація організації прямих маршрутів між окружними вузлами

На рис. 38,а маршрути $B_1 - B_2$ і $B_2 - B_1$ організовано між кінцевими вузлами B_1 і B_2 .

На рис. 38,б маршрути $B_1 - B_2$ і $B_2 - B_1$ організовано між кінцевим вузлом B_1 і проміжним вузлом B_2 .

На рис. 38,в маршрути $B_1 - B_3$ і $B_3 - B_1$ організовано між проміжними вузлами B_1 і B_3 .

Значні витрати часу на обмінювання пошти з розташованими на шляхах проходження поштових маршрутів проміжними вузлами обумовлені необхідністю заїзду поштового транспорту в ці вузли.

Якщо проміжний вузол розташований на значній відстані від автодороги, якою проходить поштовий маршрут, може бути доцільним здійснення зазначеного обмінювання пошти через придорожний пункт обмінювання пошти (ППОП).

Схема такого обмінювання ілюструється на рис. 39.

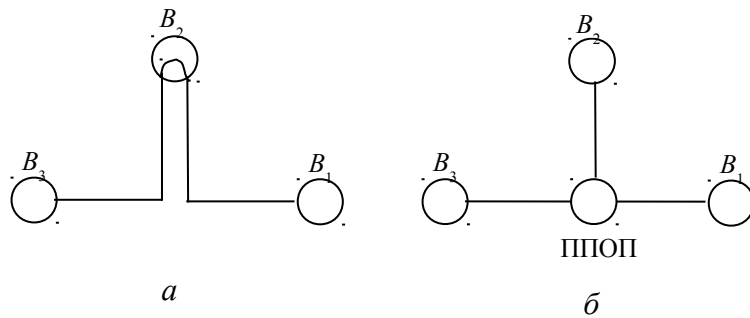


Рисунок 39 – Ілюстрація обмінювання пошти

У варіанті рис. 39,*а* поштовий транспорт регіонального маршруту сходить з основної дороги, якою він прямує, заїздить в ОВ, виконує обмінювання пошти і повертається на основну дорогу.

У варіанті рис. 39,*б* поштовий транспорт регіонального маршруту виконує обмінювання пошти з ППОП, який з'єднаний з ОВ під'їзним маршрутом.

Використання ППОП дозволяє суттєво скоротити не тільки час проходження регіональних маршрутів, а й їх загальну протяжність за рахунок скорочення кількості зазначених маршрутів.

На рис. 40 наведено фрагменти схем перевезень пошти.

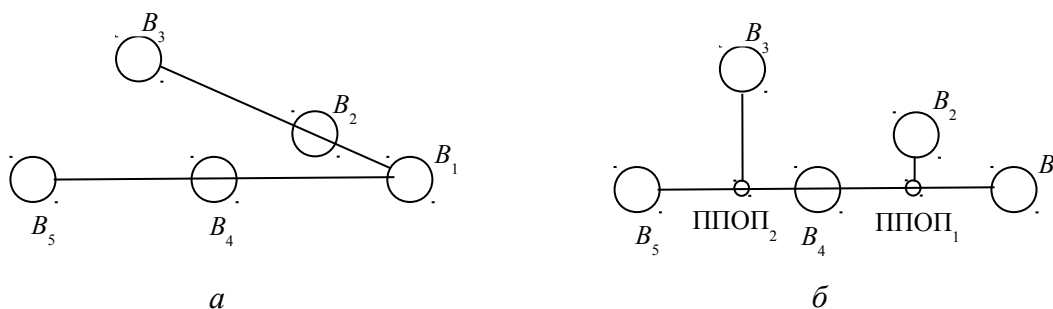


Рисунок 40 – Фрагменти схем перевезень пошти

У варіанті рис. 40,*а* обмінювання пошти здійснюється безпосередньо з ОВ; для перевезень пошти використовуються два регіональні маршрути.

У варіанті рис. 40,*б* обмінювання пошти здійснюється як безпосередньо з ОВ, так і через ППОП; для перевезень пошти використовуються один регіональний і два під'їзні маршрути.

4.3. Побудова маршрутів виймання кореспонденції з поштових скриньок в обласних центрах

Однією з основних вимог забезпечення нормативів якості пересилання письмової кореспонденції в Україні є проведення останнього виймання кореспонденції з поштових скриньок в обласних центрах наприкінці робочого дня, тобто не раніше 17.00. При цьому, магістральні поштові маршрути відправляються з обласних центрів починаючи з 21.00, а проходження маршрутів виймання кореспонденції з поштових скриньок в обласних центрах (в

подальшому – маршрутів виймання кореспонденції) й оброблення вийманої кореспонденції повинні виконуватися за достатньо стислий інтервал часу 17.00 – 21.00.

Існуючі нормативи часу проходження маршрутів виймання кореспонденції (1,5 год.) і часу оброблення кореспонденції в обласних вузлах поштового зв'язку (3 год.) не забезпечують виконання зазначеної вимоги. І справа не стільки в тому, що сума наведених нормативів (4,5 год.) дещо перевищує потрібну величину (4 год.), скільки в тому, що в крупних обласних центрах здійснити проходження маршрутів виймання кореспонденції у віддалених житлових масивах за 1,5 год. практично неможливо і реально таке проходження потребує значно більшого часу.

Жорстка регламентація термінів проходження маршрутів виймання кореспонденції та її оброблення в обласних центрах не тільки не сприяє прискоренню пересилання письмової кореспонденції, а й викликає зайві витрати на їхнє здійснення.

Наприклад, магістральний автомаршрут Запоріжжя – Київ відправляється з Запоріжжя після 02.00, отже проміжок часу між початком виймання кореспонденції та відправленням зазначеного маршруту складає понад 9 год., тобто, порівняно з найранішнім відправленням магістральних маршрутів (21.00) є резерв часу понад 5 год. Використання цього резерву для збільшення часу проходження маршрутів останнього виймання кореспонденції та часу її оброблення дозволяє зменшити кількість маршрутів виймання кореспонденції і кількість робочих місць з оброблення письмової кореспонденції в обласному вузлі.

З огляду на це, очевидно, що забезпечення надійного проходження маршрутів виймання кореспонденції та її оброблення за 4 год. шляхом скорочення відповідних нормативів нереальне. Тому слід запроваджувати інші шляхи, засновані на більш ефективному використанні часу, що виділяється на проходження маршрутів виймання кореспонденції та її оброблення у вузлах поштового зв'язку.

Існуюча практика побудови маршрутів виймання кореспонденції виходить з вирівнювання тривалості їх проходження і наближення її до 1,5 год. Але якщо тривалість проходження маршрутів виймання кореспонденції різна, оброблення кореспонденції може починатися після повернення першого з них, тобто проходження маршрутів виймання кореспонденції та її оброблення можуть частково суміщатися в часі, за рахунок чого час, що може бути виділений на проходження віддалених маршрутів, суттєво зростає.

Оптимізація маршрутів виймання кореспонденції полягає в такій їх побудові, за якої, з одного боку, досягається якомога ранішній початок і забезпечується безперервність оброблення кореспонденції, а, з другого, – збільшується час, що може бути виділений для проходження цих маршрутів.

У кожному маршруті виймання кореспонденції присутні три складові: неробоча частина маршруту від вузла поштового зв'язку до першої поштової скриньки, робоча частина маршруту від першої до останньої поштової скри-

ньки та неробоча частина маршруту від останньої поштової скриньки до вузла поштового зв'язку.

Очевидно, що при завчасному виході поштового автомобіля на маршрут виймання кореспонденції проходження першої частини маршруту може закінчуватися о 17.00 незалежно від місця розташування першої поштової скриньки на маршруті, за рахунок чого може бути збільшений час на проходження його другої або третьої частин.

При збільшенні часу проходження другої частини маршруту виймання кореспонденції збільшується кількість поштових скриньок на маршруті, завдяки чому зменшується загальне число маршрутів, а при збільшенні часу проходження третьої частини суттєво підвищується ймовірність своєчасного проходження маршрутів виймання кореспонденції у віддалених житлових масивах великих міст.

Очевидно, що можливе збільшення часу, що виділяється на проходження другої та третьої частин маршруту виймання кореспонденції, суттєво залежить від протяжності його першої частини, тому доцільно повністю виключити виймання кореспонденції з поштових скриньок на ділянці маршруту від вузла поштового зв'язку до першої поштової скриньки, розташованої у віддаленому житловому масиві. Для цього слід перенести поштові скриньки, розташовані на зазначеній ділянці маршруту, на протилежні сторони вулиць і здійснювати виймання кореспонденції з цих скриньок на зворотній частині маршруту.

На рис. 41 наведено ілюстрацію зазначеного перенесення поштових скриньок. На рис. 41,а поштові скриньки розташовані без урахування можливості завчасного проходження першої частини маршруту, на рис. 41,б – з урахуванням такої можливості (ВПЗ – вузол поштового зв'язку, □ – поштова скринька, — — маршрут виймання кореспонденції, - - - частина маршруту виймання кореспонденції, що проходить завчасно).

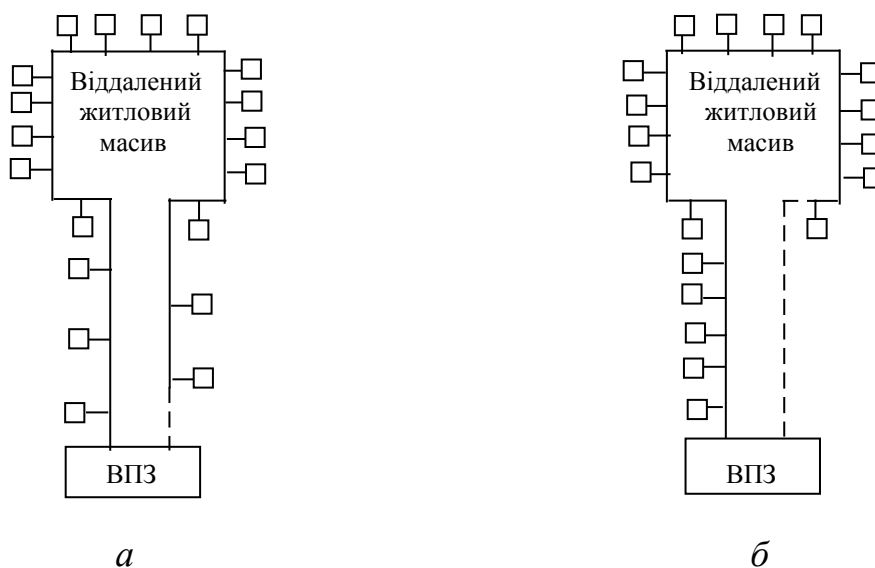


Рисунок 41 – Ілюстрація перенесення поштових скриньок

Визначимо умови, за яких забезпечується безперервне оброблення кореспонденції, вийманої з поштових скриньок, в обласному центрі.

Прийmemo такі позначення:

M_1, M_2, \dots, M_n – маршрути виймання кореспонденції;

t_1, t_2, \dots, t_n – час повернення маршрутів виймання кореспонденції у вузол поштового зв'язку;

q_1, q_2, \dots, q_n – значення кількості кореспонденції, що надходить з маршрутами виймання кореспонденції у вузол поштового зв'язку (одиниць);

Q – продуктивність оброблення кореспонденції у вузлі поштового зв'язку (одиниць за годину);

t_r – час готовності обробленої кореспонденції до відправлення з вузла поштового зв'язку.

На рис. 42 наведено часову діаграму оброблення кореспонденції, вийманої з поштових скриньок, у вузлі поштового зв'язку.

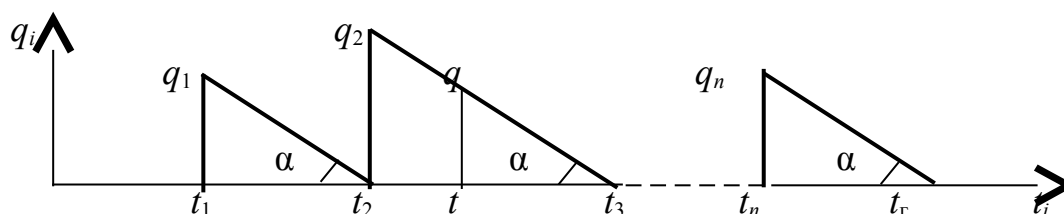


Рисунок 42 – Діаграма оброблення кореспонденції у вузлі поштового зв'язку

Безперервне оброблення кореспонденції, вийманої з поштових скриньок, забезпечується при виконанні вимоги: повернення чергового маршруту виймання кореспонденції повинно відбуватися не пізніше закінчення оброблення кореспонденції, що надійшла з попереднім маршрутом.

Оскільки кореспонденція q_i , що надійшла у вузол поштового зв'язку з маршрутом M_i , потребує для свого оброблення q_i / Q годин, час повернення маршрутів виймання кореспонденції повинен складати:

$$\begin{aligned}
 t_2 &\leq t_1 + q_1 / Q, \\
 t_3 &\leq t_2 + q_2 / Q \leq t_1 + (q_1 + q_2) / Q, \\
 &\dots\dots\dots \\
 t_n &\leq t_{n-1} + q_{n-1} / Q \leq t_1 + (q_1 + q_2 + \dots + q_{n-1}) / Q, \\
 t_r &\leq t_n + q_n / Q \leq t_1 + (q_1 + q_2 + \dots + q_n) / Q.
 \end{aligned}$$

На рис. 42 ордината q у поточний момент часу t дорівнює залишку необробленої на цей час кореспонденції, який визначається значенням продуктивності оброблення кореспонденції у вузлі поштового зв'язку

$$Q = \operatorname{tg} \alpha,$$

де α – кут нахилу прямої, що визначає залишки необробленої кореспонденції у вузлі поштового зв'язку.

Повернення маршруту M_i раніше визначеного часу t_i збільшує відповідний залишок необробленої кореспонденції у вузлі поштового зв'язку і може бути корисним для компенсації можливої затримки повернення чергових маршрутів, однак при постійній продуктивності оброблення кореспонденції Q не впливає на час t_r закінчення оброблення всієї кореспонденції, що надійшла у вузол з маршрутами виймання кореспонденції.

Для спрощення розрахунків, пов'язаних з забезпеченням якомога ранішнього початку і безперервності оброблення вийманої з поштових скриньок кореспонденції доцільно поділити маршрути виймання кореспонденції на кілька груп за мірою збільшення їх протяжностей, наприклад, на маршрути, що здійснюють виймання кореспонденції в центральній частині міста, в середній частині міста та в його віддалених житлових масивах.

У табл. 63 наведені орієнтовні строки проходження маршрутів виймання кореспонденції та її оброблення в обласних центрах.

Таблиця 63 – Орієнтовні строки проходження маршрутів виймання кореспонденції та її оброблення в обласних центрах

Райони обласного центру	Час виїзду автомобілів на маршрути останнього виймання кореспонденції	Час проведення останнього виймання кореспонденції	Час повернення автомобілів з маршрутів останнього виймання кореспонденції	Час перебування автомобілів на маршрутах останнього виймання кореспонденції (год.)	Час оброблення кореспонденції, що надходить з маршрутами останнього виймання кореспонденції
Центральна частина	17.00	17.00 – 18.00	18.00	1	18.00 – 19.00
Середня частина	16.30	17.00 – 18.30	19.00	2,5	19.00 – 20.00
Віддалені житлові масиви	16.00	17.00 – 19.00	20.00	4	20.00 – 21.00

Як впливає з табл. 63, на проходження маршрутів виймання кореспонденції може бути виділено не 1,5 год., як за діючими нормативами, а до 4 год., при тому, що оброблення всієї вийманої кореспонденції займає, як і за нормативами, 3 год.

4.4. Визначення кількості транспортних засобів для перевезень пошти

Кількість транспортних засобів для перевезень пошти залежить від таких факторів:

- часу проходження поштових маршрутів;

- розкладів руху поштового транспорту;
- величин поштових потоків;
- вантажопідйомності транспортних засобів;
- частоти відправок пошти.

В умовах малих поштових потоків перевезення пошти, як правило, виконуються однією відправкою за добу поштовими автомобілями великої вантажопідйомності на магістральних маршрутах, поштовими автомобілями середньої вантажопідйомності на регіональних маршрутах, поштовими автомобілями малої вантажопідйомності на окружних маршрутах.

Вплив часу проходження поштових маршрутів на необхідну кількість транспортних засобів полягає в тому, що при щоденному курсуванні через кожні 24 години за усіма магістральними, регіональними, окружними, а в майбутньому і доставними маршрутами повинні відправлятися відповідні транспортні засоби.

Внаслідок цього, повний часовий цикл проходження будь-якого маршруту в обох напрямках, який включає час руху, час стоянок і час відстою у вузлах маршруту, завжди кратний 24 годинам.

Звідси випливає, що кількість транспортних засобів, потрібних для перевезень пошти на будь-якому маршруті без урахування резерву, дорівнює числу 24-годинних інтервалів у повному часовому циклі проходження цього маршруту.

При співпадінні часу проходження прямого і зворотного маршрутів дійсні або умовні моменти часу розвороту поштового транспорту в кінцевих вузлах цих маршрутів співпадають з єдиним моментом початку відліку часу, або відрізняються від нього на ціле число 12-годинних інтервалів часу.

За момент початку відліку часу T_n зручно вибрати момент дійсного або умовного розвороту поштових маршрутів у початковому вузлі.

Вплив розкладів руху поштового транспорту на кількість транспортних засобів, потрібних для перевезень пошти, виявляється в тому, що зазначена кількість залежить від розташування інтервалів часу проходження поштових маршрутів відносно моментів часу $T_n \pm 12k$ ($k = 0, 1, 2, \dots$).

На рис. 43 наведено приклади вдалого (*A* і *C*) і невдалого (*B* і *D*) розташування інтервалів часу проходження поштових маршрутів відносно $T_n = 16$.

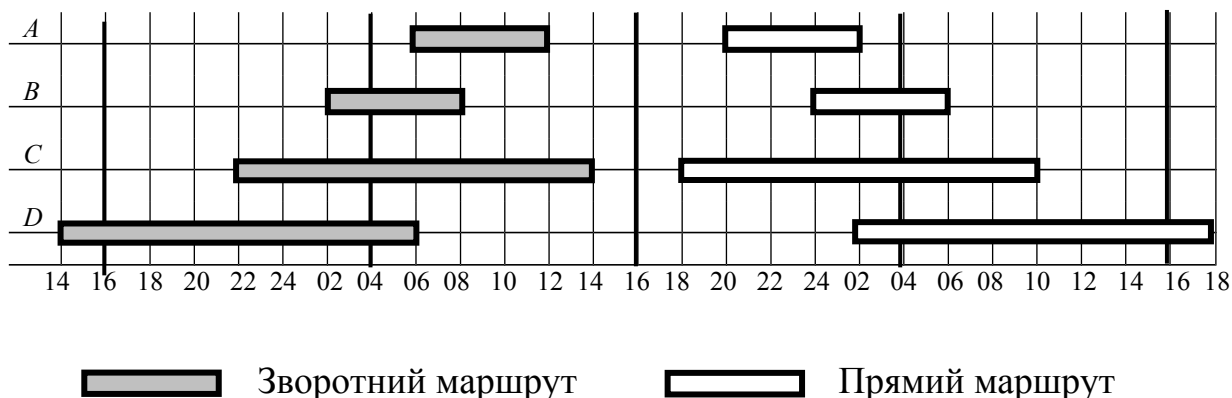


Рисунок 43 – Приклади розташування інтервалів часу проходження поштових маршрутів

З рис. 43 випливає, що для перевезень пошти за маршрутами *A* або *B* з інтервалами часу проходження, що дорівнюють 6 год., потрібні, відповідно, один або два транспортні засоби, а для перевезень пошти за маршрутами *C* або *D* з інтервалами часу проходження, що дорівнюють 16 год., потрібні, відповідно, два або три транспортні засоби.

Мінімальна $N_{\text{мін}}$ і максимальна $N_{\text{макс}}$ кількість транспортних засобів, потрібних для перевезень пошти, може бути визначена як

$$N_{\text{мін}} = \left[\frac{T_{\text{м}}}{12} \right] + 1, \quad N_{\text{макс}} = \left[\frac{T_{\text{м}}}{12} \right] + 2,$$

де $T_{\text{м}}$ – інтервал часу проходження поштового маршруту,

$$\left[\frac{T_{\text{м}}}{12} \right] - \text{ціла частина відношення } \frac{T_{\text{м}}}{12}.$$

$$\text{Так, для даних } A, B \text{ рис. 4.17 } \left[\frac{T_{\text{м}}}{12} \right] = \left[\frac{6}{12} \right] = 0, \quad N_{\text{мін}} = 1, \quad N_{\text{макс}} = 2;$$

$$\text{для даних } C, D \text{ рис. 4.17 } \left[\frac{T_{\text{м}}}{12} \right] = \left[\frac{16}{12} \right] = 1, \quad N_{\text{мін}} = 2, \quad N_{\text{макс}} = 3.$$

4.5. Визначення обсягів оброблення й перевезення пошти в мережі поштового зв'язку за умов циклічних змін обсягів міжвузлових поштових потоків

У мережі поштового зв'язку спостерігаються багаторазові зміни обсягів міжвузлових поштових потоків за добами, тижнями, місяцями, періодами.

Оскільки обсяги поштових потоків безпосередньо визначають кількість робочих місць з оброблення пошти у вузлах мережі та вантажопідйомність транспортних засобів перевезення пошти за поштовими маршрутами, а, отже, і загальні витрати на оброблення й перевезення пошти, обґрунтування значень обсягів міжвузлових поштових потоків, які слід враховувати при визначенні необхідної кількості робочих місць та вантажопідйомності транспортних засобів, набуває суттєвого значення.

Визначення кількості робочих місць та вантажопідйомності транспортних засобів виходячи з максимальних обсягів міжвузлових поштових потоків призведе до вкрай низької ефективності використання цих робочих місць і транспортних засобів, а їх визначення виходячи з мінімальних обсягів міжвузлових поштових потоків – до значних затримок пересилання пошти або до повного порушення поштового зв'язку.

Обсяги міжвузлових поштових потоків зручно подавати у виді матриць міжвузлових потоків $\|p_{ij}\|$ ($i, j = 1, 2, \dots, n$), елементи (p_{ij}) яких відбивають значення обсягів міжвузлових потоків, що пересилаються від вузлів i до вузлів j .

Нерівномірність міжвузлових поштових потоків здебільшого носить циклічний характер, у якому дискретність змін обсягів міжвузлових поштових потоків дорівнює одній добі, тому при значенні періоду циклу зазначених змін C (днів) існує не одна, а C матриць $\|p_{ij}\|$.

На практиці для визначення кількості робочих місць і вантажопідйомності транспортних засобів C матриць $\|p_{ij}\|$ використовуються по черзі, незалежно одна від одної, тобто, вважається, що вихідні та вхідні міжвузлові потоки кожного дня визначаються лише однією з цих матриць.

Такий підхід справедливий лише за умов відсутності затримок у пересиланні пошти між вузлами мережі поштового зв'язку.

За наявності зазначених затримок поштові маршрути, відправлені з вузлів відправлення в день D , прибувають до вузлів призначення в дні $D + k$ ($k = 0, 1, \dots$), а пошта, що надходить до вузлів призначення в день D , була відправлена з вузлів відправлення в дні $D - k$ ($k = 0, 1, \dots$).

Таким чином, за наявності затримок пересилання пошти значення кількості робочих місць і вантажопідйомності транспортних засобів визначаються k матрицями $\|p_{ij}\|$, що відповідають дням $D, D + 1, \dots, D + k$ або дням $D, D - 1, \dots, D - k$.

При цьому спостерігається певне вирівнювання обсягів міжвузлових потоків, зокрема, вхідні потоки у дні малих вихідних потоків будуть збільшуватися за рахунок надходження у ці дні затриманих вхідних потоків, відправлених у минулі дні більших вихідних потоків, а вхідні потоки у дні великих вихідних потоків будуть зменшуватися за рахунок надходження у ці дні затриманих вхідних потоків, відправлених у минулі дні менших вихідних потоків.

Аналогічно, навантаження поштових маршрутів також буде вирівнюватися за рахунок того, що воно буде визначатися вихідними потоками не лише дня D відправлення цих маршрутів з вузлів відправлення, а й вихідними потоками наступних днів $D + k$ ($k = 0, 1, \dots$) проходження зазначеними маршрутами проміжних вузлів.

Підкреслимо, що як кількість робочих місць з оброблення пошти, так і вантажопідйомність транспортних засобів перевезення пошти при такому вирівнюванні обсягів міжвузлових поштових потоків будуть зменшуватися, що, безумовно, сприятиме зниженню витрат на оброблення і перевезення пошти.

Розглянемо в узагальненому виді пересилання пошти між вузлами мережі.

Позначимо C днів, що відповідають періоду циклічності змін обсягів міжвузлових поштових потоків, невід'ємними цілими числами $0, 1, \dots, C - 1$.

Очевидно, що значення днів $D + k$ ($k = 0, 1, \dots$) або $D - k$ ($k = 0, 1, \dots$) також повинні бути невід'ємними числами $0, 1, \dots, C - 1$, а, отже, операція додавання

$D + k$ або операція віднімання $D - k$ повинні виконуватися не як арифметичні операції, а як операції додавання або віднімання за модулем C .

Операції додавання або віднімання за модулем C визначаються так:

$$(D + k) \bmod C = \begin{cases} D + k, & \text{якщо } D + k < \tilde{N} \\ D + k - \tilde{N}, & \text{якщо } D + k \geq \tilde{N}, \end{cases}$$

$$(D - k) \bmod C = \begin{cases} D - k, & \text{якщо } D - k \geq 0 \\ D - k + \tilde{N}, & \text{якщо } D - k < 0. \end{cases}$$

Так, за наявності тижневих змін обсягів міжвузлових поштових потоків, дням тижня надаються числові значення, наведені у табл. 64.

Таблиця 64 – Числові значення днів тижня

Дні тижня	Нд	Пн	Вт	Ср	Чт	Пт	Сб
Числові значення	0	1	2	3	4	5	6

При $C = 7$ дні $D + k$ і $D - k$ визначаються шляхом додавання або віднімання за модулем 7, наприклад,

$$D = 1 \text{ (понеділок)}, k = 3, (D + k) \bmod 7 = 1 + 3 = 4 \text{ (четвер)};$$

$$D = 5 \text{ (п'ятниця)}, k = 3, (D + k) \bmod 7 = 5 + 3 - 7 = 1 \text{ (понеділок)}.$$

$$D = 5 \text{ (п'ятниця)}, k = 3, (D - k) \bmod 7 = 5 - 3 = 2 \text{ (вівторок)};$$

$$D = 2 \text{ (вівторок)}, k = 3, (D - k) \bmod 7 = 2 - 3 + 7 = 6 \text{ (субота)}.$$

Для ілюстрації визначення обсягів оброблення і перевезення пошти за наявності циклічних змін міжвузлових потоків розглянемо умовний приклад.

Граф мережі поштового зв'язку наведено на рис. 44.

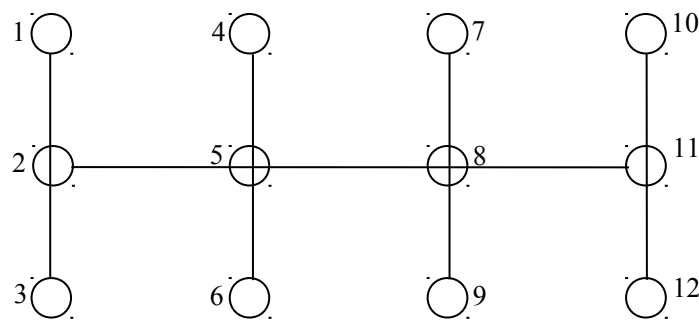


Рисунок 44 – Граф мережі поштового зв'язку

Граф містить 12 вузлів (1, 2, ..., 12), з'єднаних між собою за допомогою 5 поштових маршрутів:

$$M1/2: 2 - 5 - 8 - 11 - 8 - 5 - 2;$$

$$M3/4: 1 - 2 - 3 - 2 - 1;$$

$$M5/6: 4 - 5 - 6 - 5 - 4;$$

$$M7/8: 7 - 8 - 9 - 8 - 7;$$

$$M9/10: 10 - 11 - 12 - 11 - 10.$$

Для спрощення розрахунків будемо вважати, що час проходження будь-яким поштовим маршрутом будь-якої ділянки між двома сусідніми вузлами схеми рис. 1 з урахуванням часу, що витрачається на оброблення пошти у цих вузлах, складає 24 години, тобто, що при проходженні кожної такої ділянки пошта затримується на одну добу, а розклади руху поштового транспорту за усіма зазначеними ділянками збігаються.

Будемо також вважати, що циклічність змін обсягів міжвузлових поштових потоків дорівнює одному тижню, тобто, $C = 7$, а елементи (p_{ij}) матриць $\|p_{ij}\|$ міжвузлових потоків відповідають графіку рис. 45, який більш-менш адекватно відбиває реальні зміни обсягів міжвузлових потоків за днями тижня.

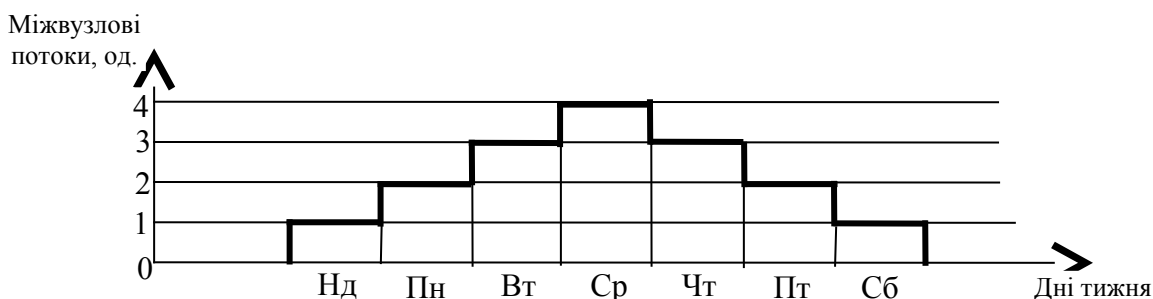


Рисунок 45 – Графік змін обсягів міжвузлових потоків за днями тижня

У табл. 65 наведено значення днів відправлення пошти з вузлів відправлення, за яких забезпечується її надходження в день D у вузли призначення.

Таблиця 65 – Значення днів відправлення пошти з вузлів відправлення, за яких забезпечується її надходження в день D у вузли призначення

Вузли відправлення	Вузли призначення											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	-	$D - 1$	$D - 2$	$D - 3$	$D - 2$	$D - 3$	$D - 4$	$D - 3$	$D - 4$	$D - 5$	$D - 4$	$D - 5$
2	$D - 1$	-	$D - 1$	$D - 2$	$D - 1$	$D - 2$	$D - 3$	$D - 2$	$D - 3$	$D - 4$	$D - 3$	$D - 4$
3	$D - 2$	$D - 1$	-	$D - 3$	$D - 2$	$D - 3$	$D - 4$	$D - 3$	$D - 4$	$D - 5$	$D - 4$	$D - 5$
4	$D - 3$	$D - 2$	$D - 3$	-	$D - 1$	$D - 2$	$D - 3$	$D - 2$	$D - 3$	$D - 4$	$D - 3$	$D - 4$
5	$D - 2$	$D - 1$	$D - 2$	$D - 1$	-	$D - 1$	$D - 2$	$D - 1$	$D - 2$	$D - 3$	$D - 2$	$D - 3$
6	$D - 3$	$D - 2$	$D - 3$	$D - 2$	$D - 1$	-	$D - 3$	$D - 2$	$D - 3$	$D - 4$	$D - 3$	$D - 4$
7	$D - 4$	$D - 3$	$D - 4$	$D - 3$	$D - 2$	$D - 3$	-	$D - 1$	$D - 2$	$D - 3$	$D - 2$	$D - 3$
8	$D - 3$	$D - 2$	$D - 3$	$D - 2$	$D - 1$	$D - 2$	$D - 1$	-	$D - 1$	$D - 2$	$D - 1$	$D - 2$
9	$D - 4$	$D - 3$	$D - 4$	$D - 3$	$D - 2$	$D - 3$	$D - 2$	$D - 1$	-	$D - 3$	$D - 2$	$D - 3$
10	$D - 5$	$D - 4$	$D - 5$	$D - 4$	$D - 3$	$D - 4$	$D - 3$	$D - 2$	$D - 3$	-	$D - 1$	$D - 2$
11	$D - 4$	$D - 3$	$D - 4$	$D - 3$	$D - 2$	$D - 3$	$D - 2$	$D - 1$	$D - 2$	$D - 1$	-	$D - 1$
12	$D - 5$	$D - 4$	$D - 5$	$D - 4$	$D - 3$	$D - 4$	$D - 3$	$D - 2$	$D - 3$	$D - 2$	$D - 1$	-

З табл. 65 випливає, що для забезпечення надходження пошти в день D , наприклад, до вузла 8, вона повинна відправлятися з вузлів 5, 7, 9, 11 в день $D - 1$; з вузлів 2, 4, 6, 10, 12 – в день $D - 2$; з вузлів 1, 3 – в день $D - 3$.

У табл. 66 наведено значення обсягів поштових потоків у вузлах мережі (відправлення/надходження).

Таблиця 66 – Обсяги поштових потоків у вузлах мережі

Вузли	Дні тижня							
	Нд	Пн	Вт	Ср	Чт	Пт	Сб	Усього
1	11/32	22/26	33/19	44/17	33/21	22/28	11/33	176/176
2	11/26	22/18	33/16	44/20	33/29	22/34	11/33	176/176
3	11/32	22/26	33/19	44/17	33/21	22/28	11/33	176/176
4	11/30	22/20	33/14	44/16	33/25	22/34	11/37	176/176
5	11/20	22/13	33/15	44/24	33/35	22/38	11/31	176/176
6	11/30	22/20	33/14	44/16	33/25	22/34	11/37	176/176
7	11/30	22/20	33/14	44/16	33/25	22/34	11/37	176/176
8	11/20	22/13	33/15	44/24	33/35	22/38	11/31	176/176
9	11/30	22/20	33/14	44/16	33/25	22/34	11/37	176/176
10	11/32	22/26	33/19	44/17	33/21	22/28	11/33	176/176
11	11/26	22/18	33/16	44/20	33/29	22/34	11/33	176/176
12	11/32	22/26	33/19	44/17	33/21	22/28	11/33	176/176
Усього	132/340	264/246	396/194	528/220	396/312	264/392	132/408	2112/2112
Разом	472	510	590	748	708	656	540	4224

З табл. 66 випливає, що обсяги вихідних потоків, що відправляються з вузлів мережі в день D , визначаються лише однією матрицею міжвузлових потоків відповідного дня тижня, у той час, як обсяги вхідних потоків, що надходять до вузлів мережі в день D , визначаються кількома матрицями міжвузлових потоків. Так, значення вхідного потоку, що надходить до вузла 8 у вівторок (15) дорівнює сумі вихідних потоків 5 – 8, 7 – 8, 9 – 8, 11 – 8 понеділка ($4 \cdot 2 = 8$), вихідних потоків 2 – 8, 4 – 8, 6 – 8, 10 – 8, 12 – 8 неділі ($5 \cdot 1 = 5$) та вихідних потоків 1 – 8, 3 – 8 суботи ($2 \cdot 1 = 2$).

У табл. 67 наведено значення обсягів поштових потоків, що перевозяться по ділянках мережі (прямий напрямок/зворотний напрямок).

Таблиця 67 – Значення обсягів поштових потоків на ділянках маршрутів

Ділянки маршрутів	Дні тижня							
	Нд	Пн	Вт	Ср	Чт	Пт	Сб	Усього
1 – 2/2 – 1	11/32	22/26	33/19	44/17	33/21	22/28	11/33	176/176
2 – 3/3 – 2	32/11	26/22	19/33	17/44	21/33	28/22	33/11	176/176
2 – 5/5 – 2	27/48	36/36	63/42	90/63	99/84	72/87	45/72	432/432
4 – 5/5 – 4	11/30	22/20	33/14	44/16	33/25	22/34	11/37	176/176
5 – 6/6 – 5	30/11	20/22	14/33	16/44	25/33	34/22	37/11	176/176
5 – 8/8 – 5	48/48	42/42	66/66	102/102	126/126	114/114	78/78	576/576
7 – 8/8 – 7	11/30	22/20	33/14	44/16	33/25	22/34	11/37	176/176
8 – 9/9 – 8	30/11	20/22	14/33	16/44	25/33	34/22	37/11	176/176
8 – 11/11 – 8	48/27	36/36	42/63	63/90	84/99	87/72	72/45	432/432
10 – 11/11 – 10	11/32	22/26	33/19	44/17	33/21	22/28	11/33	176/176
11 – 12/12 – 11	32/11	26/22	19/33	17/44	21/33	28/22	33/11	176/176
Усього	291/291	294/294	369/369	497/497	533/533	485/485	379/379	2848/2848
Разом	582	588	738	994	1066	970	758	5696

З табл. 67 випливає, що обсяги потоків, що перевозяться ділянками мережі, за окремими днями тижня не збігаються, а за тиждень – збігаються.

Потік, що перевозиться певною ділянкою, визначається сумами відповідних міжвузлових потоків. Наприклад, потік 11 – 8 середі (90) визначається сумами потоків від вузла 11 до вузлів 1, 2, ..., 9 середі ($9 \cdot 4 = 36$) і потоків від вузлів 10, 12 до вузлів 1, 2, ..., 9 вівторка ($18 \cdot 3 = 54$).

Значення кількості робочих місць у вузлах мережі визначаються як

$$R = \max \left\{ \left\lceil \frac{N_0}{Q_n T_n} \right\rceil, \left\lceil \frac{N_1}{Q_n T_n} \right\rceil, \dots, \left\lceil \frac{N_6}{Q_n T_n} \right\rceil \right\},$$

де R – кількість робочих місць з оброблення пошти;

N_0, N_1, \dots, N_6 – обсяги потоків у вузлі мережі за днями тижня;

Q_n – нормативна продуктивність праці на одному робочому місці (одиниць за годину);

T_n – нормативна тривалість часу оброблення пошти у вузлі мережі (годин);

$\lceil X \rceil$ – значення X , округлене до найближчого більшого цілого числа.

Значення N_0, N_1, \dots, N_6 визначаються з табл. 66.

Наприклад, при $Q_n = 3, T_n = 2$ значення R для вузла 8 складе

$$R = \max \left\{ \left\lceil \frac{31}{6} \right\rceil, \left\lceil \frac{35}{6} \right\rceil, \left\lceil \frac{48}{6} \right\rceil, \left\lceil \frac{68}{6} \right\rceil, \left\lceil \frac{68}{6} \right\rceil, \left\lceil \frac{60}{6} \right\rceil, \left\lceil \frac{42}{6} \right\rceil \right\} = \left\lceil \frac{68}{6} \right\rceil = 12,$$

що відповідає навантаженню цього вузла в середу або в четвер.

Підкреслимо, що при визначенні кількості робочих місць у вузлі 8 тільки для дня максимального загального навантаження вона могла складати

$$\left\lceil \frac{88}{6} \right\rceil = 15.$$

Вантажопідйомності транспортних засобів поштових маршрутів визначаються максимальними навантаженнями на ділянках цих маршрутів.

Значення навантажень на ділянках поштових маршрутів визначаються з табл. 67.

У табл. 68 наведено значення навантажень на ділянках маршруту М1/2 з зазначенням відповідних днів тижня.

Таблиця 68 – Навантаження на ділянках маршруту М1/2

Ділянки маршруту	Дні тижня/навантаження на ділянках маршруту						
2 – 5	0/27	1/36	2/63	3/90	4/99	5/72	6/45
5 – 8	1/42	2/66	3/102	4/126	5/114	6/78	0/48
8 – 11	2/42	3/63	4/84	5/87	6/72	0/48	1/36
11 – 8	3/90	4/99	5/72	6/45	0/27	1/36	2/63
8 – 5	4/126	5/114	6/78	0/48	1/42	2/66	3/102
5 – 2	5/87	6/72	0/48	1/36	2/42	3/63	4/84
Максимальне навантаження	4/126	5/114	3/102	4/126	5/114	6/78	3/102

З табл. 68 випливає, що максимальне навантаження (126) мають маршрути, що відправляються в неділю (день мінімального загального навантаження) та в середу (день максимального загального навантаження), причому максимальне навантаження маршруту, що відправляється в неділю, створюється на

ділянці 8 – 5 у четвер, а максимальне навантаження маршруту, що відправляється в середу, – на ділянці 5 – 8 у четвер.

Підкреслимо, що при визначенні максимального навантаження зазначеного поштового маршруту тільки для дня максимального загального навантаження вона могла складати $36 \cdot 4 = 144$.

4.6. Оптимізація вантажопідйомності транспортних засобів

Оптимізація вантажопідйомності транспортних засобів полягає у визначенні мінімальної вантажопідйомності цих засобів, достатньої для перевезень пошти в установлені Адміністрацією зв'язку нормативні строки її пересилання між об'єктами поштового зв'язку.

Мінімальна вантажопідйомність транспортних засобів для перевезень пошти в мережі поштового зв'язку довільної структури, що містить n вузлів, визначається наступними даними:

- матрицею міжвузлових потоків $L(P, S)$, елемент (P, S) якої ($P = 1 \dots n, S = 1 \dots n, P \neq S$) дорівнює значенню потоку, що прямує від вузла P до вузла S ;
- таблицею маршрутів M_k ($k = 1 \dots m$), в якій зазначені всі маршрути, що використовуються для перевезень пошти з переліком усіх вузлів, через які кожний з цих маршрутів проходить;
- матрицею планів прямування пошти $N(P, S)$, елемент (P, S) якої зазначає поштовий маршрут M_k , яким відправляється пошта з вузла P до вузла S , та вузол R , в якому ця пошта здається.

У загальному випадку пересилання пошти між вузлами P і S здійснюється l маршрутами через $l - 1$ транзитних вузлів, тому потік (P, S) завантажує всі ділянки всіх маршрутів, через які він прямує.

Оскільки завантаженість транспортних засобів на різних ділянках поштових маршрутів є різною, необхідна вантажопідйомність цих засобів визначається максимальним завантаженням, яке існує на одній із ділянок кожного з зазначених маршрутів.

Виходячи з цього, необхідно знайти всі потоки, що прямують по кожній ділянці кожного маршруту, підсумувати ці потоки та обрати максимальні значення зазначених сум за кожним з цих маршрутів. При цьому максимальні завантаженості на прямому (непарному) і зворотному (парному) маршрутах визначають один транспортний засіб.

Алгоритм визначення вантажопідйомності транспортних засобів наведено на рис. 46.

Алгоритм містить 22 блоки.

У блоках 1 – 4 здійснюється уведення вихідних даних:

- числа вузлів мережі n ;
- матриці міжвузлових потоків $M(P, S)$;
- таблиці маршрутів M_k ;
- матриці планів прямування пошти $N(P, S)$.

У блоках 5 – 10 здійснюється формування чергових значень номерів вузлів P, S , за якого зазначені змінні набувають значення $P = 1 \dots n, S = 1 \dots n, P \neq S$, тобто від 1, 2 до $n, n - 1$. При формуванні наступного (неіснуючого) значення $P = n + 1$ здійснюється перехід від блока 7 до блока 19.

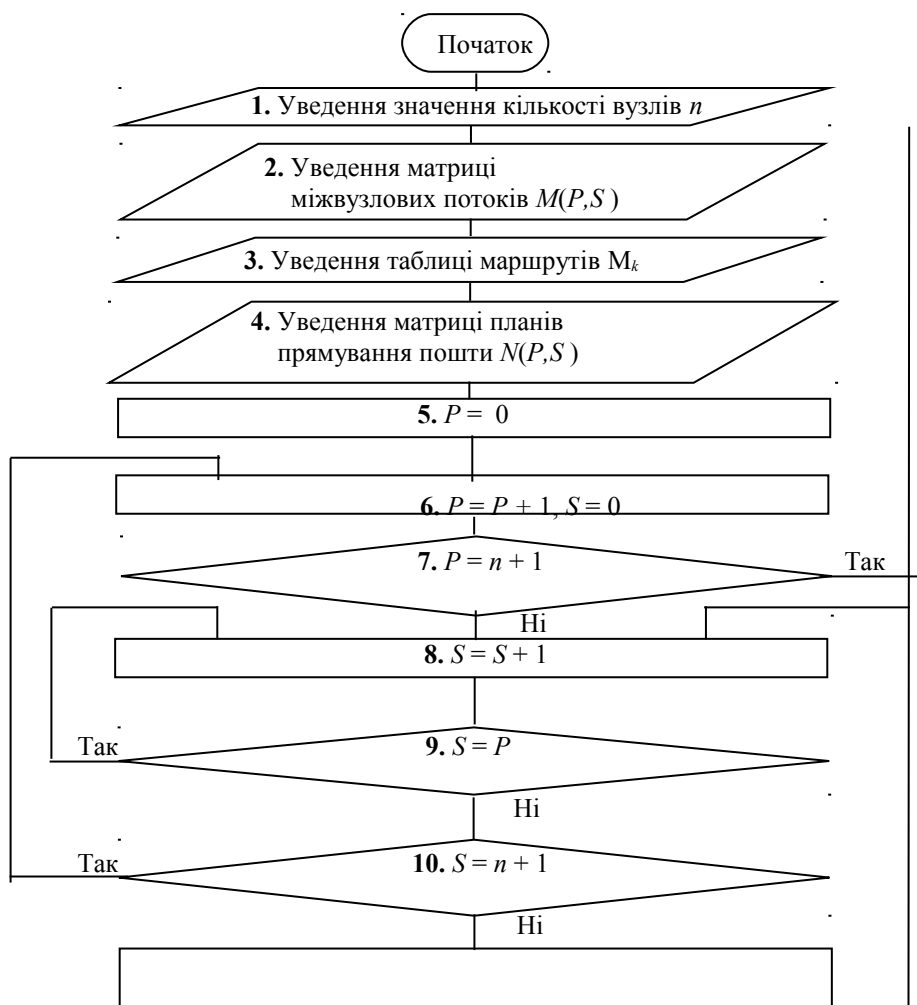
У блоці 11 змінній V надається значення P .

У блоках 12, 13 з матриці $N(P, S)$ визначається маршрут M_k , яким прямує пошта з V в S і номер транзитного вузла R , в якому ця пошта здається.

У блоці 14 з переліку вузлів маршруту M_k визначається номер вузла W , наступного після вузла V .

У блоці 15 номери вузлів P, S і значення потоку (P, S) заносяться в масив ділянки V, W маршруту M_k .

У блоці 16 змінній V надається значення W .



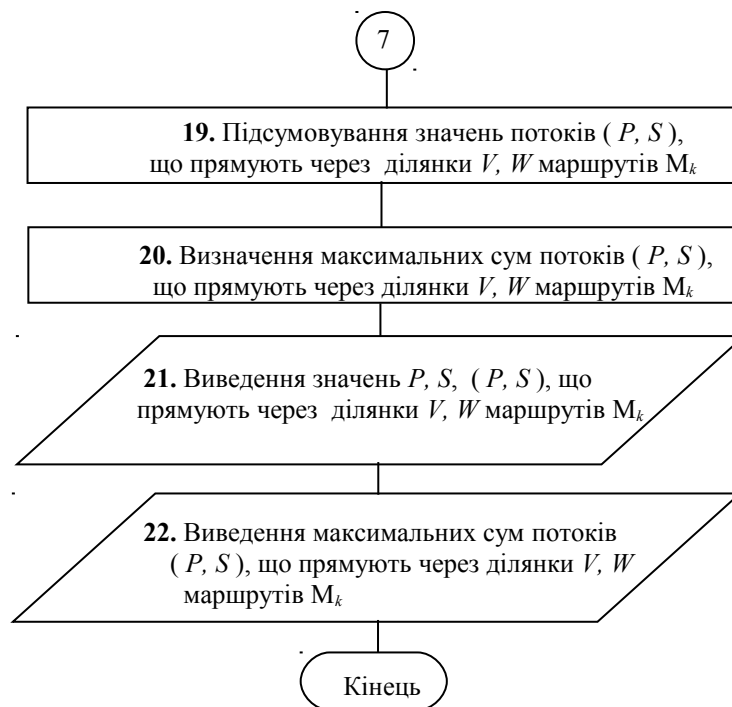
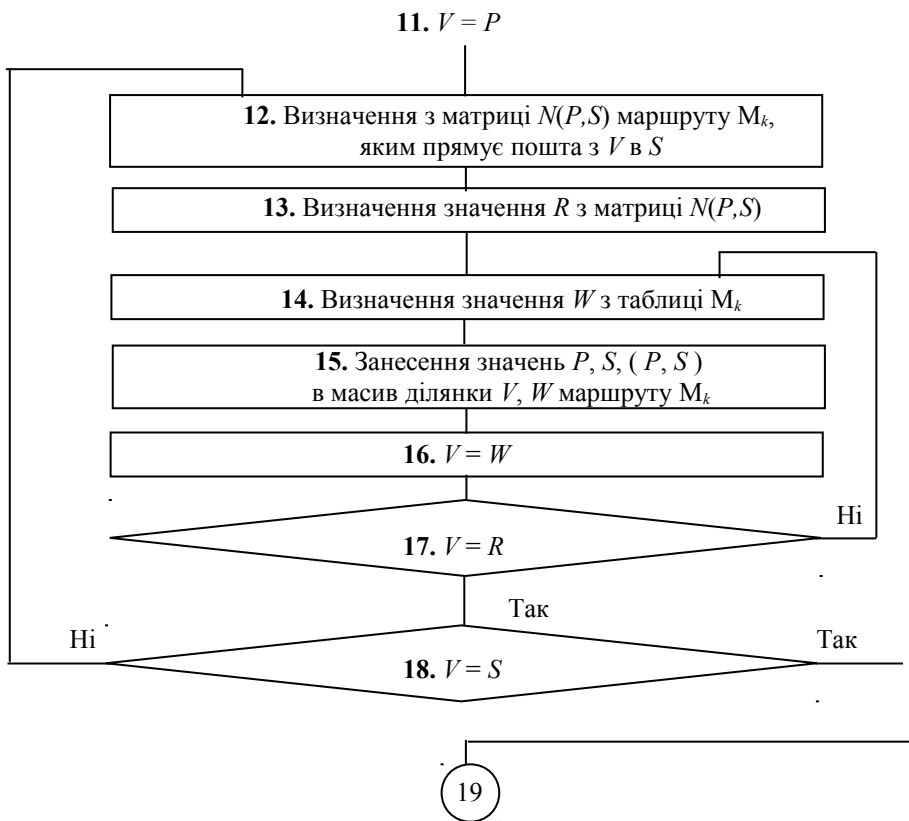


Рисунок 46 – Алгоритм визначення вантажопідйомності транспортних засобів

У блоці 17 перевіряється виконання умови $V = R$, тобто перевіряється, чи пройдений маршрут M_k до вузла здавання пошти R . Якщо “Ні” – повторно ви-

конання блоків 14, 15, 16 з черговими значеннями змінних V і W , якщо “Так” – перехід до блока 18.

У блоці 18 перевіряється виконання умови $V = S$, тобто перевіряється, чи пройдені всі маршрути M_k , що з’єднують вузли P і S . Якщо “Ні” – повторне виконання блоків 12, 13, 14, 15, 16 з черговим маршрутом M_k , черговим вузлом здавання пошти R і черговими значеннями змінних V і W , якщо “Так” – повернення до блока 8 і формування нових значень P і S .

У блоках 19, 20 здійснюється підсумовування значень потоків (P, S) , що прямують через всі ділянки V, W усіх маршрутів M_k , і визначення максимальних значень цих сум.

У блоках 21, 22 здійснюється виведення значень $P, S, (P, S)$, що прямують через всі ділянки V, W усіх маршрутів M_k , й усіх максимальних сум потоків (P, S) , що прямують цими маршрутами.

Значення міжвузлових потоків визначаються в періоди їхнього обстеження (як правило, окремо по кожному з видів пошти по кожному з днів обстеження).

Аналіз проведених обстежень свідчить про багаторазові зміни величин поштових потоків за днями тижня, місяцями, періодами.

При цьому спостерігається зростання поштових потоків від початку тижня до його середини і падіння поштових потоків від середини тижня до його закінчення.

Суттєві зміни величин поштових потоків за днями тижня потребують відповідних змін вантажопідйомності транспортних засобів для перевезень пошти.

Значні перспективи багаторазових змін вантажопідйомності транспортних засобів відкриває використання для перевезень пошти автомобілів з причепами.

Розглянемо зазначені зміни на прикладі регіонального маршруту, що з’єднує регіональний вузол РВ з двома окружними вузлами ОВ-1 і ОВ-2, для орієнтовного графіка змін величин поштових потоків протягом тижня, наведеного на рис. 45.

У табл. 69 наведено значення вантажопідйомності транспортних засобів на маршруті РВ – ОВ-1 – ОВ-2 за днями тижня, які відповідають графіку змін величин поштових потоків за цими днями.

Таблиця 69 – Значення вантажопідйомності транспортних засобів за днями тижня

Дні тижня	Транспортні засоби	Кількість контейнерів		
		Загальна	РВ – ОВ-1	РВ – ОВ-2
Неділя	1 автомобіль без причепа	18	9	9
Понеділок	1 автомобіль з причепом	36	18	18
Вівторок	1 автомобіль з причепом, 1 автомобіль без причепа	54	36	18
Середа	2 автомобілі з причепами	72	36	36
Четвер	1 автомобіль без причепа, 1 автомобіль з причепом	54	18	36
П’ятниця	1 автомобіль з причепом	36	18	18

Субота	1 автомобіль без причепа	18	9	9
У середньому за день	1,57 автомобіля з 1,14 причепа	41, 14	20, 57	20,57
Усього за тиждень	10 автомобілів з 6 причепами	288	144	144

Як впливає з табл. 69, за рахунок варіації вантажопідйомностей автомобілів з причепами досягається певна економія транспортних засобів (10 автомобілів з 6 причепами за тиждень замість 14 автомобілів з 14 причепами при визначенні вантажопідйомностей транспортних засобів за їхніми максимальними значеннями).

4.7. Визначення затримки відправлень пошти і вантажів з вузлів мережі поштового зв'язку

На практиці зміни вантажопідйомностей транспортних засобів не завжди повною мірою відповідають змінам величин поштових потоків, внаслідок чого можливі випадки затримок відправлень пошти і вантажів з вузлів мережі поштового зв'язку, обумовлених відсутністю в поштових автомобілях вільних місць для їхніх перевезень.

З економічної точки зору відсутність затримок відправлень пошти і вантажів з вузла поштового зв'язку за умов нерівномірності поштових потоків свідчить про те, що вантажопідйомність поштового транспорту перевищує максимальне добове вихідне поштове навантаження вузла, тобто про низьку середню ефективність використання поштового транспорту. Саме така картина мала місце при використанні для перевезень пошти і вантажів поштових вагонів, вантажопідйомність яких багаторазово перевищувала маси цієї пошти і вантажів.

І навпаки, наявність затримки відправлень пошти і вантажів за умов, що вона не призводить до порушення нормативних строків їхнього пересилання, свідчить про високу ефективність використання поштового транспорту, оскільки для перевезень пошти і вантажів використовуються транспортні засоби меншої вантажопідйомності.

Враховуючи, що оптимізація вантажопідйомності транспортних засобів передбачає знаходження мінімальної вантажопідйомності, яка забезпечує перевезення усіх видів пошти і вантажів в установлені нормативні строки їхнього пересилання, важливо виключити не будь-які затримки відправлень пошти і вантажів, а лише ті з них, які призводять до порушення нормативних строків їхнього пересилання.

Для визначення затримок відправлень пошти і вантажів можна застосувати простий графічний метод. Розглянемо конкретний приклад.

Нехай вихідне поштове навантаження вузла протягом тижня змінюється в широких межах і складає 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 відносних одиниць (в.о.). Загальне вихідне навантаження вузла за тиждень складе $1 + 2 + \dots + 7 = 28$ в.о., а середньодобове – $28 : 7 = 4$ в.о.

Отже, для перевезень пошти і вантажів без затримки потрібні транспортні засоби вантажопідйомністю 7 в.о., а з затримкою – лише 4 в.о.

Визначимо величину затримки пошти і вантажів у вузлі. Для цього пронумеруємо всі відносні одиниці в порядку їхнього надходження і в порядку їхнього відправлення та зіставимо дні надходження з днями відправлення.

На рис. 47 наведено визначення затримок відправлення пошти і вантажів у найбільш несприятливому (7, 6, 5, 4, 3, 2, 1 в.о.), найбільш типовому (1, 3, 5, 7, 6, 4, 2 в.о.) і найбільш сприятливому (7, 1, 6, 2, 5, 3, 4 в.о.) варіантах розподілу вихідного навантаження по днях тижня.

У табл. 70 наведені значення затримок відправлення кожної з відносних одиниць пошти і вантажів в усіх варіантах розподілу вихідного навантаження за днями тижня.

Як впливає з табл. 70, у варіанті 1 без затримки відправляються 6 з 28 в.о., з затримкою на одну добу – 16 з 28 в.о., з затримкою на дві доби – 6 з 28 в.о., середня затримка складає $(6 \cdot 0 + 16 \cdot 1 + 6 \cdot 2) / 28 = 1$ добу; у варіанті 2 без затримки відправляються 10 з 28 в.о., з затримкою на одну добу – 14 з 28 в.о., з затримкою на дві доби – 4 з 28 в.о., середня затримка складає $(10 \cdot 0 + 14 \cdot 1 + 4 \cdot 2) / 28 = 0,786$ доби; у варіанті 3 без затримки відправляються 22 з 28 в.о., з затримкою на одну добу – 6 з 28 в.о., середня затримка складає $(22 \cdot 0 + 6 \cdot 1) / 28 = 0,214$ доби.

Добове навантаження (варіант 1)

7							
6	13						
5	12	18					
4	11	17	22				
3	10	16	21	25			
2	9	15	20	24	27		
1	8	14	19	23	26	28	
	Нд	Пн	Вт	Ср	Чт	Пт	Сб

Добове навантаження (варіант 2)

			16			
			15	22		
		9	14	21		
		8	13	20	26	
	4	7	12	19	25	
	3	6	11	18	24	28
1	2	5	10	17	23	27

Нд Пн Вт Ср Чт Пт Сб

Добове навантаження (варіант 3)

7						
6		14				
5		13		21		
4		12		20		28
3		11		19	24	27
2		10	16	18	23	26
1	8	9	15	17	22	25
Нд	Пн	Вт	Ср	Чт	Пт	Сб

Добове відправлення (усі варіанти)

4	8	12	16	20	24	28
3	7	11	15	19	23	27
2	6	10	14	18	22	26
1	5	9	13	17	21	25
Нд	Пн	Вт	Ср	Чт	Пт	Сб

Рисунок 47 – Визначення затримок відправлення пошти і вантажів

Таблиця 70 – Значення затримок відправлення пошти і вантажів

Відносні одиниці		Затримка відправлення, діб
Номери	Усього	
Варіант 1		
1, 2, 3, 4, 8, 28	6	0
5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 19, 20, 23, 24, 26, 27	16	1
13, 17, 18, 21, 22, 25	6	2
Варіант 2		
2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12	10	0
1, 9, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 23, 24, 27, 28	14	1
21, 22, 25, 26	4	2
Варіант 3		
1, 2, 3, 4, 8, 9, 10, 11, 12, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28	22	0
5, 6, 7, 13, 14, 21	6	1

Таким чином, затримка відправлень пошти і вантажів з вузла суттєво залежить як від нерівномірності значень вихідних добових навантажень, так і від розподілу цих значень за днями тижня.

Виходячи з призначення різних видів пошти і вантажів визначені допустимі строки затримки їхнього відправлення, значення яких наведені у табл. 71.

Таблиця 71 – Допустимі строки затримки відправлення пошти і вантажів

Вид пошти і вантажів	Допустимі строки затримки відправлення, діб
Письмова кореспонденція	0
Посилочна пошта	0
Щоденні періодичні видання	0
Щотижневі періодичні видання	1
Щомісячні періодичні видання	2
Продукція технологічного забезпечення	2
Товари для продажу	2
Вантажі	2

Нині сумарна маса письмової кореспонденції, посилочної пошти та щоденних періодичних видань не перевищує 50% маси всієї пошти і вантажів, отже може бути гарантована відсутність затримки відправлень цих видів пошти, а затримка відправлень інших видів пошти і вантажів не перевищує однієї доби, що менше відповідних значень табл. 71.

Таким чином, схема магістральних перевезень пошти не тільки забезпечує перевезення всіх видів пошти і вантажів за умов діючих поштових потоків, але й має достатні резерви для забезпечення пересилання всіх видів пошти і вантажів за умов зростання цих потоків.

Зі зростанням міжвузлових поштових потоків виникає питання про доцільність або недоцільність уведення прямих поштових маршрутів між відповідними вузлами.

Сьогодні розрахунок вартості магістральних перевезень пошти в мережі поштового зв'язку УДППЗ „Укрпошта” провадиться виходячи з інтегральних показників вартості перевезень пошти на один км пробігу поштових автомобілів різних марок незалежно від ступеня їх фактичного завантаження.

Такий спрощений розрахунок, будучи зручним для практичного використання, не відбиває фактичних витрат на перевезення пошти, оскільки робота, яку виконує двигун поштового автомобіля, пропорційна сумарній масі власне автомобіля і вантажу, що ним перевозиться.

Наслідком такого становища є те, що впровадження прямого поштового маршруту M_{AB} між вузлами A і B , з'єднаними через транзитний вузол C поштовими маршрутами M_{AC} і M_{CB} , вважається економічно недоцільним, якщо вантажопідйомності P_{AC} і P_{CB} поштових автомобілів, що здійснюють перевезення по маршрутах M_{AC} і M_{CB} , достатні для перевезення міжвузлового потоку P_{AB} , хоча насправді впровадження прямого поштового маршруту M_{AB} може виявитися економічно доцільним.

Зазначене твердження ілюструється на рис. 48.

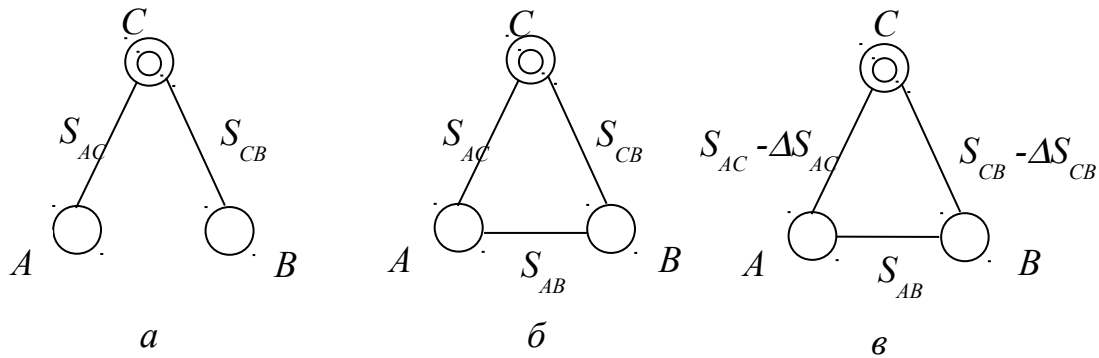


Рисунок 48 – Визначення вартості перевезення потоку P_{AB}

На рис. 48,а наведено існуючу схему перевезення потоків P_{AC} і P_{CB} , до складу яких входить потік P_{AB} . Вартість перевезення зазначених потоків складається з вартості S_{AC} перевезення потоку P_{AC} і вартості S_{CB} перевезення потоку P_{CB} . Вартість перевезення потоку P_{AB} окремо не враховується.

Сумарна вартість перевезень за рис. 48,а складає $S_1 = S_{AC} + S_{CB}$.

На рис. 48,б наведено схему перевезення потоків P_{AC} , P_{CB} і P_{AB} при упровадженні прямого маршруту M_{AB} для перевезення міжвузлового потоку P_{AB} з визначенням сумарної вартості перевезень за існуючою методикою, яка не враховує зменшення потоків P_{AC} і P_{CB} .

Сумарна вартість перевезень за рис. 48,б складає $S_2 = S_{AC} + S_{CB} + S_{AB}$.

Оскільки $S_2 > S_1$, впровадження маршруту M_{AB} завжди вважається недоцільним.

На рис. 48,в наведено схему перевезення потоків P_{AC} , P_{CB} і P_{AB} при упровадженні прямого маршруту M_{AB} для перевезення міжвузлового потоку P_{AB} з визначенням сумарної вартості перевезень за методикою, яка враховує зменшення потоків P_{AC} і P_{CB} .

Сумарна вартість перевезень за рис. 48,в складає

$$S_3 = (S_{AC} - \Delta S_{AC}) + (S_{CB} - \Delta S_{CB}) + S_{AB} = S_1 + S_{AB} - (\Delta S_{AC} + \Delta S_{CB}).$$

У залежності від співвідношення витрат S_{AB} і $(\Delta S_{AC} + \Delta S_{CB})$ упровадження прямого маршруту M_{AB} доцільне, якщо $S_{AB} \leq (\Delta S_{AC} + \Delta S_{CB})$, і недоцільне, якщо $S_{AB} > (\Delta S_{AC} + \Delta S_{CB})$.

При цьому ще не враховане додаткове зниження сумарної вартості перевезень пошти за рис. 48,в, обумовлене зниженням вартості транзитного оброблення потоків P_{AC} і P_{CB} у транзитному вузлі С внаслідок вилучення зі складу цих потоків потоку P_{AB} .

Як свідчать попередні розрахунки, доцільність упровадження прямого маршруту M_{AB} між вузлами А і В настає значно раніше, ніж недостатня вантажопідйомність поштових автомобілів на маршрутах M_{AC} і M_{CB} , що з'єднують ці вузли через транзитний вузол С.

Таким чином, можливості зменшення витрат на перевезення пошти, як і можливості скорочення витрат на оброблення пошти, скорочення протяжностей поштових маршрутів, скорочення нормативних строків пересилання поштових

відправлень і зменшення ймовірностей створення залишків невідправленої пошти у транзитних вузлах мережі, у діючій мережі поштового зв'язку УДППЗ „Укрпошта” залишаються невикористаними.

4.8. Адаптація перевезень пошти до змін величин поштових потоків

Адаптація перевезень пошти до змін величин поштових потоків полягає в здійсненні змін пропускних спроможностей поштових маршрутів відповідно до зазначених змін величин поштових потоків.

Для здійснення адаптації можуть використовуватися як існуючі, так і нові поштові маршрути.

Передбачено декілька методів адаптації перевезень пошти до змін величин поштових потоків.

Основні методи адаптації перевезень пошти до збільшення величин поштових потоків:

- використання альтернативних напрямів прямування поштових потоків (метод адаптації A);
- збільшення вантажопідйомності транспортних засобів поштових маршрутів, визначених планом прямування пошти (метод адаптації B);
- поділ об'єднаних поштових маршрутів, визначених планом прямування пошти, на окремі маршрути (метод адаптації C);
- уведення паралельних поштових маршрутів (метод адаптації D);
- уведення нових поштових маршрутів (метод адаптації E).

Основні методи адаптації перевезень пошти до зменшення величин поштових потоків:

- відміна альтернативних напрямів прямування поштових потоків (метод адаптації \bar{A});
- зменшення вантажопідйомності транспортних засобів поштових маршрутів, визначених планом прямування пошти (метод адаптації \bar{B});
- об'єднання окремих поштових маршрутів, визначених планом прямування пошти для перевезення пошти територіально наближеними поштовими маршрутами (метод адаптації \bar{C});
- відміна паралельних поштових маршрутів з перенесенням їх навантаження на основні поштові маршрути (метод адаптації \bar{D});
- відміна прямих поштових маршрутів з перенесенням їх навантаження на альтернативні поштові маршрути (метод адаптації \bar{E}).

З наведеного переліку основних методів адаптації перевезень пошти до змін величин поштових потоків випливає, що методи адаптації A і \bar{A} , B і \bar{B} , C і \bar{C} , D і \bar{D} , E і \bar{E} засновані на виконанні протилежних дій.

У табл. 72 наданий перелік основних дій, які повинні виконуватися, та основних обмежень, які повинні враховуватися, при реалізації методів адаптації перевезень пошти до змін величин поштових потоків.

Таблиця 72 – Перелік дій та основних обмежень при адаптації перевезень

ПОШТИ ДО ЗМІН ВЕЛИЧИН ПОШТОВИХ ПОТОКІВ

Метод адаптації	Основні дії при реалізації методу	Основні обмеження при реалізації методу
<i>A</i>	Пошук альтернативних напрямів прямування поштових потоків Коригування плану прямування пошти	Вантажопідйомності транспортних засобів альтернативних поштових маршрутів
<i>B</i>	Збільшення вантажопідйомності транспортних засобів поштових маршрутів, визначених планом прямування пошти Коригування даних про пропускні спроможності поштових маршрутів	Максимальна вантажопідйомність поштових автомобілів Допустима максимальна вантажопідйомність поштових автомобілів на автошляхах, якими прямує поштовий маршрут Максимальна вантажопідйомність поштових автомобілів, які здатні приймати вузли поштового зв'язку, через які прямує поштовий маршрут
<i>C</i>	Поділ об'єднаного поштового маршруту, визначеного планом прямування пошти, на окремі маршрути Визначення пропускних спроможностей поділених поштових маршрутів Складання паспортів поділених поштових маршрутів Коригування плану прямування пошти Коригування даних про поштові маршрути Коригування даних про пропускні спроможності поштових маршрутів	

<i>D</i>	Уведення паралельного поштового маршруту Визначення пропускних спроможностей паралельних поштових маршрутів Коригування плану прямування пошти Коригування даних про поштові маршрути Коригування даних про пропускні спроможності поштових маршрутів	
<i>E</i>	Уведення нового поштового маршруту Визначення пропускної спроможності нового поштового маршруту Визначення пропускних спроможностей поштових маршрутів, якими раніше здійснювались перевезення потоків, що будуть перевозитися новим маршрутом	

	Складання паспорта нового маршруту Коригування плану прямування пошти Коригування даних про поштові маршрути Коригування даних про пропускні спроможності поштових маршрутів	
\bar{A}	Відміна альтернативних напрямів прямування поштових потоків Коригування плану прямування пошти	Вантажопідйомність транспортного засобу основного поштового маршруту
\bar{B}	Зменшення вантажопідйомності транспортних засобів поштових маршрутів, визначених планом прямування пошти Коригування даних про пропускні спроможності поштових маршрутів	Мінімальна вантажопідйомність поштових автомобілів
\bar{C}	Об'єднання окремих поштових маршрутів, визначених планом прямування пошти для перевезення територіально наближеними поштовими маршрутами Визначення пропускної спроможності об'єднаного поштового маршруту Складання паспорта об'єднаного поштового маршруту Коригування плану прямування пошти Коригування даних про поштові маршрути Коригування даних про пропускні спроможності поштових маршрутів	Максимальна вантажопідйомність поштових автомобілів Допустима максимальна вантажопідйомність поштових автомобілів на автошляхах, по яких прямує поштовий маршрут Максимальна вантажопідйомність поштових автомобілів, які здатні приймати вузли поштового зв'язку, через які прямує поштовий маршрут
\bar{D}	Відміна паралельного поштового маршруту з перенесенням його навантаження на основний поштовий маршрут Визначення пропускної спроможності об'єднаного поштового маршруту Коригування плану прямування пошти Коригування даних про поштові маршрути Коригування даних про пропускні спроможності поштових маршрутів	Максимальна вантажопідйомність поштових автомобілів Допустима максимальна вантажопідйомність поштових автомобілів на автошляхах, якими прямує поштовий маршрут Максимальна вантажопідйомність поштових автомобілів, які здатні приймати вузли поштового зв'язку, через які прямує поштовий маршрут
\bar{E}	Відміна прямого поштового маршруту з перенесенням його навантаження на альтернативні поштові маршрути Визначення пропускних спроможностей альтернативних поштових маршрутів	Максимальна вантажопідйомність поштових автомобілів Допустима максимальна вантажопідйомність поштових автомобілів на автошляхах, якими прямує поштовий маршрут

Коригування плану прямування пошти Коригування даних про поштові маршрути Коригування даних про пропускні спроможності поштових маршрутів	Максимальна вантажопідйомність поштових автомобілів, які здатні приймати вузли поштового зв'язку, через які прямує поштовий маршрут
---	---

Структурний алгоритм адаптації перевезень пошти до змін величин поштових потоків наведений на рис. 49.

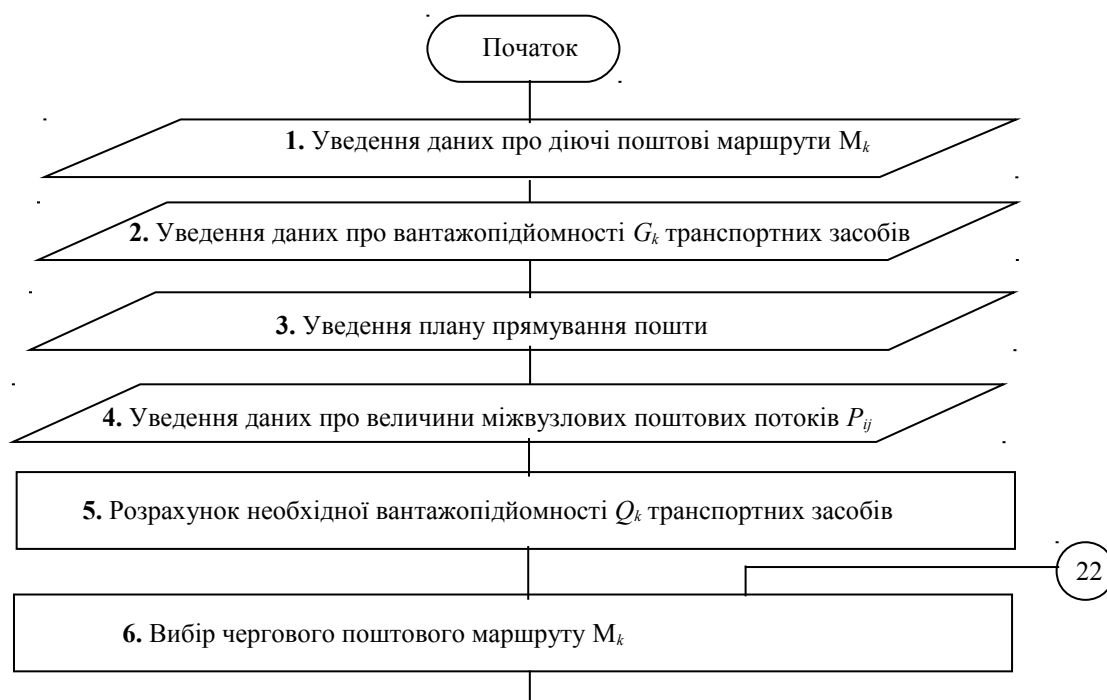
Структурний алгоритм містить 22 блоки.

У блоках 1 – 4 виконується уведення початкових даних. Як початкові дані виступають:

- перелік діючих поштових маршрутів,
- дані про вантажопідйомності поштових автомобілів G_k на поштових маршрутах M_k ,
- план прямування пошти,
- дані про величини поштових потоків.

У блоці 5 на основі плану прямування пошти і даних про величини міжобласних поштових потоків P_{ij} провадиться розрахунок необхідної вантажопідйомності поштових автомобілів Q_k на відповідних поштових маршрутах M_k .

У блоці 6 виконується вибір чергового поштового маршруту M_k з яким прямує міжобласний поштовий потік P_{ij} .



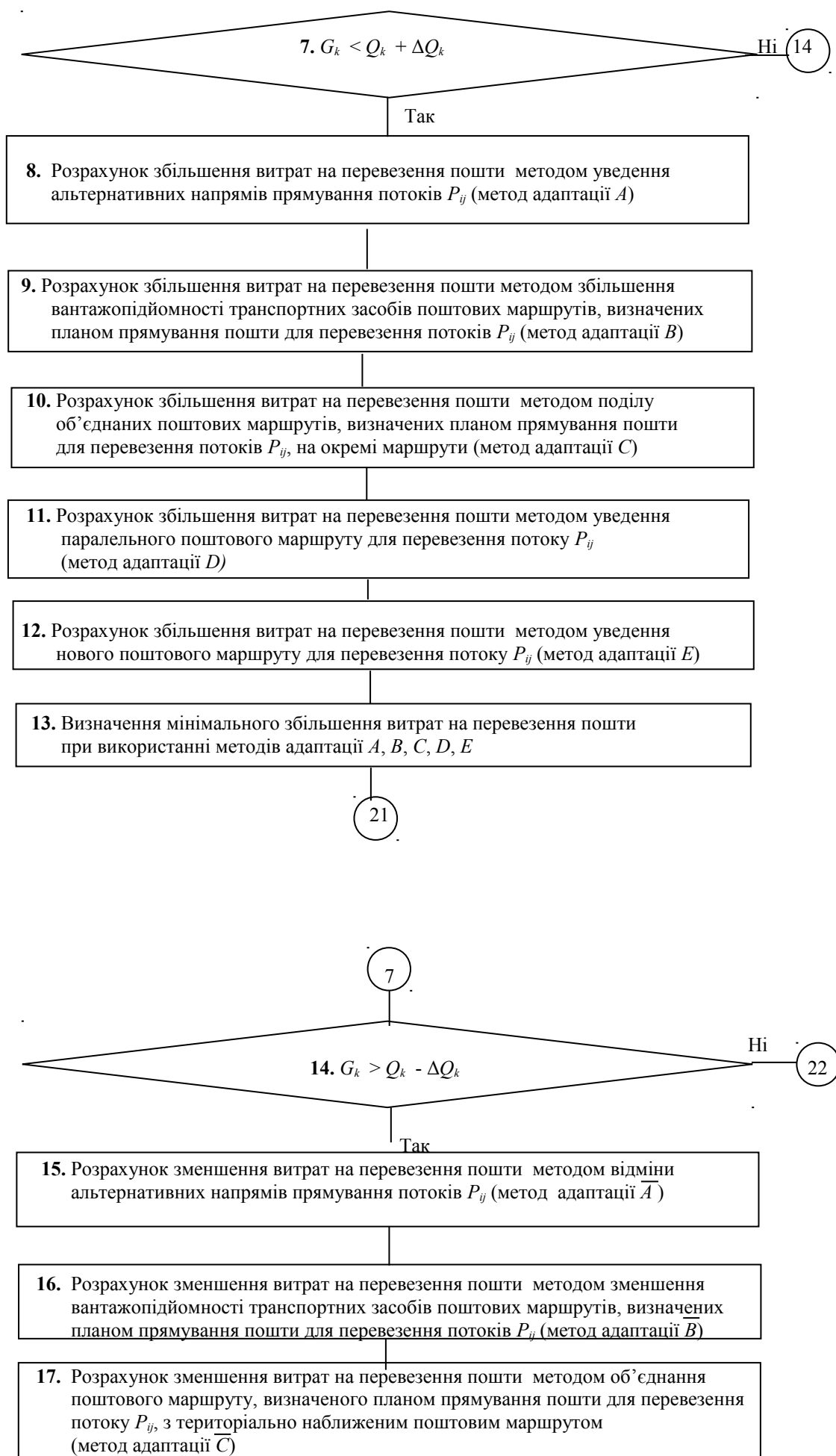




Рисунок 49 – Структурний алгоритм адаптації перевезень пошти до змін величин поштових потоків

У блоці 7 значення вантажопідйомності G_k порівнюється зі значенням необхідної вантажопідйомності Q_k , збільшеної на величину ΔQ_k , яка враховує допустимі коливання величин поштових потоків. Якщо $G_k < Q_k + \Delta Q_k$ – перехід до блока 8, якщо ні – до блока 14.

У блоках 8 – 12 виконуються розрахунки збільшення витрат на перевезення пошти методами адаптації A, B, C, D, E відповідно.

У блоці 13 визначається мінімальне збільшення витрат на перевезення пошти при використанні методів адаптації A, B, C, D, E .

У блоці 14 значення вантажопідйомності G_k порівнюється зі значенням необхідної вантажопідйомності Q_k , зменшеної на величину ΔQ_k . Якщо $G_k > Q_k - \Delta Q_k$ – перехід до блока 15, якщо ні – до блока 22.

У блоках 15 – 19 виконуються розрахунки зменшення витрат на перевезення пошти методами адаптації $\bar{A}, \bar{B}, \bar{C}, \bar{D}, \bar{E}$ відповідно.

У блоці 20 визначається максимальне зменшення витрат на перевезення пошти при використанні методів адаптації $\bar{A}, \bar{B}, \bar{C}, \bar{D}, \bar{E}$.

У блоці 21 виконуються основні дії, пов'язані з реалізацією визначеного методу адаптації (перелік основних дій і основних обмежень наведений у табл. 72).

У блоці 22 виконується вибір напряму подальшої роботи алгоритму: якщо всі поштові маршрути M_k не перевірені – повернення до виконання блока б, якщо перевірені – закінчення роботи алгоритму.

4.9. Адаптація перевезень пошти до надзвичайних ситуацій

Адаптація перевезень пошти до надзвичайних ситуацій – це спроможність цієї схеми протистояти дії сил, які унеможливають здійснення перевезень пошти за установленими маршрутами.

До надзвичайних ситуацій відносяться природні (повені, підтоплення, ожеледиці, снігопади, зсуви) та автогенні (радіоактивне забруднення, викиди горючих, отруйних та вибухових речовин, аварії, катастрофи) катаклізми, навмисні дії (перекриття шляхів демонстрантами та страйкарями, терористичні акти), реконструкція і ремонт шляхів тощо.

Адаптація перевезень пошти до надзвичайних ситуацій заснована на створенні достатньої кількості альтернативних шляхів перевезення пошти, дублюванні вузлів поштового зв'язку, створенні резерву транспортних засобів для перевезень пошти.

На рис. 50 наведено ілюстрацію збільшення кількості можливих шляхів перевезення пошти між вузлами мережі поштового зв'язку при використанні регіональних і окружних маршрутів.

На рис. 50,а регіональний вузол B_0 з'єднаний з окружними вузлами $B_1, B_2, B_3, B_4, B_5, B_6$ тільки регіональними маршрутами $B_0 - B_1 - B_2 - B_1 - B_0, B_0 - B_3 - B_4 - B_3 - B_0, B_0 - B_5 - B_6 - B_5 - B_0$. Між будь-якою парою вузлів існує лише єдиний шлях, вилучення якого призводить до втрати зв'язків між деякими вузлами схеми.

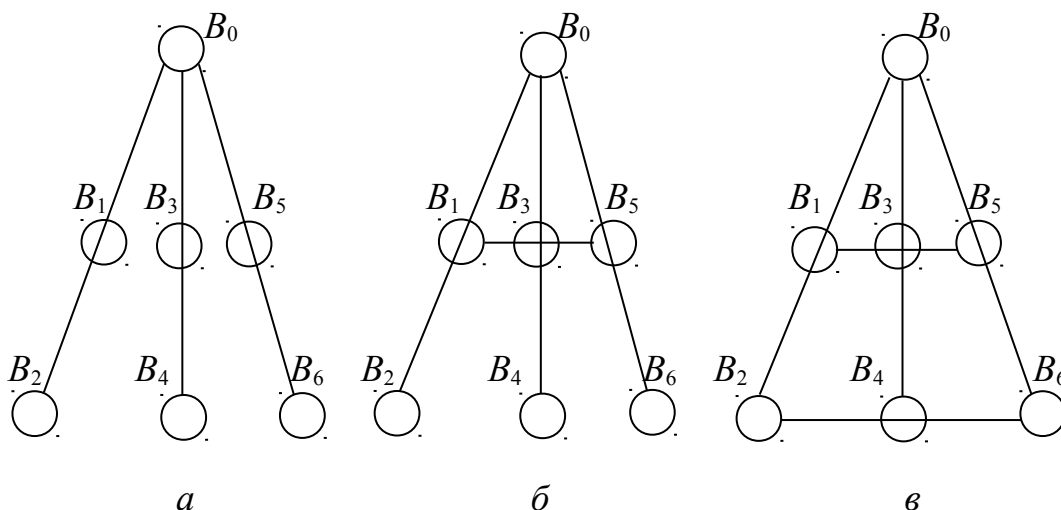


Рисунок 50 – Ілюстрація збільшення кількості можливих шляхів

перевезення пошти

На рис. 50,б вузли B_1, B_3, B_5 додатково з'єднані маршрутом $B_1 - B_3 - B_5 - B_3 - B_1$, завдяки чому вузли $B_1, B_2, B_3, B_4, B_5, B_6$ отримують по три можливих шляхи, що з'єднують їх з вузлом B_0 , а вилучення одного або двох з шляхів $B_0 - B_1, B_1 - B_0, B_0 - B_3, B_3 - B_0, B_0 - B_5, B_5 - B_0$ не призводить до втрати зв'язків між вузлами схеми.

На рис. 50,в вузли B_2, B_4, B_6 додатково з'єднані маршрутом $B_2 - B_4 - B_6 - B_4 - B_2$, завдяки чому вузол B_3 отримує 7, вузли B_1, B_5 – по 8, вузол B_4 – 9, вузли B_2, B_6 – по 10 можливих шляхів, що з'єднують їх з вузлом B_0 , а вилучення одного або двох з шляхів $B_0 - B_1, B_1 - B_0, B_0 - B_3, B_3 - B_0, B_0 - B_5, B_5 - B_0$ і одного або двох з шляхів $B_1 - B_2, B_2 - B_1, B_3 - B_4, B_4 - B_3, B_5 - B_6, B_6 - B_5$ не призводить до втрати зв'язків між вузлами схеми.

Зі збільшенням кількості зв'язків між вузлами схеми кількість можливих шляхів між ними зростає настільки швидко, що навіть при одночасному вилученні значної кількості шляхів зв'язки між вузлами схеми продовжують існувати.

Математична модель адаптації перевезень пошти до надзвичайних ситуацій ґрунтується на аналізі перетинів графа схеми перевезень пошти.

Схема перевезень пошти спроможна здійснювати функції перевезення пошти між вузлами поштового зв'язку, якщо будь-яка сукупність вилучених ребер не містить в собі жодної сукупності ребер, що складає будь-який перетин графа, і не спроможна здійснювати ці функції в протилежному випадку.

Для адаптації схеми перевезень пошти до надзвичайних ситуацій використовуються як основні, так і додаткові поштові маршрути (маршрути надзвичайних ситуацій). Поштові маршрути надзвичайних ситуацій за звичайних умов для перевезень пошти не використовуються, але вони паспортизовані, створений необхідний резерв транспорту і розроблений порядок їхнього впровадження.

Крім того, маршрутами надзвичайних ситуацій тупикові вузли з'єднані з іншими наближеними до них вузлами, завдяки чому всі вони отримують додаткові зв'язки.

Передбачено, що в схемі магістральних перевезень пошти, за умов надзвичайних ситуацій, всі вузли можуть бути з'єднані між собою альтернативними шляхами минаючи Київ, завдяки чому надійність схеми суттєво зростає.

Вибір тих чи інших альтернативних шляхів провадиться на основі розв'язання задачі пошуку оптимальних шляхів перевезення пошти за умов надзвичайних ситуацій.

Обґрунтовано два методи адаптації схеми магістральних перевезень пошти до надзвичайних ситуацій.

Перший метод передбачає відновлення ушкоджених основних поштових маршрутів за допомогою додаткових поштових маршрутів. Перевагою методу є можливість ефективного використання транспортних засобів основних поштових маршрутів для проходження додаткових поштових маршрутів.

Другий метод передбачає відновлення ушкоджених зв'язків між вузлами схеми магістральних перевезень пошти за допомогою неушкоджених частин ушкоджених основних поштових маршрутів і додаткових поштових маршрутів.

Перевагою методу є можливість відновлення зв'язків між вузлами схеми магістральних перевезень пошти за допомогою мінімальної кількості додаткових поштових маршрутів.

Перший метод доцільно застосовувати при ушкодженні незначної частини основних поштових маршрутів, другий – при ушкодженні їх значної частини.

Структурний алгоритм адаптації перевезень пошти до надзвичайних ситуацій наведено на рис. 51.

Структурний алгоритм містить 21 блок.

У блоках 1 – 6 виконується уведення початкових даних. Як початкові дані виступають:

- перелік вершин графа мережі;
- перелік основних і додаткових ребер графа мережі;
- паспорти основних і додаткових ребер графа мережі;
- перелік існуючих поштових маршрутів мережі;
- паспорти існуючих поштових маршрутів мережі;
- перелік основних і додаткових ушкоджених ребер графа мережі.

У блоці 7 поштові маршрути мережі, що містять ушкоджені ребра, замінюються їхніми частинами, що створені з неушкоджених ребер.

У блоці 8 ушкоджені ребра вилучаються з переліку основних і додаткових ребер графа мережі.



6. Уведення переліку основних і додаткових ушкоджених ребер графа мережі



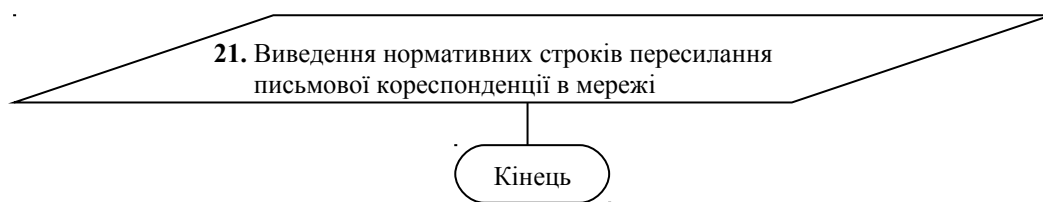


Рисунок 51 – Структурний алгоритм адаптації перевезень пошти до надзвичайних ситуацій

У блоці 9 виконується побудова зв'язного графа за допомогою неушкоджених поштових маршрутів, неушкоджених частин ушкоджених поштових маршрутів і додаткових ребер мережі.

Побудова зв'язного графа, згідно з першим методом адаптації, здійснюється шляхом відновлення основних поштових маршрутів мережі, згідно з другим – шляхом відновлення зв'язків між вузлами мережі.

У блоці 10 виконується формування переліку незв'язних частин графа мережі.

У блоці 11 виконується формування додаткових поштових маршрутів, створених з неушкоджених частин ушкоджених поштових маршрутів і додаткових ребер графа мережі.

У блоці 12 виконується формування паспортів додаткових поштових маршрутів мережі з паспортів їх ребер.

У блоці 13 виконується формування розкладів руху додаткових поштових маршрутів мережі.

У блоці 14 виконується формування плану прямування пошти в мережі.

У блоці 15 виконується розрахунок нормативних строків пересилання письмової кореспонденції в мережі.

У блоках 16 – 21 виконується виведення результатів роботи алгоритму. Як результати роботи алгоритму виступають:

- перелік незв'язних частин мережі;
- назви ушкоджених поштових маршрутів мережі;
- назви і розклади руху додаткових поштових маршрутів мережі;
- паспорти додаткових поштових маршрутів мережі;
- план прямування пошти в мережі;
- нормативні строки пересилання письмової кореспонденції в мережі.

Контрольні питання

1. Назвіть призначення й основні показники плану прямування пошти.
2. Охарактеризуйте можливі форми подання розкладів руху поштового транспорту в планах прямування пошти.
3. Чим відрізняються плани прямування легкої пошти від планів прямування важкої пошти?
4. Чим визначається необхідна кількість планів прямування пошти протягом доби?

5. Охарактеризуйте принципи об'єднання поштових маршрутів.
6. Охарактеризуйте принципи побудови маршрутів виймання кореспонденції з поштових скриньок.
7. Охарактеризуйте фактори, що визначають необхідну кількість транспортних засобів для перевезень пошти.
8. Охарактеризуйте фактори, що визначають обсяги оброблення і перевезення пошти за умов циклічних змін обсягів міжвузлових поштових потоків.
9. Охарактеризуйте фактори, що визначають необхідну вантажопідйомність транспортних засобів для перевезень пошти.
10. Охарактеризуйте фактори, що визначають затримки відправлень пошти і вантажів з вузлів мережі поштового зв'язку.
11. Охарактеризуйте основні шляхи адаптації перевезень пошти до змін обсягів поштових потоків.
12. Охарактеризуйте основні шляхи адаптації перевезень пошти до надзвичайних ситуацій.

Список рекомендованої літератури

1. Ящук Л.О. Розробка планів прямування пошти: Методичне керівництво – Одеса: ОНАЗ, 2002. – 28 с.
2. Ящук Л.О. Алгоритм розробки планів прямування пошти // Зв'язок. – 1999. – № 4. – С. 46-49.
3. Ящук Л.О. Оптимізація схеми магістральних перевезень пошти в Україні // Зв'язок. – 2001. – № 1. – С. 46-50.
4. Ящук Л.О. Зонально-вузловий принцип сортування і направлення пошти: to be or not to be? // Зв'язок. – 2001. – № 4. – С. 46-49.
5. Ящук Л.Е. Сомнительный вариант // Почтовая связь. Техника и технологии. – М.: Агентство ИРИАС, 2005. – № 12. – С. 10-14.
6. Ящук Л.О., Мухін В.Г., Мороз В.М. Оптимізація схеми магістральних перевезень пошти в Україні: підсумки впровадження // Зв'язок. – 2002. – № 2. – С. 38-44.
7. Ящук Л.Е. Оптимизация схемы магистральных перевозок почты в Украине // Почтовая связь. Техника и технологии. – М.: Агентство ИРИАС, 2002. – № 2. – С. 15-16; – 2002. – № 3. – С. 12-14.
8. Ящук Л.О. Схема магістральних перевезень пошти: від оптимізації – 1 до оптимізації – 2 // Зв'язок. – 2006. – № 4. – С. 18-20.
9. Мухін В.Г., Ящук Л.О. Математична модель функціонування магістральної мережі поштового зв'язку з транзитним обробленням пошти // Зв'язок. – 2003. – № 2. – С. 42-44.
10. Мухін В.Г., Ящук Л.О. Аналіз ефективності та алгоритм побудови мережі поштового зв'язку без транзитного оброблення пошти // Зв'язок. – 2003. – № 1. – С. 40-41.
11. Кидисюк А.І., Ящук Л.О. Математична модель функціонування мережі поштового зв'язку з сортувальними та транзитними вузлами // Зв'язок. – 2004. – № 6. – С. 45-47.

12. Кидисюк А.І., Ящук Л.О. Інтегральні показники ефективності функціонування мережі поштового зв'язку з сортувальними вузлами // Зв'язок. – 2005. – №1. – С. 28-30.
13. Ящук Л.О. Оптимізація обласних маршрутів перевезень пошти // Зв'язок. – 2001. – № 5. – С. 46-48.
14. Ящук Л.О. Побудова мережі спільних перевезень пошти та центральних періодичних видань // Зв'язок. – 1999. – № 5. – С. 58-59.
15. Ящук Л.О. Оптимізація маршрутів виймання кореспонденції з поштових скриньок в обласних центрах // Зв'язок. – 2002. – № 3. – С. 52-53.
16. Ящук Л.О., Ларін Д.Г. Оптимізація часу виймання письмової кореспонденції з поштових скриньок в обласних центрах // Зв'язок. – 2001. – № 3. – С. 43-45.
17. Ящук Л.О. Оптимізація вантажопідйомності транспортних засобів схеми магістральних перевезень пошти за умов нерівномірності поштових потоків // Зв'язок. – 2002. – № 1. – С. 52-54.
18. Ящук Л.О. Визначення обсягів оброблення і перевезення пошти в мережі поштового зв'язку за умов циклічних змін обсягів міжвузлових поштових потоків // Зв'язок. – 2007. – № 3. – С. 21-24.

5. ОРГАНІЗАЦІЯ ОБРОБЛЕННЯ ПОШТИ

5.1. Розробка технології оброблення письмової кореспонденції в мережі поштового зв'язку

Розробка технології оброблення письмової кореспонденції в ієрархічній мережі поштового зв'язку передбачає скорочення витрат на оброблення письмової кореспонденції за рахунок визначення оптимальних рівнів її оброблення у вузлах мережі.

Складність розв'язання задачі обумовлена необхідністю урахування багатьох факторів, пов'язаних з пересиланням письмової кореспонденції в мережі поштового зв'язку, серед яких:

- урахування чисельних варіантів можливого розподілу операцій технології оброблення письмової кореспонденції між вузлами поштового зв'язку;
- урахування прийнятих видів груп письмової кореспонденції, що обробляються у вузлах поштового зв'язку;
- урахування обсягів потоків письмової кореспонденції, що обробляються у вузлах поштового зв'язку;
- урахування інтервалів часу, що виділяються на оброблення письмової кореспонденції у вузлах поштового зв'язку;
- урахування вартості оброблення різних видів груп письмової кореспонденції у вузлах поштового зв'язку різних рівнів ієрархії.

Діючою технологією передбачено багаторазове сортування письмової кореспонденції в об'єктах поштового зв'язку всіх рівнів ієрархії, за якою один лист проходить до п'яти сортувань.

Основними цілями розробки технології оброблення письмової кореспонденції є:

- суттєве скорочення витрат на оброблення письмової кореспонденції при збереженні нормативних строків її пересилання між населеними пунктами України;
- спрощення технології оброблення письмової кореспонденції в усіх об'єктах поштового зв'язку;
- перехід до єдиних технологій оброблення письмової кореспонденції в об'єктах поштового зв'язку одного рівня ієрархії;
- суттєве скорочення кількості оброблень одного листа при його пересиланні між населеними пунктами України;
- створення максимальної концентрації потоків у регіональних вузлах;
- створення передумов впровадження засобів автоматизованого оброблення письмової кореспонденції в регіональних вузлах.

При цьому передбачено використання чотирьох уніфікованих рівнів оброблення письмової кореспонденції:

- ПК 0 – необроблена кореспонденція (кореспонденція, вилучена з поштових скриньок і прийнята у відділеннях поштового зв'язку);

– ПК 1 – необроблена кореспонденція, з якої вилучена місцева кореспонденція і кореспонденція округу;

– ПК 2 – кореспонденція, відсортована до окружних вузлів поштового зв'язку з виділенням урядової, внутрішньої прискореної та міжнародної кореспонденції;

– ПК 3 – кореспонденція, відсортована до відділень поштового зв'язку.

На рис. 52 наведено загальну схему пересилання письмової кореспонденції з зазначенням рівнів її оброблення в об'єктах мереж поштового зв'язку без транзитних вузлів (МПЗ-1, МПЗ-2); з одним (головним) транзитним вузлом (МПЗ-3, МПЗ-4); з кількома транзитними вузлами, з'єднаними за принципом “кожний з кожним” (МПЗ-5); з кількома транзитними вузлами, з'єднаними через головний транзитний вузол (МПЗ-6).

Виділення місцевої кореспонденції та кореспонденції округу дозволяє скоротити на одну добу нормативні строки пересилання відповідної письмової кореспонденції. Зазначене виділення можна провадити не за адресними ознаками, тобто не шляхом сортування, а за узагальненими ознаками, в якості яких доцільно використовувати спеціальні поштові скриньки або спеціальні конверти, наприклад, з різнокольоровими смугами по їх краях, подібно тим, що застосовуються для авіа кореспонденції.

За умов упровадження зазначених скриньок або конвертів максимальна кількість сортувань одного листа за оптимальною технологією оброблення письмової кореспонденції знижується з п'яти до двох:

- сортування ПК 2 – в РВ;
- сортування ПК 3 – в РВ або в ОВ.

За умов виділення місцевої кореспонденції шляхом сортування, максимальна кількість сортувань одного листа знижується з п'яти до трьох:

- сортування ПК 1 – в ОВ;
- сортування ПК 2 – в РВ;
- сортування ПК 3 – в РВ або в ОВ.

Відповідно в середньому в 2,5 або в 1,67 рази зменшуються і витрати на сортування письмової кореспонденції.

Рис 52

Для скорочення часу і трудових витрат на обмінювання письмової кореспонденції у вузлах ієрархічної мережі поштового зв'язку передбачене багаторазове використання принципу “упаковка в упаковці”, який зовні нагадує принцип устрою російської іграшки “матрешка”.

Основні положення принципу “упаковка в упаковці” полягають в наступному:

- рівню ієрархії r вузла мережі поштового зв'язку однозначно відповідає рівень ієрархії r упаковки поштових відправлень;

- у вузол рівня ієрархії r можуть надходити на оброблення лише упаковки рівня ієрархії r ;

- з вузла рівня ієрархії r можуть відправлятися упаковки рівня ієрархії $r - 1$, якщо пошта прямує до вузла більш високого рівня ієрархії $r - 1$; упаковки рівня ієрархії r , якщо пошта прямує до вузлів такого ж рівня ієрархії r ; упаковки рівня ієрархії $r + 1$, якщо пошта прямує до вузлів більш низького рівня ієрархії $r + 1$;

- оброблення пошти у вузлі рівня ієрархії r при її пересиланні до вузла більш високого рівня ієрархії $r - 1$ полягає в об'єднанні упаковок рівня ієрархії r , що надійшли у вузол рівня ієрархії r від вузлів більш низького рівня ієрархії $r + 1$, в упаковки рівня ієрархії $r - 1$, що прямують до вузла більш високого рівня ієрархії $r - 1$;

- оброблення пошти у вузлі рівня ієрархії r при її пересиланні до вузлів такого ж рівня ієрархії r полягає в перевантаженні упаковок рівня ієрархії r , що надійшли у вузол рівня ієрархії r з одних напрямів і відправляються за іншими напрямками;

- оброблення пошти у вузлі рівня ієрархії r при її пересиланні до вузлів більш низького рівня ієрархії $r + 1$ полягає в роз'єднанні упаковок рівня ієрархії r , що надійшли у вузол рівня ієрархії r від вузлів більш високого рівня ієрархії $r - 1$, на упаковки рівня ієрархії $r + 1$, що прямують у вузли більш низького рівня ієрархії $r + 1$.

Використання принципу “упаковка в упаковці” виключає зайві витрати часу на оброблення транзитної письмової кореспонденції у вузлах мережі, а відсутність необхідності сортування упаковок скорочує строки пересилання письмової кореспонденції між відповідними вузлами поштового зв'язку.

5.2. Організація сортування письмової кореспонденції

в об'єктах ієрархічної мережі поштового зв'язку

Сортування – найбільш трудомістка операція оброблення письмової кореспонденції, внаслідок чого її організація є важливою техніко-економічною задачею.

Основними задачами організації сортування письмової кореспонденції виступають мінімізація загальної кількості сортувань письмової кореспонденції та мінімізація загальної кількості упаковок письмової кореспонденції, що формуються в процесі сортування.

Кількість сортувань письмової кореспонденції визначається багатьма факторами, серед яких:

- загальна кількість напрямів сортування (об'єктів поштового зв'язку);
- максимальна кількість накопичувачів листів листосортувальної машини або максимальна кількість комірок сортувальної шафи на робочому місці сортувальника;
- час, що може бути виділений для оброблення письмової кореспонденції в об'єктах поштового зв'язку;
- кількість рівнів ієрархії об'єктів поштового зв'язку;
- кількість напрямів сортування (об'єктів поштового зв'язку) на кожному з рівнів ієрархії;
- нормативні строки пересилання письмової кореспонденції між об'єктами поштового зв'язку тощо.

Теоретично кількість N напрямів сортування письмової кореспонденції і кількість n накопичувачів листосортувальної машини (комірок сортувальної шафи) пов'язані з мінімально можливою кількістю k етапів сортування очевидними співвідношеннями

$$N = n^k \text{ або } k = \log_n N.$$

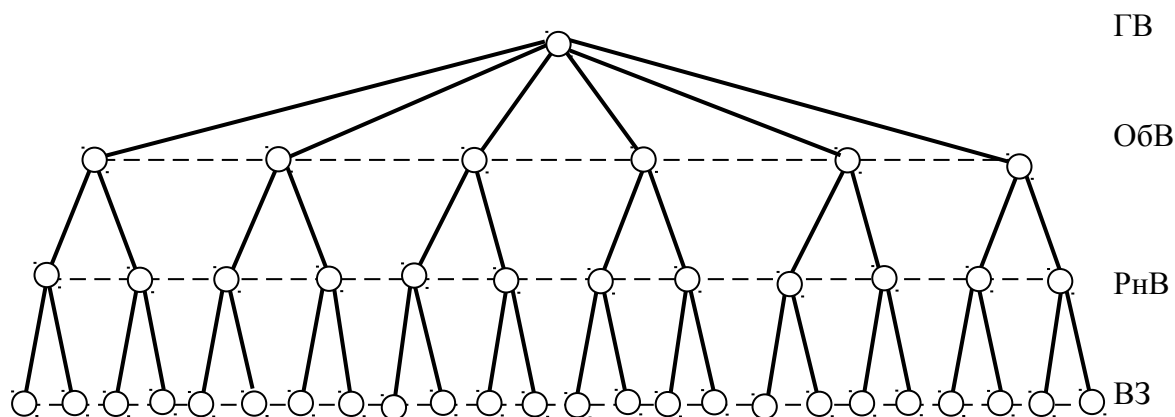
Так, при $N = 1000000$, $n = 100$, $k = \log_{100} 1000000 = 3$ (перший етап сортування – поділ письмової кореспонденції на 100 груп по 10000 напрямів у кожній; другий етап сортування – поділ кожної групи, сформованої на першому етапі сортування, на 100 груп по 100 напрямів у кожній; третій етап сортування – поділ кожної групи, сформованої на другому етапі сортування, на 100 груп по одному напрямку в кожній).

Слід підкреслити, що зазначена мінімальна кількість етапів сортування може бути реалізована лише за умов його виконання в одному об'єкті поштового зв'язку. При виконанні сортування в різних об'єктах поштового зв'язку кількість напрямів сортування визначається не кількістю накопичувачів листосортувальної машини або комірок сортувальної шафи, а кількістю об'єктів поштового зв'язку, до яких таке сортування провадиться. Внаслідок цього реальна кількість сортувань письмової кореспонденції може суттєво перевищувати мінімальну.

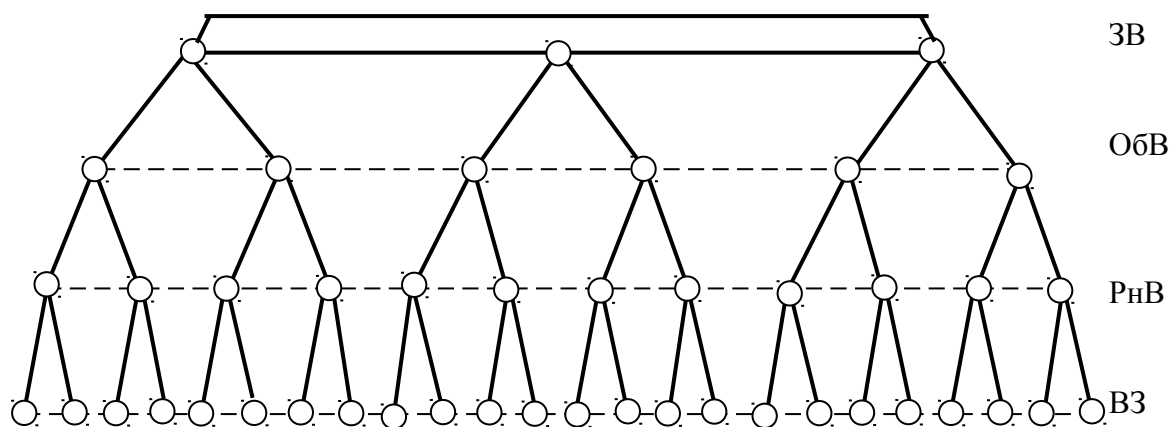
Мережі поштового зв'язку мають багаторівневі ієрархічні структури, які у залежності від кількості об'єктів поштового зв'язку найвищого рівня ієрархії мають вид однієї піраміди (МПЗ-А) або декількох пірамід, вершини яких з'єднані між собою за принципом „кожна з кожною” (МПЗ-Б).

Чотирирівневі ієрархічні структури мережі поштового зв'язку УДППЗ „Укрпошта” наведено на рис. 53 (а – МПЗ-А, б – МПЗ-Б).

На рис. 53 і в подальшому тексті прийнято скорочення: ГВ – головний вузол (рівень ієрархії 1); ЗВ – зональний вузол (рівень ієрархії 1); ОбВ – обласний вузол (рівень ієрархії 2); РнВ – районний вузол (рівень ієрархії 3); ВЗ – відділення зв'язку (рівень ієрархії 4).



a



б

Рисунок 53 – Чотирирівневі структури мереж поштового зв'язку

Відповідно до рис. 53, письмова кореспонденція під час свого проходження в ієрархічних мережах поштового зв'язку спочатку „підіймається” від об'єктів більш низьких рівнів ієрархії до об'єктів більш високих рівнів ієрархії (висхідні об'єкти поштового зв'язку), а потім „спускається” від об'єктів більш високих рівнів ієрархії до об'єктів більш низьких рівнів ієрархії (низхідні об'єкти поштового зв'язку).

Як впливає з рис. 53, шляхи проходження письмової кореспонденції через висхідні об'єкти поштового зв'язку в кожному з таких об'єктів з'єднуються, внаслідок чого проблема вибору напрямів проходження письмової кореспонденції в жодному з цих об'єктів не виникає, в той час як шляхи проходження письмової кореспонденції через низхідні об'єкти поштового зв'язку в кожному з таких об'єктів розгалужуються, що обумовлює виникнення проблеми вибору відповідних напрямів проходження письмової кореспонденції.

Для забезпечення можливості вибору напрямів проходження письмової кореспонденції через низхідні об'єкти поштового зв'язку необхідно, щоб упаковки письмової кореспонденції до низхідних об'єктів більш високого рівня

ієрархії містили у собі упаковки письмової кореспонденції до низхідних об'єктів більш низького рівня ієрархії; зазначені упаковки письмової кореспонденції, в свою чергу, містили у собі упаковки письмової кореспонденції до низхідних об'єктів ще більш низького рівня ієрархії, і так доки в останніх упаковках не залишиться письмова кореспонденція до низхідних об'єктів найнижчого рівня ієрархії.

Так, у чотирирівневій мережі МПЗ-А, сформовані в ГВ упаковки до кожного з низхідних ОбВ (наприклад, контейнери) повинні містити в собі упаковки до кожного з низхідних РнВ відповідних областей (наприклад, мішки), а останні – упаковки до кожного з низхідних ВЗ відповідних районів (наприклад, постпакели).

За наявності r рівнів ієрархії у найбільш несприятливих випадках письмова кореспонденція в мережі МПЗ-А проходить через $2r-1$, а в мережі МПЗ-Б – через $2r$ об'єктів поштового зв'язку.

Схеми проходження письмової кореспонденції у чотирирівневих мережах поштового зв'язку наведено на рис. 54 (а – МПЗ-А, б – МПЗ-Б).

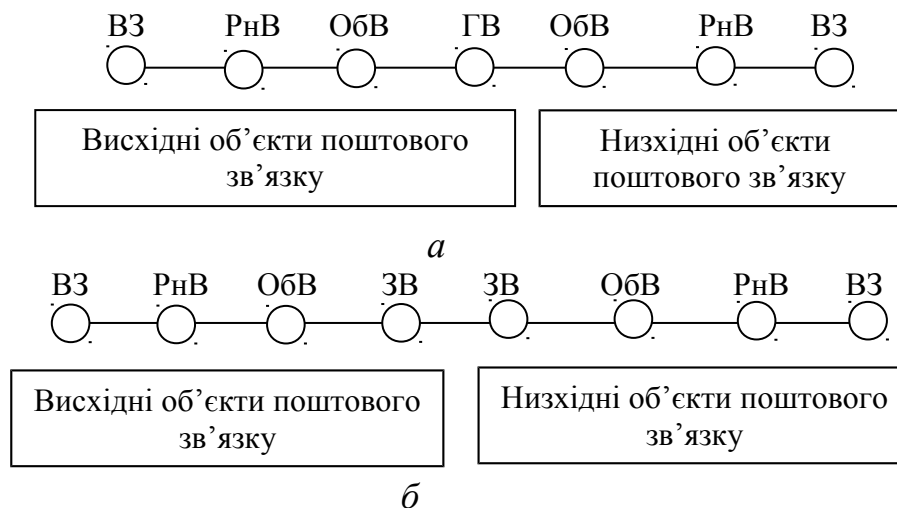


Рисунок 54 – Схеми проходження письмової кореспонденції в мережах поштового зв'язку

Можливі численні варіанти розподілу етапів сортування між об'єктами поштового зв'язку, однак, за будь-яких варіантів, існує лише $r+2$ видів такого сортування:

S_0 – відсутність сортування або виділення місцевої письмової кореспонденції в разі необхідності виконання умови її прискореного пересилання;

S_1 – сортування до об'єкта (об'єктів) першого (найвищого) рівня ієрархії;

S_i – сортування до об'єктів i -го рівня ієрархії;

S_r – сортування до об'єктів r -го (найнижчого) рівня ієрархії;

S_{r+1} – сортування в об'єктах r -го (найнижчого) рівня ієрархії до доставних дільниць, які не є об'єктами поштового зв'язку.

Нижче сформульовані чотири правила, виконання яких дозволяє заздалегідь відкинути усі неоптимальні варіанти сортування письмової кореспонденції.

Правило 1 (правило першого сортування).

Перше сортування письмової кореспонденції відбувається у будь-якому з висхідних об'єктів поштового зв'язку до будь-якого з низхідних об'єктів поштового зв'язку.

Правило 2 (правило повторного сортування).

Повторне сортування письмової кореспонденції відбувається у низхідних об'єктах поштового зв'язку, визначених на попередньому етапі сортування, до будь-якого з низхідних об'єктів поштового зв'язку більш низького рівня ієрархії (останнє повторне сортування – до об'єктів поштового зв'язку найнижчого рівня ієрархії).

Правило 3 (правило зумовленого сортування).

Сортування письмової кореспонденції в об'єктах поштового зв'язку, розташованих між об'єктами поштового зв'язку першого сортування або між об'єктами поштового зв'язку повторного сортування, відбувається до тих самих об'єктів, що визначені зазначеними правилами першого і повторного сортування.

Правило 4 (правило направлення несортованої письмової кореспонденції).

Усі висхідні об'єкти поштового зв'язку більш низьких рівнів ієрархії ніж рівень ієрархії висхідного об'єкта поштового зв'язку першого сортування направляють до зазначеного об'єкта поштового зв'язку першого сортування несортовану письмову кореспонденцію.

Приймаючи до уваги, що перше сортування може виконуватися лише в одному з будь-яких $m_{\text{висх}}$ висхідних об'єктів поштового зв'язку, а повторні – в будь-яких з $m_{\text{низх}}$ низхідних об'єктів поштового зв'язку крім об'єкта поштового зв'язку r -го (найнижчого) рівня ієрархії, в якому завжди виконується сортування до доставних ділянок, загальна кількість M можливих варіантів сортування письмової кореспонденції за наведеними правилами складає

$$M = m_{\text{висх}} \cdot 2^{m_{\text{низх}} - 1}.$$

Оскільки, як впливає з рис. 53, 54, $m_{\text{висх}} = r$ в мережах МПЗ-А і МПЗ-Б, $m_{\text{низх}} = r - 1$ в МПЗ-А, $m_{\text{низх}} = r$ в МПЗ-Б

$$M = \begin{cases} r2^{r-2} & \text{в МПЗ-А} \\ r2^{r-1} & \text{в МПЗ-Б} \end{cases}$$

У табл. 73 наведено значення M у мережах поштового зв'язку з різною кількістю рівнів ієрархії.

Таблиця 73 – Значення кількості можливих варіантів сортування

Кількість рівнів ієрархії мережі поштового зв'язку	2	3	4	5
Кількість можливих варіантів сортування в МПЗ-А	2	6	16	40
Кількість можливих варіантів сортування в МПЗ-Б	4	12	32	80

На рис. 55, 56 наведено схеми варіантів сортування письмової кореспонденції в чотирирівневих мережах МПЗ-А і МПЗ-Б.

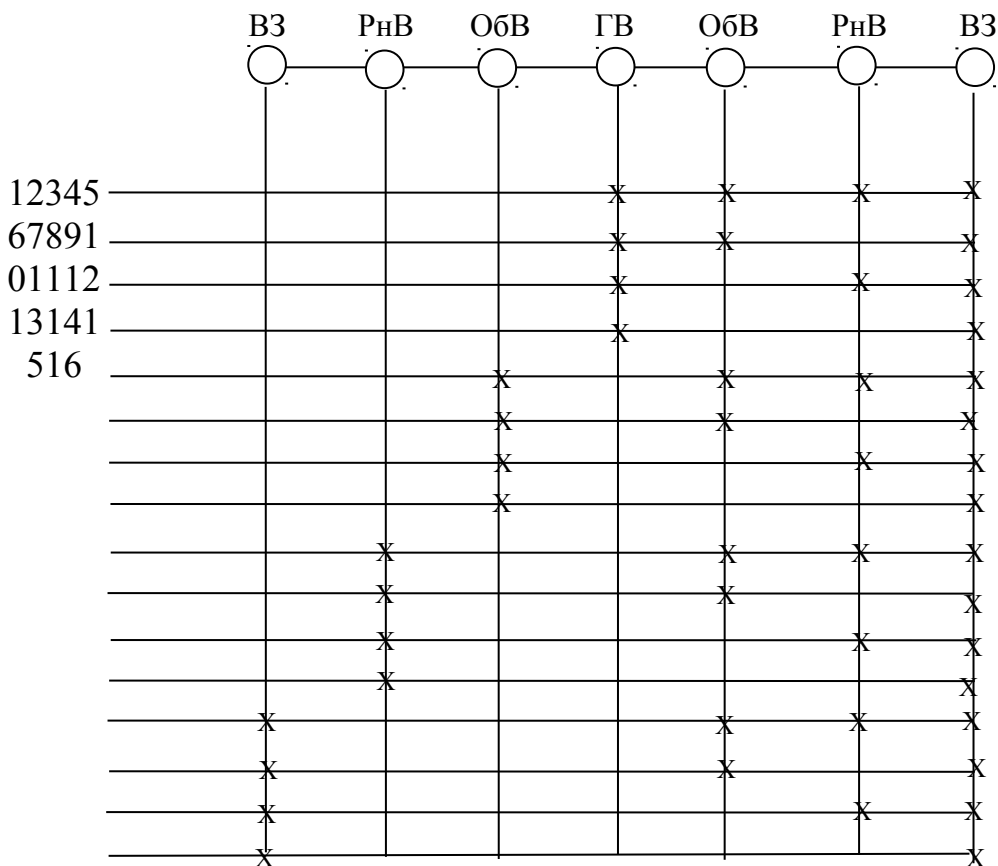


Рисунок 55 – Схема варіантів сортування письмової кореспонденції у чотирирівневій мережі МПЗ-А

Об'єкти поштового зв'язку, в яких виконується сортування письмової кореспонденції, на схемах рис. 55, 56 позначені хрестиками.

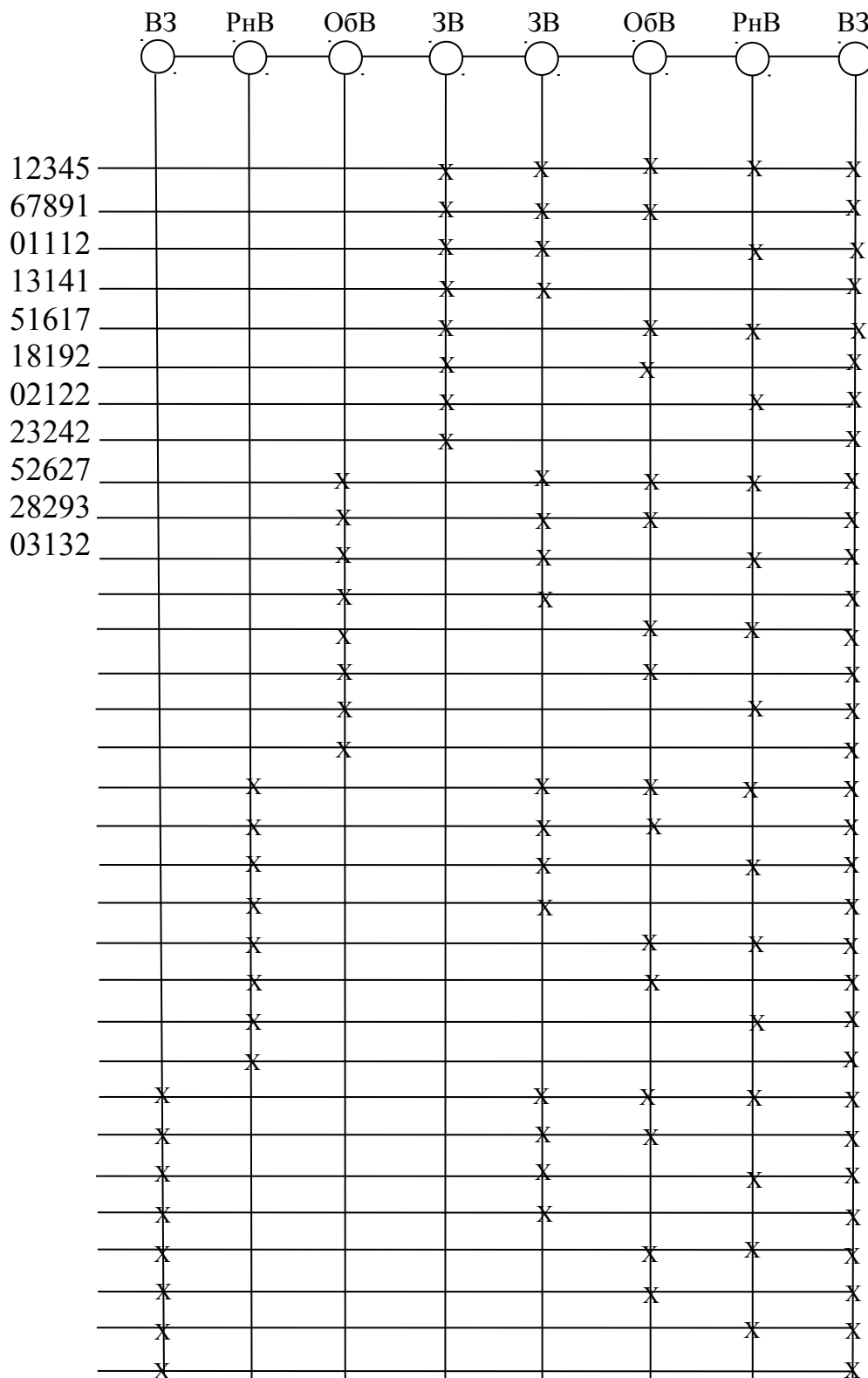


Рисунок 56 – Схема варіантів сортування письмової кореспонденції у чотирирівневій мережі МПЗ-Б

Хоча на схемах рис. 55, 56 види сортування письмової кореспонденції в об'єктах поштового зв'язку не наведені, вони легко визначаються наступним чином:

- в об'єктах поштового зв'язку, розташованих зліва від першого хрестика, виконується сортування S_0 ;
- в об'єктах поштового зв'язку, позначених хрестиками, виконується сортування до об'єктів поштового зв'язку, позначених наступними хрестиками;
- в об'єктах поштового зв'язку, розташованих між двома об'єктами поштового зв'язку, позначеними сусідніми хрестиками, виконується сортування до об'єктів поштового зв'язку, позначених правими хрестиками.

Наприклад, у варіанті 13 рис. 56 виконуються наступні види сортування:

- у висхідних об'єктах ВЗ і РнВ – сортування S_0 (направлення несортованої письмової кореспонденції до висхідних об'єктів ОБВ);
- у висхідних об'єктах ОБВ, ЗВ і низхідних об'єктах ЗВ – сортування S_2 (сортування до низхідних об'єктів ОБВ);
- у низхідних об'єктах ОБВ – сортування S_3 (сортування до низхідних об'єктів РнВ);
- у низхідних об'єктах РнВ – сортування S_4 (сортування до низхідних об'єктів ВЗ);
- у низхідних об'єктах ВЗ – сортування S_5 (сортування до доставних дільниць).

У табл. 74, 75 наведено варіанти сортування письмової кореспонденції, що відповідають схемам сортування рис. 55, 56 з зазначенням видів сортування в усіх об'єктах поштового зв'язку.

Таблиця 74 – Варіанти сортування письмової кореспонденції в МПЗ-А

Номер варіанта	Об'єкти поштового зв'язку							Загальна кількість сортувань
	ВЗ	РнВ	ОБВ	ГВ	ОБВ	РнВ	ВЗ	
1	S_0	S_0	S_0	S_2	S_3	S_4	S_5	4
2	S_0	S_0	S_0	S_2	S_4	S_4	S_5	3
3	S_0	S_0	S_0	S_3	S_3	S_4	S_5	3
4	S_0	S_0	S_0	S_4	S_4	S_4	S_5	2
5	S_0	S_0	S_2	S_2	S_3	S_4	S_5	4
6	S_0	S_0	S_2	S_2	S_4	S_4	S_5	3
7	S_0	S_0	S_3	S_3	S_3	S_4	S_5	3
8	S_0	S_0	S_4	S_4	S_4	S_4	S_5	2
9	S_0	S_2	S_2	S_2	S_3	S_4	S_5	4
10	S_0	S_2	S_2	S_2	S_4	S_4	S_5	3
11	S_0	S_3	S_3	S_3	S_3	S_4	S_5	3
12	S_0	S_4	S_4	S_4	S_4	S_4	S_5	2
13	S_2	S_2	S_2	S_2	S_3	S_4	S_5	4
14	S_2	S_2	S_2	S_2	S_4	S_4	S_5	3
15	S_3	S_3	S_3	S_3	S_3	S_4	S_5	3
16	S_4	S_4	S_4	S_4	S_4	S_4	S_5	2

Таблиця 75 – Варіанти сортування письмової кореспонденції в МПЗ-Б

Номер варіанта	Об'єкти поштового зв'язку								Загальна кількість сортувань
	ВЗ	РнВ	ОбВ	ЗВ	ЗВ	ОбВ	РнВ	ВЗ	
1	S_0	S_0	S_0	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	5
2	S_0	S_0	S_0	S_1	S_2	S_4	S_4	S_5	4
3	S_0	S_0	S_0	S_1	S_3	S_3	S_4	S_5	4
4	S_0	S_0	S_0	S_1	S_4	S_4	S_4	S_5	3
5	S_0	S_0	S_0	S_2	S_2	S_3	S_4	S_5	4
6	S_0	S_0	S_0	S_2	S_2	S_4	S_4	S_5	3
7	S_0	S_0	S_0	S_3	S_3	S_3	S_4	S_5	3
8	S_0	S_0	S_0	S_4	S_4	S_4	S_4	S_5	2
9	S_0	S_0	S_1	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	5
10	S_0	S_0	S_1	S_1	S_2	S_4	S_4	S_5	4
11	S_0	S_0	S_1	S_1	S_3	S_3	S_4	S_5	4
12	S_0	S_0	S_1	S_1	S_4	S_4	S_4	S_5	3
13	S_0	S_0	S_2	S_2	S_2	S_3	S_4	S_5	4
14	S_0	S_0	S_2	S_2	S_2	S_4	S_4	S_5	3
15	S_0	S_0	S_3	S_3	S_3	S_3	S_4	S_5	3
16	S_0	S_0	S_4	S_4	S_4	S_4	S_4	S_5	2
17	S_0	S_1	S_0	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	5
18	S_0	S_1	S_0	S_1	S_2	S_4	S_4	S_5	4
19	S_0	S_1	S_0	S_1	S_3	S_3	S_4	S_5	4
20	S_0	S_1	S_0	S_1	S_4	S_4	S_4	S_5	3
21	S_0	S_2	S_0	S_2	S_2	S_3	S_4	S_5	4
22	S_0	S_2	S_0	S_2	S_2	S_4	S_4	S_5	3
23	S_0	S_3	S_0	S_3	S_3	S_3	S_4	S_5	3
24	S_0	S_4	S_0	S_4	S_4	S_4	S_4	S_5	2
25	S_1	S_1	S_1	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	5
26	S_1	S_1	S_1	S_1	S_2	S_4	S_4	S_5	4
27	S_1	S_1	S_1	S_1	S_3	S_3	S_4	S_5	4
28	S_1	S_1	S_1	S_1	S_4	S_4	S_4	S_5	3
29	S_2	S_2	S_2	S_2	S_2	S_3	S_4	S_5	4
30	S_2	S_2	S_2	S_2	S_2	S_4	S_4	S_5	3
31	S_3	S_3	S_3	S_3	S_3	S_3	S_4	S_5	3
32	S_4	S_4	S_4	S_4	S_4	S_4	S_4	S_5	2

Слід зазначити, що реальна кількість можливих варіантів сортування письмової кореспонденції в МПЗ-А і МПЗ-Б суттєво менше наведеної у табл. 74, 75.

Це стосується, перш за все, вибору висхідного об'єкта поштового зв'язку першого сортування.

Так, якщо для цього немає переконливих заперечень, з об'єднання правила першого сортування і правила зумовленого сортування впливає доцільність виконання першого сортування у висхідному об'єкті найвищого рівня ієрархії (ГВ у МПЗ-А, ЗВ у МПЗ-Б). При цьому варіанти сортування 5...8, 9...12, 13...16 табл. 74 переходять у варіанти 1...4, а варіанти 9...16, 17...24, 25...32 табл.75 – у варіанти 1...8.

Завдяки цьому реальна кількість можливих варіантів сортування скорочується в МПЗ-А з 16 до 4, а в МПЗ-Б – з 32 до 8.

У табл. 76 наведено мінімальні, середні та максимальні значення кількості сортувань письмової кореспонденції у чотирирівневих ієрархічних мережах МПЗ-А і МПЗ-Б.

Таблиця 76 – Значення кількості сортувань письмової кореспонденції

Значення кількості сортувань	МПЗ-А	МПЗ-Б
Мінімальні	2	2
Середні	3	3,5
Максимальні	4	5

На вартість сортування письмової кореспонденції суттєво впливає не лише кількість її сортувань, а й кількість об'єктів поштового зв'язку, в яких воно провадиться.

Так, при здійсненні двох етапів сортування в одному об'єкті поштового зв'язку (МПЗ-А), пачки письмової кореспонденції, відсортовані на першому етапі, безпосередньо передаються на робочі місця другого етапу сортування, внаслідок чого процес сортування має безперервний характер, а додаткові операції з формування постпакетів, сортування постпакетів, формування мішків, сортування мішків та відправлення мішків виконуються лише один раз.

При здійсненні двох етапів сортування в різних об'єктах поштового зв'язку (МПЗ-Б), пачки письмової кореспонденції, відсортовані на першому етапі в одних об'єктах поштового зв'язку, перевозяться поштовим транспортом до інших об'єктів поштового зв'язку для виконання другого етапу сортування, внаслідок чого процес сортування розривається на тривалий час (як мінімум – на декілька годин), а зазначені додаткові операції повинні виконуватися в кожному з цих об'єктів. Крім того, до згаданих додаткових операцій у другому об'єкті поштового зв'язку додаються операції приймання мішків, розкриття мішків, виймання постпакетів, розкриття постпакетів перед другим етапом сортування.

Зазначені недоліки сортування в об'єктах поштового зв'язку МПЗ-Б порівняно з сортуванням в об'єктах поштового зв'язку МПЗ-А принципово не можуть бути усунені.

Слід підкреслити також принципову відзнаку першого і повторного сортувань письмової кореспонденції.

При першому сортуванні всі висхідні об'єкти рівня ієрархії i сортують письмову кореспонденцію до всіх низхідних об'єктів рівня ієрархії j , а при повторному сортуванні – кожний низхідний об'єкт рівня ієрархії i сортує письмову кореспонденцію лише до підпорядкованих йому об'єктів рівня ієрархії j .

Схеми першого (a) і повторного (b) сортування письмової кореспонденції наведено на рис. 57.

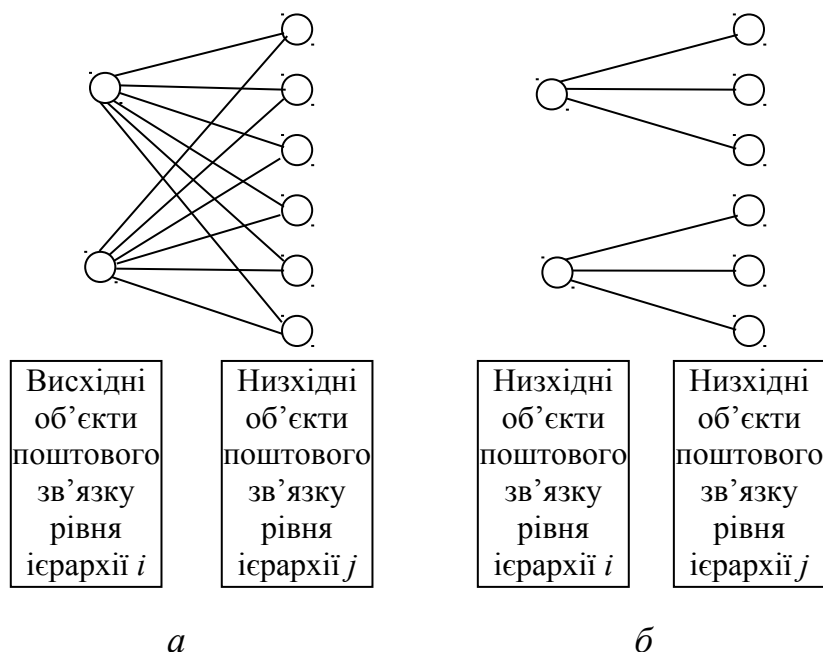


Рисунок 57 – Схеми першого і повторного сортування письмової кореспонденції

Як впливає з рис. 57, за наявності n_i об'єктів рівня ієрархії i та n_j об'єктів рівня ієрархії j , кількість упаковок письмової кореспонденції при її першому сортуванні складає $n_i n_j$, а при повторному – лише n_j ($i < j$).

У табл. 77 наведено значення теоретично можливої кількості упаковок письмової кореспонденції, що створюються в мережі поштового зв'язку УДП-ПЗ „Укрпошта” за наявності наступної кількості об'єктів: ГВ – 1, ЗВ – 4, ОбВ – 25, РнВ – 250, ВЗ – 15000.

Таблиця 77 – Значення теоретично можливої кількості упаковок письмової кореспонденції

Об'єкти, в яких формуються упаковки	Об'єкти, до яких формуються упаковки				
	ГВ	ЗВ	ОбВ	РнВ	ВЗ
ГВ	-	-	25	250	15000
ЗВ	-	4	100	1000	60000
ОбВ	25	100	625	6250	375000
РнВ	250	1000	6250	62500	3750000
ВЗ	15000	60000	375000	3750000	225000000

Реальні обсяги письмової кореспонденції в Україні нині складають близько 1000000 листів за добу, з яких на один об'єкт поштового зв'язку в середньому припадає: ГВ – 1000000, ЗВ – 250000, ОбВ – 40000, РнВ – 4000, ВЗ – 67. Виходячи з цих обсягів, зазначені у табл. 77 теоретично можливі кількості упаковок письмової кореспонденції фізично не можуть бути сформовані, а ймовірності формування упаковок письмової кореспонденції в об'єктах

поштового зв'язку різних рівнів ієрархії набувають значень, наведених у табл. 78.

Таблиця 78 – Ймовірності формування упаковок письмової кореспонденції

Об'єкти, в яких формуються упаковки	Об'єкти, до яких формуються упаковки				
	ГВ	ЗВ	ОбВ	РнВ	ВЗ
ГВ	-	-	1	1	1
ЗВ	-	1	1	1	1
ОбВ	1	1	1	1	0,935
РнВ	1	1	1	1	0,235
ВЗ	1	1	0,935	0,235	0,004

Враховуючи планований в УДППЗ „Укрпошта” перехід до автоматизованого сортування письмової кореспонденції в головному (МПЗ-А) або в чотирьох зональних (МПЗ-Б) сортувальних вузлах, серед можливих варіантів сортування, що одночасно забезпечують і максимальну концентрацію письмової кореспонденції в зазначених вузлах, і мінімальну кількість сортувань письмової кореспонденції, слід віддати перевагу варіанту 4 в МПЗ-А, варіанту 8 в МПЗ-Б (сортування до ВЗ у ГВ чи у ЗВ).

Якщо сортування до ВЗ у сортувальних вузлах виявиться недоцільним, наприклад, за браком часу, що може бути виділений для такого сортування, слід використати варіант 2 у МПЗ-А, варіант 6 у МПЗ-Б (сортування до ОбВ у ГВ чи у ЗВ, сортування до ВЗ в ОбВ), або варіант 3 у МПЗ-А, варіант 7 у МПЗ-Б (сортування до РнВ у ГВ чи у ЗВ, сортування до ВЗ у РнВ).

Реально, для здійснення сортування до ВЗ України за варіантом 4 у МПЗ-А чи за варіантом 8 у МПЗ-Б; для здійснення сортування до ВЗ областей України за варіантом 2 у МПЗ-А чи за варіантом 6 у МПЗ-Б, а також для здійснення сортування до РнВ України за варіантом 3 у МПЗ-А чи за варіантом 7 у МПЗ-Б, потрібні два етапи сортування, внаслідок чого сумарна кількість сортувань письмової кореспонденції за зазначеними варіантами зростає на одиницю.

5.3. Визначення розподілів поштових потоків у мережі поштового зв'язку

В ієрархічній мережі поштового зв'язку існує багато варіантів розподілу оброблення пошти між об'єктами поштового зв'язку, заснованих на передаванні функцій оброблення пошти від об'єктів більш низького рівня ієрархії об'єктам більш високого рівня.

Доцільність такого перерозподілу функцій може бути обґрунтована такими факторами, як:

- скорочення витрат на оброблення пошти;
- дефіцит часу оброблення пошти в об'єктах поштового зв'язку більш низького рівня ієрархії;
- скорочення часу оброблення пошти в об'єктах поштового зв'язку більш високого рівня ієрархії за рахунок застосування в них поштооброблю-

вальних машин та технічних засобів автоматизації й механізації оброблення пошти;

– підвищення ефективності використання поштооброблювальних машин та технічних засобів автоматизації й механізації оброблення пошти в об'єктах поштового зв'язку більш високого рівня ієрархії за рахунок концентрації в них поштових потоків;

– скорочення нормативних строків пересилання письмової кореспонденції між об'єктами більш високого рівня ієрархії та об'єктами більш низького рівня.

Критерієм оптимальності розподілу оброблення пошти між об'єктами поштового зв'язку є мінімум витрат на оброблення пошти за умов збереження або зменшення нормативних строків пересилання письмової кореспонденції між об'єктами поштового зв'язку.

Як приклади розподілу операцій оброблення пошти між об'єктами поштового зв'язку є:

– відмова від сортування вихідної письмової кореспонденції у відділеннях зв'язку з передаванням в окружні вузли необробленої письмової кореспонденції;

– відмова від сортування вихідної письмової кореспонденції в окружних вузлах з передаванням у регіональні вузли необробленої письмової кореспонденції;

– сортування вихідної і транзитної письмової кореспонденції та загальнодержавних періодичних видань у головному вузлі до всіх окружних вузлів.

Узагальнена математична модель функціонування мережі поштового зв'язку з регіональними й окружними вузлами призначена для визначення розподілів поштових потоків:

– за поштовими маршрутами;

– за об'єктами поштового зв'язку;

– за кількістю оброблень пошти у сортувальних вузлах;

– за строками пересилання письмової кореспонденції між об'єктами поштового зв'язку.

Порівняльний аналіз мереж поштового зв'язку з регіональними й окружними вузлами суттєво ускладнюється тим, що їхнє функціонування характеризується багатьма показниками, чимало з яких суперечать одне одному.

Виходячи з цього, доцільно визначити відносно незначну кількість узагальнених інтегральних показників ефективності функціонування зазначених мереж, за допомогою яких їхній порівняльний аналіз значно спрощується і потребує мінімальних обсягів вихідних даних.

Розроблена математична модель дозволяє визначити наступні інтегральні показники ефективності функціонування мережі поштового зв'язку з регіональними й окружними вузлами:

– сумарну кількість поштових маршрутів;

– сумарну протяжність поштових маршрутів;

– сумарні обсяги перевезення пошти в мережі поштового зв'язку;

– сумарні обсяги оброблення пошти у вузлах мережі поштового зв'язку.

На відзнаку від відомих математичних моделей, орієнтованих на визначення конкретних техніко-економічних показників конкретних базових структур мереж поштового зв'язку, розроблена узагальнена модель дозволяє визначити всі основні техніко-економічні показники всіх базових структур, вона відкрита для визначення будь-яких нових показників мережі поштового зв'язку з регіональними й окружними вузлами, оскільки вихідні дані для її роботи подаються у виді уніфікованих матриць міжвузлових параметрів, конкретна суть яких може бути довільною, і в ній передбачено можливість перенесення сортування письмової кореспонденції з вузлів більш низьких рівнів ієрархії у вузли більш високих рівнів, зокрема, у регіональні вузли.

В математичній моделі використовуються:

- значення загальної кількості вузлів n ;
- значення кількості регіональних вузлів m ;
- матриця $\|b_{ij}\| (i, j = \overline{1, n})$ міжвузлових потоків, елемент (b_{ij}) якої визначає значення потоку, що прямує від вузла i до вузла j ;
- матриця $\|c_{ij}\| (i, j = \overline{1, n})$ кількості оброблень пошти в ланцюжку пересилання письмової кореспонденції між окружними вузлами, елемент (c_{ij}) якої визначає кількість оброблень пошти (1, 2, 3, 4) в зазначеному ланцюжку;
- матриця $\|d_{ij}\| (i, j = \overline{1, n})$ нормативних строків пересилання письмової кореспонденції, елемент (d_{ij}) якої визначає кількість календарних днів (2, 3, 4), за яку повинна пересилатися письмова кореспонденція між населеними пунктами України.

Матриці $\|b_{ij}\|, \|c_{ij}\|, \|d_{ij}\|$ мають подібні структури.

Поштові потоки у вузлах поштового зв'язку поділяються на місцеві, вихідні, вхідні та транзитні.

За наявності n вузлів поштового зв'язку значення місцевих, вихідних, вхідних та транзитних потоків можуть бути безпосередньо визначені з матриці $\|b_{ij}\| (i, j = 1, 2, \dots, n)$ міжвузлових потоків.

На рис. 58 наведено загальний вид матриці $\|b_{ij}\|$ для мережі поштового зв'язку з регіональними й окружними вузлами.

	1			k	...	$h+1$			l	...	$m+1$			n			
1	1	2	2	2	2		4	5	5	5	5		4	5	5	5	5
	2	1	3	3	3		5	6	6	6	6		5	6	6	6	6
	2	3	1	3	3		5	6	6	6	6		5	6	6	6	6
	2	3	3	1	3		5	6	6	6	6		5	6	6	6	6
k	2	3	3	3	1		5	6	6	6	6		5	6	6	6	6
...																	
$h+1$	4	5	5	5	5		1	2	2	2	2		4	5	5	5	5
	5	6	6	6	6		2	1	3	3	3		5	6	6	6	6
	5	6	6	6	6		2	3	1	3	3		5	6	6	6	6
	5	6	6	6	6		2	3	3	1	3		5	6	6	6	6
l	5	6	6	6	6		2	3	3	3	1		5	6	6	6	6
...																	
$m+1$	4	5	5	5	5		4	5	5	5	5		1	2	2	2	2
	5	6	6	6	6		5	6	6	6	6		2	1	3	3	3
	5	6	6	6	6		5	6	6	6	6		2	3	1	3	3
	5	6	6	6	6		5	6	6	6	6		2	3	3	1	3
n	5	6	6	6	6		5	6	6	6	6		2	3	3	3	1

Рисунок 58 – Загальний вид матриці $\|b_{ij}\|$

Регіони створюються вузлами 1, 2, ..., k ; ..., $h+1$, $h+2$, ..., l ; ..., $m+1$, $m+2$, ..., n ; вузли 1, ..., $h+1$, ..., $m+1$ – регіональні; вузли 2, 3, ..., k ; $h+2$, $h+3$, ..., l ; $m+2$, $m+3$, ..., n – окружні.

Елементи матриці $\|b_{ij}\|$, позначені цифрами 1, 2, ..., 6, подають:

1 – місцеві потоки РВ і ОВ;

2 – внутрішньорегіональні потоки, що прямують між РВ і підпорядкованими їм ОВ;

3 – внутрішньорегіональні потоки, що прямують між ОВ через РВ, яким вони підпорядковані;

4 – міжрегіональні потоки, що прямують між РВ різних регіонів;

5 – міжрегіональні потоки, що прямують між РВ одних регіонів і ОВ інших регіонів через РВ, яким вони підпорядковані;

6 – міжрегіональні потоки, що прямують між ОВ одних регіонів через РВ, яким вони підпорядковані, і ОВ інших регіонів через РВ, яким вони підпорядковані.

Визначення розподілу поштових потоків за об'єктами поштового зв'язку

Місцевий $B_{\text{місц } i}$, вихідний $B_{\text{вих } i}$, вхідний $B_{\text{вх } i}$, транзитний $B_{\text{тр } i}$ потоки вузла i визначаються відповідними елементами матриці $\|b_{ij}\|$.

Місцевий потік вузла i дорівнює елементу (b_{ii})

$$B_{\text{місц } i} = b_{ii}.$$

Вихідний потік вузла i дорівнює сумі усіх елементів рядка i матриці $\|b_{ij}\|$ за виключенням елемента (b_{ii})

$$B_{\text{вих } i} = \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n b_{ij} .$$

Вхідний потік вузла i дорівнює сумі усіх елементів стовпця i матриці $\|b_{ij}\|$ за виключенням елемента b_{ii}

$$B_{\text{вх } i} = \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n b_{ji} .$$

Підкреслимо, що значення $B_{\text{місц } i}$, $B_{\text{вих } i}$, $B_{\text{вх } i}$ не залежать від структури мережі поштового зв'язку, у той час як значення $B_{\text{тр } i}$ цілком визначаються цією структурою.

Так, в мережах поштового зв'язку МПЗ-1, МПЗ-2 (рис. 25) транзитні потоки взагалі відсутні, а в МПЗ-3, МПЗ-4 – дорівнюють сумі усіх потоків, що прямують між окружними вузлами.

Значення кількості транзитних оброблень поштових потоків в МПЗ-5 наведено у табл. 79.

Таблиця 79 – Значення кількості транзитних оброблень поштових потоків в МПЗ-5

Номери елементів матриці $\ b_{ij}\ $	1	2	3	4	5	6
Кількість транзитних оброблень поштових потоків	0	0	1	0	1	2

Кількість транзитних оброблень поштових потоків, що прямують через ГВ в МПЗ-6 (елементи матриці $\|b_{ij}\|$, позначені цифрами 4, 5, 6 на рис. 58), збільшується порівняно зі значеннями, наведеними у табл. 79, на одиницю.

У мережі поштового зв'язку з регіональними й окружними вузлами визначення розподілів місцевих, вихідних, вхідних і транзитних потоків для окремих вузлів узагальнюється на визначення зазначених розподілів для всіх вузлів, що створюють регіони.

Приклади визначення розподілів поштових потоків надані далі для елементів регіону, що включає вузли $h+1$, $h+2$, ..., l (центральна горизонтальна й центральна вертикальна смуги матриці рис. 58), регіонального вузла $h+1$ та окружних вузлів $h+2$, $h+3$, ..., l цього регіону.

Місцевий потік регіону визначається сумою усіх елементів 2 і 3 смуги регіону:

$$B_{\text{місц}} = \sum_{i=h+1}^l \sum_{\substack{j=h+1 \\ j \neq i}}^l b_{ij} .$$

Вихідний потік регіону визначається сумою елементів 4, 5 і 6 горизонтальної смуги регіону:

$$B_{\text{вих}} = \sum_{i=h+1}^l \sum_{j=1}^k b_{ij} + \dots + \sum_{i=h+1}^l \sum_{j=m+1}^n b_{ij} .$$

Вхідний потік регіону визначається сумою елементів 4, 5 і 6 вертикальної смуги регіону:

$$B_{\text{вк}} = \sum_{i=1}^k \sum_{j=h+1}^l b_{ij} + \dots + \sum_{i=m+1}^n \sum_{j=h+1}^l b_{ij}.$$

Визначення розподілів поштових потоків за поштовими маршрутами

Розподіл поштових потоків за поштовими маршрутами визначається сумою елементів матриці $\|b_{ij}\|$, розташованих на перетинанні рядків, що відповідають вузлам – витокам, і стовпців, що відповідають вузлам – стокам:

$$B_{\text{PB-ГВ}} = \sum_{i=h+1}^l \sum_{j=1}^k b_{ij} + \dots + \sum_{i=h+1}^l \sum_{j=m+1}^n b_{ij};$$

$$B_{\text{ГВ-PB}} = \sum_{i=1}^k \sum_{j=h+1}^l b_{ij} + \dots + \sum_{i=m+1}^n \sum_{j=h+1}^l b_{ij};$$

$$B_{\text{OB-PB}} = \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq f}}^n b_{jf};$$

$$B_{\text{PB-OB}} = \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq f}}^n b_{if}.$$

Визначення розподілів поштових потоків за кількістю оброблень пошти у вузлах мережі

Розподіл поштових потоків за кількістю оброблень пошти у вузлах мережі визначається з матриць $\|b_{ij}\|$ і $\|c_{ij}\|$:

$$C_1 = \sum_{i=j=1}^n b_{ij};$$

$$C_2 = \sum_{j=2}^k b_{1j} + \sum_{i=2}^k b_{i1} + \dots + \sum_{j=h+2}^l b_{(h+1)j} + \sum_{i=h+2}^l b_{i(h+1)} + \dots + \sum_{j=m+2}^n b_{(m+1)j} + \sum_{i=m+2}^n b_{i(m+1)} + \\ + b_{1(h+1)} + \dots + b_{1(m+1)} + \dots + b_{(h+1)1} + \dots + b_{(h+1)(m+1)} + \dots + b_{(m+1)1} + \dots + b_{(m+1)(h+1)};$$

$$C_3 = \sum_{\substack{i=2 \\ i \neq j}}^k \sum_{\substack{j=2 \\ j \neq i}}^k b_{ij} + \dots + \sum_{\substack{i=h+2 \\ i \neq j}}^l \sum_{\substack{j=h+2 \\ j \neq i}}^l b_{ij} + \dots + \sum_{\substack{i=m+2 \\ i \neq j}}^n \sum_{\substack{j=m+2 \\ j \neq i}}^n b_{ij} + \sum_{j=2}^k (b_{(h+1)j} + b_{(m+1)j}) + \sum_{i=2}^k (b_{i(h+1)} + b_{i(m+1)}) + \\ + \sum_{j=h+2}^l (b_{1j} + b_{(m+1)j}) + \sum_{i=h+2}^l (b_{i1} + b_{i(m+1)}) + \sum_{j=m+2}^n (b_{1j} + b_{(h+1)j}) + \sum_{i=m+2}^n (b_{i1} + b_{i(h+1)});$$

$$C_4 = \sum_{i=2}^k \sum_{j=h+2}^l b_{ij} + \dots + \sum_{i=2}^k \sum_{j=m+2}^n b_{ij} + \sum_{i=h+2}^l \sum_{j=2}^k b_{ij} + \dots + \sum_{i=h+2}^l \sum_{j=m+2}^n b_{ij} + \sum_{i=m+2}^n \sum_{j=2}^k b_{ij} + \dots + \sum_{i=m+2}^n \sum_{j=h+2}^l b_{ij}.$$

Середня кількість оброблень пошти у вузлах мережі може бути визначена безпосередньо з матриць $\|b_{ij}\|$ і $\|c_{ij}\|$:

$$C_c = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n b_{ij} c_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n b_{ij}}$$

або з отриманих значень C_1, C_2, C_3, C_4 :

$$C_c = \frac{C_1 + 2C_2 + 3C_3 + 4C_4}{C_1 + C_2 + C_3 + C_4}.$$

Визначення розподілу поштових потоків за строками пересилання письмової кореспонденції між об'єктами поштового зв'язку

Розподіл поштових потоків за строками пересилання письмової кореспонденції між об'єктами поштового зв'язку визначається матрицями $\|b_{ij}\|$ і $\|d_{ij}\|$.

Так, при використанні для перевезень пошти по всіх маршрутах виключно автомобільного транспорту, нормативні строки пересилання письмової кореспонденції між об'єктами поштового зв'язку становлять:

–2 дні між населеними пунктами, розташованими в межах одного округу;

–3 дні між населеними пунктами, розташованими в межах різних округів одного регіону;

–4 дні між населеними пунктами, розташованими в межах різних регіонів.

Обсяги поштових потоків, що проходять відповідно за 2, 3 або 4 дні, складають:

$$D_2 = \sum_{i=j=1}^n b_{ij};$$

$$D_3 = \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq j}}^k \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^k b_{ij} + \dots + \sum_{\substack{i=h+1 \\ i \neq j}}^l \sum_{\substack{j=h+1 \\ j \neq i}}^l b_{ij} + \dots + \sum_{\substack{i=m+1 \\ i \neq j}}^n \sum_{\substack{j=m+1 \\ j \neq i}}^n b_{ij};$$

$$D_4 = \sum_{i=1}^k \sum_{j=h+1}^l b_{ij} + \dots + \sum_{i=1}^k \sum_{j=m+1}^n b_{ij} + \sum_{i=h+1}^l \sum_{j=1}^k b_{ij} + \dots + \sum_{i=h+1}^l \sum_{j=m+1}^n b_{ij} + \sum_{i=m+1}^n \sum_{j=1}^k b_{ij} + \dots + \sum_{i=m+1}^n \sum_{j=h+1}^l b_{ij}.$$

Середні строки проходження письмової кореспонденції між об'єктами поштового зв'язку можуть бути визначені безпосередньо з матриць $\|b_{ij}\|$ і $\|d_{ij}\|$:

$$D_c = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n b_{ij} d_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n b_{ij}}$$

або з отриманих значень D_2 , D_3 і D_4 :

$$D_c = \frac{2D_2 + 3D_3 + 4D_4}{D_2 + D_3 + D_4}.$$

Визначення вантажопідйомності транспортних засобів для перевезень пошти

Вантажопідйомність транспортних засобів на маршрутах РВ - ГВ - РВ визначається максимальним з потоків $V_{РВ-ГВ}$ і $V_{ГВ-РВ}$:

$$G_{РВ-ГВ-РВ} = \max \left(\sum_{i=k+1}^l \sum_{j=1}^k b_{ij} + \dots + \sum_{i=k+1}^l \sum_{j=m+1}^n b_{ij}, \sum_{i=1}^k \sum_{j=k+1}^l b_{ij} + \dots + \sum_{i=m+1}^n \sum_{j=k+1}^l b_{ij} \right),$$

а на маршрутах ОВ - РВ - ОВ – максимальним з потоків $V_{ОВ-РВ}$ і $V_{РВ-ОВ}$:

$$G_{\text{ОВ-РВ-ОВ}} = \max \left(\sum_{\substack{j=1 \\ j \neq f}}^n b_{jf}, \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq f}}^n b_{if} \right).$$

Визначення кількості робочих місць з ручного оброблення пошти або засобів автоматизованого оброблення пошти у вузлах мережі

Кількість робочих місць з ручного оброблення пошти або засобів автоматизованого оброблення пошти у вузлах мережі визначається як

$$N = \left\lceil \frac{\frac{V_i}{T_i} + \frac{V_j}{T_j} + \dots + \frac{V_k}{T_k}}{T_{\text{обр}}} \right\rceil,$$

де V_i, V_j, \dots, V_k – обсяги поштових потоків за видами поштових одиниць
 P_i, P_j, \dots, P_k , які можуть оброблятися на одному робочому місці (одиниць);
 T_i, T_j, \dots, T_k – нормативи трудових витрат на оброблення поштових одиниць
 P_i, P_j, \dots, P_k (одиниць за годину);
 $T_{\text{обр}}$ – інтервал часу, виділений на оброблення поштових одиниць у вузлі (годин);
 $\lceil X \rceil$ – значення X , округлене до найближчого більшого цілого числа.

Визначення сумарної кількості поштових маршрутів

Загальна кількість окружних вузлів складає

$$n_1 + n_2 + \dots + n_m = n - m.$$

Сумарна кількість поштових маршрутів M_{Σ} складається з кількості внутрішньорегіональних маршрутів $M_{\text{ВР}}$ і кількості міжрегіональних маршрутів $M_{\text{МР}}$:

$$M_{\text{ВР}} = m - n;$$

$$M_{\text{МР}} = \frac{m(m-1)}{2} \text{ (структура A);}$$

$$M_{\text{МР}} = m - 1 \text{ (структура B);}$$

$$M_{\Sigma} = M_{\text{ВР}} + M_{\text{МР}}.$$

Визначення сумарної протяжності поштових маршрутів

При визначенні сумарної протяжності поштових маршрутів слід враховувати, що кількість регіональних вузлів визначає кількість груп, на які поділяються вузли мережі:

$$G_1 = \{g_1, g_1+1, g_1+2, \dots, g_1+n_1\};$$

$$G_i = \{g_i, g_i+1, g_i+2, \dots, g_i+n_i\};$$

$$G_m = \{g_m, g_m+1, g_m+2, \dots, g_m+n_m\}.$$

Усього група G_i містить n_i+1 вузлів, один з яких – регіональний, а решта – окружні.

Сумарна протяжність поштових маршрутів мережі L_{Σ} складається з сумарної протяжності внутрішньорегіональних маршрутів $L_{\text{ВР}}$ і сумарної протяжності міжрегіональних маршрутів $L_{\text{МР}}$:

$$L_{\text{ВР}} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{n_i} L(g_i, g_i + j);$$

$$L_{MP} = \sum_{i=1}^{m-1} \sum_{j=i+1}^m L(g_i, g_j) \text{ (структура } A);$$

$$L_{MP} = \sum_{j=2}^m L(g_1, g_j) \text{ (структура } B);$$

$$L_{\Sigma} = L_{BP} + L_{MP}.$$

Визначення сумарних обсягів перевезення пошти в мережі поштового зв'язку

Сумарні обсяги перевезення пошти визначаються сумарними поштовими потоками, що прямують по ребрах графа мережі.

Внутрішньорегіональні потоки P_{BP} , міжрегіональні потоки P_{MP} і сумарні потоки P_{Σ} складають:

$$P_{BP} = \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^m \sum_{j=0}^{n_i} \sum_{l=0}^{n_k} P(g_i + j, g_k + l) - \sum_{i=1}^m \sum_{j=0}^{n_i} P(g_i + j, g_i + j) - \sum_{i=1}^m \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq i}}^m P(g_i, g_k);$$

$$P_{MP} = \sum_{i=1}^m \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq i}}^m \sum_{j=0}^{n_i} \sum_{l=0}^{n_k} P(g_i + j, g_k + l);$$

$$P_{\Sigma} = P_{BP} + P_{MP}.$$

Зауважимо, що у виразі для P_{BP} четверна сума визначає суму всіх між-окружних і внутрішньоокружних потоків, перша подвійна від'ємна сума – сума усіх внутрішньоокружних потоків, а друга – суму тих міжрегіональних потоків, що створені власне у регіональних вузлах; у виразі для P_{MP} четверна сума визначає суму усіх міжрегіональних потоків, як тих, що створені власне у регіональних вузлах, так і тих, що створені в окружних вузлах.

Визначення сумарних обсягів оброблення пошти у вузлах мережі поштового зв'язку

Сумарні обсяги оброблення пошти Q_{Σ} складаються із сумарних обсягів сортування $Q_{\text{сорт}}$ і сумарних обсягів обмінювання пошти $Q_{\text{обм}}$.

Сумарні обсяги $Q_{\text{сорт}}$ при впровадженні єдиної технології сортування пошти з використанням чотирьох уніфікованих рівнів сортування (рівень 0 – несортована пошта; рівень 1 – несортована пошта, з якої вилучена місцева пошта і пошта округу; рівень 2 – пошта, відсортована до окружних вузлів поштового зв'язку; рівень 3 – пошта, відсортована до відділень поштового зв'язку) практично не залежать від кількості регіональних вузлів.

Сумарні обсяги $Q_{\text{обм}}$ пропорційні сумарним обсягам перевезень пошти P_{Σ} , оскільки перевезення пошти за будь-якими маршрутами пов'язане з обмінюванням пошти між вузлами поштового зв'язку і поштовими маршрутами в пунктах відправлення та з обмінюванням пошти між поштовими маршрутами і вузлами поштового зв'язку в пунктах прибуття.

За таких умов обсяги $Q_{\text{обм}}$ залежать від кількості окружних і регіональних вузлів, через які проходять поштові потоки, внаслідок чого значення $Q_{\text{обм}}$ в мережі з $m = 25$ мінімальні, в мережі з $m = 1$ – середні, в мережі з $1 < m < 25$ – максимальні.

Велике значення для визначення обсягів $Q_{\text{обм}}$ має рівень транзитного оброблення пошти у регіональних вузлах.

У табл. 80 наведено основні операції, що виконуються при різних рівнях транзитного оброблення письмової кореспонденції у регіональних вузлах. Прийнято скорочення: К – контейнер, М – мішок, П – постпакет, Л – лист.

Таблиця 80 – Операції транзитного оброблення письмової кореспонденції

Рівень транзитного оброблення	Операції транзитного оброблення											
	Розвантаження К	Розкриття К	Розкриття М	Розкриття П	Сортування Л	Формування П	Сортування П	Формування М	Сортування М	Формування К	Сортування К	Завантаження К
1	X										X	X
2	X	X							X	X	X	X
3	X	X	X				X	X	X	X	X	X
4	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Якщо до операцій транзитного оброблення пошти, наведених у табл. 80, додати не наведені в ній операції з перевірки відповідності контейнерів (мішків, постпакетів) супровідній документації у місцях надходження; транспортування контейнерів (мішків, постпакетів) від місць надходження до місць оброблення; складання супровідної документації на відправлення контейнерів (мішків, постпакетів) у місцях оброблення; транспортування контейнерів (мішків, постпакетів) від місць оброблення до місць відправлення; перевірки відповідності контейнерів (мішків, постпакетів) супровідній документації у місцях відправлення та деяких інших операцій, стане зрозумілим, чому транзитне оброблення суттєво збільшує як вартість, так і строки пересилання пошти.

5.4. Розробка планів сортування пошти

План сортування поштових відправлень – це документ, що регламентує розподіл напрямів сортування поштових одиниць між накопичувачами сортувальної машини.

Задача побудови плану сортування ставиться так.

Сортувальна машина містить n накопичувачів A_1, A_2, \dots, A_n .

Поштові одиниці, що надходять на сортування, повинні бути розсортовані за t напрямками N_1, N_2, \dots, N_m , інформацію про які містять поштові індекси.

Задані ймовірності належності поштових одиниць кожному з напрямків p_1, p_2, \dots, p_m , причому $p_1 \geq p_2 \geq \dots \geq p_m$, а $p_1 + p_2 + \dots + p_m = 1$.

Відомо, що $t > n$, внаслідок чого поштові одиниці можуть сортуватися за етапами, тобто проходити через сортувальну машину кілька разів.

Поштова одиниця, адресована за напрямом N_i , сортується s_i разів ($s_1 \leq s_2 \leq \dots \leq s_m$).

Необхідно мінімізувати середню кількість сортувань однієї поштової одиниці

$$S = \sum_{i=1}^m p_i s_i = \min .$$

Можливі два основні методи організації сортування: метод виділення напрямів і метод групування напрямів.

Згідно з першим методом на кожному з етапів сортування в кожній з $n - 1$ накопичувачів направляються поштові одиниці чергових $n - 1$ напрямів, тобто виділяються $n - 1$ зазначених напрямів, решта спрямовується в n -й (збірний) накопичувач, з якого на наступному етапі сортування знову виділяються $n - 1$ напрямів аж доки всі поштові одиниці не будуть відсортовані за своїми напрямками.

Поштові одиниці за напрямом N_i будуть сортуватися

$$s_i = \left\lceil \frac{i}{n-1} \right\rceil$$

разів, де $\lceil X \rceil$ – значення X , округлене до найближчого більшого цілого числа.

Виходячи з цього загальна кількість етапів сортування складе

$$k = \left\lceil \frac{m-1}{n-1} \right\rceil$$

з урахуванням того, що поштові одиниці останнього напрямку сортування автоматично залишаються в n -му накопичувачі, а середня кількість сортувань однієї поштової одиниці

$$S = \sum_{i=1}^{m-1} p_i \left\lceil \frac{i}{n-1} \right\rceil + p_m \left\lceil \frac{m-1}{n-1} \right\rceil \leq \sum_{i=1}^m p_i \left\lceil \frac{i}{n-1} \right\rceil .$$

Згідно з другим методом на кожному з етапів сортування поштові одиниці поділяються за напрямками сортування на n груп, кожна з яких направляється у відповідний накопичувач, кожна з зазначених груп поштових одиниць на наступному етапі сортування знов поділяється на n груп аж доки в кожному накопичувачі не опиняться поштові одиниці лише одного напрямку.

Подаючи кількість напрямів сортування у виді

$$n^{k-1} < m \leq n^k,$$

одержимо середню кількість сортувань однієї поштової одиниці

$$k - 1 < S \leq k,$$

причому поштові одиниці за напрямками N_1, N_2, \dots, N_r пройдуть $k - 1$ етапів сортування, а поштові одиниці за напрямками $N_{r+1}, N_{r+2}, \dots, N_m$ – k етапів сортування, внаслідок чого середня кількість сортувань однієї поштової одиниці складе

$$S = (k-1) \sum_{i=1}^r p_i + k \sum_{i=r+1}^m p_i = k - \sum_{i=1}^r p_i .$$

Значення r може бути одержано з виразу

$$r = \left[\frac{n^k - m}{n - 1} \right],$$

де $[X]$ – ціла частина X .

На практиці звичайно використовують комбінований метод сортування, в якому на першому або на першому і наступних етапах сортування частина напрямів виділяється, а решта групується.

На рис. 59 наведені приклади сортування поштових одиниць на 10 напрямів за наявності 10 накопичувачів (a – методом виділення напрямів, b – методом групування напрямів, c – комбінованим методом). Цифри в овалах – групи напрямів, цифри в колах – виділені напрями, цифри в прямокутниках – етапи сортування.

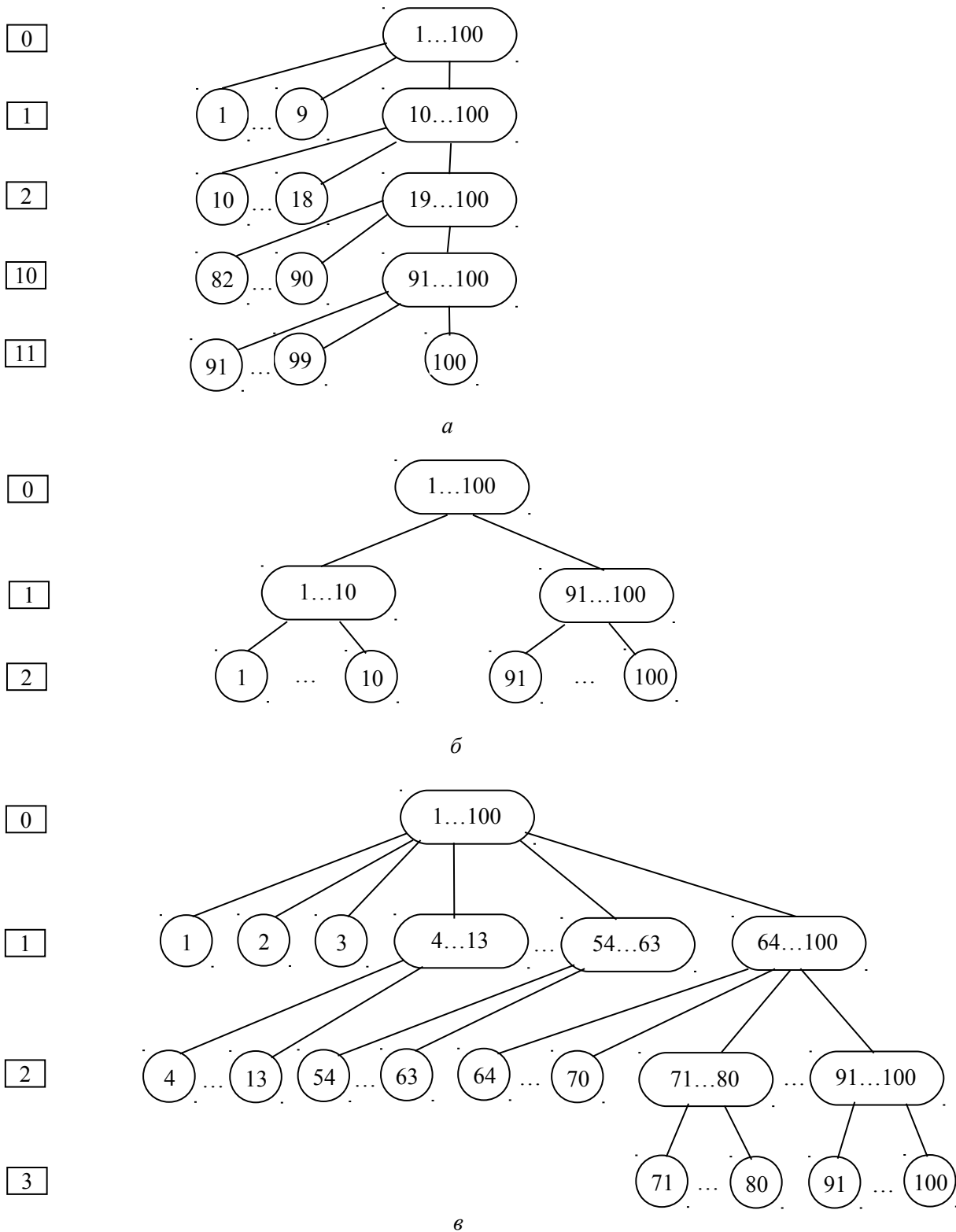


Рисунок 59 – Приклади сортування поштових одиниць

Середня кількість сортувань однієї поштової одиниці складає:

– в схемі рис. 59,а

$$S = (p_1 + p_2 + \dots + p_9) + 2(p_{10} + p_{11} + \dots + p_{18}) + \dots + 11(p_{91} + p_{92} + \dots + p_{99}) + 11 p_{100};$$

– в схемі рис. 59,б

$$S = 2;$$

– в схемі рис. 59,в

$$S = (p_1 + p_2 + p_3) + 2(p_4 + p_5 + \dots + p_{70}) + 3(p_{71} + p_{72} + \dots + p_{100}).$$

Оптимальне співвідношення кількості накопичувачів для напрямів, що виділяються, і для напрямів, що групуються, в схемі комбінованого сортування може бути знайдено з таких міркувань.

Візьмемо за основу схему рис. 59,б, в якій $S = 2$.

Початковий розподіл напрямів сортування за накопичувачами

$$R_0 = \{N_1 \dots N_{10}, N_{11} \dots N_{20}, \dots, N_{91} \dots N_{100}\},$$

за якого в кожний з накопичувачів $A_1 \dots A_{10}$ потрапляють поштові одиниці 10 напрямів.

Виділимо напрям N_1 , якому відповідає розподіл напрямів сортування

$$R_1 = \{N_1, N_2 \dots N_{11}, N_{12} \dots N_{21}, \dots, N_{82} \dots N_{100}\}.$$

З розподілу R_1 видно, що в накопичувач A_1 потрапляють поштові одиниці одного напрямку, в накопичувачі $A_2 \dots A_9$ – 10 напрямів, в накопичувач A_{10} – 19 напрямів.

З зазначених 19 напрямів на другому етапі сортування виділяються 9 і на третьому етапі 10 напрямів.

Таким чином, виділення напрямку N_1 , тобто зменшення на одиницю кількості його сортувань, призводить до збільшення на одиницю кількості сортувань 10 напрямів ($N_{91} \dots N_{100}$).

Очевидно, що при виконанні нерівності

$$p_1 > p_{91} + p_{92} + \dots + p_{100}$$

виділення напрямку N_1 доцільно, а при невиконанні – недоцільно.

Якщо виділення напрямку N_1 доцільно, виділимо напрям N_2 , якому відповідає розподіл напрямів сортування

$$R_2 = \{N_1, N_2, N_3 \dots N_{12}, N_{13} \dots N_{22}, \dots, N_{73} \dots N_{100}\}.$$

Виділення напрямку N_2 доцільно, якщо виконується нерівність

$$p_2 > p_{81} + p_{82} + \dots + p_{90},$$

і недоцільно, якщо вона не виконується.

Якщо виділення напрямку N_2 доцільно, виділимо напрям N_3 , якому відповідає розподіл напрямів сортування

$$R_3 = \{N_1, N_2, N_3, N_4 \dots N_{13}, N_{14} \dots N_{23}, \dots, N_{64} \dots N_{100}\}.$$

Виділення напрямку N_3 доцільно, якщо виконується нерівність

$$p_3 > p_{71} + p_{72} + \dots + p_{80},$$

і недоцільно, якщо вона не виконується.

Зазначений процес послідовного порівняння ймовірностей напрямів сортування закінчується, якщо чергова нерівність не виконується (в разі виконання всіх нерівностей одержимо схему рис. 59,а; в разі виділення напрямів N_1, N_2, N_3 – схему рис. 59,в).

Вибір тієї чи іншої схеми сортування визначається заданим розподілом ймовірностей напрямів сортування.

5.5. Організація маршрутного сортування пошти

Маршрутне сортування широко застосовується при сортуванні поштових одиниць на послідовність пунктів обмінювання пошти, розташованих на шляху проходження поштового маршруту (магістральні, обласні, районні маршрути, маршрути обмінювання пошти з міськими відділеннями зв'язку, маршрути МСП тощо), а також на поштові скриньки адресатів (маршрути поштарів).

Формально задача маршрутного сортування ставиться як задача переформування неупорядкованої вхідної послідовності поштових одиниць, адресованих за n напрямками i, j, \dots, k ($i, j, \dots, k = 0, 1, \dots, n - 1$), в упорядковану вихідну послідовність $0, 1, \dots, n - 1$, в якій кількість поштових одиниць, адресованих за будь-яким напрямком, є довільним цілим числом.

Зазначена задача виступає також як окремий випадок відомої математичної задачі сортування (перетворення) деякої вхідної неупорядкованої послідовності чисел i, j, \dots, k ($0 \leq i, j, \dots, k \leq n - 1$) у вихідну упорядковану послідовність $0 \leq 1 \leq \dots \leq n - 1$.

Наприклад, вхідна послідовність поштових одиниць, адресованих за напрямками 03, 06, 05, 05, 10, 10, 00, 07, 08, 01, 05, 01, 03, 04, 15, 13, 00, 02, 02, 07, 07, 12, 03, 08 повинна бути переформована у вихідну послідовність 00, 00, 01, 01, 02, 02, 03, 03, 03, 04, 05, 05, 05, 06, 07, 07, 07, 08, 08, 10, 10, 12, 13, 15.

Відомі алгоритми розв'язання математичної задачі сортування засновані на перестановленнях елементів вхідної послідовності чисел і практично непридатні для упорядкування фізичних поштових одиниць.

Для виконання маршрутного сортування природно застосовувати звичайні технології ручного або машинного сортування поштових одиниць.

Алгоритми, що використовуються нині для маршрутного сортування поштових одиниць, носять емпіричний характер і не забезпечують мінімізації кількості етапів сортування.

Для точного розв'язання задачі співвідношення загальної кількості напрямів сортування n , загальної кількості накопичувачів поштових одиниць q та загальної кількості етапів сортування s повинно відповідати умові

$$q^s \geq n \text{ або } s = \lceil \log_q n \rceil,$$

де $\lceil \log_q n \rceil$ - значення $\log_q n$, округлене до найближчого більшого цілого числа.

Оскільки при $q \geq n$ задача маршрутного сортування тривіальна, розглянемо реальний випадок $q < n$.

У цьому випадку для виконання маршрутного сортування необхідно скласти сортувальні таблиці, що визначають номери накопичувачів, в які повинні направлятися поштові одиниці, адресовані за певними напрямками, на кожному з етапів сортування.

Наведений нижче алгоритм складання сортувальних таблиць заснований на поданні напрямів сортування у виді чисел, записаних у позиційній системі числення з основою q .

У такій системі числення ціле число N дорівнює

$$N = n_{s-1}q^{s-1} + n_{s-2}q^{s-2} + \dots + n_0q^0,$$

і записується у вигляді s - розрядного числа

$$N = n_{s-1} n_{s-2} \dots n_0,$$

де $n_{s-1} n_{s-2} \dots n_0$ – цифри числа N , що можуть набувати значення $0, 1, \dots, q - 1$.

Наприклад, десяткове число 13_{10} у двійковій, трійковій та четвірковій системах числення набуває виду:

$$13_{10} = 1 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0 = 1101_2,$$

$$13_{10} = 1 \cdot 3^2 + 1 \cdot 3^1 + 1 \cdot 3^0 = 111_3,$$

$$13_{10} = 3 \cdot 4^1 + 1 \cdot 4^0 = 31_4.$$

Позначимо q накопичувачів, що використовуються для маршрутного сортування, як A_0, A_1, \dots, A_{q-1} .

Тоді алгоритм складання сортувальних таблиць полягає у наступному: на першому етапі сортування поштові одиниці направляються в накопичувачі, номери яких збігаються зі значеннями перших (молодших) цифр напрямів сортування; на другому етапі – зі значеннями других цифр і т.д.; на останньому етапі – зі значеннями останніх (старших) цифр.

Так, поштова одиниця за згаданим напрямом 13 буде направлятися:

– при використанні двох накопичувачів A_0, A_1 – на першому, третьому і четвертому етапах сортування у накопичувач A_1 , а на другому етапі – у накопичувач A_0 ;

– при використанні трьох накопичувачів A_0, A_1, A_2 – на всіх трьох етапах сортування у накопичувач A_1 ;

– при використанні чотирьох накопичувачів A_0, A_1, A_2, A_3 – на першому етапі сортування у накопичувач A_1 , а на другому етапі – у накопичувач A_3 ;

– при використанні десяти накопичувачів A_0, A_1, \dots, A_9 – на першому етапі сортування у накопичувач A_3 , а на другому етапі – у накопичувач A_1 .

Нижче наведені приклади побудови сортувальних таблиць: табл. 81 – при $q = 2, s = 4, n = 16$; табл. 82 – при $q = 3, s = 3, n = 27$; табл. 83 – при $q = 4, s = 2, n = 16$; табл. 84 – при $q = 10, s = 2, n = 100$. Для зручності порівняння напрямів сортування у табл. 81, 82, 83 крім десяткової подані відповідно у двійковій, трійковій і четвірковій системах числення. Цифри, за якими здійснюється упорядкування у двійковій, трійковій, четвірковій і десятковій системах числення, а також напрями 13 у десятковій системі числення підкреслені.

Таблиця 81 – Побудова сортувальної таблиці при $q = 2, s = 4, n = 16$

Етап сортування	Накопичувач	Номери напрямів сортування	
		Двійкова система числення	Десяткова система числення
1	A_0	0000, 0010, 0100, 0110, 1000, 1010, 1100, 1110	00, 02, 04, 06, 08, 10, 12, 14
	A_1	0001, 0011, 0101, 0111, 1001, 1011, 1101, 1111	01, 03, 05, 07, 09, 11, 13, 15
2	A_0	0000, 0001, 0100, 0101, 1000, 1001, 1100, 1101	00, 01, 04, 05, 08, 09, 12, 13
	A_1	0010, 0011, 0110, 0111, 1010, 1011, 1110, 1111	02, 03, 06, 07, 10, 11, 14, 15
3	A_0	0000, 0001, 0010, 0011, 1000, 1001, 1010, 1011	00, 01, 02, 03, 08, 09, 10, 11
	A_1	0100, 0101, 0110, 0111, 1100, 1101, 1110, 1111	04, 05, 06, 07, 12, 13, 14, 15
4	A_0	0000, 0001, 0010, 0011, 0100, 0101, 0110, 0111	00, 01, 02, 03, 04, 05, 06, 07
	A_1	1000, 1001, 1010, 1011, 1100, 1101, 1110, 1111	08, 09, 10, 11, 12, 13, 14, 15

Таблиця 82 – Побудова сортувальної таблиці при $q = 3, s = 3, n = 27$

Етап сортування	Накопичувач	Номери напрямів сортування	
		Трійкова система числення	Десяткова система числення
1	A_0	000, 010, 020, 100, 110, 120, 200, 210, 220	00, 03, 06, 09, 12, 15, 18, 21, 24
	A_1	001, 011, 021, 101, 111, 121, 201, 211, 221	01, 04, 07, 10, 13, 16, 19, 22, 25
	A_2	002, 012, 022, 102, 112, 122, 202, 212, 222	02, 05, 08, 11, 14, 17, 20, 23, 26
2	A_0	000, 001, 002, 100, 101, 102, 200, 201, 202	00, 01, 02, 09, 10, 11, 18, 19, 20
	A_1	010, 011, 012, 110, 111, 112, 210, 211, 212	03, 04, 05, 12, 13, 14, 21, 22, 23
	A_2	020, 021, 022, 120, 121, 122, 220, 221, 222	06, 07, 08, 15, 16, 17, 24, 25, 26
3	A_0	000, 001, 002, 010, 011, 012, 020, 021, 022	00, 01, 02, 03, 04, 05, 06, 07, 08
	A_1	100, 101, 102, 110, 111, 112, 120, 121, 122	09, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17
	A_2	200, 201, 202, 210, 211, 212, 220, 221, 222	18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26

Таблиця 83 – Побудова сортувальної таблиці при $q = 4, s = 2, n = 16$

Етап сортування	Накопичувач	Номери напрямів сортування	
		Четвіркова система числення	Десяткова система числення
1	A_0	00, 10, 20, 30	00, 04, 08, 12
	A_1	01, 11, 21, 31	01, 05, 09, 13
	A_2	02, 12, 22, 32	02, 06, 10, 14
	A_3	03, 13, 23, 33	03, 07, 11, 15
2	A_0	00, 01, 02, 03	00, 01, 02, 03
	A_1	10, 11, 12, 13	04, 05, 06, 07
	A_2	20, 21, 22, 23	08, 09, 10, 11
	A_3	30, 31, 32, 33	12, 13, 14, 15

Таблиця 84 – Побудова сортувальної таблиці при $q = 10, s = 2, n = 100$

Етап сортування	Накопичувач	Номери напрямів сортування	
		Десяткова система числення	
1	A_0	00, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90	
	A_1	01, 11, 21, 31, 41, 51, 61, 71, 81, 91	
	A_2	02, 12, 22, 32, 42, 52, 62, 72, 82, 92	
	A_3	03, 13, 23, 33, 43, 53, 63, 73, 83, 93	
	A_4	04, 14, 24, 34, 44, 54, 64, 74, 84, 94	
	A_5	05, 15, 25, 35, 45, 55, 65, 75, 85, 95	
	A_6	06, 16, 26, 36, 46, 56, 66, 76, 86, 96	
	A_7	07, 17, 27, 37, 47, 57, 67, 77, 87, 97	
	A_8	08, 18, 28, 38, 48, 58, 68, 78, 88, 98	
	A_9	09, 19, 29, 39, 49, 59, 69, 79, 89, 99	
2	A_0	00, 01, 02, 03, 04, 05, 06, 07, 08, 09	
	A_1	10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19	
	A_2	20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29	
	A_3	30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39	
	A_4	40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49	
	A_5	50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59	
	A_6	60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69	
	A_7	70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79	
	A_8	80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89	
	A_9	90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99	

У табл. 85 поданий приклад маршрутного сортування наведеної раніше послідовності напрямів сортування поштових одиниць при використанні чотирьох накопичувачів A_0, A_1, A_2, A_3 за два етапи (використовується сортувальна таблиця, наведена в табл. 83).

Таблиця 85 – Приклад маршрутного сортування

Етап сортування	Накопичувач	Розподіл напрямів сортування за накопичувачами
Вхідна послідовність напрямів сортування		
03, 06, 05, 05, 10, 10, 00, 07, 08, 01, 05, 01, 03, 04, 15, 13, 00, 02, 02, 07, 07, 12, 03, 08		
1	A_0	00, 08, 04, 00, 12, 08
	A_1	05, 05, 01, 05, 01, 13
	A_2	06, 10, 10, 02, 02
	A_3	03, 07, 03, 15, 07, 07, 03
Проміжна послідовність напрямів сортування після першого етапу сортування		
00, 08, 04, 00, 12, 08, 05, 05, 01, 05, 01, 13, 06, 10, 10, 02, 02, 03, 07, 03, 15, 07, 07, 03		
2	A_0	00, 00, 01, 01, 02, 02, 03, 03, 03
	A_1	04, 05, 05, 05, 06, 07, 07, 07
	A_2	08, 08, 10, 10
	A_3	12, 13, 15
Вихідна послідовність напрямів сортування після другого етапу сортування		
00, 00, 01, 01, 02, 02, 03, 03, 03, 04, 05, 05, 05, 06, 07, 07, 07, 08, 08, 10, 10, 12, 13, 15		

5.6. Організація багатопрограмного сортування пошти

Сортування поштових одиниць у вузлах поштового зв'язку потребує використання різноманітних програм сортування для забезпечення графіків відправлення пошти за відповідними напрямками.

Перехід від однієї програми сортування до іншої в існуючих системах автоматизованого оброблення пошти потребує зупинки сортування й розвантаження накопичувачів сортувальної машини, що призводить до значних втрат часу, особливо в системах автоматизованого оброблення посилок.

Як свідчать фактичні дані, реальна продуктивність систем автоматизованого оброблення посилок (з урахуванням простоїв, обумовлених змінами програм сортування) виявляється на порядок меншою за її технічну продуктивність.

Аналіз існуючих програм сортування свідчить, що при всій різноманітності зазначених програм в них, як правило, передбачається загальне сортування, детальне сортування та виділення окремих напрямів сортування.

Кількість програм сортування збігається з кількістю напрямів загального сортування. Номер або назва програми сортування визначається тим напрямом загального сортування, за яким провадиться детальне сортування.

Загальне сортування передбачає розподіл первинного (вхідного) потоку поштових одиниць на крупні (узагальнені) напрями, наприклад, Північ, Південь, Схід, Захід, Центр.

Детальне сортування передбачає розподіл первинного потоку або вторинного потоку, створеного поштовими одиницями одного з загальних напрямів, на конкретні напрями, за якими провадиться обмінювання пошти.

Виділення окремих напрямів сортування передбачає спрямування поштових одиниць, адресованих у крупні міста, у виділені для них накопичувачі для всіх програм сортування.

Суттєве зменшення або повне виключення витрат часу на зміну програм сортування можливе за рахунок суміщення в часі зазначених видів сортування з розвантаженням відповідних накопичувачів сортувальної машини.

На рис. 60 наведено схеми сортування з безупинною зміною програм сортування.

Для забезпечення безупинного сортування поштових одиниць накопичувачі сортувальної машини розділяються на три групи: накопичувачі загального сортування, накопичувачі виділених напрямів сортування і накопичувачі детального сортування.

Зміна програм сортування виконується трьома етапами, протягом яких одні групи накопичувачів завантажуються, а інші – розвантажуються.

На першому (підготовчому) етапі (рис. 60,*а*) здійснюється перехід до сортування первинного потоку на всі напрями загального сортування і виділені напрями сортування. Накопичувачі детального сортування, завантажені за попередньою програмою сортування, розвантажуються. Напрями сортування на цьому етапі збігаються в усіх програмах сортування.

На другому (основному) етапі (рис. 60,*б*) здійснюється перехід до сортування первинного потоку за новою програмою на всі напрями загального

сортування, крім того, що передбачає детальне сортування, виділені напрями сортування і напрями детального сортування зазначеного загального напрямку. Відповідний накопичувач загального напрямку сортування розвантажується.

На третьому (завершальному) етапі (рис. 60,в) здійснюється перехід до сортування вторинного потоку від накопичувача загального напрямку сортування, розвантаженого на другому етапі, на напрями детального сортування. Накопичувачі загального сортування і виділених напрямів в міру необхідності розвантажуються.

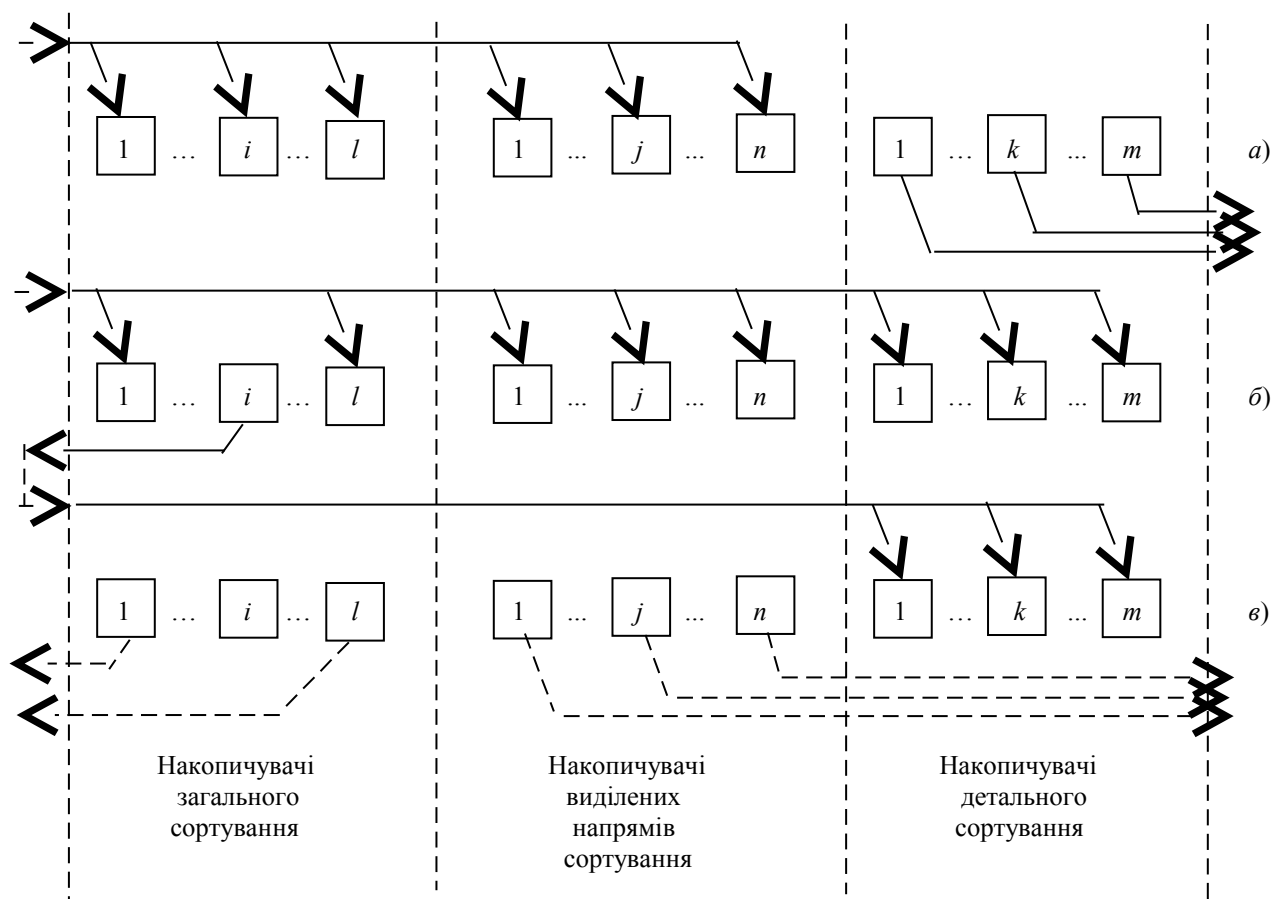


Рисунок 60 – Схеми сортування з безупинною зміною програм сортування

Після виконання третього етапу є можливість продовжити сортування за поточною програмою, повернувшись до другого етапу, або здійснити перехід до наступної програми сортування, повернувшись до першого етапу.

Таким чином, здійснюється суміщення в часі сортування поштових одиниць з розвантаженням накопичувачів сортувальної машини.

5.7. Організація багатоетапного сортування пошти

Упровадження багатоетапного сортування пошти викликане тим, що необхідна кількість напрямів сортування багаторазово перевищує кількість накопичувачів сортувальних машин у системах автоматизованого сортування

пошти або кількість комірок сортувальних шаф у системах ручного сортування пошти.

Враховуючи, що кількість напрямів сортування N , кількість накопичувачів сортувальної машини n і кількість етапів сортування k пов'язані співвідношенням $N = n^k$, реальна кількість етапів сортування не перевищує трьох.

Окрім власне сортування повинно бути забезпечене упакування поштових одиниць до вузлів різних рівнів ієрархії.

Уведемо наступні позначення:

G – несортована сукупність поштових одиниць;

G_i, H_i, A_i ($i = 1, 2, \dots, n$) – відповідно неупаковані сортувальні групи, упаковані сортувальні групи, комірки для тимчасового збереження неупакованих або упакованих сортувальних груп першого етапу сортування;

G_{ij}, H_{ij}, A_{ij} ($i, j = 1, 2, \dots, n$) – відповідно неупаковані сортувальні групи, упаковані сортувальні групи, комірки для тимчасового збереження неупакованих або упакованих сортувальних груп другого етапу сортування;

$G_{ijk}, H_{ijk}, A_{ijk}$ ($i, j, k = 1, 2, \dots, n$) – відповідно неупаковані сортувальні групи, упаковані сортувальні групи, комірки для тимчасового збереження неупакованих або упакованих сортувальних груп третього етапу сортування.

На рис. 61 наведено узагальнену схему триетапного сортування й упакування поштових одиниць.

На рис. 61 у закруглених рамках надані позначення сортувальних груп, у прямокутних рамках – позначення упаковок відповідних сортувальних груп; цифрами позначені:

0 – несортована сукупність поштових одиниць G ;

1 – сортувальні групи першого етапу сортування G_i ($i = 1, 2, \dots, n$);

2 – сортувальні групи другого етапу сортування G_{ij} ($i, j = 1, 2, \dots, n$);

3 – сортувальні групи третього етапу сортування G_{ijk} ($i, j, k = 1, 2, \dots, n$);

4 – упаковки сортувальних груп третього етапу сортування

H_{ijk} ($i, j, k = 1, 2, \dots, n$);

5 – упаковки сортувальних груп другого етапу сортування

H_{ij} ($i, j = 1, 2, \dots, n$), що містять у собі упаковки сортувальних груп третього етапу сортування H_{ijk} ($i, j, k = 1, 2, \dots, n$);

6 – упаковки сортувальних груп першого етапу сортування

H_i ($i = 1, 2, \dots, n$), що містять у собі упаковки сортувальних груп другого етапу сортування H_{ij} ($i, j = 1, 2, \dots, n$), що, у свою чергу, містять у собі упаковки сортувальних груп третього етапу сортування H_{ijk} ($i, j, k = 1, 2, \dots, n$).

Комірки для тимчасового збереження сортувальних груп на рис. 61 не зазначені.

Рис 61

У залежності від порядку формування й упакування сортувальних груп можливі два основні методи організації багатоступового сортування.

Згідно з першим методом упакування сортувальних груп виконується лише після повного завершення їхнього формування.

Загальний порядок сортування й упакування сортувальних груп за першим методом передбачає наступні дії:

перший етап сортування

$$G = \{G_1, G_2, \dots, G_n\} \rightarrow \{A_1, A_2, \dots, A_n\};$$

другий етап сортування

$$A_1 = G_1 = \{G_{11}, G_{12}, \dots, G_{1n}\} \rightarrow \{A_{11}, A_{12}, \dots, A_{1n}\};$$

$$A_2 = G_2 = \{G_{21}, G_{22}, \dots, G_{2n}\} \rightarrow \{A_{21}, A_{22}, \dots, A_{2n}\};$$

$$\dots\dots\dots$$

$$A_n = G_n = \{G_{n1}, G_{n2}, \dots, G_{nn}\} \rightarrow \{A_{n1}, A_{n2}, \dots, A_{nn}\};$$

третій етап сортування

$$A_{11} = G_{11} = \{G_{111}, G_{112}, \dots, G_{11n}\} \rightarrow \{A_{111}, A_{112}, \dots, A_{11n}\};$$

$$A_{12} = G_{12} = \{G_{121}, G_{122}, \dots, G_{12n}\} \rightarrow \{A_{121}, A_{122}, \dots, A_{12n}\};$$

$$\dots\dots\dots$$

$$A_{1n} = G_{1n} = \{G_{1n1}, G_{1n2}, \dots, G_{1nn}\} \rightarrow \{A_{1n1}, A_{1n2}, \dots, A_{1nn}\};$$

$$A_{21} = G_{21} = \{G_{211}, G_{212}, \dots, G_{21n}\} \rightarrow \{A_{211}, A_{212}, \dots, A_{21n}\};$$

$$A_{22} = G_{22} = \{G_{221}, G_{222}, \dots, G_{22n}\} \rightarrow \{A_{221}, A_{222}, \dots, A_{22n}\};$$

$$\dots\dots\dots$$

$$A_{2n} = G_{2n} = \{G_{2n1}, G_{2n2}, \dots, G_{2nn}\} \rightarrow \{A_{2n1}, A_{2n2}, \dots, A_{2nn}\};$$

$$\dots\dots\dots$$

$$A_{n1} = G_{n1} = \{G_{n11}, G_{n12}, \dots, G_{n1n}\} \rightarrow \{A_{n11}, A_{n12}, \dots, A_{n1n}\};$$

$$A_{n2} = G_{n2} = \{G_{n21}, G_{n22}, \dots, G_{n2n}\} \rightarrow \{A_{n21}, A_{n22}, \dots, A_{n2n}\};$$

$$\dots\dots\dots$$

$$A_{nn} = G_{nn} = \{G_{nn1}, G_{nn2}, \dots, G_{nnn}\} \rightarrow \{A_{nn1}, A_{nn2}, \dots, A_{nnn}\};$$

формування упаковок сортувальних груп третього етапу сортування

$$\{A_{111}, A_{112}, \dots, A_{11n}\} \rightarrow \{H_{111}, H_{112}, \dots, H_{11n}\} \rightarrow \{A_{111}, A_{112}, \dots, A_{11n}\};$$

$$\{A_{121}, A_{122}, \dots, A_{12n}\} \rightarrow \{H_{121}, H_{122}, \dots, H_{12n}\} \rightarrow \{A_{121}, A_{122}, \dots, A_{12n}\};$$

$$\dots\dots\dots$$

$$\{A_{1n1}, A_{1n2}, \dots, A_{1nn}\} \rightarrow \{H_{1n1}, H_{1n2}, \dots, H_{1nn}\} \rightarrow \{A_{1n1}, A_{1n2}, \dots, A_{1nn}\};$$

$$\{A_{211}, A_{212}, \dots, A_{21n}\} \rightarrow \{H_{211}, H_{212}, \dots, H_{21n}\} \rightarrow \{A_{211}, A_{212}, \dots, A_{21n}\};$$

$$\{A_{221}, A_{222}, \dots, A_{22n}\} \rightarrow \{H_{221}, H_{222}, \dots, H_{22n}\} \rightarrow \{A_{221}, A_{222}, \dots, A_{22n}\};$$

$$\dots\dots\dots$$

$$\{A_{2n1}, A_{2n2}, \dots, A_{2nn}\} \rightarrow \{H_{2n1}, H_{2n2}, \dots, H_{2nn}\} \rightarrow \{A_{2n1}, A_{2n2}, \dots, A_{2nn}\};$$

$$\dots\dots\dots$$

$$\{A_{n11}, A_{n12}, \dots, A_{n1n}\} \rightarrow \{H_{n11}, H_{n12}, \dots, H_{n1n}\} \rightarrow \{A_{n11}, A_{n12}, \dots, A_{n1n}\};$$

$$\{A_{n21}, A_{n22}, \dots, A_{n2n}\} \rightarrow \{H_{n21}, H_{n22}, \dots, H_{n2n}\} \rightarrow \{A_{n21}, A_{n22}, \dots, A_{n2n}\};$$

$$\dots\dots\dots$$

$$\{A_{nn1}, A_{nn2}, \dots, A_{nnn}\} \rightarrow \{H_{nn1}, H_{nn2}, \dots, H_{nnn}\} \rightarrow \{A_{nn1}, A_{nn2}, \dots, A_{nnn}\};$$

формування упаковок сортувальних груп другого етапу сортування

$$H_{11} = G_{11} = \{A_{111}, A_{112}, \dots, A_{11n}\} \rightarrow A_{11};$$

$$H_{12} = G_{12} = \{A_{121}, A_{122}, \dots, A_{12n}\} \rightarrow A_{12};$$

$$H_{1n} = G_{1n} = \{A_{1n1}, A_{1n2}, \dots, A_{1nn}\} \rightarrow A_{1n};$$

$$H_{21} = G_{21} = \{A_{211}, A_{212}, \dots, A_{21n}\} \rightarrow A_{21};$$

$$H_{22} = G_{22} = \{A_{221}, A_{222}, \dots, A_{22n}\} \rightarrow A_{22};$$

$$H_{2n} = G_{2n} = \{A_{2n1}, A_{2n2}, \dots, A_{2nn}\} \rightarrow A_{2n};$$

$$H_{n1} = G_{n1} = \{A_{n11}, A_{n12}, \dots, A_{n1n}\} \rightarrow A_{n1};$$

$$H_{n2} = G_{n2} = \{A_{n21}, A_{n22}, \dots, A_{n2n}\} \rightarrow A_{n2};$$

$$H_{nn} = G_{nn} = \{A_{nn1}, A_{nn2}, \dots, A_{nnn}\} \rightarrow A_{nn};$$

формування упаковок сортувальних груп першого етапу сортування

$$H_1 = G_1 = \{A_{11}, A_{12}, \dots, A_{1n}\} \rightarrow A_1;$$

$$H_2 = G_2 = \{A_{21}, A_{22}, \dots, A_{2n}\} \rightarrow A_2;$$

$$H_n = G_n = \{A_{n1}, A_{n2}, \dots, A_{nn}\} \rightarrow A_n.$$

Кількість комірок A_i ($i = 1, 2, \dots, n$) складає n ;

кількість комірок A_{ij} ($i, j = 1, 2, \dots, n$) складає n^2 ;

кількість комірок A_{ijk} ($i, j, k = 1, 2, \dots, n$) складає n^3 .

Загальна кількість комірок для тимчасового збереження неупакованих або упакованих сортувальних груп за першим методом складає

$$M_1 = n + n^2 + n^3.$$

Згідно з другим методом формування сортувальних груп чередується з їхнім упакуванням.

Загальний порядок сортування і упакування сортувальних груп за другим методом передбачає наступні дії:

перший етап сортування

$$G = \{G_1, G_2, \dots, G_n\} \rightarrow \{A_1, A_2, \dots, A_n\};$$

поточний другий етап сортування

$$A_1 = G_1 = \{G_{11}, G_{12}, \dots, G_{1n}\} \rightarrow \{A_{i1}, A_{i2}, \dots, A_{in}\};$$

поточний третій етап сортування

$$A_{i1} = G_{11} = \{G_{111}, G_{112}, \dots, G_{11n}\} \rightarrow \{A_{ij1}, A_{ij2}, \dots, A_{ijn}\};$$

формування упаковок сортувальних груп поточного третього етапу сортування

$$\{A_{ij1}, A_{ij2}, \dots, A_{ijn}\} \rightarrow \{H_{ij1}, H_{ij2}, \dots, H_{ijn}\} \rightarrow \{A_{ij1}, A_{ij2}, \dots, A_{ijn}\};$$

формування упаковки сортувальної групи поточного другого етапу сортування

$$H_{11} = G_{11} = \{A_{ij1}, A_{ij2}, \dots, A_{ijn}\} \rightarrow A_{i1};$$

поточний третій етап сортування

$$A_{i2} = G_{12} = \{G_{121}, G_{122}, \dots, G_{12n}\} \rightarrow \{A_{ij1}, A_{ij2}, \dots, A_{ijn}\};$$

формування упаковок сортувальних груп поточного третього етапу сортування

$$\{A_{ij1}, A_{ij2}, \dots, A_{ijn}\} \rightarrow \{H_{ij1}, H_{ij2}, \dots, H_{ijn}\} \rightarrow \{A_{ij1}, A_{ij2}, \dots, A_{ijn}\};$$

формування упаковки сортувальної групи поточного другого етапу сортування

$$H_{12} = G_{12} = \{A_{ij1}, A_{ij2}, \dots, A_{ijn}\} \rightarrow A_{i2};$$

.....
поточний третій етап сортування

$$A_{in} = G_{1n} = \{G_{1n1}, G_{1n2}, \dots, G_{1nn}\} \rightarrow \{A_{ij1}, A_{ij2}, \dots, A_{ijn}\};$$

формування упаковок сортувальних груп поточного третього етапу сортування

.....
ня

$$\{A_{ij1}, A_{ij2}, \dots, A_{ijn}\} \rightarrow \{H_{ij1}, H_{ij2}, \dots, H_{ijn}\} \rightarrow \{A_{ij1}, A_{ij2}, \dots, A_{ijn}\};$$

формування упаковки сортувальної групи поточного другого етапу сортування

$$H_{1n} = G_{1n} = \{A_{ij1}, A_{ij2}, \dots, A_{ijn}\} \rightarrow A_{in};$$

формування упаковки сортувальної групи поточного першого етапу сортування

.....
ня

$$H_1 = G_1 = \{A_{i1}, A_{i2}, \dots, A_{in}\} \rightarrow A_1;$$

формування упаковки сортувальної групи поточного першого етапу сортування

.....
ня

$$H_2 = G_2 = \{A_{i1}, A_{i2}, \dots, A_{in}\} \rightarrow A_2;$$

формування упаковки сортувальної групи поточного першого етапу сортування

.....
ня

$$H_n = G_n = \{A_{i1}, A_{i2}, \dots, A_{in}\} \rightarrow A_n.$$

Кількість комірок A_i ($i = 1, 2, \dots, n$) складає n ;

кількість комірок A_{ij} ($j = 1, 2, \dots, n$) складає n ;

кількість комірок A_{ijk} ($k = 1, 2, \dots, n$) складає n .

Загальна кількість комірок для тимчасового збереження неупакованих або упакованих сортувальних груп за другим методом складає

$$M_1 = 3n.$$

У табл. 86 наведено порівняльні показники триетапного сортування й упакування письмової кореспонденції за першим методом ($M_1 = n^3 + n^2 + n$) і за другим методом ($M_2 = 3n$).

Таблиця 86 – Порівняльні показники сортування й упакування письмової кореспонденції

Показники	Значення показників									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
n	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
N	1000	8000	27000	64000	125000	216000	343000	512000	729000	1000000
M_1	1110	8420	27930	65640	127550	219660	347970	518480	737190	1010100
M_2	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300
M_1/M_2	37	140	310	547	850	1220	1657	2160	2730	3367

Як впливає з табл. 86, загальна кількість комірок для тимчасового збереження сортувальних груп $M_1 \gg M_2$.

Слід підкреслити, що, як за першим, так і за другим методами, упакування поточних сортувальних груп може повністю або частково суміщуватися в часі з формуванням наступних сортувальних груп.

Втім, очевидно, що повне суміщення в часі упакування всіх поточних сортувальних груп (крім останньої) з формуванням всіх наступних сортувальних груп (крім першої) за першим методом можливе, якщо *сумарний час упакування всіх сортувальних груп (крім останньої) не перевищує сумарного часу формування всіх наступних сортувальних груп (крім першої)*, а за другим, – якщо *час упакування кожної поточної сортувальної групи (крім останньої) не перевищує часу формування кожної наступної сортувальної групи (крім першої)*.

Звідси випливає, що при організації багатоетапного сортування за першим методом продуктивність сортувальної машини знижується лише за рахунок її простоювання під час перевантажень сформованих сортувальних груп з накопичувачів сортувальної машини у комірки для їхнього тимчасового збереження, а за другим методом – ще й під час упакування тих поточних сортувальних груп, час упакування яких перевищує час формування наступних сортувальних груп.

Слід зазначити, що наведені методи багатоетапного сортування є граничними: будь-яка проміжна сукупність $M_2 < M_{\text{пр}} < M_1$ комірок для тимчасового збереження сформованих сортувальних груп забезпечує відповідну проміжну можливість суміщення у часі упакування поточних сортувальних груп з формуванням наступних сортувальних груп.

Так, при $M_{\text{пр}} = 4n$, для тимчасового збереження сформованих сортувальних груп третього етапу сортування можна виділити не одну, а дві групи по n комірок у кожній, в які по черзі пересилати зазначені сформовані групи.

Завдяки цьому повне суміщення в часі упакування всіх поточних сортувальних груп (крім останньої) з формуванням всіх наступних сортувальних груп (крім першої) стає можливим, якщо *час упакування кожної поточної сортувальної групи не перевищує часу формування кожних двох наступних сортувальних груп*.

5.8. Визначення кількості робочих місць з оброблення пошти у вузлах поштового зв'язку

Кількість робочих місць з оброблення пошти у вузлі поштового зв'язку визначається значеннями поштового навантаження, що надходить у цей вузол, нормативом допустимого часу оброблення поштових одиниць, тобто допустимої затримки закінчення оброблення поштових одиниць відносно часу їхнього надходження у вузол, і значенням продуктивності праці одного працівника (кількості поштових одиниць, що обробляє один працівник за одну годину).

Нерівномірність надходження поштового навантаження у вузол поштового зв'язку обумовлює необхідність використання різної кількості робочих місць у різні інтервали доби.

За таких умов мінімальна кількість робочих місць з оброблення поштових одиниць, яка повинна бути створена у вузлі, визначається максимальним навантаженням, яке повинно бути оброблене за допустимий інтервал часу, а в

інші інтервали часу створені робочі місця можуть використовуватися частково, або взагалі не використовуватися.

Нижче наведені метод і алгоритм визначення необхідної кількості робочих місць з оброблення поштових одиниць у вузлі поштового зв'язку.

Значення поштового навантаження, що надходить у вузол, задаються відповідним графіком (рис. 62) або таблицею (табл. 87).



Рисунок 62 – Значення поштового навантаження

Таблиця 87 – Значення поштового навантаження

Час надходження	T_1	T_2	...	T_i	...	T_j	...	T_k
Навантаження	N_1	N_2	...	N_i	...	N_j	...	N_k

Оскільки кожна поштова одиниця повинна бути оброблена за час, що не перевищує заданого нормативу, графік оброблення поштових одиниць може бути наданий у виді гіпотенузи прямокутного трикутника, катетами якого є навантаження N_i , що надходить у вузол в момент T_i , і час T допустимого оброблення навантаження у вузлі (рис. 63).

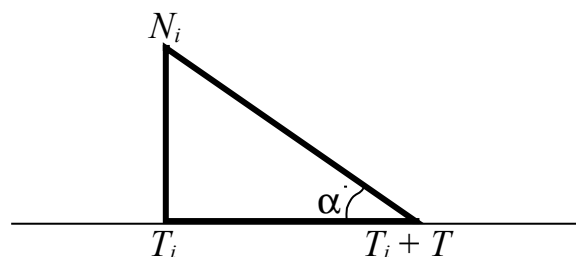


Рисунок 63 – Графік оброблення поштових одиниць

Тангенс кута нахилу гіпотенузи трикутника являє собою значення продуктивності оброблення поштових одиниць у вузлі

$$Q_i = \operatorname{tg} \alpha = \frac{N_i}{T}.$$

Реально в інтервалі часу T можуть мати місце декілька надходжень поштових навантажень, внаслідок чого в зазначеному інтервалі часу виконується оброблення поштових одиниць, що залишилися необробленими в попередньому інтервалі, і поштових одиниць, що надійшли в поточному інтервалі. У свою чергу оброблення поштових одиниць, що залишилися необробленими в поточному інтервалі часу, виконується в наступному інтервалі.

Таким чином, можуть мати місце зсуви оброблення поштових одиниць за умови, що максимальна затримка оброблення будь-якого надходження поштових одиниць не перевищує заданого нормативу T .

Отже, йдеться про знаходження максимального серед мінімальних значень кутів нахилу гіпотенуз усіх трикутників, що відповідають усім надходженням поштових одиниць у вузол, яке забезпечує оброблення будь-якого надходження поштових одиниць в заданому інтервалі часу.

Оскільки для оброблення навантажень N_i і N_j , що надходять у вузол в моменти часу T_i і T_j в межах одного інтервалу T , може бути виділений час, що дорівнює $T_j - T_i + T$, значення необхідної продуктивності оброблення поштових одиниць у вузлі визначається значенням тангенса кута нахилу гіпотенузи відповідного спільного трикутника

$$Q_{i,j} = \operatorname{tg} \alpha = \frac{N_i + N_j}{T_j - T_i + T},$$

принцип побудови якого впливає з рис. 64.

Узагальнюючи таке визначення значення кута нахилу гіпотенузи трикутника на довільний розподіл надходжень $N_1, N_2, \dots, N_i, \dots, N_j, \dots, N_k$ поштового навантаження в моменти часу $T_1, T_2, \dots, T_i, \dots, T_j, \dots, T_k$ протягом доби дійдемо висновку, що значення необхідної продуктивності оброблення поштових одиниць у вузлі визначається максимальним значенням кута нахилу гіпотенузи серед всіх трикутників, що відповідають будь-яким можливим послідовностям надходжень поштового навантаження у вузол.

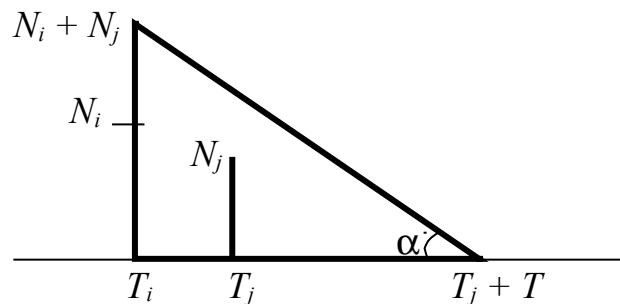


Рисунок 64 – Визначення необхідної продуктивності оброблення поштових одиниць

У табл. 88 наведено перелік усіх можливих послідовностей надходжень поштового навантаження у вузол, що потребують розрахунку значень кутів нахилу гіпотенуз відповідних трикутників.

Кількість робочих місць R з оброблення пошти дорівнює

$$R = \lceil Q_{\max} / Q_p \rceil,$$

де Q_{\max} – максимальна продуктивність оброблення поштових одиниць у вузлі;

Q_p – продуктивність праці одного працівника;

$\lceil X \rceil$ – значення X , округлене до найближчого більшого цілого числа.

Таблиця 88

На рис. 65 надано приклад трьох навантажень N_1, N_2, N_3 , які надходять в моменти часу $T_1, T_2 = T_1 + 2, T_3 = T_2 + 1$, при значенні інтервалу часу оброблення поштових одиниць $\Delta T = 3$.

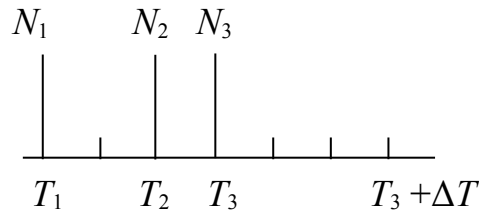


Рисунок 65 – Приклад надходження навантажень N_1, N_2, N_3

У табл. 89 надані значення навантажень, які визначають максимальні значення продуктивності оброблення поштових одиниць (виділені жирним шрифтом).

Таблиця 89 – Максимальні значення продуктивності оброблення поштових одиниць

N_1	N_2	N_3	Q_1	Q_2	Q_3	$Q_{1,2}$	$Q_{2,3}$	$Q_{1,2,3}$
360	180	60	120	60	20	108	60	100
180	360	60	60	120	20	108	105	100
180	60	360	60	20	120	48	105	100
360	360	120	120	120	40	144	120	140
120	360	360	40	120	120	96	180	140
360	120	360	120	40	120	96	120	140

Як впливає з табл. 89, максимальне значення продуктивності оброблення поштових одиниць для наведеного прикладу може визначатися будь-яким одним навантаженням N_1, N_2, N_3 ; сумою будь-яких двох сусідніх навантажень $N_1 + N_2, N_2 + N_3$; сумою всіх навантажень $N_1 + N_2 + N_3$.

Алгоритм розрахунку кількості робочих місць з оброблення поштових одиниць наведено на рис. 66.

Алгоритм містить 15 блоків.

У **блоці 1** виконується уведення початкових даних: кількості надходжень поштових одиниць k ; графіка надходження поштових одиниць $N_1, T_1; N_2, T_2; \dots N_k, T_k$; значення допустимої затримки оброблення поштових одиниць у вузлі T ; значення продуктивності праці одного працівника Q_p .

У **блоці 2** обнулюється значення максимальної продуктивності оброблення поштових одиниць Q_{\max} .

У **блоці 3** обнулюється значення поточного індексу i .

У **блоці 4** значення поточного індексу i збільшується на одиницю.

У **блоці 5** обчислюється значення поточного індексу $j = i - 1$.

У **блоці 6** обнулюється значення навантаження послідовності надходжень поштових одиниць N_p .

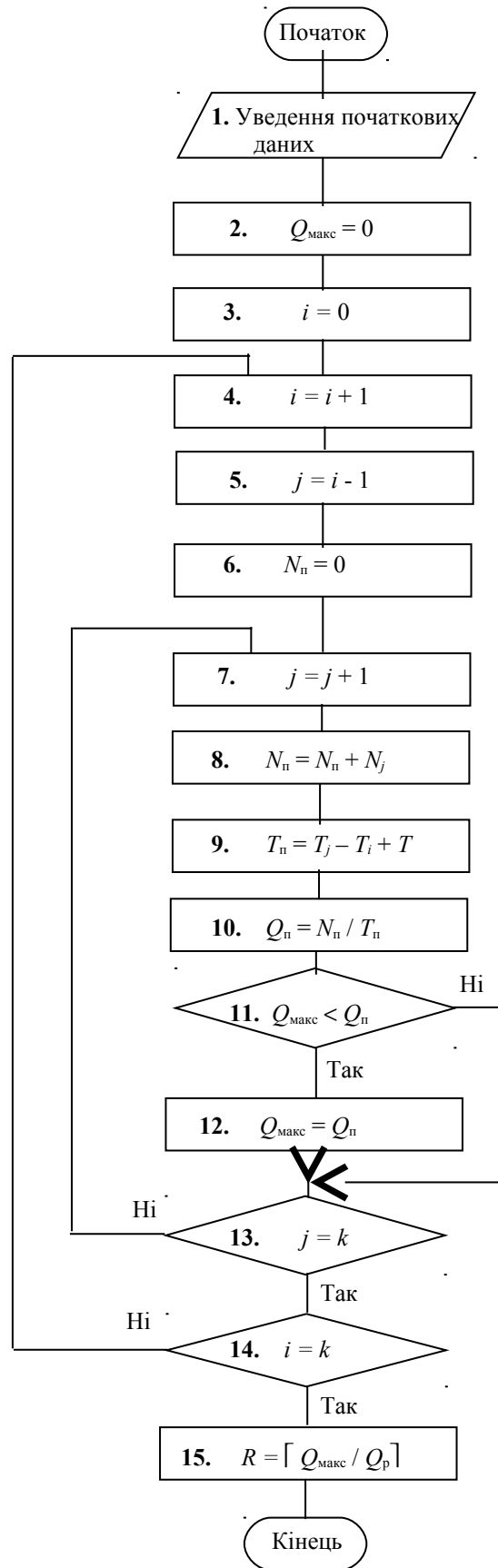


Рисунок 66 – Алгоритм розрахунку кількості робочих місць з оброблення поштових одиниць

У блоці 7 значення поточного індексу j збільшується на одиницю.

У блоці 8 значення навантаження послідовності надходжень поштових одиниць N_n збільшується на величину поточного надходження поштових одиниць N_j .

У блоці 9 обчислюється значення часу, що виділяється на оброблення навантаження послідовності надходжень поштових одиниць, $T_n = T_j - T_i + T$.

У блоці 10 обчислюється значення необхідної продуктивності оброблення навантаження послідовності надходжень поштових одиниць $Q_n = N_n / T_n$.

У блоці 11 виконується перевірка виконання умови $Q_{\max} < Q_n$. Якщо “Так” – перехід до наступного блока, якщо “Ні” – до блока 13.

У блоці 12 значення Q_{\max} замінюється значенням Q_n .

У блоці 13 виконується перевірка, чи дорівнює значення поточного індексу j значенню загального числа надходжень поштового навантаження k . Якщо “Так” – перехід до наступного блока, якщо “Ні” – до блока 7.

У блоці 14 виконується перевірка, чи дорівнює значення поточного індексу i значенню загального числа надходжень поштового навантаження k . Якщо “Так” – перехід до наступного блока, якщо “Ні” – до блока 4.

У блоці 15 обчислюється необхідна кількість робочих місць R з оброблення поштових одиниць у вузлі як округлене до найближчого цілого числа відношення знайденого значення Q_{\max} до значення продуктивності праці одного працівника Q_p .

Нижче наведено приклад визначення кількості робочих місць з оброблення письмової кореспонденції у вузлі поштового зв'язку.

Кількість надходжень поштового навантаження – 4.

Графік надходження поштового навантаження (тис. листів) у вузол наведено у табл. 90.

Таблиця 90 – Графік надходження поштового навантаження

Час надходження	08.00	10.30	12.00	14.00
Навантаження	6	4	8	3

Норматив часу оброблення письмової кореспонденції у вузлі – 3 год.

Продуктивність праці одного працівника – 2 тис. листів за год.

У табл. 91 наведено значення результатів циклічного виконання блоків алгоритму рис. 66.

Як впливає з отриманих результатів, для оброблення письмової кореспонденції в зазначеному вузлі достатньо двох робочих місць з максимальною продуктивністю оброблення письмової кореспонденції 2,67 тис. листів за год.

Таблиця 91 – Результати циклічного виконання блоків алгоритму

№ блок а	Змінна	Цикли									
		$i = 1$				$i = 2$			$i = 3$		$i = 4$
		$j=1$	$j=2$	$j=3$	$j=4$	$j=2$	$j=3$	$j=4$	$j=3$	$j=4$	$j=4$
1	$k; N_1, T_1; N_2, T_2; \dots N_k, T_k; T; Q_r$										
2	Q_{\max}	0									
3	i	0									
4	i	1				2			3		
5	j	0				1			2		
6	N_n	0				0			0		
7	j	1	2	3	4	2	3	4	3	4	4
8	N_n	6	10	18	21	4	12	15	8	11	3
9	T_n	3	5,5	7	9	3	4,5	6,5	3	5	3
10	Q_n	2,00	1,82	2,57	2,33	1,33	2,67	2,31	2,67	2,22	1,00
11	$Q_{\max} < Q_n?$	Так	Ні	Так	Ні	Ні	Так	Ні	Ні	Ні	Ні
12	Q_{\max}	2,00		2,57			2,67				
13	$j = k?$	Ні	Ні	Ні	Так	Ні	Ні	Так	Ні	Так	Так
14	$i = k?$				Ні			Ні		Ні	Так
15	R										2

5.9. Оптимізація розміщення робочих місць з оброблення пошти в регіональних вузлах поштового зв'язку

Серед основних переваг створення регіональних вузлів у мережі поштового зв'язку звичайно відзначається концентрація поштових потоків у цих вузлах, яка є важливою передумовою впровадження автоматизованих систем сортування поштових відправлень.

Втім, існують й інші, не менш важливі переваги, серед яких особливе місце належить можливості суттєвого скорочення операцій багаторазового сортування поштових одиниць, головним чином укрупнених, на робочих місцях зазначених вузлів.

Багаторазове сортування укрупнених поштових одиниць у діючих технологіях пересилання пошти обумовлене їхнім обробленням на рознесених робочих місцях, з'єднаних між собою технологічними поштовими маршрутами.

Оброблення укрупнених поштових одиниць на рознесених робочих місцях викликає необхідність їхнього сортування перед завантаженням у транспортні засоби технологічних маршрутів та після розвантаження цих засобів.

У регіональних вузлах існує можливість замінити локальні робочі місця з оброблення укрупнених поштових одиниць розподіленими зонами обслуговування, в яких накопичувачі попереднього ступеня оброблення пошти межують з накопичувачами наступного ступеня.

Завдяки цьому сортування укрупнених поштових одиниць та їхнє завантаження у технологічний транспорт на робочих місцях попереднього ступеня оброблення пошти; перевезення укрупнених поштових одиниць технологічним транспортом між робочими місцями попереднього та наступного ступенів оброблення пошти; розвантаження укрупнених поштових одиниць та

їхнє сортування на робочих місцях наступного ступеня оброблення пошти замінюється безпосереднім переміщенням укрупнених поштових одиниць між відповідними накопичувачами зони обслуговування.

Принцип переходу від оброблення пошти на локальних робочих місцях до оброблення в розподіленій зоні обслуговування ілюструється на рис. 67.

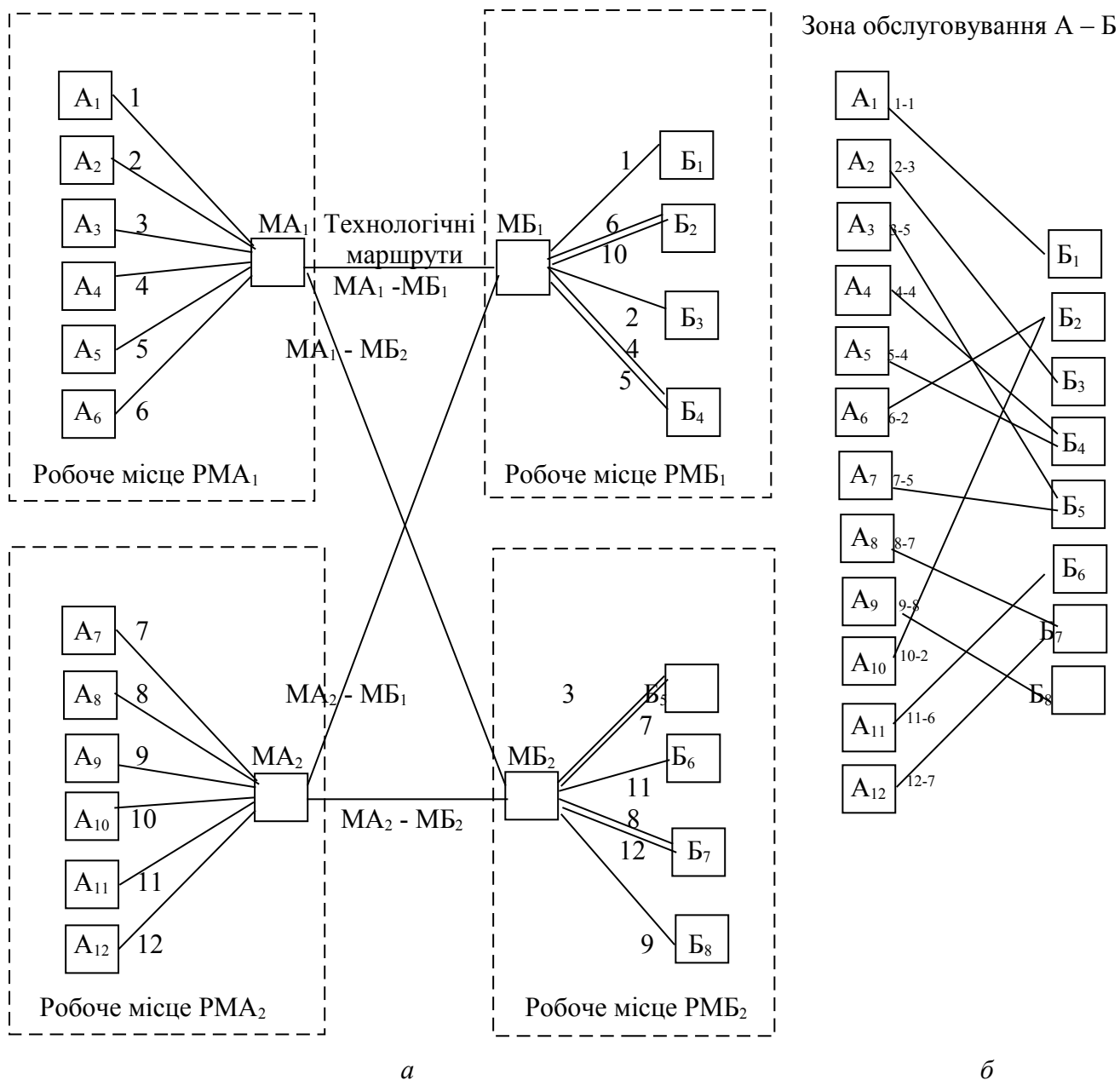


Рисунок 67 – Принцип переходу від оброблення пошти на локальних робочих місцях до оброблення в розподіленій зоні обслуговування

На рис. 67 позначені:

а – схема оброблення пошти з перевезенням укрупнених поштових одиниць між робочими місцями;

б – схема оброблення пошти з переміщенням укрупнених поштових одиниць у зоні обслуговування;

РМА₁ – робоче місце А₁;

РМА₂ – робоче місце А₂;

РМБ₁ – робоче місце Б₁;

РМБ₂ – робоче місце Б₂;

А₁ - А₆ – накопичувачі РМА₁ (частини А зони обслуговування А - Б);

А₇ - А₁₂ – накопичувачі РМА₂ (частини А зони обслуговування А - Б);

Б₁ - Б₄ – накопичувачі РМБ₁ (частини Б зони обслуговування А - Б);

Б₅ - Б₈ – накопичувачі РМБ₂ (частини Б зони обслуговування А - Б);

МА₁ – місце завантаження технологічних маршрутів РМА₁;

МА₂ – місце завантаження технологічних маршрутів РМА₂;

МБ₁ – місце розвантаження технологічних маршрутів РМБ₁;

МБ₂ – місце розвантаження технологічних маршрутів РМБ₂;

МА₁ - МБ₁ – технологічний маршрут між РМА₁ і РМБ₁;

МА₁ - МБ₂ – технологічний маршрут між РМА₁ і РМБ₂;

МА₂ - МБ₁ – технологічний маршрут між РМА₂ і РМБ₁;

МА₂ - МБ₂ – технологічний маршрут між РМА₂ і РМБ₂.

Цифрами 1 ... 12 позначені визначені заздалегідь напрями пересилання укрупнених поштових одиниць між накопичувачами РМА₁, РМА₂ (частини А зони обслуговування А - Б) і накопичувачами РМБ₁, РМБ₂ (частини Б зони обслуговування А - Б).

Для аналізу можливостей оброблення пошти в регіональних вузлах зручно подавати технологічний процес у виді графа, вершинам якого відповідають накопичувачі укрупнених поштових одиниць, а ребрам або дугам – шляхи між ними.

На рис. 68 наведений фрагмент графа розташування накопичувачів постпакетів ПП, поштових мішків ПМ, поштових контейнерів ПК, поштових автомобілів, напівпричепів або причепів ПА в цеху оброблення письмової кореспонденції крупного регіонального вузла. Напрями сортування ПП, ПМ, ПК, ПА і передачі ПП - ПМ, ПМ - ПК, ПК - ПА показані як ребра, що з'єднують відповідні вершини графа.

Значна протяжність шляхів між накопичувачами знижує продуктивність праці операторів, а перетинання зазначених шляхів створює небезпечні умови цієї праці (особливо на ділянках переміщення контейнерів).

Основними задачами організації оброблення письмової кореспонденції в регіональних вузлах є:

- скорочення кількості операцій технології оброблення письмової кореспонденції;

- мінімізація відстаней між накопичувачами укрупнених поштових одиниць в зонах обслуговування;

- виключення перехрестів шляхів між накопичувачами укрупнених поштових одиниць у зонах обслуговування.

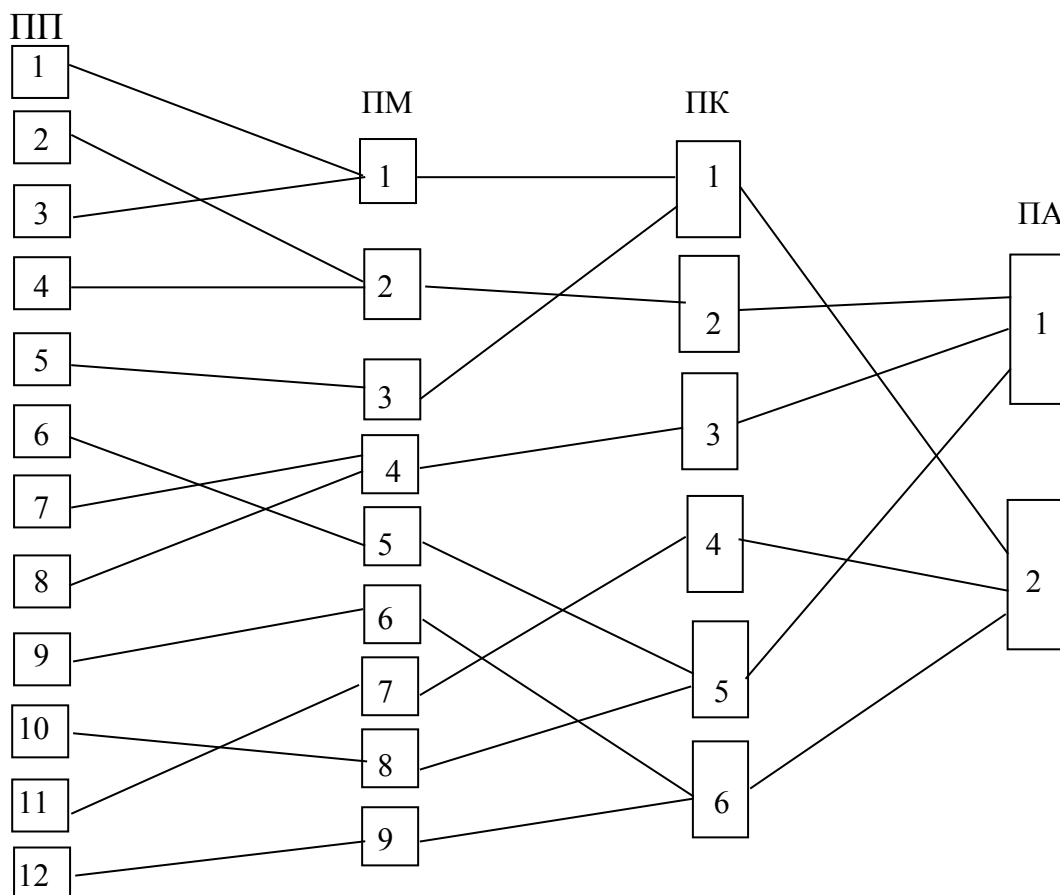


Рисунок 68 – Фрагмент графа розташування накопичувачів

Розв’язання зазначених задач потребує перетворення заданого графа розміщення накопичувачів укрупнених поштових одиниць в плоский граф (тобто в граф, ребра якого перетинаються лише у вершинах графа).

Для здійснення такого перетворення можна запропонувати метод, заснований на перестановках рядків і стовпців матриць, що подають заданий граф.

Граф, наведений на рис. 68, зручно подавати у виді трьох матриць:

- матриці A_1 зв’язків ПП - ПМ між накопичувачами постпакетів і накопичувачами мішків;
- матриці B_1 зв’язків ПМ - ПК між накопичувачами мішків і накопичувачами контейнерів;
- матриці C_1 зв’язків ПК - ПА між накопичувачами контейнерів і накопичувачами автомобілів (напівпричепів, причепів).

У зазначених матрицях, поданих на рис. 69, одиницями позначені наявні, а нулями – відсутні зв’язки між відповідними накопичувачами укрупнених поштових одиниць.

A_1	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	1	0	0	0	0	0	0	0
3	1	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	1	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	1	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	1	0	0	0	0
7	0	0	0	1	0	0	0	0	0
8	0	0	0	1	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	1	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	1	0
11	0	0	0	0	0	0	1	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	1

B_1	1	2	3	4	5	6
1	1	0	0	0	0	0
2	0	1	0	0	0	0
3	1	0	0	0	0	0
4	0	0	1	0	0	0
5	0	0	0	0	1	0
6	0	0	0	0	0	1
7	0	0	0	1	0	0
8	0	0	0	0	1	0
9	0	0	0	0	0	1

C_1	1	2
1	0	1
2	1	0
3	1	0
4	0	1
5	1	0
6	0	1

Рисунок 69 – Подання графа розташування накопичувачів у виді матриць

Матриці A_2 зв'язків ПП - ПМ, B_2 зв'язків ПМ - ПК, C_2 зв'язків ПК - ПА, що відповідають плоскому графу, подані на рис. 70.

A_2	2	4	5	8	1	3	7	6	9
2	1	0	0	0	0	0	0	0	0
4	1	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	1	0	0	0	0	0	0	0
8	0	1	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	1	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	1	0	0	0	0	0
1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	1	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	1	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	1	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	1	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	1

B_2	2	3	5	1	4	6
2	1	0	0	0	0	0
4	0	1	0	0	0	0
5	0	0	1	0	0	0
8	0	0	1	0	0	0
1	0	0	0	1	0	0
3	0	0	0	1	0	0
7	0	0	0	0	1	0
6	0	0	0	0	0	1
9	0	0	0	0	0	1

C_2	1	2
2	1	0
3	1	0
5	1	0
1	0	1
4	0	1
6	0	1

Рисунок 70 – Побудова матриць плоского графа розташування накопичувачів

Формування матриці C_2 з матриці C_1 починається з визначення порядку слідування стовпців матриці C_2 як порядку слідування стовпців матриці C_1 , тобто 1, 2.

Оскільки зі стовпцем 1 матриці C_1 пов'язані рядки 2, 3, 5, а зі стовпцем 2 - рядки 1, 4, 6, порядок слідування рядків матриці C_2 визначається як 2, 3, 5, 1, 4, 6.

Формування матриці B_2 з матриці B_1 починається з визначення порядку слідування стовпців матриці B_2 як порядку слідування рядків матриці C_2 , тобто 2, 3, 5, 1, 4, 6.

Оскільки зі стовпцем 2 матриці B_1 пов'язаний рядок 2; зі стовпцем 3 - рядок 4; зі стовпцем 5 - рядки 5, 8; зі стовпцем 1 - рядки 1, 3; зі стовпцем 4 - ря-

док 7; зі стовпцем 6 – рядки 6, 9, порядок слідування рядків матриці B_2 визначається як 2, 4, 5, 8, 1, 3, 7, 6, 9.

Формування матриці A_2 з матриці A_1 починається з визначення порядку слідування стовпців матриці A_2 як порядку слідування рядків матриці B_2 , тобто як 2, 4, 5, 8, 1, 3, 7, 6, 9.

Оскільки зі стовпцем 2 матриці A_1 пов'язані рядки 2, 4; зі стовпцем 4 – рядки 7, 8; зі стовпцем 5 – рядок 6; зі стовпцем 8 – рядок 10; зі стовпцем 1 – рядки 1, 3; зі стовпцем 3 – рядок 5; зі стовпцем 7 – рядок 11; зі стовпцем 6 – рядок 9; зі стовпцем 9 – рядок 12, порядок слідування рядків матриці A_2 визначається як 2, 4, 7, 8, 6, 10, 1, 3, 5, 11, 9, 12.

Зазначимо, що в матрицях A_2, B_2, C_2 , що відповідають плоскому графу, послідовності одиниць створюють ламані лінії, які розпочинаються верхніми лівими елементами цих матриць і закінчуються їх нижніми правими елементами.

Зазначені лінії створюються елементами, координати попереднього з яких x_i, y_i і наступного x_{i+1}, y_{i+1} зв'язані співвідношеннями

$$y_{i+1} = y_i + 1,$$

$$x_{i+1} = x_i \text{ або } x_{i+1} = x_i + 1,$$

які можна розглядати як формальні умови подання матрицями A_2, B_2, C_2 плоского графа.

На рис. 71 наведений плоский граф розташування накопичувачів укрупнених поштових одиниць, який відповідає матрицям A_2, B_2, C_2 .

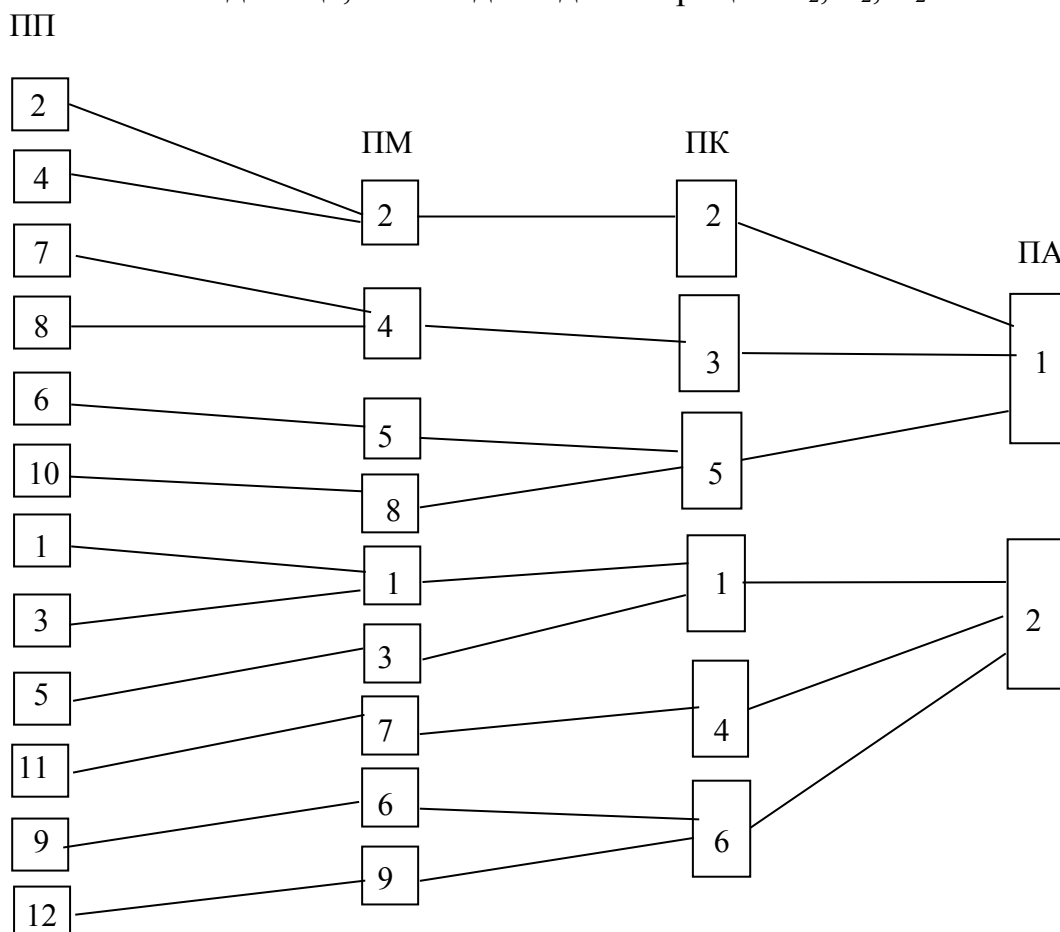


Рисунок 71 – Плоский граф розташування накопичувачів

З рис. 71 випливає, що операції транспортування і сортування укрупнених поштових одиниць при визначеному порядку зв'язків між накопичувачами зводяться до простого переставляння цих укрупнених поштових одиниць за найкоротшими шляхами. При цьому зазначені шляхи не перетинаються.

5.10. Організація виробничих процесів у регіональних вузлах поштового зв'язку

Виробничі процеси у регіональних вузлах поштового зв'язку характеризуються значною кількістю операцій оброблення поштових одиниць. Так, вихідне оброблення письмової кореспонденції, вийманої з поштових скриньок, включає:

- розкриття мішків з кореспонденцією;
- розбирання кореспонденції за габаритами;
- лицювання кореспонденції (підбирання під адресу);
- перевірку правильності оплати;
- штемпелювання кореспонденції;
- розбирання кореспонденції за видами та категоріями;
- загальне сортування кореспонденції;
- детальне сортування кореспонденції;
- формування постпакетів;
- сортування постпакетів;
- формування мішків з постпакетами;
- сортування мішків з постпакетами;
- складання супровідної документації;
- транспортування мішків з постпакетами до місць накопичування або відправлення.

За таких умов ефективність виробничих процесів поштового зв'язку суттєво залежить від їхньої організації.

Використовуються три способи організації виробничих процесів поштового зв'язку: *циклічний*, *поточний* і *конвеєрний*.

Циклічний спосіб організації виробничих процесів полягає в тому, що оброблювальна партія поштових одиниць (як правило, поштове навантаження вузла за одну годину) проходить усі операції, передбачені технологією оброблення поштових одиниць, після чого цикл повторюється для нової оброблювальної партії.

Можливі два варіанти організації циклічного оброблення поштових одиниць: *послідовний* і *послідовно-паралельний*.

При послідовному обробленні операції технології оброблення поштових одиниць O_1, O_2, \dots, O_m виконуються послідовно одна за одною, як правило, на одному універсальному робочому місці, завдяки чому зайвих витрат часу, пов'язаних з переходом від виконання однієї операції до виконання іншої, не

виникає, хоча при такому обробленні спостерігається низька ефективність використання обладнання робочого місця.

Послідовне виконання операцій оброблення поштових одиниць доцільно застосовувати у вузлах з малим поштовим навантаженням.

На рис. 72 наведені приклади часових діаграм виконання операцій оброблення поштових одиниць.

На рис. 72,а наведений приклад часової діаграми послідовного виконання операцій оброблення поштових одиниць.

Час виконання операцій O_1, O_2, O_3, O_4 прийнято: $T_1 = 8; T_2 = 4; T_3 = 8; T_4 = 2$.

Загальний час оброблення партії поштових одиниць складає

$$T_{\text{заг.посл.}} = \sum_{i=1}^m T_i .$$

У наведеному прикладі

$$T_{\text{заг.посл.}} = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 = 22.$$

При послідовно-паралельному обробленні операції технології оброблення поштових одиниць O_1, O_2, \dots, O_m виконуються з деяким зміщенням у часі кожної наступної операції відносно попередньої, як правило, на різних спеціалізованих робочих місцях, завдяки чому підвищується ефективність їхнього використання.

Величина часового зміщення визначається значенням величини так званої передавальної партії поштових одиниць. При зменшенні величини передавальної партії відповідно зменшується і величина часового зміщення, однак, збільшується кількість передач поштових одиниць між робочими місцями, а, отже, і витрати на їхнє оброблення.

Для зменшення додаткових витрат часу й праці сусідні робочі місця повинні бути розташовані близько одне від одного.

Практично, оптимальна величина передавальної партії встановлюється експериментально і складає, як правило, до 25% оброблювальної партії.

Послідовно-паралельне виконання операцій оброблення поштових одиниць доцільно застосовувати у вузлах з середнім поштовим навантаженням.

При організації послідовно-паралельного оброблення поштових одиниць слід враховувати, що на робочих місцях, де виконуються операції, що потребують меншого часу, виникають простої, які можуть бути зменшені як за рахунок суміщення роботи операторів робочих місць, так і за рахунок довантаження їх іншою роботою.

На рис. 72,б наведений приклад часової діаграми послідовно-паралельного виконання операцій оброблення поштових одиниць.

Час виконання операцій O_1, O_2, O_3, O_4 збігається з наведеним на рис. 72,а. Величина передавальної партії прийнята 25% оброблювальної партії, значення часу передавання передавальної партії $T_n = 0,5$.

Загальний час оброблення партії поштових одиниць складає

$$T_{\text{заг.посл.-пар.}} = \sum_{i=1}^{m-1} (T_{\text{опт}i} + T_{\text{пп}i}) + \frac{n-1}{n} T_{\text{макс}} + T_{\text{опт}m} ,$$

де $T_{\text{опп}i}$ – час, що витрачається на оброблення передавальної партії на i -му робочому місці;

$T_{\text{пп}i}$ – час, що витрачається на передачу передавальної партії з i -го робочого місця на $(i + 1)$ – е;

$T_{\text{макс}}$ – час, виконання операції, що має максимальну тривалість;

$T_{\text{опп}m}$ – час оброблення останньої передавальної партії на останньому робочому місці;

n – кількість передавальних партій, що оброблюються на одному робочому місці, яке дорівнює відношенню об'ємів оброблювальної і передавальної партій.

У наведеному прикладі

$$T_{\text{заг.посл.-пар.}} = (2 + 0,5) + (1 + 0,5) + (2 + 0,5) + 0,75 \cdot 8 + 0,5 = 13.$$

Слід зазначити, що послідовно-паралельне виконання операцій технології оброблення поштових одиниць не завжди доцільне. Так, суміщення виконання послідовних операцій сортування письмової кореспонденції, формування пост-пакетів і формування мішків при середньому навантаженні на вузол недоцільне, оскільки призведе до формування значного числа малих постпакетів і незаповнених мішків після оброблення кожної передавальної партії.

Поточний спосіб організації виробничих процесів полягає в тому, що оброблення поштових одиниць провадиться безперервно або за визначеним графіком. За рахунок створення додаткових робочих місць час виконання всіх операцій збігається, завдяки чому ліквідуються простої на робочих місцях.

Необхідна кількість робочих місць визначається як відношення часу виконання операції T_i до часу виконання операції $T_{\text{мін}}$, що має мінімальну тривалість. Для наведених на рис. 72,а та 72,б даних часу виконання операцій $T_1 = 8$; $T_2 = 4$; $T_3 = 8$; $T_4 = 2$ необхідна кількість робочих місць складе: на операції O_1 – 4, на операції O_2 – 2, на операції O_3 – 4, на операції O_4 – 1, завдяки чому час виконання будь-якої операції $T_i = 2$.

Поточний спосіб організації виробничих процесів доцільно застосовувати у вузлах з великим поштовим навантаженням як при ручному, так і при напівавтоматичному або автоматичному обробленні поштових одиниць.

На рис. 72,в наведений приклад часової діаграми поточного виконання операцій оброблення поштових одиниць відповідно до даних, наведених на рис. 72,а та 72,б.

Загальний час оброблення партій поштових одиниць складає

$$T_{\text{заг.пот}} = (n + m - 1)T_{\text{опп}} + (m - 1)T_{\text{ппп}},$$

де $T_{\text{опп}}$ – час, що витрачається на оброблення передавальної партії на одному робочому місці;

$T_{\text{ппп}}$ – час, що витрачається на передачу передавальної партії з одного робочого місця на інше;

n – кількість передавальних партій, що оброблюються на одному робочому місці за визначений проміжок часу.

У наведеному прикладі

$$T_{\text{заг.пот}} = (4 + 3) \cdot 0,5 + 3 \cdot 0,5 = 5.$$

Конвеєрний спосіб організації виробничих процесів застосовується в системах автоматизованого оброблення поштових одиниць у крупних вузлах і реалізується за допомогою автоматичних поштооброблювальних комплексів.

Конвеєрний спосіб подібний поточному, але в ньому немає паралельних робочих місць, а вирівнювання часу виконання операцій технології оброблення поштових одиниць досягається за рахунок їхньої реалізації на більших чи менших ділянках конвеєра при постійній швидкості його руху. Особливість конвеєрного способу полягає в тому, що передавальну партію складає одна поштова одиниця, а затримки в передачі з одних ділянок конвеєра на інші практично відсутні.

На рис. 72,г наведений приклад часової діаграми конвеєрного виконання операцій оброблення поштових одиниць відповідно до даних, наведених на рис. 72,а, 72,б та 72,в.

Загальний час оброблення партій поштових одиниць складає

$$T_{\text{заг.конв.}} = \frac{N_{\text{обр}}}{Q_{\text{конв}}} + T_{\text{конв}},$$

де $N_{\text{обр}}$ – кількість поштових одиниць в оброблюваній партії;

$Q_{\text{конв}}$ – продуктивність конвеєра (кількість поштових одиниць, оброблюваних за одиницю часу);

$T_{\text{конв.}}$ – час проходження поштовою одиницею всієї траси конвеєра.

У сучасних системах автоматизованого оброблення письмової кореспонденції продуктивність конвеєрної системи складає до 40 тис. листів за год., а час проходження траси конвеєра – до 1 хв.

Рисунок 72

Значні міжрегіональні поштові потоки, прагнення скоротити витрати часу на обмінювання пошти роблять доцільним перехід від обмінювання прямих поштових контейнерів до обмінювання прямих поштових автопричепів у транзитних вузлах мережі поштового зв'язку.

Обмінювання прямих автопричепів у транзитному вузлі потребує чіткого визначення порядку переформування великогабаритних автопоїздів, забезпечення виконання ряду вимог, серед яких:

- виключення можливості зіткнення автопоїздів під час маневрування;
- мінімальне маневрування автопоїздів територією двору транзитного вузла;
- маневрування автопоїздів лише в прямому напрямі руху;
- використання для маневрування лише власних поштових автомобілів автопоїздів.

Технологія швидкого обмінювання прямих автопричепів передбачає маневрування автопоїздів, кожний з яких включає автомобіль і два причепа, по трьох паралельних смугах, причому кожний з маневрів включає рух вперед з переходом з однієї смуги на іншу і рух назад по визначеній смузі з послідовним переформуванням автопоїздів.

Маневрування автопоїздів включає дві фази, в першій з яких виконуються переходи автопоїздів на чергові смуги, а в другій – заміна автомобілів, з якими надійшла пошта з зональних вузлів до Києва, автомобілями, в які задалегідь завантажена пошта, що направляється з Києва до регіональних вузлів.

У табл. 92 надано порядок маневрування автопоїздів по смугах Д (Дніпропетровськ), Л (Львів), М (Миколаїв). Кожний з автомобілів і автопричепів позначений комбінаціями з двох літер, перша з яких визначає регіональний вузол відправлення, а друга – регіональний вузол призначення. Пробілами позначено місця розчеплення автопоїздів. Поштові автомобілі позначені жирними літерами.

Таблиця 92 – Порядок маневрування автопоїздів

Склад автопоїздів					
Фаза 1			Фаза 2		
Початкова смуга	Початкове положення	Наступна смуга	Кінцеве положення	Початкове положення	Кінцеве положення
Д	МД МЛ МК	Л	МД ЛД ЛК	МД ЛД	МД ЛД КД
Л	ДЛ ДМ ДК	М	ДЛ МЛ МК	ДЛ МЛ	ДЛ МЛ КЛ
М	ЛМ ЛД ЛК	Д	ЛМ ДМ ДК	ЛМ ДМ	ЛМ ДМ КМ

Як впливає з табл. 92, порядок з'єднання частин автопоїздів при їхньому відправленні з регіональних вузлів до транзитного вузла МД МЛ **МК**, ДЛ ДМ **ДК**, ЛМ ЛД **ЛК** у результаті обмінювання прямих автопричепів і поштових автомобілів замінюється на порядок з'єднання цих частин при їх відправленні з транзитного вузла до регіональних вузлів МД ЛД **КД**, ДЛ МЛ **КЛ**, ЛМ ДМ **КМ**.

Для забезпечення безпечного маневрування автопоїздів по смугах воно виконується по черзі за сигналами світлофорів і дороговказів, на яких висвічуються назви або номери чергових смуг, на які повинні переходити автопоїзди.

5.11. Організація сортування періодичних видань у газетно-журнальних експедиціях

Метою сортування періодичних видань у газетно-журнальних експедиціях (ГЖЕ) є формування з цих видань так званих єдиних посилок (ЄП), кожне з яких містить усі періодичні видання, що направляються до кожного з газетно-журнальних вузлів.

Задача сортування полягає в наступному.

ГЖЕ отримує від друкарень одним або кількома надходженнями тиражі m періодичних видань.

Задані матриця $\|v_{ij}\|$ ($i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n$) розподілу тиражів зазначених m періодичних видань між n газетно-журнальними вузлами, графіки надходження періодичних видань до ГЖЕ та графіки відправлення ЄП до газетно-журнальних вузлів.

Необхідно мінімізувати час сортування періодичних видань у ГЖЕ.

Оскільки основним видом сортування періодичних видань у ГЖЕ є сортування газет, надалі розглядаються питання лише їх сортування, хоча багато з цих питань мають безпосереднє відношення і до сортування журналів.

На рис. 73 наведено загальний вид матриці „Газети – Вузли”

$\|v_{ij}\|$ ($i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n$), елемент (v_{ij}) якої визначає кількість примірників газети Γ_i , що направляється до вузла B_j .

	B_1	...	B_j	...	B_n
Γ_1	V_{11}		V_{1j}		V_{1n}
...					
Γ_i	V_{i1}		V_{ij}		V_{in}
...					
Γ_m	V_{m1}		V_{mj}		V_{mn}

Рисунок 73 – Загальний вид матриці „Газети – Вузли”

Сума усіх елементів рядка i ($i = 1, 2, \dots, m$) матриці $\|v_{ij}\|$ дорівнює тиражу $V(\Gamma_i)$ газети Γ_i , що надходить до ГЖЕ

$$\sum_{j=1}^n v_{ij} = V(\Gamma_i).$$

Сума усіх елементів стовпця j ($j = 1, 2, \dots, n$) матриці $\|v_{ij}\|$ дорівнює сумарній кількості примірників $V(B_j)$ усіх газет, що направляються ЄП до вузла B_j

$$\sum_{i=1}^m v_{ij} = V(B_j).$$

Сума усіх елементів матриці $\|v_{ij}\|$ дорівнює сумарному тиражу V_Σ усіх газет, що надходять до ГЖЕ, або сумарній кількості примірників усіх газет, що направляються ЄП до всіх газетно-журнальних вузлів

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n v_{ij} = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m v_{ij} = V_\Sigma.$$

Можливі два методи формування ЄП у ГЖЕ, ілюстрацію яких наведено на рис. 74.

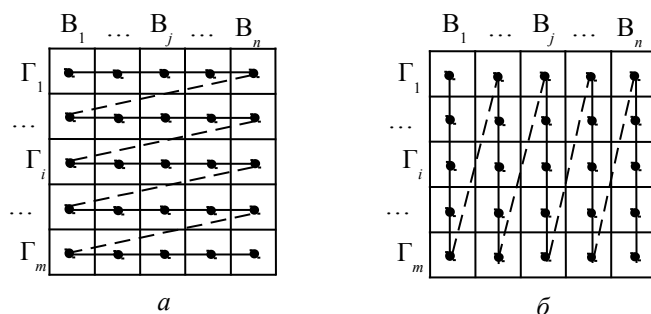


Рисунок 74 – Методи формування ЄП у ГЖЕ

Згідно з рис. 74,*а* (метод *А*) обхід елементів матриці $\|v_{ij}\|$ здійснюється по рядках зліва-направо і зверху-вниз.

За наявності одного робочого місця з сортування газет послідовність формування ЄП до вузлів B_1, B_2, \dots, B_n безпосередньо збігається з зазначеною на рис. 74,*а*.

За наявності m робочих місць з сортування газет за кожним робочим місцем закріплюється газета одного найменування, а формування ЄП до вузлів B_1, B_2, \dots, B_n здійснюється одночасно по усім рядкам матриці $\|v_{ij}\|$.

Згідно з рис. 74,*б* (метод *Б*) обхід елементів матриці $\|v_{ij}\|$ здійснюється по стовпцях зверху-вниз і зліва-направо.

За наявності одного робочого місця з сортування газет послідовність формування ЄП до вузлів B_1, B_2, \dots, B_n безпосередньо збігається з зазначеною на рис. 74,*б*.

За наявності n робочих місць з сортування газет за кожним робочим місцем закріплюється один вузол, а формування ЄП до вузлів B_1, B_2, \dots, B_n здійснюється одночасно по усім стовпцям матриці $\|v_{ij}\|$.

Кожний з методів формування ЄП може бути реалізований з використанням нерухомих робочих місць і з використанням рухомих робочих місць.

На рис. 75 наведено ілюстрацію формування ЄП за методами A і B при використанні нерухомих робочих місць.

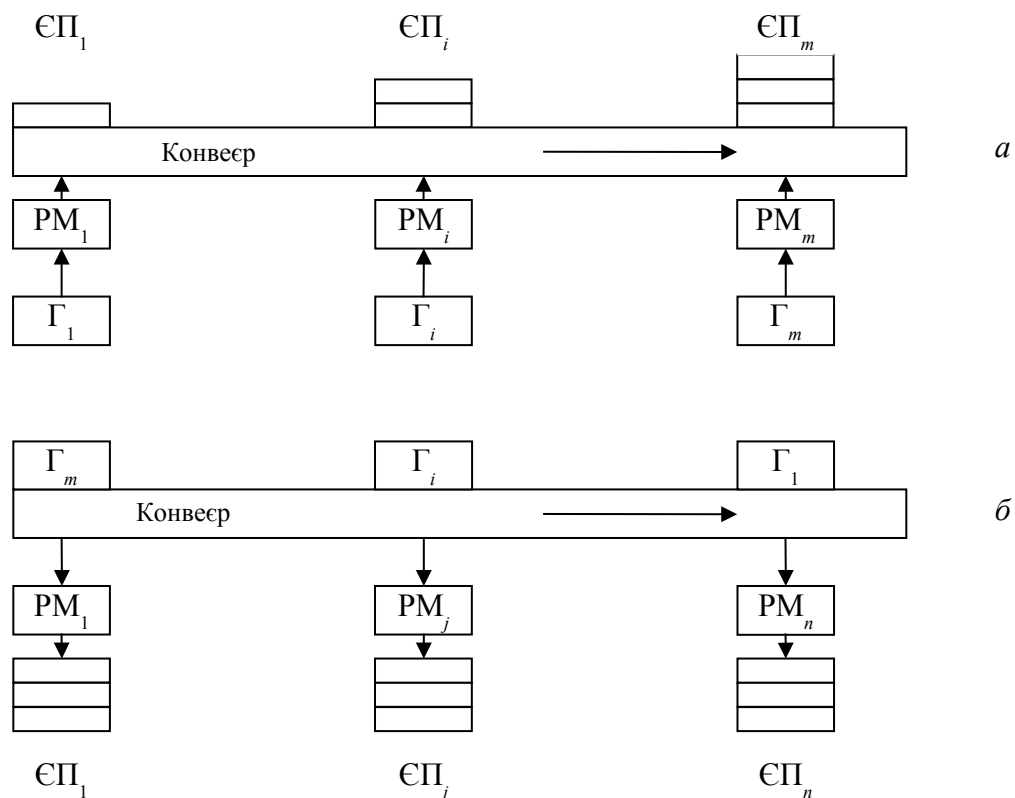


Рисунок 75 – Ілюстрація формування ЄП за методами A і B при використанні нерухомих робочих місць

У варіанті рис. 75, a (формування ЄП за методом A) робочі місця PM_1, PM_2, \dots, PM_m закріплені за газетами $\Gamma_1, \Gamma_2, \dots, \Gamma_m$, які заздалегідь завозяться на відповідні робочі місця; на кожному робочому місці PM_i ($i = 1, 2, \dots, m$) до раніше сформованих частин ЄП до вузлів B_1, B_2, \dots, B_n у складі газет $\Gamma_1, \Gamma_2, \dots, \Gamma_{i-1}$ додається газета Γ_i .

По конвеєру в стартстопному режимі переміщуються раніше сформовані частини ЄП до вузлів B_1, B_2, \dots, B_n . На робочих місцях PM_1, PM_2, \dots, PM_m сортувальники одночасно відраховують від газет, розташованих на їхніх робочих місцях, кількість газет, призначену для вузлів, частини ЄП до яких розташовані перед ними на конвеєрі, і додають ці газети до зазначених частин ЄП. Після цього конвеєр переміщує розташовані на ньому частини ЄП до наступних робочих місць.

У варіанті рис. 75,б (формування ЄП за методом Б) робочі місця PM_1, PM_2, \dots, PM_n закріплені за вузлами B_1, B_2, \dots, B_n ; на кожному робочому місці PM_j ($j = 1, 2, \dots, n$) формується ЄП до відповідного вузла B_j .

По конвеєру в стартстопному режимі переміщуються газети $\Gamma_1, \Gamma_2, \dots, \Gamma_m$. На робочих місцях PM_1, PM_2, \dots, PM_n сортувальники одночасно відраховують від газет, розташованих перед ними на конвеєрі, необхідну кількість газет, призначену для закріплених за робочими місцями вузлів, і додають ці газети до формованих на робочих місцях ЄП. Після цього конвеєр переміщує розташовані на ньому газети до наступних робочих місць.

При використанні стартстопних конвеєрів для переміщення газет в процесі формування ЄП слід враховувати, що одночасне формування ЄП з газет різних найменувань, до різних вузлів, на різних робочих місцях потребує його синхронізації з тактом роботи конвеєра. При цьому такт роботи конвеєра складається з двох частин: першої, що використовується власне для сортування газет на робочих місцях, і другої, що використовується для переміщення газет між робочими місцями.

На рис. 76 наведено приклад часових діаграм конвеєрного сортування газет 6 найменувань до 8 вузлів (а – за методом А, б – за методом Б).

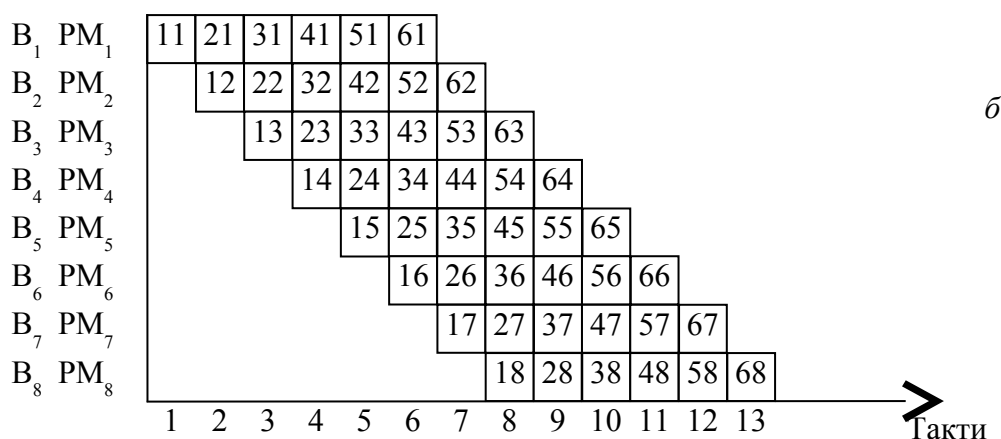
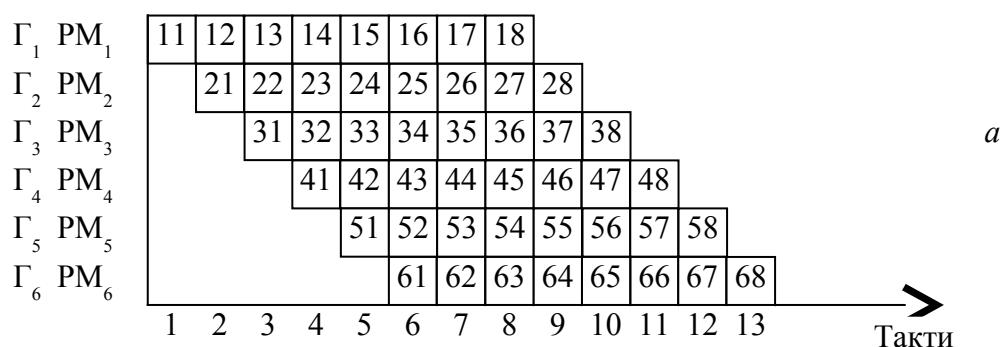


Рисунок 76 – Часові діаграми конвеєрного сортування газет

У клітинках часових діаграм зазначені індекси ij елементів (v_{ij}) матриці $\|v_{ij}\|$. Операції з сортування газет, зазначені на одній вертикалі, виконуються одночасно.

Наприклад, у такті 8 діаграми рис. 76,а одночасно виконуються операції з формування ЄП: Γ_1 до B_8 , Γ_2 до B_7 , Γ_3 до B_6 , Γ_4 до B_5 , Γ_5 до B_4 , Γ_6 до B_3 ; у такті 10 діаграми рис. 77,б одночасно виконуються операції з формування ЄП: Γ_6 до B_5 , Γ_5 до B_6 , Γ_4 до B_7 , Γ_3 до B_8 .

Зауважимо, що в одному і тому ж такті за методом А і за методом В формуються одні і ті ж ЄП.

Як впливає з рис. 76, для розглядуваного прикладу сортування газет 6 найменувань до 8 вузлів, сумарний час сортування газет за обома методами збігається і складає 13 тактів, а час готовності сформованих ЄП до відправлення за обома методами також збігається і розпочинається після виконання 6 тактів сортування.

З узагальнення часових діаграм рис. 76 на сортування газет m найменувань до n вузлів впливає:

- сумарний час сортування газет за обома методами збігається і складає $m + n - 1$ тактів;
- час готовності сформованих ЄП до відправлення за обома методами збігається і розпочинається після виконання m тактів сортування.

На рис. 77 наведено ілюстрацію формування ЄП за методами А і В при використанні рухомих робочих місць.

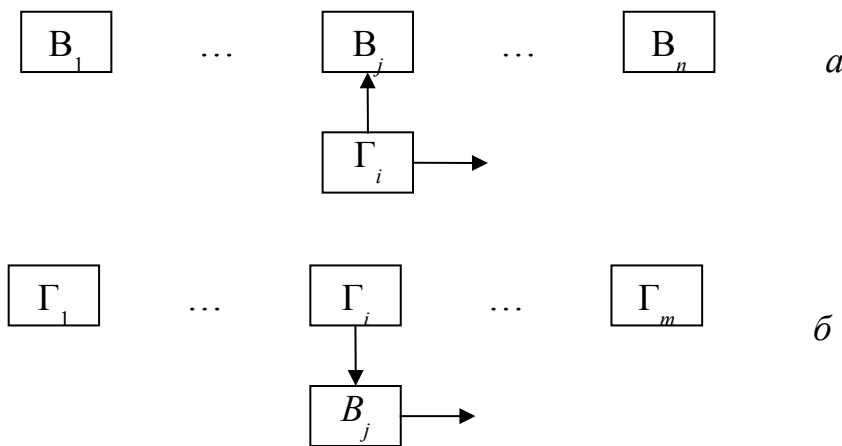


Рисунок 77 – Ілюстрація формування ЄП за методами А і В при використанні рухомих робочих місць

У варіанті рис. 77,а (формування ЄП за методом А) рухоме робоче місце PM_i , на якому знаходиться газета Γ_i , переміщується в стартстопному режимі вздовж накопичувачів ЄП до вузлів B_1, B_2, \dots, B_n .

Сортувальник робочого місця PM_i біля кожного з зазначених накопичувачів B_j відраховує необхідну для формування ЄП до вузла B_j кількість примірників

ків газети Γ_i і додає її до раніше сформованої частини ЄП до вузла V_j . Формування ЄП закінчується після занесення в усі накопичувачі примірників газети Γ_m .

У варіанті рис. 77,б (формування ЄП за методом *Б*) рухоме робоче місце PM_j , на якому формується ЄП до вузла V_j , переміщується в стартстопному режимі вздовж накопичувачів газет $\Gamma_1, \Gamma_2, \dots, \Gamma_m$.

Сортувальник робочого місця PM_j біля кожного з зазначених накопичувачів Γ_i відраховує необхідну для формування ЄП до вузла V_j кількість примірників газети Γ_i і додає її до раніше сформованої частини ЄП до вузла V_j . Формування ЄП до вузла V_j закінчується після проходження рухомим робочим місцем накопичувача газети Γ_m .

Сортування за методами *А* і *Б* має як свої переваги, так і свої недоліки.

Основною перевагою сортування газет з нерухомими робочими місцями є використання стартстопного конвеєра як єдиного засобу для транспортування газет між робочими місцями і пов'язана з цим відносна простота технічної реалізації упровадження автоматизованих систем сортування газет з програмним управлінням, в яких операції з відрахування кількостей газет, призначених для формування ЄП на кожному робочому місці, виконуються автоматично.

Недоліками сортування газет з нерухомими робочими місцями є низька ефективність використання робочих місць, обумовлена тим, що, внаслідок нерівномірного навантаження робочих місць, такт роботи конвеєра визначається сортувальником робочого місця з максимальним навантаженням, а на решті робочих місць спостерігаються простой. Існуюча практика вирівнювання навантаження робочих місць шляхом закріплення за одним робочим місцем газет двох чи декількох найменувань, або закріплення за одним робочим місцем двох чи декількох вузлів хоча й призводить до скорочення кількості робочих місць, але потребує їхнього відповідного розширення й ускладнює роботу сортувальників.

Основною перевагою сортування газет з рухомими робочими місцями є висока ефективність використання робочих місць, обумовлена тим, що такт ручного або механізованого переміщення робочого місця задає сам сортувальник у залежності від кількості примірників газети Γ_i , необхідної для формування ЄП до вузла V_j . Завдяки цьому за наявності одного рухомого робочого місця його простої повністю виключаються, а за наявності декількох рухомих робочих місць можуть спостерігатися простой, обумовлені тим, що наступні робочі місця за рахунок менших кількостей примірників газет в ЄП до наступних вузлів, наздоганяють попередні рухомі робочі місця.

Недоліками сортування газет з рухомими робочими місцями є складність його автоматизації, обумовлена автономним переміщенням робочих місць.

Важливою перевагою сортування за методами *А* і *Б* з рухомими робочими місцями, а також сортування газет за методом *Б* з нерухомими робочими місцями є можливість формування ЄП до газетно-журнальних вузлів безпосередньо в контейнерах, що направляються до зазначених вузлів, завдяки чому виключається присутня при сортуванні газет за методом *А* з нерухомими робочими місцями операція з перевантаження сформованих на конвеєрі ЄП у контейнери.

Узагальнюючи можливості різних методів сортування газет у ГЖЕ можна зробити наступні висновки:

- сортування за методами A і B з нерухомими робочими місцями доцільне за умов великих тиражів газет;
- сортування за методами A і B з рухомими робочими місцями доцільне за умов малих тиражів газет;
- існуюча тенденція зростання кількості найменувань газет малих тиражів обумовлює доцільність комбінованого сортування газет у ГЖЕ, згідно з яким сортування газет, тиражі яких залишаються великими, здійснюється з використанням нерухомих робочих місць, а сортування газет, тиражі яких малі, – з використанням рухомих робочих місць; при цьому частини ЄП, сформовані з використанням нерухомих і рухомих робочих місць, об'єднуються при формуванні контейнерів, що направляються до газетно-журнальних вузлів.

5.12. Оптимізація розподілу навантаження між операційними вікнами відділень поштового зв'язку

Рівень якості надання населенню послуг поштового зв'язку багато в чому залежить від організації роботи операційних вікон у відділеннях поштового зв'язку.

Нерівномірність поштового навантаження за годинами, днями, сезонами; невірний розподіл послуг, що надаються, по операційних вікнах; різна кваліфікація операторів нерідко призводять до створення черг до одних операційних вікон при їхній відсутності в інших.

За принципами надання послуг операційні вікна можуть бути поділені на *універсальні, спеціалізовані та комбіновані*.

В універсальних вікнах надаються послуги усіх видів. Перевагою універсальних вікон є забезпечення мінімального часу очікування надання послуг, практично рівномірне навантаження на всі вікна, недоліком – значне ускладнення обладнання робочих місць операторів (вагами, сургучницями, витяжною вентиляцією, засобами малої механізації).

У спеціалізованих вікнах надаються послуги лише одного виду. Перевагою спеціалізованих вікон є досягнення більш високої продуктивності праці операторів за рахунок зниження витрат часу при переході від надання однієї послуги до іншої, мінімальні витрати на обладнання робочих місць, недоліком – нерівномірність навантаження по операційних вікнах.

У комбінованих вікнах надаються послуги кількох видів. Комбіновані вікна являють собою компроміс між універсальними та спеціалізованими вікнами. За рахунок правильного підбору видів послуг, що надаються в таких вікнах, можна водночас досягти і вирівнювання завантаження операторів, і близьких до мінімальних витрат на обладнання їхніх робочих місць.

Оптимізація розподілу послуг, що надаються в комбінованих вікнах, полягає в наступному.

Нехай P_1, P_2, \dots, P_m – види послуг, що надаються у відділенні зв'язку;

T_1, T_2, \dots, T_m – середні витрати часу на виконання кожної з відповідних послуг;

N_1, N_2, \dots, N_m – середні кількості відповідних послуг, що надаються за визначений проміжок часу (робочий день, година найбільшого завантаження тощо).

За таких умов загальні витрати часу на обслуговування населення у відділенні поштового зв'язку складають

$$T_{\Sigma} = N_1T_1 + N_2T_2 + \dots + N_mT_m.$$

За наявності n операційних вікон на кожне з них повинно припадати в середньому T_{Σ} / n цього часу.

Розподіляємо завантаження N_iT_i по операційних вікнах за принципом: чергове значення N_iT_i закріплюється за тим вікном, де сумарне навантаження менше.

Розглянемо приклад розподілу 10 видів послуг по 3 операційних вікнах. Вихідні дані наведені в табл. 93.

Таблиця 93 – Вихідні дані розподілу 10 видів послуг по 3 операційних вікнах

Показники	Послуги									
	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6	P_7	P_8	P_9	P_{10}
T_i	5	5	7	9	11	3	4	6	6	7
N_i	12	6	2	10	3	12	7	7	9	2
N_iT_i	60	30	14	90	33	36	28	42	54	14

Перепишемо значення N_iT_i в порядку їхнього зменшення: $N_4T_4 = 90$, $N_1T_1 = 60$, $N_9T_9 = 54$, $N_8T_8 = 42$, $N_6T_6 = 36$, $N_5T_5 = 33$, $N_2T_2 = 30$, $N_7T_7 = 28$, $N_3T_3 = 14$, $N_{10}T_{10} = 14$.

Послідовність кроків по розподілу послуг наведено в табл. 94.

Таблиця 94 – Послідовність кроків по розподілу послуг

Крок	Чергове значення N_iT_i	Види послуг і завантаження операційних вікон					
		Вікно 1		Вікно 2		Вікно 3	
		Послуга	Завантаження	Послуга	Завантаження	Послуга	Завантаження
1	90	P_4	90				
2	60			P_1	60		
3	54					P_9	54
4	42					P_8	96
5	36			P_6	96		
6	33	P_5	123				
7	30			P_2	126		
8	28					P_7	124
9	14	P_3	137				
10	14					P_{10}	138

Таким чином, в операційному вікні 1 надаються послуги P_3, P_4, P_5 загальним навантаженням 137, в операційному вікні 2 – послуги P_1, P_2, P_6 за-

льним навантаженням 126, в операційному вікні 3 – послуги P_7, P_8, P_9, P_{10} загальним навантаженням 138.

При розподілі послуг по операційних вікнах деякі з них доцільно закріплювати за одними вікнами, незалежно від значень $N_i T_i$ (наприклад, прийняття та видавання посилок), а деякі – за різними вікнами (наприклад, видавання письмової кореспонденції “до запитання” та приймання комунальних платежів).

Зазначені додаткові вимоги враховуються в процесі розподілу послуг по операційних вікнах. Так, якщо в наведеному прикладі послуги P_6 і P_8 повинні надаватися в одному вікні, а послуги P_1 і P_9 – в різних вікнах, послідовність кроків по розподілу послуг буде мати вид, наведений у табл. 95.

Таблиця 95 – Послідовність кроків по розподілу послуг

Крок	Чергове значення $N_i T_i$	Види послуг і завантаження операційних вікон					
		Вікно 1		Вікно 2		Вікно 3	
		Послуга	Завантаження	Послуга	Завантаження	Послуга	Завантаження
1	36	P_6	36				
2	42	P_8	78				
3	90			P_4	90		
4	60					P_1	60
5	54	P_9	132				
6	33					P_5	93
7	30			P_2	120		
8	28					P_7	121
9	14			P_3	134		
10	14					P_{10}	135

При складанні табл. 95 на кроках 1 і 2 послуги P_6 і P_8 закріплюються за операційним вікном 1. На кроці 5 найменше завантаження має операційне вікно 3, однак послуга P_9 закріплюється за операційним вікном 1, оскільки вона не повинна надаватися разом з послугою P_1 , закріпленою на кроці 4 за операційним вікном 3.

Таким чином, в операційному вікні 1 надаються послуги P_6, P_8, P_9 загальним навантаженням 132, в операційному вікні 2 – послуги P_2, P_3, P_4 загальним навантаженням 134, в операційному вікні 3 – послуги P_1, P_5, P_7, P_{10} загальним навантаженням 135.

Якщо деякі з послуг доцільно надавати водночас у кількох операційних вікнах (наприклад, продаж конвертів, карток, марок), ці послуги, аналогічно послугам P_6 і P_8 у попередньому прикладі, також закріплюються за відповідними операційними вікнами.

Так, якщо додатково до вимог попереднього прикладу, послугу P_4 доцільно надавати водночас у трьох, а послугу P_2 – у двох операційних вікнах, послідовність кроків по розподілу послуг набуде виду, наведеного у табл. 96.

При складанні табл. 96 послуги P_6 і P_8 закріплюються за операційним вікном 1; послуга P_4 – за операційними вікнами 1, 2, 3; послуга P_2 – за операційни-

ми вікнами 2, 3; послуги P_1 і P_9 – за операційними вікнами 2, 3. Інші послуги розподіляються між операційними вікнами в раніше установленому порядку.

Таким чином, в операційному вікні 1 надаються послуги $P_3, P_4, P_6, P_8, P_{10}$ загальним навантаженням 136; в операційному вікні 2 – послуги P_1, P_2, P_4, P_7 загальним навантаженням 133; в операційному вікні 3 – послуги P_2, P_4, P_5, P_9 загальним навантаженням 132.

Таблиця 96 – Послідовність кроків по розподілу послуг

Крок	Чергове значення $N_i T_i$	Види послуг і завантаження операційних вікон					
		Вікно 1		Вікно 2		Вікно 3	
		Послуга	Завантаження	Послуга	Завантаження	Послуга	Завантаження
1	36	P_6	36				
2	42	P_8	78				
3	30	P_4					
4	30			P_4	30		
5	30					P_4	30
6	15			P_2	15		
7	15					P_2	15
8	60			P_1	105		
9	54					P_9	99
10	33					P_5	132
11	28			P_7	133		
12	14	P_3	122				
13	14	P_{10}	136				

5.13. Створення передумов впровадження засобів автоматизованого оброблення пошти в регіональних вузлах мережі поштового зв'язку

Системи автоматизованого оброблення пошти, перш за все письмової кореспонденції, являють собою коштовні комплекси і машини з високою вартістю технічного обслуговування, діагностики і ремонту.

Основними передумовами впровадження таких систем є:

- концентрація поштових потоків у регіональних вузлах;
- виділення інтервалів часу, достатніх для оброблення пошти в регіональних вузлах;
- економічна ефективність.

Концентрація поштових потоків у регіональних вузлах необхідна для забезпечення ефективного функціонування систем автоматизованого оброблення пошти.

Так, технічна продуктивність сучасних листосортувальних машин (ЛСМ) складає 30 000 листів за год.

Досвід європейських країн і досвід колишнього СРСР свідчить, що ЛСМ виправдовує себе лише за умови корисної роботи не менш 16 годин за добу, тобто, за умови надходження в регіональний вузол на сортування не менш 480 тис. листів за добу. Зазначимо, що в 1991 р. обсяги письмової кореспонденції в СРСР склали 15 млрд. листів за рік, з яких не менше 3,5 млрд. припадало на долю України.

Обсяги письмової кореспонденції в Україні сьогодні складають близько 360 млн. листів за рік (близько 1 млн. листів за добу), тобто зменшилися порівняно з обсягами останнього року існування СРСР в 10 разів.

Хоча теоретично на автоматизоване оброблення в регіональних вузлах можуть бути спрямовані потоки письмової кореспонденції від усіх об'єктів поштового зв'язку, що їм підпорядковані, однак з урахуванням установлених Адміністрацією зв'язку України нормативних строків пересилання місцевої кореспонденції $D + 1$ і кореспонденції, що пересилається між населеними пунктами однієї області, $D + 2$, зазначена кореспонденція вилучається в окружних вузлах і на автоматизоване оброблення в регіональних вузлах не потрапляє.

Обсяги потоків письмової кореспонденції, що потенційно можуть надійти на оброблення до РВ, залежать від прийнятої технології оброблення письмової кореспонденції в ОВ.

Існуючі нормативи чисельності загальновиробничого персоналу не передбачають залежності трудових витрат на сортування письмової кореспонденції від кількості напрямів її сортування, хоча об'єктивно зазначена залежність існує, тому в ОВ можливі різні варіанти сортування письмової кореспонденції при рівних трудових витратах на їх виконання.

На рис. 78 наведено три варіанти схем можливого розподілу потоків письмової кореспонденції між об'єктами поштового зв'язку.

Цифрами на рис. 78 позначено:

- 1 – повний потік несортованої вихідної письмової кореспонденції ВЗ ОВ (ВЗ, закріплених за ОВ);
- 2 – потік сортованої вхідної місцевої та обласної письмової кореспонденції ВЗ ОВ;
- 3 – потік сортованої вхідної іногородньої письмової кореспонденції ВЗ ОВ;
- 4.1 – повний потік несортованої письмової кореспонденції ОВ – РВ до всіх ОВ і РВ;
- 4.2 – потік несортованої письмової кореспонденції ОВ – РВ до всіх ОВ;
- 4.3 – потік сортованої письмової кореспонденції ОВ – РВ до всіх РВ;
- 4.4 – потік сортованої письмової кореспонденції ОВ – РВ до всіх ОВ;
- 4.5 – потік сортованої письмової кореспонденції ОВ – РВ до всіх РВ;
- 5 – повний потік сортованої письмової кореспонденції РВ – ОВ до всіх ОВ;
- 6 – повний потік несортованої вихідної письмової кореспонденції ВЗ РВ (ВЗ, закріплених за РВ);
- 7 – потік сортованої вхідної місцевої письмової кореспонденції ВЗ РВ;
- 8 – потік сортованої вхідної іногородньої письмової кореспонденції ВЗ РВ.

Рисунок 78

Для кількісної оцінки обсягів письмової кореспонденції, що потенційно можуть надійти на оброблення до РВ, при визначенні орієнтовного розподілу потоків письмової кореспонденції між об'єктами мережі поштового зв'язку МПЗ-3 прийняті їх наступні орієнтовні співвідношення:

– розподіл сумарних вихідних і сумарних вхідних потоків письмової кореспонденції між усіма ВЗ ОВ й усіма ВЗ РВ:

- між ВЗ ОВ і ОВ – 75%,
- між ВЗ РВ і РВ – 25%

загального потоку письмової кореспонденції України;

– розподіл сумарних вихідних і сумарних вхідних потоків письмової кореспонденції ВЗ ОВ:

- між усіма ВЗ ОВ, закріпленими за одним ОВ (місцевий) – 15%,
- між усіма ВЗ ОВ, закріпленими за усіма ОВ одного округу (окружний) – 15%,
- між усіма ВЗ ОВ і усіма ОВ – 30%,
- між усіма ВЗ ОВ і усіма РВ – 15%

загального потоку письмової кореспонденції України;

– розподіл сумарних вихідних і сумарних вхідних потоків письмової кореспонденції ВЗ РВ:

- між усіма ВЗ ОВ, закріпленими за одним РВ (місцевий) – 10%;
- між усіма ВЗ РВ і усіма ОВ (іногородній) – 15%

загального потоку письмової кореспонденції України.

У табл. 97 надано значення розподілу потоків письмової кореспонденції між об'єктами поштового зв'язку МПЗ-3 (рис. 25) і кількість сортувань письмової кореспонденції за напрямками сортування.

Таблиця 97 – Значення розподілу потоків письмової кореспонденції між об'єктами поштового зв'язку

Напрями сортування письмової кореспонденції	Значення частки потоку від загального потоку письмової кореспонденції України	Кількість сортувань письмової кореспонденції за напрямками сортування
1	0,75	0
2	0,30	2
3	0,45	1
4.1	0,45	1
4.2	0,30	1
4.3	0,15	1
4.4	0,30	1
4.5	0,15	1
5	0,45	1 (напрями 4.1, 4.2, 6)
6	0,25	0
7	0,10	2
8	0,15	1 (напрями 4.3, 4.5) 2 (напрям 4.1)

Як впливає з табл. 97, загальні обсяги письмової кореспонденції, що потенційно можуть надійти на оброблення у РВ, складають:

- за варіантом *a* (потоки 4.1, 6, 7, 8) – 95%;
- за варіантом *б* (потоки 4.2, 6, 7, 8) – 80%;
- за варіантом *в* (потоки 6, 7, 8) – 50%.

Реально, з урахуванням наявності реєстрованої письмової кореспонденції та письмової кореспонденції, що за своїми масогабаритними показниками не підлягає автоматизованому обробленню, на автоматизоване оброблення зможе надійти в середньому на 20% менше визначених обсягів.

Середня кількість сортувань S_{cp} за варіантами *a*, *б*, *в* схем розподілу потоків письмової кореспонденції може бути розрахована як $S_{cp} = \sum_{i=1}^8 p_i k_i$, де p_i – значення відповідних потоків письмової кореспонденції, k_i – значення відповідної кількості сортувань письмової кореспонденції за напрямками p_i (рис. 78, табл. 97).

У табл. 98 наведено значення обсягів потоків письмової кореспонденції, що потенційно і реально можуть надійти на автоматизоване сортування, та значення середньої кількості сортувань одного листа за варіантами *a*, *б*, *в* схем розподілу потоків письмової кореспонденції (рис. 78, табл. 97).

Таблиця 98 – Значення обсягів потоків письмової кореспонденції

Техніко-економічні показники сортування	Варіанти схем розподілу потоків письмової кореспонденції		
	<i>a</i>	<i>б</i>	<i>в</i>
Частки обсягів письмової кореспонденції, що потенційно можуть надійти на автоматизоване сортування	0,95	0,80	0,50
Частки обсягів письмової кореспонденції, що реально можуть надійти на автоматизоване сортування	0,76	0,64	0,40
Середня кількість сортувань одного листа, од.	2,45	2,30	2,00

Як впливає з табл. 98, більшим часткам потоків письмової кореспонденції, що можуть надійти на автоматизоване оброблення, відповідають більші значення середньої кількості сортувань письмової кореспонденції, а, отже, і більші загальні витрати на оброблення письмової кореспонденції та навпаки.

Враховуючи, що витрати на заробітну плату обслуговуючого персоналу (крім змінного), утримання приміщень, електроенергію, опалення, освітлення, запасні частини і матеріали і т.ін. практично не залежать від кількості годин корисної роботи машини, стає зрозумілим, чому всі ЛСМ, установлені в обласних центрах України до 1991 року, раніше чи пізніше опинилися на смітниках металобрухту.

Таким чином, можна стверджувати, що сьогодні в Україні не існує обсягів письмової кореспонденції, достатніх для ефективного використання ЛСМ.

Втім, прогноз на майбутнє досить оптимістичний. Це пов'язане з тим, що рівень споживання послуг поштового зв'язку в Україні занадто низький.

Так, кількість листів, що припадає на одного мешканця за рік за даними ВПС (2003 р.) складала: в США – 660,0, у Німеччині – 256,1, у Польщі – 55,1, у Росії – 7,9, в Україні – 6,7.

Зі зростанням добробуту населення, розвитком малого і середнього підприємництва можна сподіватися на зростання зазначеної кількості листів в Україні хоча б до рівня Польщі, тобто у 8 разів, що виявиться достатнім для ефективної роботи приблизно 12 ЛСМ.

Виділення інтервалів часу, достатніх для оброблення пошти в регіональних вузлах являє собою передумову впровадження систем автоматизованого оброблення пошти, тісно пов'язану з концентрацією поштових потоків у регіональних вузлах.

Як вже зазначалось, ефективність застосування ЛСМ вимагає їх корисної роботи протягом не менше 16 годин за добу.

Для максимізації інтервалів часу, що можуть бути виділені для попереднього ручного оброблення письмової кореспонденції в ОВ, тобто для мінімізації кількості робочих місць в ОВ, скорочення затримки пересилання письмової кореспонденції, обумовленої її автоматизованим обробленням, та для економії експлуатаційних витрат корисна робота ЛСМ має бути безупинною.

Безупинну роботу ЛСМ може бути забезпечено за рахунок попереднього накопичування в РВ письмової кореспонденції, що надходить на автоматизоване оброблення з поштовими маршрутами ОВ – РВ, тобто, за рахунок більш раннього відправлення цих маршрутів з ОВ.

Проте, як саме попереднє накопичування письмової кореспонденції в РВ, так і раннє відправлення поштових маршрутів ОВ – РВ, призводять до зростання витрат на оброблення письмової кореспонденції.

Перше обумовлене тим, що попереднє накопичування письмової кореспонденції в РВ потребує збільшення кількості накопичувачів попереднього накопичування або збільшення їхньої ємності, а друге – тим, що раннє відправлення маршрутів ОВ – РВ призводить до скорочення інтервалу часу, що може бути виділений для попереднього оброблення письмової кореспонденції в ОВ, зокрема, для вилучення місцевої й окружної кореспонденції, внаслідок чого виникає потреба в збільшенні кількості робочих місць з попереднього оброблення письмової кореспонденції в ОВ.

Виходячи з цього безупинну роботу ЛСМ необхідно забезпечити за рахунок визначення найбільш пізнього часу відправлення маршрутів ОВ – РВ, за якого одночасно досягаються безупинна робота ЛСМ, мінімізація ємності накопичувачів попереднього накопичування письмової кореспонденції в РВ та максимізація інтервалу часу, що виділяється для попереднього оброблення письмової кореспонденції в ОВ.

Нижче наведений приклад визначення оптимального часу відправлення маршрутів ОВ – РВ, за якого забезпечується виконання зазначених вимог.

Основні вихідні дані та результати розрахунків наведено у табл. 99.

Таблиця 99 – Приклад визначення оптимального часу відправлення маршрутів ОВ – РВ

Ном ер ОВ	Час пере- везення пошти марш- рутами ОВ – РВ, год.	Значення обсягів пи- сьмової кореспон- денції, що надходять з ОВ до РВ, тис. од.	Розклади руху транспорту на маршрутах ОВ – РВ, год.				Додаткові затримки від- правлен- ня транс- порту на марш- рутах ОВ – РВ, год.
			Неоптимізовані		Оптимізовані		
			від- правле- ння	прибут- тя	від- правле- ння	прибут- тя	
1	3,0	30	21.00	00.00	22.00	01.00	1,0
2	4,0	40	21.00	01.00	22.30	02.30	1,5
3	5,0	40	21.00	02.00	23.30	04.30	2,5
4	6,0	30	21.00	03.00	23.30	06.30	2,5
5	8,0	20	21.00	05.00	00.00	08.00	3,0
6	9,0	30	21.00	06.00	00.00	09.00	3,0
7	11,0	20	21.00	08.00	23.30	10.30	2,5
8	12,0	10	21.00	09.00	23.30	11.30	2,5
9	14,0	40	21.00	11.00	22.00	12.00	1,0
10	15,0	20	21.00	12.00	23.00	14.00	2,0
11	18,0	30	21.00	15.00	21.00	15.00	0,0
12	19,0	10	21.00	16.00	21.30	16.30	0,5

Як впливає з табл. 99, розглядаються 12 ОВ, з'єднаних з РВ маршрутами ОВ – РВ, для яких задані час перевезення пошти маршрутами ОВ – РВ, значення обсягів поштових потоків, що надходять з ОВ до РВ, та неоптимізовані розклади руху транспорту на маршрутах ОВ – РВ з найбільш раннім відправленням з ОВ (21.00).

Результатами розрахунків є оптимізовані розклади руху транспорту на маршрутах ОВ – РВ з найбільш пізнім відправленням з ОВ (з 21.00 до 00.00), за яких забезпечується безупинна робота ЛСМ та значення додаткових затримок відправлення транспорту на маршрутах ОВ – РВ з ОВ.

На рис. 79 наведено часові графіки надходження й сортування письмової кореспонденції в РВ.

Будь-яка ордината графіків рис. 79,б,г відповідає значенню залишку несортованої кореспонденції у визначений момент часу, причому тангенс кута нахилу прямої між моментами будь-яких сусідніх надходжень визначається продуктивністю оброблення письмової кореспонденції в ЛСМ (на рис. 80 – 20 тис. листів за годину).

Графік рис. 79,а відбиває значення обсягів письмової кореспонденції, що надходять з маршрутами ОВ – РВ до РВ, та моменти їхнього надходження до РВ, а графік рис. 79,б – процес сортування в РВ обсягів письмової кореспонденції, що надійшли відповідно до графіка рис. 79,а.

З графіка рис. 79,б випливає, що, не дивлячись на значну ємність накопичувачів попереднього накопичування (80 тис. листів), у роботі ЛСМ спостерігається перерва (з 14.00 до 15.00).

Графік рис. 79,в оптимізованого надходження письмової кореспонденції до РВ побудовано виходячи з того, що сумарні обсяги письмової кореспонденції, що надходять на оброблення до РВ, складають 320 тис. листів, внаслідок чого для їх безупинного оброблення потрібно $320000:20000 = 16$ годин (з 01.00 до 17.00), причому момент кожного наступного надходження збігається з моментом закінчення оброблення письмової кореспонденції попереднього надходження.

Графік рис. 79,г оптимізованого сортування безпосередньо впливає з графіка рис. 79,в.

З графіка рис. 79,г випливає, що при оптимізованому надходженні письмової кореспонденції на оброблення ємність накопичувачів попереднього накопичування у РВ скорочується вдвічі (до 40 тис. листів), а в роботі ЛСМ перерви відсутні. При цьому час відправлення маршрутів ОВ – РВ зростає від 0 до 3 годин, що дозволяє відповідно скоротити кількість робочих місць з ручного оброблення письмової кореспонденції в ОВ.

Як впливає з табл. 99, за оптимізованими розкладами руху транспорту на маршрутах ОВ – РВ при значеннях часу надходження транспорту до РВ, упорядкованих відповідно до значень часу перевезення пошти на цих маршрутах, додаткова затримка часу відправлення транспорту з ОВ на більш протяжних маршрутах може бути більшою, ніж на менш протяжних маршрутах, наприклад, додаткова затримка часу відправлення транспорту на маршруті ОВ-10 – РВ складає дві години при часі перевезення пошти 15 годин, а на маршруті ОВ-1 – РВ – одну годину при часі перевезення пошти 3 години.

Зазначене спостереження може бути використане для збільшення затримок часу відправлення транспорту на одних маршрутах ОВ – РВ за рахунок їх зменшення на інших маршрутах, тобто, за рахунок зміни порядку надходження транспорту до РВ.

З приводу графіків рис. 79,в,г слід зауважити, що вони відповідають заданим значенням обсягів письмової кореспонденції.

При зростанні або скороченні згаданих обсягів розклади руху транспорту на маршрутах ОВ – РВ повинні відповідно коригуватися. Якщо таке коригування не проводити, то при зростанні обсягів письмової кореспонденції чергове надходження письмової кореспонденції буде відбуватися в момент часу, коли оброблення письмової кореспонденції попереднього надходження ще не завершено, а, отже, будуть відповідно зростати потрібні ємності накопичувачів попереднього накопичування та час оброблення письмової кореспонденції, а при скороченні обсягів письмової кореспонденції в роботі ЛСМ з'являться відповідні перерви.

Рисунок 79

Економічна ефективність впровадження систем автоматизованого оброблення пошти визначається співвідношенням вартості автоматизованого й ручного оброблення пошти.

При визначенні зазначеного співвідношення слід враховувати принципову відмінність автоматизованого й ручного оброблення пошти.

Вартість автоматизованого оброблення пошти визначається, насамперед, капітальними та експлуатаційними витратами, пов'язаними з впровадженням систем автоматизованого оброблення пошти, і практично не залежить від обсягів оброблюваної пошти.

Вартість ручного оброблення пошти, навпаки, визначається, головним чином, обсягами оброблюваної пошти і практично не пов'язана з капітальними та експлуатаційними витратами.

Виходячи з вартості ЛСМ близько 4 млн. євро і планованого строку її експлуатації близько 10 років, амортизаційні відрахування або виплати за пільговим банківським кредитом складуть близько 10% за рік та інші експлуатаційні витрати – ще близько 10% за рік, отже сумарні витрати складуть 800 тис. євро (6 млн. грн.) за рік або 2200 євро (16,5 тис. грн.) за добу.

З іншого боку, для ручного сортування 480 тис. листів за добу з нормативною продуктивністю 2 000 листів за годину необхідно 240 людино-годин. При заробітній платі сортувальниці близько 1000 грн. за місяць з нарахуваннями або 6 грн. за робочу годину, вартість сортування 480 тис. листів складе близько 1400 грн. (187 євро) за добу.

Таким чином, вартість машинного сортування виявляється в 12 разів вищою за вартість її ручного сортування, отже сьогодні ще не існує економічних передумов впровадження систем автоматизованого оброблення пошти.

Втім, зі зростанням заробітної плати сортувальниць та її наближенням до європейського рівня з'являться й економічні передумови зазначеного впровадження.

Контрольні питання

1. Охарактеризуйте уніфіковані рівні оброблення письмової кореспонденції.
2. Охарактеризуйте використання принципу „Упаковка в упаковці” при пересиланні письмової кореспонденції.
3. Охарактеризуйте можливу кількість основних варіантів сортування письмової кореспонденції.
4. Охарактеризуйте шляхи визначення основних параметрів мереж поштового зв'язку.
5. Як впливає рівень транзитного оброблення на кількість операцій транзитного оброблення письмової кореспонденції?
6. Охарактеризуйте основні показники плану сортування пошти.
7. Охарактеризуйте сортування поштових одиниць за методом виділення напрямів, за методом групування напрямів і за комбінованим методом.
8. Охарактеризуйте принципи організації маршрутного сортування пошти.
9. Охарактеризуйте принципи організації багатопрограмного сортування пошти.

10. Охарактеризуйте принципи організації багатоетапного сортування пошти.
11. Охарактеризуйте принципи визначення кількості робочих місць з оброблення пошти у вузлах поштового зв'язку.
12. Охарактеризуйте шляхи усунення операцій багаторазового сортування укрупнених поштових одиниць у регіональних вузлах поштового зв'язку.
13. Охарактеризуйте циклічний, поточний і конвеєрний способи організації виробничих процесів у регіональних вузлах поштового зв'язку.
14. Охарактеризуйте способи сортування періодичних видань у газетно-журнальних експедиціях.
15. Охарактеризуйте принципи розподілу навантаження між операційними вікнами відділень поштового зв'язку.
16. Охарактеризуйте передумови впровадження засобів автоматизованого оброблення пошти у регіональних вузлах поштового зв'язку.

Список рекомендованої літератури

1. Ящук Л.О. Оптимізація технології оброблення письмової кореспонденції в ієрархічній мережі поштового зв'язку // Зв'язок. – 2004. – № 6. – С. 42-44.
2. Ящук Л.О. Оптимізація сортування поштових відправлень: Навчальний посібник – Одеса: ОНАЗ. – 2005. – 24 с.
3. Ящук Л.О. Алгоритм маршрутного сортування поштових відправлень // Зв'язок. – 2004. – №7. – С. 20-29.
4. Мороз В.М., Ящук Л.О. Математичні моделі проходження потоків в багаторівневих ієрархічних мережах поштового зв'язку // Зв'язок. – 2004. – № 1. – С. 35-37.
5. Кидисюк А.І., Ящук Л.О. Оптимізація оброблення пошти в сортувальних вузлах мережі поштового зв'язку // Зв'язок. – 2004. – № 3. – С. 40-42.
6. Ящук Л.О., Ларін Д.Г. Оптимізація розподілу операцій з обробки та перевезення письмової кореспонденції між вузлами мережі поштового зв'язку // Зв'язок. – 2000. – № 2. – С. 42-44.
7. Ящук Л.О. Метод і алгоритм визначення числа робочих місць з оброблення поштових відправлень у вузлі поштового зв'язку // Зв'язок. – 2001. – № 2. – С. 53-55.
8. Ящук Л.О. Підвищення ефективності використання листосортувальних машин в регіональних центрах автоматизованого оброблення письмової кореспонденції // Зв'язок. – 2006. – № 6. – С. 22-24.
9. Ящук Л.Е. Оптимизация сортировки письменной корреспонденции в объектах иерархической сети почтовой связи // Почтовая связь. Техника и технологии. – М.: Агентство ИРИАС, 2007. – № 6. – С. 5-11.
10. Ящук Л.О. Аналіз процесу сортування періодичних видань у газетно-журнальних експедиціях // Зв'язок. – 2007. – № 2. – С. 21-23.
11. Ящук Л.О. Оптимізація багатоетапного сортування письмової кореспонденції // Зв'язок. – 2007. – № 5. – С. 30-33.

6. СИНХРОНІЗАЦІЯ ОБРОБЛЕННЯ Й ПЕРЕВЕЗЕННЯ ПОШТИ

6.1. Принципи синхронізації оброблення й перевезення пошти

Синхронізація (узгодження) оброблення й перевезення пошти полягає в визначенні допустимих інтервалів часу, в які ці оброблення й перевезення повинні укладатися за умов забезпечення виконання установлених Адміністрацією зв'язку України нормативних строків пересилання письмової кореспонденції.

Пересилання письмової кореспонденції за найбільш складною схемою між сільськими населеними пунктами в мережах поштового зв'язку за структурами МПЗ-3 або МПЗ-4 (рис. 25) включає:

- проходження поштарем доставного поштового маршруту *Сільський населений пункт – Сільське відділення зв'язку* з письмовою кореспонденцією минулого дня;
- обмінювання пошти між поштовим маршрутом *Сільський населений пункт – Сільське відділення зв'язку* та сільським відділенням зв'язку;
- оброблення письмової кореспонденції, що надійшла з сільських населених пунктів, у сільському відділенні зв'язку;
- обмінювання пошти між сільським відділенням зв'язку та поштовим маршрутом *Сільське відділення зв'язку – Окружний вузол*;
- перевезення пошти за маршрутом *Сільське відділення зв'язку – Окружний вузол*;
- обмінювання пошти між поштовим маршрутом *Сільське відділення зв'язку – Окружний вузол* та окружним вузлом;
- оброблення письмової кореспонденції, що надійшла з сільських відділень зв'язку, в окружному вузлі;
- обмінювання пошти між окружним вузлом та поштовим маршрутом *Окружний вузол – Головний (Регіональний) вузол*;
- перевезення пошти за маршрутом *Окружний вузол – Головний (Регіональний) вузол*;
- обмінювання пошти між поштовим маршрутом *Окружний вузол – Головний (Регіональний) вузол* та головним (регіональним) вузлом;
- оброблення письмової кореспонденції, що надійшла з окружних вузлів у головному (регіональному) вузлі;
- обмінювання пошти між головним (регіональним) вузлом та поштовим маршрутом *Головний (Регіональний) вузол – Окружний вузол*;
- перевезення пошти за маршрутом *Головний (Регіональний) вузол – Окружний вузол*;
- обмінювання пошти між поштовим маршрутом *Головний (Регіональний) вузол – Окружний вузол* та окружним вузлом;
- оброблення письмової кореспонденції, що надійшла з головного (регіонального) вузла, в окружному вузлі;

- обмінювання пошти між окружним вузлом та поштовим маршрутом *Окружний вузол – Сільське відділення зв'язку*;
- перевезення пошти за маршрутом *Окружний вузол – Сільське відділення зв'язку*;
- обмінювання пошти між поштовим маршрутом *Окружний вузол – Сільське відділення зв'язку* та сільським відділенням зв'язку;
- оброблення письмової кореспонденції, що надійшла з окружного вузла, в сільському відділенні зв'язку;
- обмінювання пошти між сільським відділенням зв'язку та доставним поштовим маршрутом *Сільське відділення зв'язку – Сільський населений пункт*;
- проходження поштарем доставного поштового маршруту *Сільське відділення зв'язку – Сільський населений пункт*, видавання та доставляння поштових відправлень у сільському населеному пункті, приймання поштових відправлень, виймання письмової кореспонденції з поштових скриньок у сільському населеному пункті.

Зазначена схема вже через свою громіздкість призводить до суттєвих затримок у пересиланні поштових одиниць, обумовлених труднощами синхронізації перевезень пошти з її обробленням у вузлах мережі всіх рівнів ієрархії.

У разі пересилання письмової кореспонденції в мережах поштового зв'язку за структурами МПЗ-5 або МПЗ-6 (рис. 25) загальна кількість операцій, які повинні виконуватися, зростає відповідно з 21 до 25 (в 1,2 рази) або з 21 до 29 (в 1,4 рази), що збільшує загальний час пересилання письмової кореспонденції, як найменше, на одну добу. Внаслідок цього схеми пересилання письмової кореспонденції в мережах поштового зв'язку за структурами МПЗ-5 або МПЗ-6 (рис. 25) можуть виступати як конкурентноспроможні лише за умов впровадження перевезень пошти між регіональними вузлами безпосередньо або через головний вузол авіаційним транспортом.

Для зменшення зайвих витрат часу на пересилання письмової кореспонденції, яке включає час очікування і час виконання операцій обмінювання, оброблення й перевезення пошти, маршрути перевезення пошти повинні бути синхронізовані між собою.

Сукупність прямих радіальних маршрутів: *Головний вузол – Регіональний вузол*; *Регіональний вузол – Окружний вузол*; *Окружний вузол – Відділення зв'язку*; *Відділення зв'язку – Населений пункт (доставна дільниця)* можна уявити у виді прямого віртуального маршруту *Головний вузол – Регіональний вузол – Окружний вузол – Відділення зв'язку – Населений пункт (доставна дільниця)*, а сукупність зворотних радіальних маршрутів: *Населений пункт (доставна дільниця) – Відділення зв'язку*; *Відділення зв'язку – Окружний вузол*; *Окружний вузол – Регіональний вузол*; *Регіональний вузол – Головний вузол* – у виді зворотного віртуального маршруту *Населений пункт (доставна дільниця) – Відділення зв'язку – Окружний вузол – Регіональний вузол – Головний вузол*. При цьому оброблення пошти виконується під час зупинок зазначених віртуальних марш-

рутів у головному вузлі, регіональних вузлах, окружних вузлах, відділеннях зв'язку.

Реальні маршрути перевезення пошти, сукупність яких створює відповідний віртуальний маршрут, синхронізовані, якщо виконуються умови:

- інтервали часу перевезення пошти за реальними поштовими маршрутами не перехрещуються;
- сумарна тривалість сукупності інтервалів часу перевезення пошти за реальними поштовими маршрутами не перевищує максимального значення загальної тривалості інтервалу часу перевезення пошти за відповідним віртуальним маршрутом.

Допустимі інтервали часу, в які повинно укладатися проходження поштових маршрутів, визначаються виходячи з необхідності забезпечення установлених Адміністрацією зв'язку України нормативних строків пересилання письмової кореспонденції: $D + 1$ – місцевої кореспонденції, $D + 2$ – між обласними центрами і між населеними пунктами однієї області, $D + 3$ – між районними центрами, $D + 4$ – між сільськими населеними пунктами України.

На рис. 80 наведено часові діаграми пересилання письмової кореспонденції в мережах поштового зв'язку з регіональними й окружними вузлами та значення допустимих інтервалів часу проходження магістральних, регіональних і окружних поштових маршрутів. Стосовно доставних поштових маршрутів слід зазначити, що сільські поштарі, як правило, мешкають в населених пунктах, які вони обслуговують, а розклади їхнього руху за маршрутами *Сільський населений пункт – Сільське відділення зв'язку* і *Сільське відділення зв'язку – Сільський населений пункт* узгоджуються з часом обмінювання пошти між зазначеними відділеннями зв'язку й кільцевими окружними маршрутами. При цьому для скорочення витрат на проходження зазначених маршрутів обслуговування населення й виймання кореспонденції з поштових скриньок у сільських населених пунктах виконується лише на маршруті *Сільське відділення зв'язку – Сільський населений пункт*, внаслідок чого маршрутом *Сільський населений пункт – Сільське відділення зв'язку* у сільське відділення зв'язку надходить письмова кореспонденція минулого дня.



Назва маршруту	Категорія маршруту	Позначення маршруту	Час проходження маршруту	Примітка
Відділення зв'язку – Окружний вузол	Окружний	В3 – ОВ	10.00 – 16.00	Автомобільний
Окружний вузол – Регіональний вузол	Регіональний	ОВ – РВ	17.00 – 00.00	Автомобільний
Окружний вузол – Головний вузол	Регіональний	ОВ – ГВ	17.00 – 12.00	Автомобільний
Регіональний вузол – Головний вузол	Магістральний	РВ – ГВ	09.00 – 12.00	Авіаційний
Регіональний вузол – Регіональний вузол	Магістральний	РВ – РВ	10.00 – 16.00	Авіаційний
Головний вузол – Регіональний вузол	Магістральний	ГВ – РВ	14.00 – 17.00	Авіаційний
Головний вузол – Окружний вузол	Регіональний	ГВ – ОВ	14.00 – 09.00	Автомобільний
Регіональний вузол – Окружний вузол	Регіональний	РВ – ОВ	02.00 – 09.00	Автомобільний
Окружний вузол – Відділення зв'язку	Окружний	ОВ – В3	10.00 – 16.00	Автомобільний

Рисунок 80 – Часові діаграми пересилання письмової кореспонденції

У табл. 100 наведено значення нормативних строків пересилання письмової кореспонденції між об'єктами мережі поштового зв'язку, побудованої за адміністративно-територіальним принципом, та об'єктами мережі поштового зв'язку, побудованої за функціонально-територіальним принципом.

Як випливає з табл. 100, суттєве покращення нормативних строків пересилання письмової кореспонденції між об'єктами мережі поштового зв'язку,

Таблиця 100 – Нормативні строки пересилання письмової кореспонденції

Об'єкти, між якими визначаються нормативні строки пересилання письмової кореспонденції	Мережа поштового зв'язку, побудована за адміністративно-територіальним принципом	Мережа поштового зв'язку, побудована за функціонально-територіальним принципом
Місцева	$D + 1$	$D + 1$
Обласні центри одного регіону	$D + 2$	$D + 1$
Обласні центри України	$D + 2$	$D + 2$
Районні центри однієї області	$D + 1$	$D + 1$
Районні центри одного регіону	$D + 3$	$D + 1$
Районні центри України	$D + 3$	$D + 2$
Населені пункти однієї області	$D + 2$	$D + 2$
Населені пункти одного регіону	$D + 4$	$D + 2$
Населені пункти України	$D + 4$	$D + 3$

побудованої за функціонально-територіальним принципом, у порівнянні з нормативними строками пересилання письмової кореспонденції між об'єктами мережі поштового зв'язку, побудованої за адміністративно-територіальним принципом, досягається за рахунок:

- безпосереднього скорочення нормативних строків пересилання письмової кореспонденції між визначеними об'єктами поштового зв'язку, розташованими в різних областях або в різних регіонах України;
- розширення від областей до регіонів територій, між розташованими на кожній з яких визначеними об'єктами поштового зв'язку досягаються рівні нормативні строки пересилання письмової кореспонденції.

6.2. Синхронізація циклів пересилання пошти в ієрархічній мережі поштового зв'язку

Пересилання пошти в ієрархічній мережі поштового зв'язку з регіональними й окружними вузлами складається з її оброблення й перевезення на всіх рівнях поштової ієрархії – *окружному, регіональному, магістральному*.

Загальний вид графіка пересилання пошти через всі рівні ієрархії мережі поштового зв'язку наведений на рис. 81.

Пересилання пошти на кожному з рівнів поштової ієрархії являє собою циклічний процес. Як видно з рис. 81, цикли пересилання пошти на кожному з однойменних рівнів поштової ієрархії виявляються розірваними, що ускладнює визначення таких важливих показників, пов'язаних з циклічністю, як кількість автомобілів, необхідних для перевезень пошти; кількість робочих місць, необхідних для оброблення пошти; розподіл в часі вхідного, вихідного та транзитного навантаження вузлів тощо.

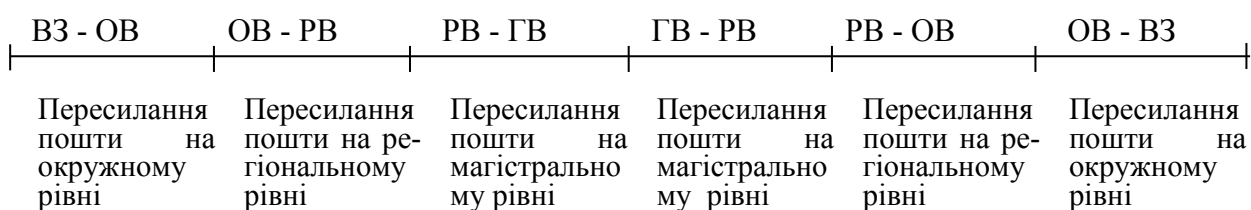


Рисунок 81 – Загальний вид графіка пересилання пошти в ієрархічній мережі поштового зв'язку

Виходячи з цього, пересилання пошти в ієрархічній мережі поштового зв'язку доцільно подавати та аналізувати у вигляді взаємопов'язаних циклів, кожний з яких відбиває оброблення й перевезення пошти на відповідному рівні ієрархії.

На рис. 82 наведено фрагмент взаємопов'язаних циклів оброблення й перевезення пошти.

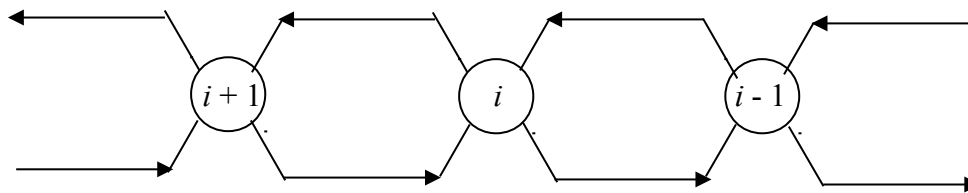


Рисунок 82 – Фрагмент взаємопов'язаних циклів оброблення й перевезення пошти

Оскільки тривалість кожного циклу $T_{ц}$ (год.) повинна бути не меншою ніж сума тривалостей перевезення пошти $T_{пер}$, оброблення пошти $T_{обр}$, простоювання автомобіля $T_{пр}$ та обслуговування автомобіля $T_{авт}$ на відповідному рівні, тоді

$$T_{ц} \geq T_{пер} + T_{обр} + T_{пр} + T_{авт}.$$

Враховуючи, що періодичність кожного циклу $T_{ц}$ дорівнює одній добі, а його тривалість складає ціле число днів

$$T_{ц} = \left\lceil \frac{T_{пер} + T_{обр} + T_{пр} + T_{авт}}{24} \right\rceil 24,$$

де $\lceil x \rceil$ – значення x , округлене до найближчого більшого цілого числа.

Кількість автомобілів, необхідна для перевезень пошти на зазначеному рівні, складає

$$N = \frac{T_{ц}}{24}.$$

З розгляду рис. 82 випливає, що в ієрархічній мережі поштового зв'язку повинна виконуватися як міжциклова, так і внутрішньоциклова синхронізація оброблення й перевезення пошти.

На рис. 83 наведено ілюстрацію синхронізації поштових маршрутів у вузлі поштового зв'язку рівня ієрархії i .

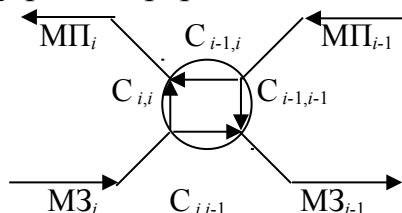


Рисунок 83 – Ілюстрація синхронізації поштових маршрутів у вузлі поштового зв'язку

Як випливає з рис. 83, у вузлі рівня ієрархії i повинні бути синхронізовані поштові маршрути:

- прямий маршрут $МП_{i-1}$ більш високого рівня ієрархії з прямим маршрутом $МП_i$ більш низького рівня ієрархії (синхронізація $C_{i-1,i}$);

- зворотний маршрут MZ_i більш низького рівня ієрархії зі зворотним маршрутом MZ_{i-1} більш високого рівня ієрархії (синхронізація $C_{i,i-1}$);
- прямий маршрут MP_{i-1} більш високого рівня ієрархії зі зворотним маршрутом MZ_{i-1} цього ж рівня ієрархії (синхронізація $C_{i-1,i-1}$);
- зворотний маршрут MZ_i більш низького рівня ієрархії з прямим маршрутом MP_i цього ж рівня ієрархії (синхронізація $C_{i,i}$).

Різний час, потрібний для проходження різних циклів, потребує визначення моментів початку і закінчення відповідних інтервалів синхронізації оброблення й перевезення пошти на всіх рівнях ієрархії.

При цьому слід враховувати, що у вузлі ГВ сходяться всі магістральні маршрути РВ - ГВ і ГВ - РВ; у вузлі РВ – всі регіональні маршрути ОВ - РВ і РВ - ОВ відповідного регіону; у вузлі ОВ – всі окружні маршрути ВЗ - ОВ і ОВ - ВЗ відповідного округу.

Виходячи з цього, окремі поштові маршрути можуть прибувати у вузли й відправлятися з них раніше чи пізніше, але у кожному з вузлів повинен бути визначений певний мінімальний інтервал часу, достатній для оброблення пошти, коли всі відповідні маршрути знаходяться у зазначених вузлах.

Як впливає з рис. 80, орієнтовні значення інтервалів часу оброблення пошти у вузлах поштового зв'язку складають:

в ОВ МПЗ-3, МПЗ-4, МПЗ-5, МПЗ-6: 09.00 - 10.00 – вхідне оброблення пошти, 16.00 - 17.00 – вихідне оброблення пошти;

у РВ МПЗ-4: 00.00 - 02.00 наступного дня – сортування письмової кореспонденції до ОВ усіх регіонів, сортування письмової кореспонденції до ВЗ власного регіону;

у РВ МПЗ-5: 00.00 - 10.00 – сортування письмової кореспонденції до ОВ усіх регіонів, 16.00 - 02.00 – сортування письмової кореспонденції до ВЗ власного регіону;

у РВ МПЗ-6: 00.00 - 09.00 – сортування письмової кореспонденції до ОВ усіх регіонів, 17.00 - 02.00 – сортування письмової кореспонденції до ВЗ власного регіону;

у ГВ МПЗ-3, МПЗ-4: 12.00 - 14.00 – сортування до ОВ усіх регіонів, сортування письмової кореспонденції до ВЗ ГВ;

у ГВ МПЗ-6: 12.00 - 14.00 – обмінювання пошти, що надходить з маршрутами РВ - ГВ і відправляється з маршрутами ГВ - РВ.

Враховуючи, що поштові маршрути надходять у зазначені вузли і відправляються з них неодноразово, фактичні значення інтервалів часу, що виділяються на оброблення пошти в цих вузлах, значно розширюються, а наведені вище орієнтовні значення відносяться, здебільшого, до оброблення тієї пошти, що надходить в них з останніми маршрутами і відправляються з них з першими.

Порушення синхронізації оброблення й перевезення пошти чинить неоднозначний вплив на техніко-економічні показники мережі поштового зв'язку.

Порушення міжциклової синхронізації $C_{i-1,i}$ або $C_{i,i-1}$ призводить до зростання нормативних строків пересилання пошти на одну добу.

Порушення внутрішньоциклової синхронізації $C_{i-1,i-1}$ або $C_{i,i}$ призводить до зростання кількості автомобілів, що використовуються для перевезень пошти, на одиницю.

Як в першому, так і в другому випадку тривалості інтервалів часу, що виділяється на оброблення пошти, зростають, а витрати на оброблення пошти зменшуються за рахунок зменшення кількості робочих місць або засобів автоматизованого оброблення пошти у вузлах мережі.

Оскільки пошта регіонального вузла, найбільш віддаленого від головного вузла, надходить у зазначений головний вузол з останнім маршрутом РВ - ГВ і відправляється з головного вузла з першим маршрутом ГВ - РВ, часові графіки пересилання письмової кореспонденції повинні бути побудовані саме для зазначених регіональних вузлів; оскільки пошта окружного вузла, найбільш віддаленого від регіонального вузла, надходить у зазначений регіональний вузол з останнім маршрутом ОВ - РВ і відправляється з регіонального вузла з першим маршрутом РВ - ОВ, часові графіки пересилання письмової кореспонденції повинні бути побудовані саме для зазначених окружних вузлів.

6.3. Оптимізація часу виймання письмової кореспонденції з поштових скриньок в обласних центрах

Час виймання письмової кореспонденції з поштових скриньок в обласних центрах суттєво впливає на значення часу затримки її відправлення, а разом з цим і на строки пересилання.

Можливість оптимізації часу виймання впливає з того, що раннє виймання підвищує ймовірність відправлення письмової кореспонденції в день виймання, але містить малу частину кореспонденції поточного дня, а пізніше – зменшує значення зазначеної ймовірності, але містить значну частину такої кореспонденції.

Задача ставиться так.

В обласному центрі провадиться m виймань письмової кореспонденції B_1, B_2, \dots, B_m , які містять частини q_1, q_2, \dots, q_m добового обміну ($q_1 + q_2 + \dots + q_m = 1$).

Відправлення письмової кореспонденції здійснюються n поштовими маршрутами M_1, M_2, \dots, M_n , які забирають частини Q_1, Q_2, \dots, Q_n добового обміну ($Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n = 1$).

Задані моменти часу відправлення поштових маршрутів T_1, T_2, \dots, T_n .

Задані інтервали часу, що витрачається на проведення виймань Δt_B і на оброблення кореспонденції в обласному центрі Δt_0 .

Відома статистика заповнення поштових скриньок за годинами доби.

Знайти значення моментів виймання письмової кореспонденції з поштових скриньок t_1, t_2, \dots, t_m , за яких середня затримка відправки письмової кореспонденції з обласного центру набуває мінімального значення.

При розв'язанні задачі слід враховувати, що виймання кореспонденції з поштових скриньок не може бути виконане одночасно: на проходження маршруту виймання за діючими нормативами виділяється 1,5 год., з яких близько 1,0 год. припадає на проходження частини маршруту від першої до останньої скри-

ньки і близько 0,5 год. – від поштамту до першої скриньки, від останньої скриньки до поштамту та на додаткові операції.

Таким чином, можна вважати, що моменти виймання кореспонденції з поштових скриньок укладаються в інтервал часу, що дорівнює одній годині.

Якщо умовним моментом одночасного виймання з усіх поштових скриньок вважати момент виймання з першої скриньки, то фактичне значення q_i буде більше розрахункового; якщо умовним моментом одночасного виймання з усіх поштових скриньок вважати момент виймання з останньої скриньки, то фактичне значення q_i буде менше розрахункового.

Для наближення фактичних і розрахункових значень q_i доцільно за умовний момент виймання з усіх поштових скриньок узяти середину інтервалу часу проходження маршруту виймання. За такої умови зменшення фактичного значення q_i , обумовлене більш раннім вийманням з поштових скриньок на першій частині маршруту виймання, буде компенсуватися збільшенням фактичного значення q_i , обумовленим більш пізнім вийманням з поштових скриньок на його другій частині.

Оскільки в складі виймання в загальному випадку присутня кореспонденція поточного і попереднього днів, а з урахуванням інтервалів часу, що витрачається на проведення виймання і оброблення кореспонденції в обласному центрі, її відправлення може здійснюватися поштовими маршрутами поточного або наступного днів, можливі 4 варіанти відправлення кореспонденції:

1. Кореспонденція поточного дня відправляється в день виймання (сьогоднішня кореспонденція – сьогоднішня відправка). Затримка відправлення відсутня.

2. Кореспонденція поточного дня відправляється наступного після виймання дня (сьогоднішня кореспонденція – завтрашня відправка). Затримка відправлення дорівнює одній добі.

3. Кореспонденція попереднього дня відправляється в день виймання (вчорашня кореспонденція – сьогоднішня відправка). Затримка відправлення дорівнює одній добі.

4. Кореспонденція попереднього дня відправляється наступного після виймання дня (вчорашня кореспонденція – завтрашня відправка). Затримка відправлення складе дві доби.

Частки вчорашньої і сьогоднішньої пошти у складі виймань письмової кореспонденції визначаються законом заповнення поштових скриньок і моментами виймань.

Закон заповнення поштових скриньок може бути встановлено експериментально шляхом підрахунку кількості листів, що опускають у поштові скриньки за одиницю часу (звичайно за годину).

На рис.84 наведені приклади визначення часток вчорашньої D_v і сьогоднішньої D_e пошти при лінійному законі заповнення поштових скриньок і за наявності одного або двох виймань у різні моменти часу.

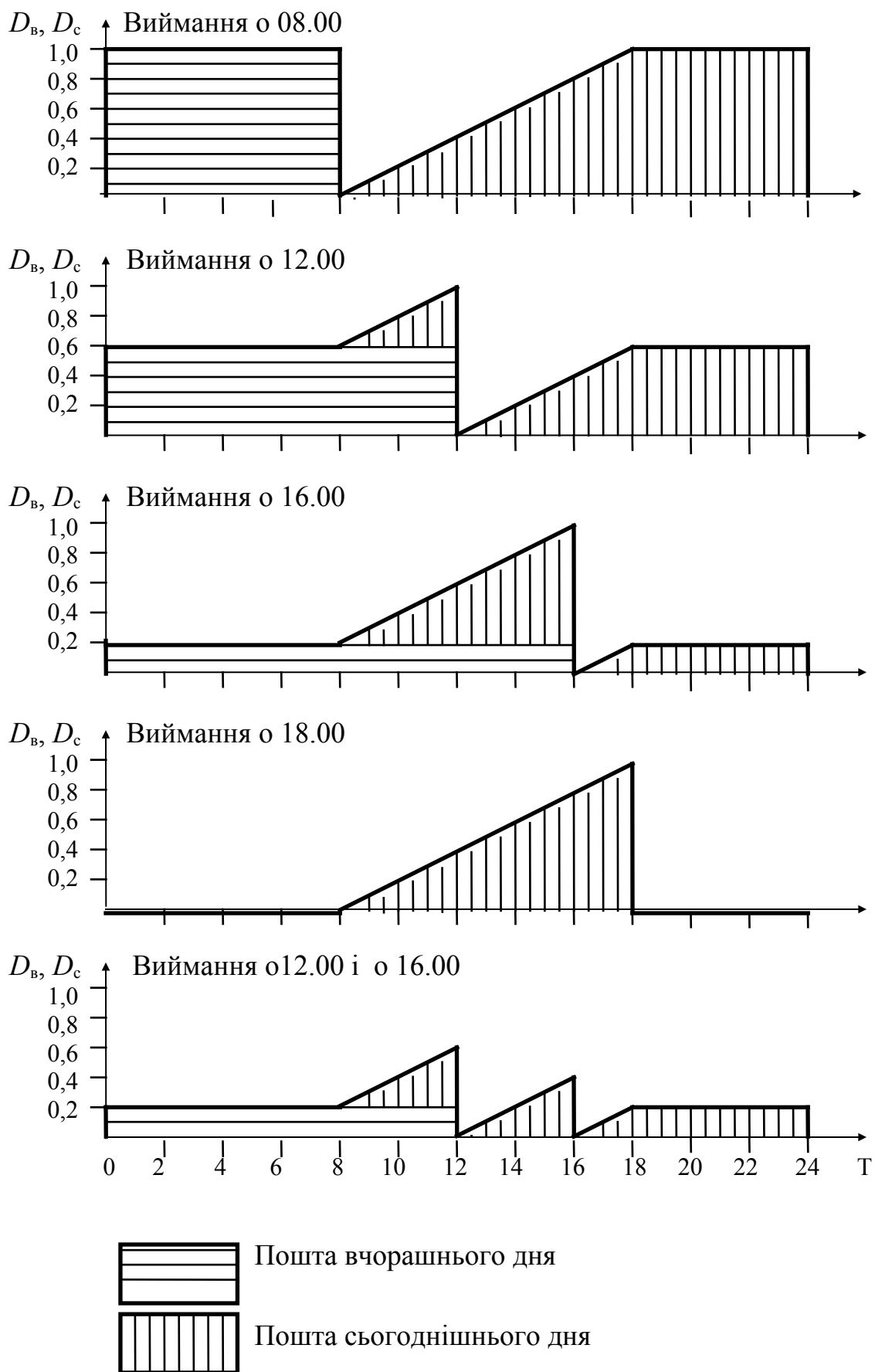


Рисунок 84 – Визначення часток вчорашньої і сьогоднішньої пошти

При цьому слід враховувати, що частки пошти вчорашнього і сьогоднішнього днів при вийманнях від 00.00 до 08.00 і при вийманнях від 18.00 до 24.00 співпадають відповідно з частками пошти вчорашнього і сьогоднішнього днів при вийманнях о 08.00 і о 18.00.

Хоча співвідношення значень кількості виймань письмової кореспонденції m і кількості відправлень поштових маршрутів n може бути різним, знаходження оптимального розподілу значень моментів виймання t_1, t_2, \dots, t_m при $m \geq n$ тривіальне: достатньо вибрати n моментів виймання так, щоб значення часу готовності письмової кореспонденції до відправлення $t_{r1}, t_{r2}, \dots, t_{rn}$ збігалися зі значеннями моментів часу відправлення поштових маршрутів T_1, T_2, \dots, T_n , а решту $m - n$ виймань провадити в довільні моменти часу до початку останнього виймання, скажімо так, щоб забезпечити більш-менш рівномірне навантаження сортувальниць письмової кореспонденції.

Отже, розглянемо випадок $m < n$.

На рис. 85 наведено приклад часової діаграми розподілу моментів часу виймання, узгоджених з моментами відправлень поштового транспорту, при $m = 3, n = 4$. Виймання B_1 узгоджене з відправленням M_2 , виймання B_2 – з відправленням M_4 , виймання B_3 – з відправленням M_1 .

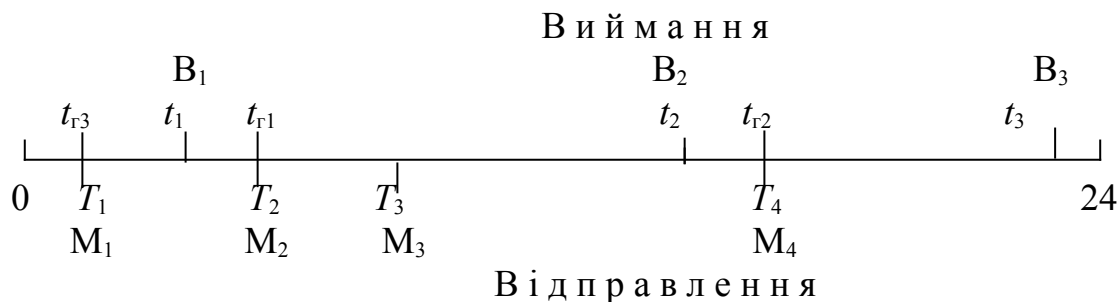


Рисунок 85 – Часова діаграма розподілу моментів часу виймання письмової кореспонденції

Час готовності письмової кореспонденції до відправлення t_{ri} визначається значеннями моменту виймання t_i та інтервалів часу проведення виймання Δt_b й оброблення кореспонденції Δt_o як

$$t_{ri} = (t_i + \Delta t_b + \Delta t_o) \text{ mod } 24,$$

тобто

$$t_{ri} = \begin{cases} t_i + \Delta t_b + \Delta t_o, & \text{якщо } t_i + \Delta t_b + \Delta t_o < 24, \\ t_i + \Delta t_b + \Delta t_o - 24, & \text{якщо } t_i + \Delta t_b + \Delta t_o \geq 24. \end{cases}$$

Як впливає з рис. 85, значення t_{r1}, t_{r2} визначаються верхнім, а значення t_{r3} – нижнім рядком виразу t_{ri} .

На рис. 86 наведено діаграму розподілу частин q_1, q_2, \dots, q_m добових виймань за частинами Q_1, Q_2, \dots, Q_n добових відправлень.

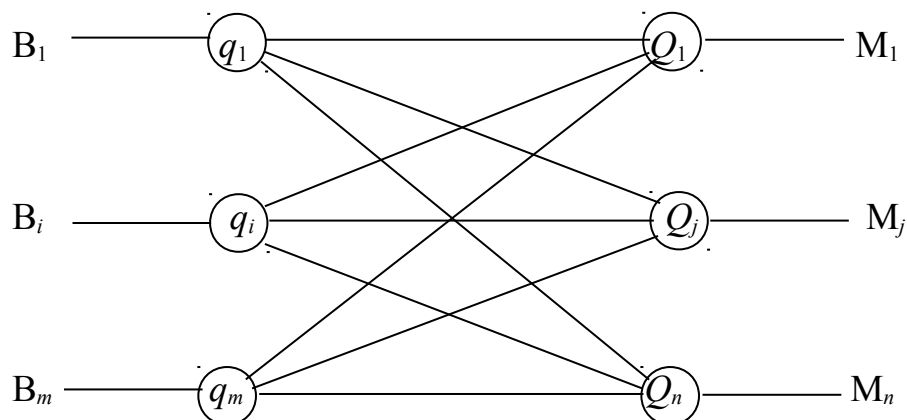


Рисунок 86 – Діаграма розподілу частин добових виймань
письмової кореспонденції

Якщо вважати, що заданий добовий розподіл збігається з розподілом складу кожного виймання, то частина виймання V_i , яка відправляється з маршрутом M_j , складає $q_i Q_j$.

Затримка τ_{ij} відправлення письмової кореспонденції виймання V_i поштовим маршрутом M_j визначається співвідношенням часу готовності t_{ri} зазначеної кореспонденції до відправлення і часу відправлення T_j зазначеного маршруту

$$\tau_{ij} = \begin{cases} 0, & \text{якщо } t_{ri} \leq T_j, \\ 1, & \text{якщо } t_{ri} > T_j. \end{cases}$$

Отже, при $\tau_{ij} = 0$ кореспонденція виймання V_i відправляється маршрутом M_j в день виймання, а при $\tau_{ij} = 1$ – наступного після виймання дня.

Маршрути виймання кореспонденції з поштових скриньок в обласних центрах, як правило, не збігаються. Так, в центральних районах, поблизу вокзалів, портів, станцій метрополітену виймання провадяться частіше, ніж в так званих “спальних”, промислових і віддалених районах.

Внаслідок цього, кореспонденція попереднього дня може бути присутня в складі кожного виймання (при співпадінні маршрутів виймання кореспонденція попереднього дня може бути присутня лише в складі першого виймання).

Таким чином, у загальному випадку

$$q_i = q_{ci} + q_{vi},$$

де q_{ci} і q_{vi} – відповідно частини кореспонденції сьогоднішнього і вчорашнього днів у складі виймання V_i .

Виходячи з викладеного, значення середньої затримки письмової кореспонденції в обласному центрі складає

$$\dot{O}_c = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \tau_{ij} q_{vi} Q_j + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (1 + \tau_{ij}) q_{ci} Q_j.$$

Після нескладних перетворень одержимо

$$\dot{Q}_\zeta = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (\tau_{ij} q_i + q_{\dot{a}i}) Q_j.$$

За наявності одного виймання

$$\dot{Q}_\zeta = \sum_{j=1}^n (\tau_{1j} q_1 + q_{\dot{a}1}) Q_j.$$

Розв'язання задачі оптимізації часу виймання письмової кореспонденції зводиться до мінімізації значення T_3 з усіх C_n^m можливих варіантів m виймань, узгоджених з n відправленнями поштових маршрутів

$$T_3 (t_{ri} (i = 1, 2, \dots, m) \in T_j (j = 1, 2, \dots, n)) = \min.$$

У табл. 101 наведені результати розв'язання задачі оптимізації часу виймання кореспонденції за такими вихідними даними:

- кількість виймань $m = 1, 2, 3$;
- кількість відправлень $n = 4$;
- час відправлення поштових маршрутів $T_1 = 11.00$, $T_2 = 15.00$, $T_3 = 20.00$, $T_4 = 23.00$;
- інтервал часу виймання, год., $\Delta t_b = 1$;
- інтервал часу оброблення, год., $\Delta t_0 = 3$;
- частини добового обміну, що відправляються з поштовими маршрутами $Q_1 = 0,2$; $Q_2 = 0,4$; $Q_3 = 0,1$; $Q_4 = 0,3$;
- закон заповнення поштових скриньок за годинами доби

$$q_i = \begin{cases} 0, & \text{якщо } 00.00 \leq t < 08.00, \\ 1, & \text{якщо } 08.00 \leq t < 18.00, \\ 0, & \text{якщо } 18.00 \leq t < 24.00; \end{cases}$$
- маршрути виймання збігаються.

Таблиця 101 – Результати розв’язання задачі оптимізації часу виймання кореспонденції

Час виймання			Частини добового обміну в вийманнях									Середня затримка
t_1	t_2	t_3	q_1	q_2	q_3	q_{c1}	q_{c2}	q_{c3}	$q_{в1}$	$q_{в2}$	$q_{в3}$	T_3
07.00			1,0			0,0			1,0			1,00
11.00			1,0			0,3			0,7			0,90
16.00			1,0			0,8			0,2			0,80
19.00			1,0			1,0			0,0			0,70
07.00	11.00		0,7	0,3		0,0	0,3		0,7	0,0		0,76
07.00	16.00		0,2	0,8		0,0	0,8		0,2	0,0		0,68
07.00	19.00		0,0	1,0		0,0	1,0		0,0	0,0		0,70
11.00	16.00		0,5	0,5		0,3	0,5		0,2	0,0		0,60
11.00	19.00		0,3	0,7		0,3	0,7		0,0	0,0		0,55
16.00	19.00		0,8	0,2		0,8	0,2		0,0	0,0		0,62
07.00	11.00	16.00	0,2	0,3	0,5	0,0	0,3	0,5	0,2	0,0	0,0	0,56
07.00	11.00	19.00	0,0	0,3	0,7	0,0	0,3	0,7	0,0	0,0	0,0	0,55
07.00	16.00	19.00	0,0	0,8	0,2	0,0	0,8	0,2	0,0	0,0	0,0	0,62
11.00	16.00	19.00	0,3	0,5	0,2	0,3	0,5	0,2	0,0	0,0	0,0	0,50

Як впливає з табл. 101, мінімальні значення середньої затримки письмової кореспонденції мають місце при проведенні виймань:

- однієї – о 19.00 (затримка 0,70);
- двох – об 11.00 і 19.00 (затримка 0,55);
- трьох – об 11.00, 16.00, 19.00 (затримка 0,50).

З табл. 101 також видно, що при невдалому виборі моментів виймання, середня затримка при більшій кількості виймань може перевищувати середню затримку при меншій кількості виймань.

Контрольні питання

1. Охарактеризуйте принципи синхронізації оброблення й перевезення пошти.
2. Чим визначаються допустимі інтервали часу, в які повинні укладатися проходження поштових маршрутів?
3. Назвіть нормативні строки пересилання письмової кореспонденції між об’єктами поштового зв’язку України.
4. У чому полягає циклічність процесів пересилання пошти на кожному з рівнів поштової ієрархії?
5. Назвіть фактори, що впливають на визначення кількості автомобілів на кожному з рівнів поштової ієрархії.
6. Охарактеризуйте міжциклову і внутрішньоциклову синхронізацію оброблення й перевезення пошти.
7. Назвіть рівні ієрархії прямих і зворотних поштових маршрутів, які повинні бути синхронізовані у вузлі поштового зв’язку.
8. У чому полягає оптимізація часу виймання письмової кореспонденції з поштових скриньок в обласних центрах?

9. Охарактеризуйте причини можливих затримок відправлення письмової кореспонденції з вузла поштового зв'язку.

10. Охарактеризуйте принцип визначення часток вчорашньої і сьогоднішньої письмової кореспонденції у складі кореспонденції, вийманої з поштових скриньок.

11. Охарактеризуйте співвідношення моментів часу виймання письмової кореспонденції з поштових скриньок і моментів часу відправлення поштових маршрутів.

12. Поясніть діаграму розподілу частин добових виймань письмової кореспонденції з поштових скриньок за частинами її добових відправлень.

Список рекомендованої літератури

1. Кидисюк А.І., Ящук Л.О. Синхронізація циклів проходження пошти в ієрархічній мережі поштового зв'язку із сортувальними вузлами // Зв'язок. – 2004. – № 4. – С. 32-34.

2. Ящук Л.О. Методика розрахунку контрольних строків проходження поштових відправлень між центрами адміністративних утворень // Зв'язок. – 1998. – № 2. – С. 73-76.

3. Ящук Л.О., Ларін Д.Г. Оптимізація часу виймання письмової кореспонденції з поштових скриньок в обласних центрах // Зв'язок. – 2001. – № 3. – С. 43-45.

4. Воробиенко П.П., Нечипорук О.Л., Ящук Л.Е. Сокращение сроков прохождения почтовых отправлений в Украине // Почтовая связь. Техника и технологии. – М.: Агентство ИРИАС, 2002. – № 6. – С. 22-24.

5. Мухін В.Г., Ящук Л.О. Визначення контрольних термінів проходження письмової кореспонденції між вузлами синхронізованої магістральної мережі поштового зв'язку // Зв'язок. – 2002. – № 4. – С. 48-49.

6. Ящук Л.О. Прискорена пошта: песимістична реальність чи оптимістична перспектива? // Зв'язок. – 2005. – №4. – С. 33-36

7. ПОБУДОВА НАЦІОНАЛЬНОЇ ПОШТОВОЇ ІНДЕКСАЦІЇ УКРАЇНИ

7.1. Недоліки системи індексації об'єктів поштового зв'язку колишнього СРСР

Шестизначній індексації об'єктів поштового зв'язку, що дісталася Україні у спадщину від колишнього СРСР, з самого початку був притаманний ряд принципових недоліків, усунення яких у рамках самої системи виявилось неможливим:

1. Хоча шестизначна індексація була здатна забезпечити присвоєння окремих індексів 1000000 об'єктів поштового зв'язку, вона не забезпечила їх навіть усім 100000 об'єктів поштового зв'язку колишнього СРСР. Зокрема, відділенням зв'язку сотень міст, що не є обласними центрами, у тому числі з населенням понад 100000 чоловік, в яких було кілька відділень зв'язку, були надані єдині індекси, внаслідок чого вони були позбавлені навіть перспективи автоматичного сортування вхідної і місцевої письмової кореспонденції.

2. Система індексації не забезпечувала єдності принципів ручного й автоматизованого сортування. Як свідчить практика, ручне сортування за індексами ніколи не провадилося, оскільки запам'ятати кілька сотень напрямів сортування за їх географічними назвами хоча і важко, але можливо, у той час як запам'ятати стільки трьох або чотиризначних чисел – практично неможливо.

3. Система індексації не відповідала принципу компактності. Хоча при автоматичному сортуванні не має особливого значення, які саме індекси надані тим чи іншим об'єктам поштового зв'язку, трудомісткість складання таблиць напрямів сортування та їх уведення в керуючу ЕОМ залежить від цього безпосередньо. Найменша трудомісткість має місце при компактному розташуванні індексів, що відповідають напрямам сортування, найбільша – при їх довільному розташуванні, оскільки у першому випадку в сортувальній таблиці достатньо зазначити лише індекси початку і кінця відповідних інтервалів індексів, а у другому – навести їхній повний перелік.

4. Система індексації не передбачала виділення компактних груп індексів союзним республікам колишнього СРСР. У результаті індекси України виявилися розірваними, оскільки в них уклинилися індекси Калужької, Тульської, Орловської, Курської, Білгородської, Ростовської областей Росії, Гомельської області Білорусії і Молдови. Аналогічна картина спостерігалася також на обласному й районному рівнях.

5. В основу побудови системи індексації були покладені дуже несталі ознаки – діючі в той час маршрути поштових вагонів. Перехід до широкого використання повітряного й автомобільного транспорту для здійснення магістральних перевезень пошти, скасування одних й уведення інших маршрутів поштових вагонів призвели до того, що вже через кілька років після свого уведення принципи побудови системи індексації були безнадійно втрачені. Індекси стали являти собою тільки цифрові позначення об'єктів поштового зв'язку.

6. Прийняті принципи групування індексів за ознаками маршрутів поштових вагонів істотно ускладнювали сортування поштових відправлень. Як приклад можна навести індексацію об'єктів поштового зв'язку Ясиніватського району Донецької області, 32 відділення зв'язку якого були проіндексовані чотирма інтервалами індексів з різними значеннями трьох перших цифр.

7. Індексація не передбачала виділення індексів населеним пунктам, в яких немає відділень зв'язку. Це призводило до того, що при відкритті в цих населених пунктах відділень зв'язку їм надавалися вільні індекси, які не відповідали принципам побудови системи індексації.

8. Індексація не мала достатньої гнучкості для відбиття змін в адміністративно-територіальному устрої областей і районів колишнього СРСР. Система індексації не передбачала можливості заміни індексів при зазначених змінах. Внаслідок цього нерідко виникала парадоксальна ситуація: до міста, відділення зв'язку якого мали єдиний індекс, приєднувався населений пункт, відділення зв'язку якого мало свій окремий індекс.

9. Індексація не передбачала можливості позначення вузлів сортування у великих містах. Винятки були зроблені лише для Москви і Ленінграда, яким було виділено відповідно 40 і 10 тризначних індексів.

10. Індексація не передбачала можливості позначення вузлів доставляння (укрупнених доставних об'єктів поштового зв'язку або територіальних об'єднань підприємств поштового зв'язку) у великих і середніх містах. Зазначені обставини перешкоджали впровадженню прогресивних технологій доставляння періодичних видань і поштових одиниць.

7.2. Вимоги до системи поштової індексації України

1. Індексація повинна відбивати структуру мережі об'єктів поштового зв'язку України. Індекси повинні містити інформацію про області (обласні центри), вузли сортування (міста, районні центри областей), вузли доставляння (укрупнені доставні об'єкти поштового зв'язку або територіальні об'єднання об'єктів поштового зв'язку), відділення зв'язку або населені пункти, в яких немає відділень зв'язку.

2. Індексація повинна максимально задовольняти вимогам сортування поштових відправлень. Глибина сортування повинна однозначно відповідати кількості цифр індексу, за якими воно провадиться.

3. Індексація повинна забезпечувати єдність принципів ручного й автоматизованого сортування. Сортування за індексами повинно здійснюватися простіше і швидше, ніж за адресами об'єктів поштового зв'язку, бути доступним для сортувальників середньої кваліфікації.

4. Об'єднання груп індексів повинні відбуватися за найбільш стійкими ознаками – територіальними.

5. Групи індексів, що утворюють області, вузли сортування тощо, повинні задовольняти вимогам компактності. Відповідно до цієї вимоги зазначені індекси не повинні розриватися індексами, не включеними в ці області, вузли

сортування тощо, завдяки чому об'ємні переліки індексів у таблицях напрямів сортування замінюються короткими переліками їхніх інтервалів.

6. Індокси повинні бути надані всім об'єктам поштового зв'язку і населеним пунктам, в яких немає відділень зв'язку. Виконання останньої вимоги дозволить практично безболісно провести індексацію відділень зв'язку, що, можливо, будуть відкриватися в таких населених пунктах у майбутньому.

7. Зміни адміністративно-територіального устрою областей і районів України, категорій населених пунктів повинні стосуватися тільки тих об'єктів поштового зв'язку, до яких вони відносяться.

8. Система індексації повинна мати значний резерв індексів, достатній для збереження системи протягом тривалого періоду. Зазначений резерв повинен бути розподілений таким чином, щоб він відповідав тенденціям змін адміністративно-територіального устрою областей і районів України.

7.3. Принципи побудови системи індексації поштового зв'язку України

Система індексації поштового зв'язку України побудована за ієрархічними принципами на основі п'ятизначної структури індексу, цифри якого відбивають рівні ієрархії мережі об'єктів поштового зв'язку і відповідні їм рівні сортування поштових відправлень.

Принципи побудови системи індексації поштового зв'язку України пояснюються табл. 102.

Таблиця 102 – Принципи побудови системи індексації поштового зв'язку України

		Цифри індексу		
1	2	3	4	5
Обласний центр	Відділення зв'язку			
	Вузол сортування	Відділення зв'язку		
	Вузол сортування	Вузол доставляння	Відділення зв'язку	
Область	Місто або районний центр	Відділення зв'язку		
		Вузол доставляння	Відділення зв'язку	

Перша та друга цифри індексу зазначають обласний центр або територію області.

Передбачено три варіанти використання третьої, четвертої та п'ятої цифр індексу при індексації обласних центрів.

У першому варіанті ці цифри індексу зазначають номер одного з тисячі можливих відділень зв'язку.

У другому варіанті третя цифра індексу зазначає номер одного з десяти можливих вузлів сортування, а четверта і п'ята – номер одного зі ста можливих відділень зв'язку, що обслуговуються зазначеним вузлом.

У третьому варіанті третя цифра зазначає номер одного з десяти можливих вузлів сортування, четверта – номер одного з десяти можливих вузлів доставляння, що обслуговуються зазначеним вузлом сортування, а п'ята – номер одного з десяти можливих відділень зв'язку, що обслуговуються зазначеним вузлом доставляння.

При індексації областей третя цифра індексу зазначає номер міста обласного підпорядкування або районного центру області.

Передбачено два варіанти використання четвертої та п'ятої цифр індексу при індексації областей.

У першому варіанті ці цифри індексу зазначають номер одного зі ста можливих відділень зв'язку міста або району.

У другому варіанті четверта цифра індексу зазначає номер одного з десяти можливих вузлів доставляння міста або територіальних об'єднань відділень зв'язку, а п'ята – номер одного з десяти можливих відділень зв'язку, що обслуговуються зазначеним вузлом доставляння або входять у зазначене об'єднання відділень зв'язку.

7.4. Розподіл індексів між адміністративними утвореннями України

Як адміністративні утворення України виступають Автономна республіка Крим, 24 області, міста Київ і Севастополь. За формальними ознаками до адміністративних утворень України віднесене також м. Кривий Ріг Дніпропетровської області.

Кількість індексів, що виділяються адміністративним утворенням України, залежить від кількості міст республіканського АР Крим або обласного підпорядкування і районів, що до них входять.

Для індексації об'єктів поштового зв'язку Києва з урахуванням його особливого статусу як столиці України виділено шість значень двох перших цифр індексу, що дозволяє направляти письмову кореспонденцію на вузли сортування Києва при здійсненні вихідного сортування в об'єктах поштового зв'язку по двох перших цифрах індексу.

Розподіл двозначних індексів між адміністративними утвореннями України наведений у табл. 103.

Таблиця 103 – Розподіл двозначних індексів між адміністративними утвореннями України

№ пп.	Адміністративні утворення України	Значення першої та другої цифр індексу
1	Київ, місто	01, 02, 03, 04, 05, 06
2	Київська область	07, 08, 09
3	Житомирська область	10, 11, 12, 13
4	Чернігівська область	14, 15, 16, 17
5	Черкаська область	18, 19, 20
6	Вінницька область	21, 22, 23, 24
7	Кіровоградська область	25, 26, 27, 28
8	Хмельницька область	29, 30, 31, 32
9	Рівненська область	33, 34, 35
10	Полтавська область	36, 37, 38, 39
11	Сумська область	40, 41, 42
12	Волинська область	43, 44, 45
13	Тернопільська область	46, 47, 48
14	Дніпропетровська область	49, 50, 51, 52, 53
15	Миколаївська область	54, 55, 56, 57
16	Чернівецька область	58, 59, 60
17	Харківська область	61, 62, 63, 64
18	Одеська область	65, 66, 67, 68
19	Запорізька область	69, 70, 71, 72
20	Херсонська область	73, 74, 75
21	Івано-Франківська область	76, 77, 78
22	Львівська область	79, 80, 81, 82
23	Донецька область	83, 84, 85, 86, 87
24	Закарпатська область	88, 89, 90
25	Луганська область	91, 92, 93, 94
26	Автономна республіка Крим	95, 96, 97, 98
27	Севастополь, місто	99

Приклади індексації об'єктів поштового зв'язку:

49000 – м. Дніпропетровськ, поштамт;

49037 – м. Дніпропетровськ, 37-ме міське відділення зв'язку;

50000 – Дніпропетровська область, м. Кривий Ріг, поштамт;

51400 – Дніпропетровська область, Павлоградський район, районний вузол зв'язку;

51491 – Дніпропетровська область, Павлоградський район, сільське відділення зв'язку Троїцьке;

51472 – Дніпропетровська область, Павлоградський район, населений пункт Лиманське;

53400 – Дніпропетровська область, м. Марганець, міський вузол зв'язку;

53412 – Дніпропетровська область, м. Марганець, 12-те міське відділення зв'язку.

7.5. Особливості поштової індексації України

Як видно зі структури індексу, при сортуванні за двома першими цифрами напрямками сортування виступають адміністративні утворення України.

Принциповою відзнакою сортування за двома першими цифрами індексу (п'ятизначна індексація України) від сортування за трьома першими цифрами індексу (шестизначна індексація колишнього СРСР) є те, що в першому випадку значення двох перших цифр індексу *безпосередньо збігаються з номером напрямку сортування*, а в другому – *тільки визначають його*, тобто вимагають перетворення цифр індексу в номер напрямку сортування.

Як свідчить практика, сортування за двома першими цифрами індексу виконується простіше і швидше, ніж сортування за адресами, тому і при ручному сортуванні доцільне сортування за індексами. Якщо при ручному сортуванні сортувальна шафа містить 10 x 10 кліток, то дві перші цифри індексу відповідають номеру рядка і номеру колонки цієї шафи, наприклад, індексам 49000 – 49999 (м. Дніпропетровськ) відповідає клітка шафи, що лежить на перетині 4-го рядка і 9-ї колонки. Внаслідок цього при сортуванні за двома першими цифрами індексу взагалі не потрібне знання напрямків сортування і його може здійснювати сортувальник середньої кваліфікації.

П'ятизначна індексація поштового зв'язку України, введена з 1999р., має багаторазовий розподілений резерв індексів, що забезпечує їй тривале існування.

Перехід від шестизначної індексації об'єктів поштового зв'язку колишнього СРСР до п'ятизначної індексації об'єктів поштового зв'язку України не викликав будь-скільки помітних ускладнень, оскільки до цього часу автоматизоване сортування письмової кореспонденції в Україні виявилось економічно недоцільним внаслідок багаторазового падіння обсягів потоків письмової кореспонденції, а ручне сортування письмової кореспонденції за шестизначними індексами, як вже відзначалося, взагалі ніколи не провадилося.

Контрольні питання

1. Для чого потрібна поштова індексація?
2. Охарактеризуйте основні недоліки системи поштової індексації колишнього СРСР.
3. Охарактеризуйте основні вимоги до системи поштової індексації України.
4. Охарактеризуйте принципи побудови системи поштової індексації України.
5. Охарактеризуйте можливі варіанти використання третьої, четвертої та п'ятої цифр індексу при індексації обласних центрів і областей України.
6. Наведіть оцінку існуючого резерву індексів системи поштової індексації України.

7. Охарактеризуйте принцип розподілу поштових індексів між адміністративними утвореннями України.

8. Поясніть, чому сортування поштових одиниць за першою та другою цифрами п'ятизначних поштових індексів виконується простіше й швидше, ніж за їхніми адресами?

Список рекомендованої літератури

1. Ящук Л.Е. Почтовая индексация Украины // Почтовая связь. Техника и технологии. – М.: Агентство ИРИАС, 2001. – № 12. – С. 21-23.

2. Ящук Л.Е. Почта Украины: три индексации // Почтовая связь. Техника и технологии. – М.: Агентство ИРИАС, 2006. – № 9. – С. 19-24.

3. Довідник з поштової індексації населених пунктів України: на 1 червня 2003 року / В.М. Бойчук, Д.Г. Ларін, Ю.О. Парамонов, Л.О. Ящук. За ред. д-ра техн. наук Л.О. Ящука. – К.: Державний комітет зв'язку України. –2003. – Т.1. – 298 с.; Т.2. – 344 с.

Навчальний посібник

**КРІЛЬ Сергій Сергійович,
ЯЩУК Леонід Омелянович**

МЕРЕЖІ ТА СИСТЕМИ ПОШТОВОГО ЗВ'ЯЗКУ

за ред. Л.О. Ящука

Навчальне видання

Редактор

Кодрул Л.А.

Комп'ютерне верстання
та макетування

Корнійчук Є.С.