

УДК 656.8.001

Л. К. БУГЕДА, аспірантка; Л. О. ЯЩУК, д-р техн. наук, професор,
Одеська національна академія зв'язку ім. О. С. Попова

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КОНТЕЙНЕРНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ПОСИЛОК КІЛЬЦЕВИМИ ПОШТОВИМИ МАРШРУТАМИ

Розглянуто питання скорочення вартості контейнерних перевезень посилок кільцевими поштовими маршрутами за рахунок мінімізації показника тонно-кілометри та кількості використовуваних контейнеровозів.

Ключові слова: поштові посилки; поштові контейнери; КПМ; показники ТКМ; центральний транзитний вузол; часові діаграми проходження КПМ.

Загальні положення

До головних переваг використання кільцевих поштових маршрутів (КПМ) для контейнерних перевезень посилок між вузлами мережі поштового зв'язку (МПЗ), обґрунтованих в [1], належать такі:

- уникнення необхідності перевантаження контейнерів із посилками при їх перевезеннях у межах одного кільця і достатність лише одного перевантаження контейнерів із посилками при їх перевезеннях у межах різних кілець;
- перевезення контейнерів із посилками *окремими поштовими маршрутами*, що цілком відповідає сучасній ситуації, коли стрімке зростання обсягів посилок відбувається на тлі стагнації або падіння обсягів інших поштових одиниць;
- застосування для контейнерних перевезень посилок контейнеровозів великої вантажопідйомності, а отже, зниження вартості перевезення однієї тонни посилок;
- повне суміщення в часі оброблення посилок у вузлах МПЗ із контейнерними перевезеннями посилок КПМ.

У [1] також зазначено, що основними недоліками контейнерних перевезень посилок КПМ є істотне зростання показника тонно-кілометри (ТКМ), зумовлене зростанням кількості вузлів, включених до КПМ, і необхідність використання багатьох контейнеровозів великої вантажопідйомності для здійснення таких перевезень.

Вочевидь, для скорочення показника ТКМ необхідно зменшувати кількість вузлів, включених до КПМ, а отже, збільшувати кількість КПМ. Як впливає з викладеного далі, зростання кількості КПМ є також важливою передумовою скорочення кількості контейнеровозів, використовуваних для перевезення контейнерів із посилками.

Аналіз залежності показників ТКМ від кількості КПМ суттєво ускладнюється через те, що безпосереднє обмінювання контейнерів із посилками, які пересилаються різними КПМ, можливе лише в разі застосування одного, двох або трьох КПМ; коли ж ідеться про більшу кількість КПМ, безпосереднє обмінювання контейнерів із посилками між усіма КПМ неможливе, бо існують пари КПМ, що не мають спільних вузлів, через які таке обмінювання може здійснюватися.

Варіанти з'єднання між собою 24 вузлів МПЗ (обласні центри України) за допомогою одного, двох, трьох або чотирьох (два варіанти) КПМ наведено на рис. 1. Спільні вузли, через які здійснюється обмінювання контейнерів із посилками між різними КПМ, позначено темними кружечками. Хоча при з'єднанні вузлів МПЗ за допомогою чотирьох КПМ існує чотири (варіант 1) або п'ять (варіант 2) спільних вузлів, МПЗ, розташовані в межах кілець 1, 3 і 2, 4 (варіант 1) або 1, 3 (варіант 2), не мають спільних вузлів, а отже, не можуть здійснювати безпосереднього обмінювання контейнерів із посилками між собою.

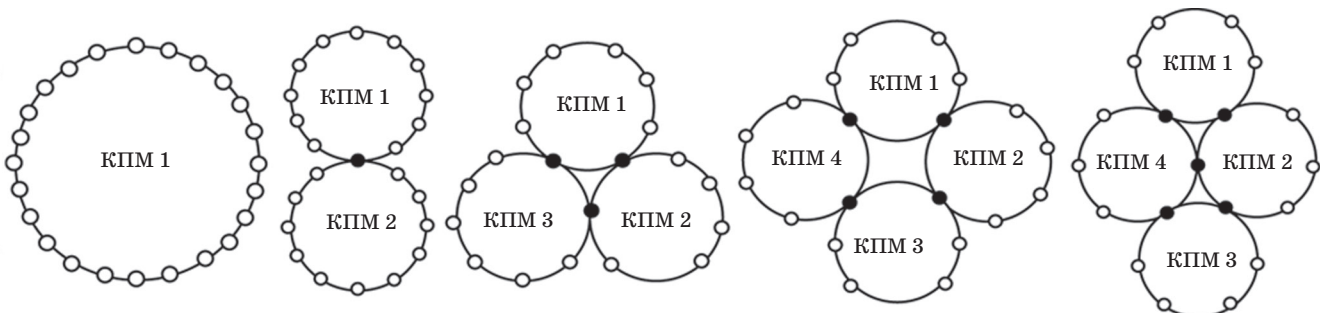


Рис. 1. Варіанти з'єднання 24 вузлів МПЗ за допомогою одного, двох, трьох або чотирьох КПМ

Щоб забезпечити можливість безпосереднього обмінювання контейнерів із посылками між вузлами МПЗ за наявності довільної кількості КПМ, доцільно з'єднати їх через центральний транзитний вузол (ЦТВ).

Хоча місцем розташування зазначеного ЦТВ природно було б обрати м. Київ, де зосереджено максимальні міжвузлові потоки посилок України, усе ж цьому протидіють такі фактори, як складнощі проїзду по Києву численних великовагових контейнеровозів, наявність автомобільних заторів на вулицях і мостах міста, неможливість маневрування і відстоювання цих контейнеровозів на майданчику Дирекції з оброблення і перевезення пошти УДППЗ «Укрпошта».

Насправді такий ЦТВ був би сенс створити поблизу м. Умань, розташованого практично в центрі України, де перетинаються головні автомобільні шляхи України Північ – Південь і Схід – Захід з повною транспортною розв'язкою. Існують чотири можливі місця розташування ЦТВ у північно-східному, південно-східному, південно-західному або північно-західному куті цієї розв'язки, причому для спрощення маневрування великовагових контейнеровозів в'їзд до ЦТВ має розміщуватися після шляхопроводу, а виїзд із ЦТВ — до нього.

Для спрощення подальших розрахунків будемо вважати, що ЦТВ не має власного навантаження.

Принцип з'єднання 24 вузлів МПЗ за допомогою k КПМ, $k = 1, 2, 3, 4, 5$, через ЦТВ унаочнює рис. 2.

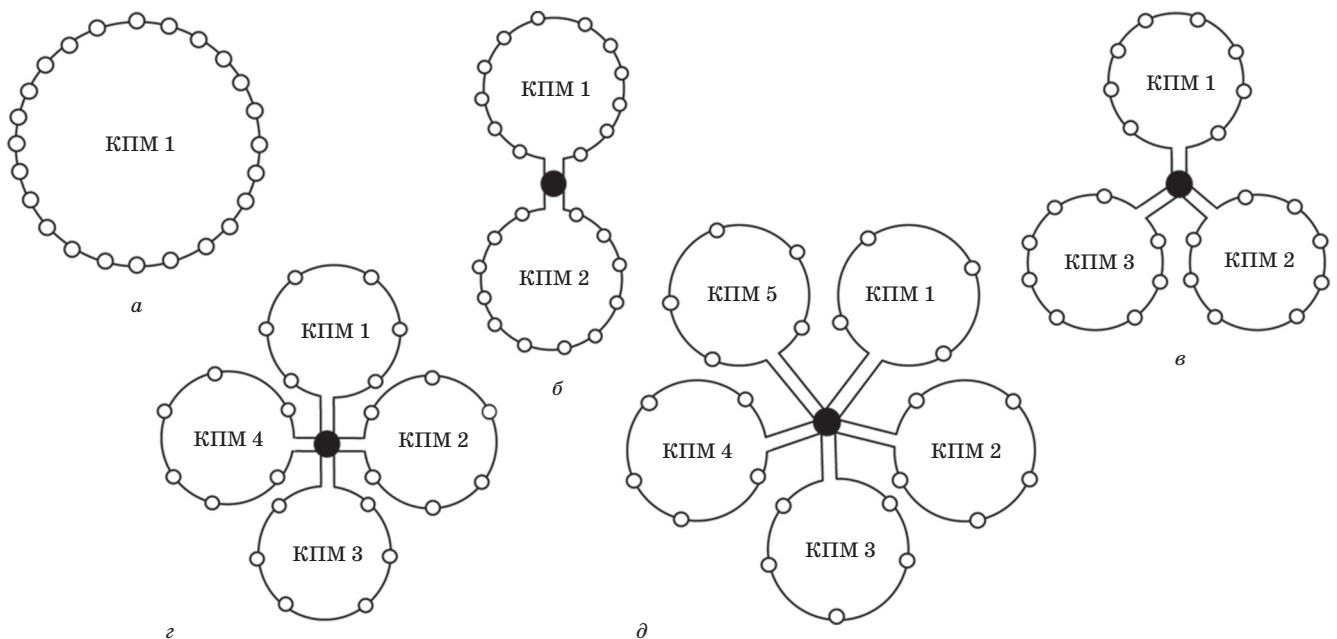


Рис. 2. Ілюстрація принципу з'єднання 24 вузлів МПЗ за допомогою $k = 1, 2, 3, 4, 5$ КПМ через ЦТВ — зображення відповідно а–д

Надалі для спрощення розрахунків, вирівнювання середньої протяжності КПМ та їхнього середнього навантаження будемо прагнути до вирівнювання кількості вузлів у кожному КПМ, тобто до рівномірного розподілу вузлів за КПМ.

Легко довести, що для довільних значень кількості n вузлів МПЗ і кількості k груп вузлів МПЗ завжди можливий такий розподіл вузлів МПЗ за КПМ, згідно з яким кількості вузлів, що включаються до одного КПМ, збігаються або відрізняються не більш ніж на одиницю.

Таке твердження ґрунтується на тому, що при розбитті n вузлів на k груп

$$n = k \left[\frac{n}{k} \right] + r,$$

де $\left[\frac{n}{k} \right]$ — ціла частина числа $\left[\frac{n}{k} \right]$; r — остача від ділення числа n на число k .

Завдяки цьому завжди може бути створено $k-r$ груп, по $\left[\frac{n}{k} \right]$ вузлів у кожній, і r груп по $\left[\frac{n}{k} \right] + 1$ вузлів.

$$\text{Перевірка: } (k-r) \left[\frac{n}{k} \right] + r \left(\left[\frac{n}{k} \right] + 1 \right) = k \left[\frac{n}{k} \right] - r \left[\frac{n}{k} \right] + r \left[\frac{n}{k} \right] + r = n.$$

Розподіл вузлів МПЗ по групах при $n = 24$ для кожного зі значень $k = 1, 2, \dots, 24$ наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Групування вузлів МПЗ при $n = 24; k = 1, 2, \dots, 24$

Кількість КПМ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Розподіл вузлів МПЗ по групах	1×24	2×12	3×8	4×6	$4 \times 5, 1 \times 4$	6×4	$3 \times 4, 4 \times 3$	8×3	$6 \times 3, 3 \times 2$	$4 \times 3, 6 \times 2$	$2 \times 3, 9 \times 2$	12×2
Кількість КПМ	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Розподіл вузлів МПЗ по групах	$11 \times 2, 2 \times 1$	$10 \times 2, 4 \times 1$	$9 \times 2, 6 \times 1$	$8 \times 2, 8 \times 1$	$7 \times 2, 10 \times 1$	$6 \times 2, 12 \times 1$	$5 \times 2, 14 \times 1$	$4 \times 2, 16 \times 1$	$3 \times 2, 18 \times 1$	$2 \times 2, 20 \times 1$	$1 \times 2, 22 \times 1$	24×1

Розрахунок значень показників ТКМ

При розрахунку значень показників ТКМ вважатимемо, що відстані між сусідніми вузлами КПМ (включаючи відстані між ЦТВ і безпосередньо з'єднаними з ним вузлами КПМ), як і значення міжвузлових потоків посилок дорівнюють одиниці.

Виконаємо, наприклад, розрахунки значень показників ТКМ для $n = 24; k = 4$ при застосуванні для контейнерних перевезень посилок одно- або двосторонніх КПМ, скориставшись схемою, наведеною на рис. 3, де позначено номери КПМ і номери вузлів МПЗ.

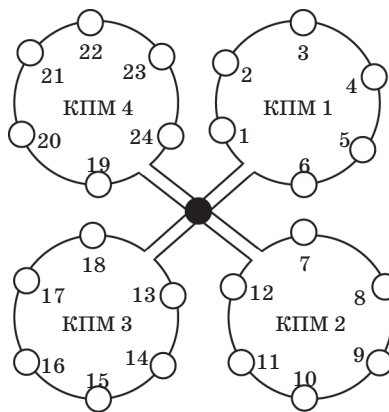


Рис. 3. Схема КПМ при $n = 24; k = 4$

Отже, маємо чотири односторонні або вісім двосторонніх КПМ: чотири прямі (П), чотири зворотні (З):

Односторонні КПМ

КПМ 1: 0-1-2-3-4-5-6-0

КПМ 2: 0-7-8-9-10-11-12-0

КПМ 3: 0-13-14-15-16-17-18-0

КПМ 4: 0-19-20-21-22-23-24-0

Двосторонні КПМ

КПМ П1: 0-1-2-3-4-5-6-0

КПМ З1: 0-6-5-4-3-2-1-0

КПМ П2: 0-7-8-9-10-11-12-0

КПМ З2: 0-12-11-10-9-8-7-0

КПМ П3: 0-13-14-15-16-17-18-0

КПМ З3: 0-18-17-16-15-14-13-0

КПМ П4: 0-19-20-21-22-23-24-0

КПМ З4: 0-24-23-22-21-20-19-0

Розрахунок ТКМ при застосуванні для контейнерних перевезень посилок односторонніх КПМ

Внутрішні потоки між вузлами КПМ 1:

$ТКМ_{12} = 1, ТКМ_{13} = 2, ТКМ_{14} = 3, ТКМ_{15} = 4, ТКМ_{16} = 5$. Сума ТКМ: 15;

$ТКМ_{21} = 6, ТКМ_{23} = 1, ТКМ_{24} = 2, ТКМ_{25} = 3, ТКМ_{26} = 4$. Сума ТКМ: 16;

$ТКМ_{31} = 5, ТКМ_{32} = 6, ТКМ_{34} = 1, ТКМ_{35} = 2, ТКМ_{36} = 3$. Сума ТКМ: 17;

$ТКМ_{41} = 4, ТКМ_{42} = 5, ТКМ_{43} = 6, ТКМ_{45} = 1, ТКМ_{46} = 2$. Сума ТКМ: 18;

$ТКМ_{51} = 3, ТКМ_{52} = 4, ТКМ_{53} = 5, ТКМ_{54} = 6, ТКМ_{56} = 1$. Сума ТКМ: 19;

$ТКМ_{61} = 2, ТКМ_{62} = 3, ТКМ_{63} = 4, ТКМ_{64} = 5, ТКМ_{65} = 6$. Сума ТКМ: 20.

Сума всіх внутрішніх ТКМ: 105.

Сума ТКМ зовнішніх потоків між вузлами КПМ 1 і вузлами КПМ 2, 3, 4:

$$(1 + 2 + \dots + 6)18 \cdot 2 = 756.$$

Сума ТКМ внутрішніх і зовнішніх потоків КПМ 1: $105 + 756 = 861$.

Сума внутрішніх і зовнішніх потоків усіх КПМ: $861 \cdot 4 = 3444$.

Розрахунок ТКМ у разі застосування для контейнерних перевезень посилок двосторонніх КПМ

Внутрішні потоки між вузлами КПМ 1:

$TKM_{12} = 1, TKM_{13} = 2, TKM_{14} = 3, TKM_{15} = 3, TKM_{16} = 2$. Сума ТКМ: **11**;

$TKM_{21} = 1, TKM_{23} = 1, TKM_{24} = 2, TKM_{25} = 3, TKM_{26} = 3$. Сума ТКМ: **10**;

$TKM_{31} = 2, TKM_{32} = 1, TKM_{34} = 1, TKM_{35} = 2, TKM_{36} = 3$. Сума ТКМ: **9**;

$TKM_{41} = 3, TKM_{42} = 2, TKM_{43} = 1, TKM_{45} = 1, TKM_{46} = 2$. Сума ТКМ: **9**;

$TKM_{51} = 3, TKM_{52} = 3, TKM_{53} = 2, TKM_{54} = 1, TKM_{56} = 1$. Сума ТКМ: **10**;

$TKM_{61} = 2, TKM_{62} = 3, TKM_{63} = 3, TKM_{64} = 2, TKM_{65} = 1$. Сума ТКМ: **11**.

Сума всіх внутрішніх ТКМ: **60**.

Зовнішні потоки між вузлами КПМ 1 і вузлами КПМ 2, 3, 4:

$$(1 + 2 + 3 + 3 + 2 + 1)18 \cdot 2 = 432.$$

Сума ТКМ внутрішніх і зовнішніх потоків КПМ 1: $60 + 432 = 492$.

Сума ТКМ внутрішніх і зовнішніх потоків усіх КПМ: $492 \cdot 4 = 1968$.

Виконавши аналогічні розрахунки для $n = 24, k = 1, 2, \dots, 24$, дістанемо значення показників ТКМ, наведені в табл. 2.

Значення показників ТКМ для $n = 24; k = 1, 2, \dots, 24$

Таблиця 2

Кількість КПМ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Односторонні ТКМ	6624	5460	4212	3444	2950	2580	2346	2112	1989	1866	1743	1620
Двосторонні ТКМ	3456	2940	2340	1968	1770	1548	1478	1408	1326	1244	1162	1080

Кількість КПМ	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Односторонні ТКМ	1577	1534	1491	1448	1405	1362	1319	1276	1233	1190	1147	1104
Двосторонні ТКМ	1082	1084	1086	1088	1090	1092	1094	1096	1098	1100	1102	1104

Гістограми залежності значень ТКМ від кількості k КПМ згідно з даними табл. 2 наведено на рис. 4.

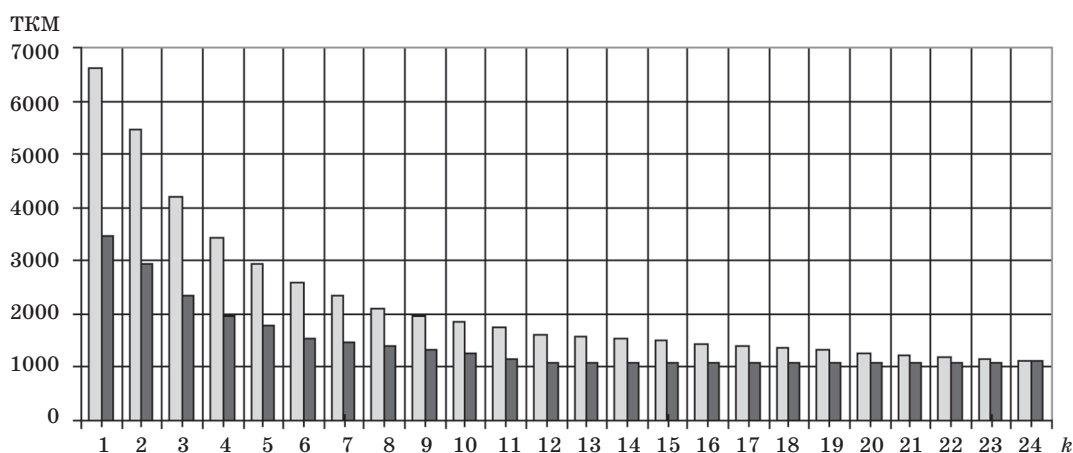


Рис. 4. Гістограми залежності значень ТКМ від значень k для односторонніх (сірі стовпчики) і двосторонніх (чорні стовпчики) КПМ

Із табл. 2 і рис. 4 випливає:

- гістограми залежності значень ТКМ від значень k містять по дві ділянки і мають вигляд, близький до обернено пропорційної залежності, на ділянці $1 \leq k \leq 12$ і вигляд лінійної залежності, тобто прямої лінії, на ділянці $12 \leq k \leq 24$. При цьому зазначена пряма повільно спадає в разі застосування для контейнерних перевезень посилок односторонніх КПМ і повільно зростає, коли для цих перевезень застосовуються двосторонні КПМ;

- зі зростанням k ТКМ односторонніх КППМ зменшується з 6624 при $k = 1$ до 1104 при $k = 24$, тобто, в 6 разів;
- зі зростанням k значення ТКМ двосторонніх КППМ зменшується з 3156 при $k = 1$ до 1080 при $k = 12$, тобто в 3,2 раза, і зростає з 1080 при $k = 12$ до 1104 при $k = 24$, тобто в 1,02 раза;
- зі зростанням k різниця між значеннями ТКМ для одно- і двосторонніх КППМ зменшується, а через це застосування двосторонніх КППМ при $k > 12$ втрачає сенс.

Синхронізація оброблення і перевезення посилок

З огляду на те, що оброблення посилок у вузлах МПЗ повністю збігається в часі з проходженням КППМ, постає низка завдань щодо синхронізації оброблення посилок при їх контейнерних перевезеннях КППМ:

- синхронізація обмінювання контейнерів із посылками, що перевозяться КППМ, у ЦТВ;
- рівномірне завантаження ЦТВ у процесі обмінювання контейнерів із посылками;
- виведення контейнеровозів із КППМ на технічне обслуговування (ТО);
- виконання установлених нормативних строків пересилання посилок.

Як показують розрахунки, протяжність усіх КППМ в Україні незалежно від того, у Києві чи в Умані розташовано ЦТВ, не перевищує 1800 км, а отже для їх проходження із середньою швидкістю 50 км/год достатньо 36 год. На обмінювання контейнерів із посылками у вузлах МПЗ і короткий відпочинок водіїв (з урахуванням заздалегідь передбачених резервів часу проходження КППМ) потрібно ще близько 12 год. Отже, повний час проходження КППМ становить 48 год.

Залежно від взаємного розташування контейнеровозів на КППМ можливі різні варіанти їх надходження до ЦТВ, зокрема:

- по чотири контейнеровози одночасно протягом кожних 24 год;
- по два контейнеровози одночасно протягом кожних 12 год;
- по одному контейнеровозу протягом кожних 6 год.

Цим самим уможлиблюється мінімізація витрат на обмінювання контейнерів із посылками в ЦТВ.

Схеми розташування восьми контейнеровозів на чотирьох двосторонніх КППМ, коли цикл проходження КППМ, що становить 48 год, поділяється на дві фази по 24 год або на чотири фази по 12 год, наведено на рис. 5. Вважається, що ЦТВ розташований у верхній точці схеми КППМ. Контейнеровози прямих і зворотних КППМ та напрями їхнього руху позначені білими і чорними стрілками.

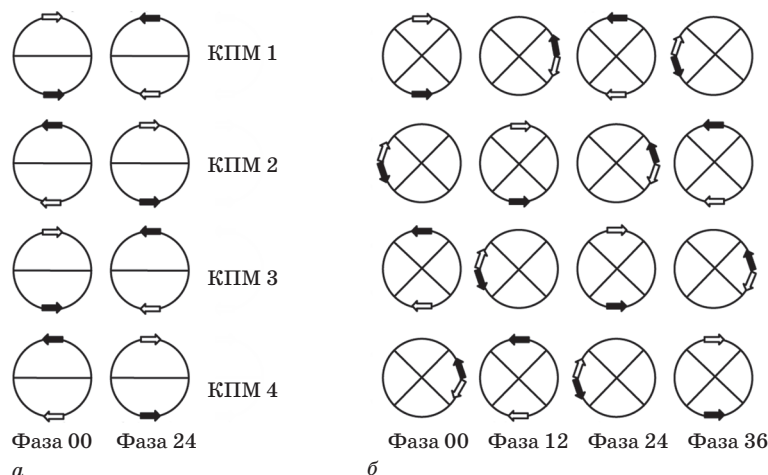


Рис. 5. Схеми розташування восьми контейнеровозів на чотирьох КППМ, що передбачають розбиття 48-годинного циклу проходження маршруту на дві фази по 24 год (а) або на чотири фази по 12 год (б)

Для виведення контейнеровозів із КППМ на ТО у ЦТВ мають бути резервні контейнеровози, що вже пройшли ТО.

Необхідна кількість резервних контейнеровозів визначається кількістю КППМ і співвідношенням часу проходження КППМ і часу, потрібного для виконання ТО.

Так, якщо час проходження КППМ дорівнює 48 год, а час, необхідний для виконання ТО — 24 год, то кількість резервних контейнеровозів, необхідних для забезпечення перевезень на одному КППМ (з урахуванням необхідності виведення самого резервного контейнеровоза на ТО після проходження КППМ), дорівнює одиниці. Тоді для забезпечення контейнерних перевезень посилок (наприклад, за схемою, наведеною на рис. 3), знадобиться чотири резервні контейнеровози, тобто по одному на кожний КППМ.

Зауважимо, що поділ контейнеровозів на основні і резервні досить умовний, оскільки як основні, так і резервні контейнеровози на кожному КПП рухаються і проходять ТО за єдиними графіками, тобто після проходження ТО основні контейнеровози виступають як резервні, а резервні — як основні.

Згідно зі схемою, поданою на рис. 5, розглянемо два варіанти часових діаграм проходження чотирьох двосторонніх КПП і ТО (рис. 6).

Жирними лініями виділено час проходження КПП і час проходження ТО, а стрілками — переходи між проходженням КПП і проходженням ТО. Літерами П, З і К позначено відповідно прямі КПП, зворотні КПП і контейнеровози.

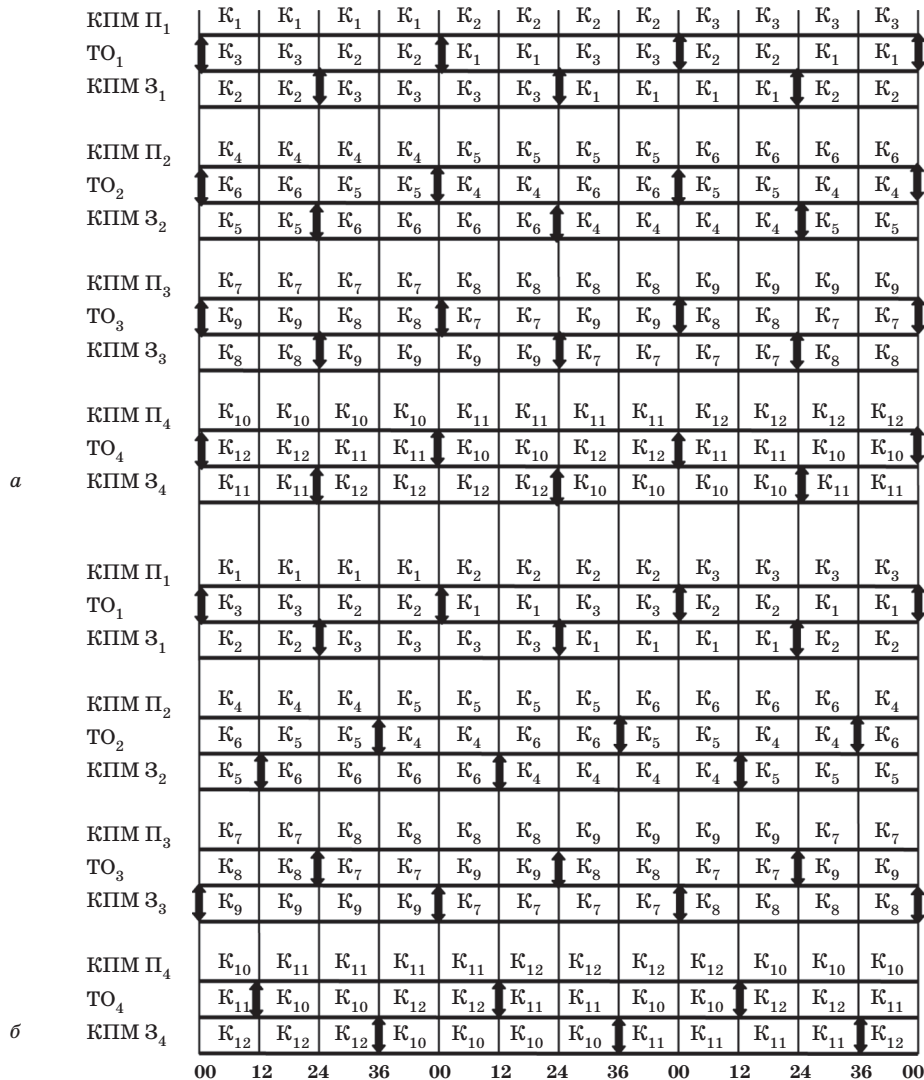


Рис. 6. Часові діаграми проходження КПП і ТО за умов поділу 48-годинного циклу проходження КПП на дві фази по 24 год (зображення а) або на чотири фази по 12 год (зображення б)

Як випливає з рис. 6, у варіанті а на обмінювання контейнерів із посилками одночасно надходять по чотири контейнеровози протягом кожних 24 год, а у варіанті б — по два контейнеровози протягом кожних 12 год. Із рис. 6 також випливає, що після проходження ТО прямий КПП стає зворотним, а зворотний — прямим.

Організація обмінювання контейнерів із посилками у ЦТВ

Можливі два варіанти організації обмінювання контейнерів із посилками у ЦТВ.

За першим варіантом для обмінювання контейнерів із посилками, що надходять до ЦТВ з кожним КПП, заздалегідь виділяються певні проміжки часу, наприклад для кожного з восьми КПП схеми рис. 5 — по 6 год, усього 48 год.

За другим варіантом обмінювання контейнерів із посилками, що надходять до ЦТВ із черговим КПП, відбувається після закінчення обмінювання контейнерів із посилками, що надійшли до ЦТВ із попереднім КПП, а отже, можливі зсуви часу початку обмінювання контейнерів із посилками відносно часу надходження чергового КПП у ЦТВ.

Перевагою обмінювання контейнерів із посылками за першим варіантом є можливість більш чіткого планування роботи сортувальників або сортувальних машин, зокрема кількості змін і кількості сортувальників у кожній зміні за умов більш-менш однакових обсягів посилок, що надходять до ЦТВ із різними КППМ.

Перевагою обмінювання контейнерів із посылками за другим варіантом є більш ефективна робота сортувальників або сортувальних машин за умов різних обсягів посилок, що надходять до ЦТВ із різними КППМ.

З огляду на існування численних факторів, що впливають на обсяги посилок, спинимось на другому, більш адаптованому до змін потоків поштових посилок варіанті обмінювання контейнерів із посылками у ЦТВ.

Можливу схему механізованого обмінювання контейнерів із посылками, що надходять до ЦТВ згідно з рис. 5, наведено на рис. 7.

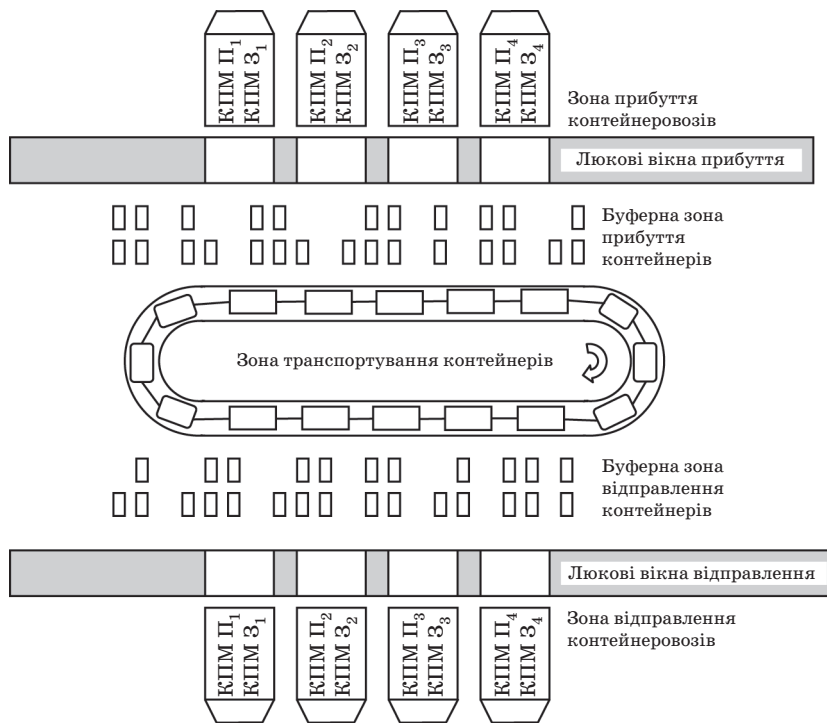


Рис. 7. Можлива схема механізованого обмінювання контейнерів із посылками відповідно до рис. 5

Механізоване обмінювання контейнерів із посылками у ЦТВ спирається на використання кільцевого конвеєра для транспортування контейнерів із посылками, виконаного, наприклад, у вигляді зчеплених між собою і відкритих із зовнішнього боку візків, що рухаються по рейках з відносно невеликою швидкістю у безперервному або старт-стопному режимі.

Колія, по якій рухаються візки, має бути заглиблена відносно підлоги ЦТВ або підлога ЦТВ піднята відносно цієї колії так, щоб днища візків перебували на рівні поверхні підлоги ЦТВ, завдяки чому контейнери можуть безперешкодно вкочуватися у візки і викочуватися з них.

Кожний візок призначено для транспортування одного контейнера. До кожного контейнера прикріплено скриньку з прозорої пластмаси, в яку при відправленні з вузла відправлення закладається картка з номером або назвою вузла призначення.

Контейнеровози, що прибувають до ЦТВ, підходять до закріплених за ними люкових вікон зони прибуття контейнеровозів, де всі контейнери, що з ними надійшли, через люкові вікна прибуття розвантажуються на виділені для них місця буферної зони прибуття контейнерів, після чого прибулі контейнеровози надходять на ТО.

Із буферної зони прибуття контейнерів контейнери, що туди надійшли, заковчуються в будь-які вільні візки кільцевого конвеєра.

Проходячи повз виділені для них місця буферної зони відправлення контейнерів, контейнери із відповідними номерами або назвами вузлів призначення викочуються з візків кільцевого конвеєра й установлюються на зазначені місця в порядку завантаження в контейнеровози в буферній зоні відправлення контейнерів, звідки через люкові вікна зони відправлення контейнеровозів завантажуються у відповідні контейнеровози і відправляються відповідними КППМ.

Нехай маємо чотири операційні вікна в зоні прибуття і чотири — в зоні відправлення контейнеровозів (див. рис. 7). Це відповідає проходженню КПП за схемою рис. 5, а і часовою діаграмою рис. 6, а. У такому разі за одним операційним вікном закріплюються прямі та зворотні КПП одного кільця, час надходження яких до ЦТВ відрізняється на 24 год.

При проходженні КПП за схемою рис. 5, б і часовою діаграмою рис. 6, б кількість операційних вікон може бути скорочена удвічі. При цьому за одним операційним вікном закріплюються два прямі і два зворотні КПП двох кілець, час надходження яких до ЦТВ відрізняється на 12 год.

Мінімізація кількості контейнеровозів для перевезення контейнерів із посилками

Одна з основних особливостей контейнерних перевезень посилок полягає в тому, що міжвузлові потоки посилок вимірюються не кількістю посилок, що пересилаються між ними, а кількістю g контейнерів, потрібних для їх перевезення. Аналогічно вантажопідйомності контейнеровозів вимірюються не тоннами, а кількістю G контейнерів, що їх вони здатні перевозити.

Кількість контейнеровозів, потрібних для перевезення контейнерів із посилками, визначається за двома критеріями: за критерієм забезпечення мінімального рівня функціонування КПП (кількість N_1 контейнеровозів) і за критерієм забезпечення перевезення необхідної кількості контейнерів із посилками (кількість N_2 контейнеровозів).

Очевидно, що фактична кількість контейнеровозів, потрібних для перевезення контейнерів із посилками у МПЗ,

$$N_{\text{МПЗ}} = \max(N_1, N_2).$$

Кількість N_1 контейнеровозів за умов використання двосторонніх КПП визначається необхідністю використання не менш як трьох контейнеровозів на кожному КПП (прямий, зворотний, резервний)

$$N_1 = 3k.$$

Зокрема, при $k_{\text{мін}} = 1$, $k_{\text{макс}} = 12$ маємо відповідно $N_{1\text{мін}} = 3$, $N_{1\text{макс}} = 36$.

Кількість N_2 контейнеровозів у разі використання двосторонніх КПП визначається з огляду на те, що МПЗ містить n вузлів, причому до кожного з них із решти вузлів надходить $g(n-1)$ контейнерів і з кожного вузла до решти вузлів відправляється $g(n-1)$ контейнерів.

За наявності k груп вузлів, на які розбивається n вузлів МПЗ, тобто за наявності k КПП, на один КПП припадає n/k вузлів або $n/2k$ пар вузлів, причому в одному з вузлів такої пари контейнеровоз розвантажується, а в іншому — завантажується.

Згідно зі співвідношенням значень G і g за умов використання двосторонніх КПП можливі три рівні міжвузлових потоків посилок:

- *низький*, коли $G \geq n(n-1)g/2k$, тобто вантажопідйомність одного контейнеровоза достатня для обслуговування всіх $n/2k$ пар вузлів, розташованих на одному КПП;
- *середній*, коли $(n-1)g \leq G < n(n-1)g/2k$, тобто вантажопідйомність одного контейнеровоза недостатня для обслуговування всіх $n/2k$ пар вузлів, розташованих на одному КПП, але достатня для обслуговування однієї пари таких вузлів;
- *високий*, коли $G < (n-1)g$, тобто вантажопідйомність одного контейнеровоза недостатня для обслуговування навіть однієї пари вузлів, розташованих на одному КПП.

Загальна кількість контейнеровозів на одному КПП (прямі, зворотні, резервні)

$$N_{\text{КПП}} = 3n(n-1)g/2kG,$$

а загальна кількість контейнеровозів у МПЗ

$$N_{\text{МПЗ}} = kN_{\text{КПП}} = 3n(n-1)g/2G.$$

Отже, при $n = 24$,

$$N_{\text{МПЗ}} = 828 g/G.$$

Значення кількості контейнеровозів, необхідних для перевезень контейнерів із посилками при $g = 1, 2, 3$ і $G = 23, 46, 69$, наведено в табл. 3.

Таблиця 3

Значення кількості контейнеровозів, необхідних для перевезень контейнерів із посилками при $n = 24$; $g = 1, 2, 3$; $G = 23, 46, 69$

G	g		
	1	2	3
23	36	72	108
46	3k	36	54
69	3k	3k	36

Зауважимо, що кількість $3k$ контейнеровозів, наведена в табл. 3, відповідає їхній мінімальній кількості, зумовленій необхідністю забезпечення мінімального рівня функціонування КПП.

Варто наголосити: зі зростанням значення g відповідно зменшується кількість пар вузлів КПП, в яких розвантажуються і завантажуються контейнери прямих і зворотних КПП, якими перевозяться міжкільцеві потоки посилок. Отже, раніше

чи пізніше виникає ситуація, коли розвантаження і завантаження контейнерів, що перевозяться одним контейнеровозом, здійснюється лише в одній парі вузлів КППМ, через які проходить зазначений контейнеровіз.

За таких умов для скорочення кількості контейнеровозів, потрібних для контейнерних перевезень посилок, доцільно поділити вузли, розташовані на КППМ, на кілька груп, наприклад на вузли, розташовані на малих, середніх і великих відстанях від ЦТВ (протяжності КППМ відповідно до 1000, 1500, 2000 км, а час проходження КППМ з урахуванням часу обмінювання контейнерів у вузлах КППМ і короткочасного відпочинку водіїв — відповідно до 24, 36, 48 год), і застосувати часові діаграми зі скороченим часом проходження відповідних КППМ.

Схеми проходження КППМ відповідно до рис. 3 за умов обслуговування одним КППМ однієї пари вузлів наведено на рис. 8.

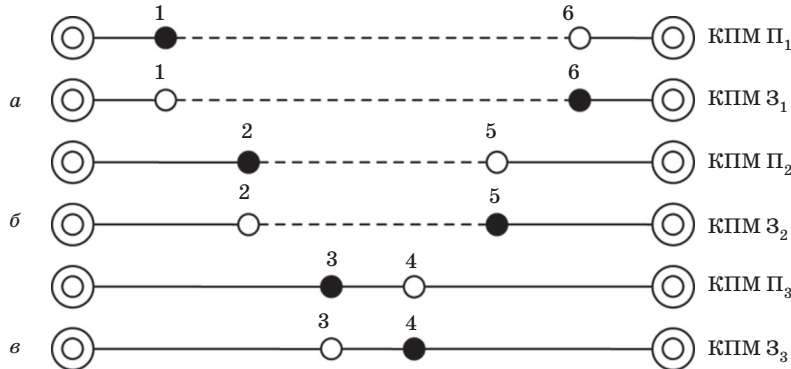


Рис. 8. Схеми проходження КППМ відповідно до рис. 3 за умов обслуговування одним КППМ однієї пари вузлів: *a* — проходження КППМ з обслуговуванням двох вузлів, розташованих на малих відстанях від ЦТВ; *b* — проходження КППМ з обслуговуванням двох вузлів, розташованих на середніх відстанях від ЦТВ; *c* — проходження КППМ з обслуговуванням двох вузлів, розташованих на великих відстанях від ЦТВ. Чорними кружечками позначено вузли, в яких виконується розвантаження контейнерів, білими — завантаження контейнерів, подвійними — ЦТВ

Можливі варіанти часових діаграм проходження КППМ відповідно до рис. 8 подано на рис. 9.

КППМ П ₁ З ₁	К ₁ П ₁		К ₁ З ₁		К ₂ П ₁		К ₂ З ₁		К ₃ П ₁		К ₃ З ₁	
ТО	К ₃	К ₃	К ₂	К ₂	К ₁	К ₁	К ₃	К ₃	К ₂	К ₂	К ₁	К ₁
КППМ З ₁ П ₁	К ₂ З ₂		К ₃ П ₂		К ₃ З ₂		К ₁ П ₂		К ₁ З ₂		К ₂ П ₂	
КППМ П ₂	К ₄	К ₄	К ₄	ТО	К ₄	К ₄	К ₄	ТО	К ₄	К ₄	К ₄	ТО
КППМ З ₂	К ₅	К ₅	ТО	К ₅	К ₅	К ₅	ТО	К ₅	К ₅	К ₅	ТО	К ₅
КППМ П ₃	К ₆	К ₆	К ₆	К ₆	К ₇	К ₇	К ₇	К ₇	К ₈	К ₈	К ₈	К ₈
ТО	К ₈	К ₈	К ₇	К ₇	К ₆	К ₆	К ₈	К ₈	К ₇	К ₇	К ₆	К ₆
КППМ З ₃	К ₇	К ₇	К ₈	К ₈	К ₈	К ₈	К ₆	К ₆	К ₆	К ₆	К ₇	К ₇
	00	12	24	36	00	12	24	36	00	12	24	36

Рис. 9. Можливі варіанти часових діаграм проходження КППМ відповідно до рис. 8: *a* — час проходження КППМ П — 24 год, КППМ З — 24 год; можливість проведення ТО контейнеровозів двох КППМ у циклі 48 год; *b* — час проходження КППМ П — 36 год, ТО — 12 год, КППМ З — 36 год, ТО — 12 год; можливість проведення ТО контейнеровозів чотирьох КППМ у циклі 48 год; *c* — час проходження КППМ П — 48 год, ТО — 24 год, КППМ З — 48 год, ТО — 24 год; можливість проведення ТО контейнеровозів двох КППМ у циклі 48 год

У будь-якому варіанті кількість N контейнеровозів, потрібних для перевезення контейнерів із послідовними, визначається відношенням сумарного часу $T_{\text{КППМ П}}$ проходження прямого КППМ, часу $T_{\text{КППМ З}}$ проходження зворотного КППМ і часу $T_{\text{ТО}}$ технічного обслуговування до встановленого нормативного часу $T_{\text{норм}}$ проходження КППМ:

$$N = (T_{\text{КППМ П}} + T_{\text{КППМ З}} + T_{\text{ТО}}) / T_{\text{норм}}$$

Наприклад, для часових діаграм, поданих на рис. 9, *a*, *b*, *c*, маємо відповідно

$$N_a = (24 + 24 + 24) / 48 = 1,5;$$

$$N_b = (36 + 36 + 12 + 12) / 48 = 2,0;$$

$$N_c = (48 + 48 + 24 + 24) / 48 = 3,0.$$

Зауважимо, що значення $N_a = 1,5$ відповідає потребі в трьох контейнеровозах для обслуговування двох КППМ.

Таким чином, порівняно з варіантом *в*, котрий слід розглядати як базовий, кількість контейнеровозів, потрібних для перевезень контейнерів із посылками, за варіантами *а* і *б* скорочується відповідно в 2,0 і 1,5 раза.

Висновки

1. Для з'єднання КПМ між собою доцільно створити ЦТВ, розташований поблизу м. Умань, де перетинаються основні автомобільні шляхи України Північ — Південь і Схід — Захід.
2. Застосування КПМ, з'єднаних через ЦТВ, дозволяє суттєво зменшити сумарний показник ТКМ і кількість контейнеровозів для перевезень контейнерів із посылками, а разом із цим і витрати на перевезення посилок, що має надзвичайно велике значення з огляду на стрімке зростання їхніх обсягів.
3. Раціональне взаємне розташування контейнеровозів на КПМ дозволяє розподілити в часі обмінювання контейнерів із посылками в ЦТВ за бажаним графіком.
4. Упровадження кільцевого конвеєра для транспортування контейнерів із посылками в ЦТВ дає змогу значною мірою механізувати виробничий процес обмінювання цих контейнерів.
5. Зі зростанням міжвузлових потоків посилок стає доцільним розбиття вузлів МПЗ на групи, розташовані на КПМ малої, середньої та великої протяжності, а також упровадження скорочених часових діаграм проходження відповідних КПМ.

Література

1. Ящук, Л. О. Оптимізація пересилання поштових посилок в Україні / Л. О. Ящук // Зв'язок.— 2013.— № 5.— С. 30–40.

Л. К. Бугеда, Л. Е. Ящук

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОНТЕЙНЕРНЫХ ПЕРЕВОЗОК ПОСЫЛОК КОЛЬЦЕВЫМИ ПОЧТОВЫМИ МАРШРУТАМИ

Рассмотрены вопросы сокращения стоимости контейнерных перевозок посылок кольцевыми почтовыми маршрутами за счет минимизации показателя тонно-километры и количества используемых контейнеровозов.

Ключевые слова: почтовые посылки; почтовые контейнеры; КПМ; показатели ТКМ; центральный транзитный узел; временные диаграммы прохождения КПМ.

L. K. Bougeda, L. O. Yaschuk

INCREASING OF EFFICIENCY OF PARCELS CONTAINER TRANSPORTING ACROSS CERCULAR POSTAL ROUTS

It's shown that the value of parcels transporting across cercular postal routs can to short if reduce to minimum the indicator tonna-kilometers and namber of container locomotives.

Keywords: postal parcels; postal container; cercular postal routs (CPR); tonna-kilometers indicators; central transit junction; passing CPR time diagrams.

УДК 629.7.083

И. В. МУНШТУКОВ, А. Л. ПУЗЫРЕВ, В. В. УШАКОВ,

Кировоградская летная академия Национального авиационного университета

Возможности применения инфракрасной эходефектоскопии для контроля элементов конструкции планера самолета в условиях эксплуатации

Показано, что в условиях эксплуатационных предприятий применение существующих методов диагностики для контроля элементов конструкции планера самолета, изготовленных из полимерных композиционных материалов, не всегда эффективно. Для такого контроля предлагается использовать метод инфракрасной эходефектоскопии. Представлены принципиальная схема и устройство, собранное на ее основе. Работоспособность данного метода подтверждена принципиальной возможностью диагностирования повреждений стеклопластиков с его применением.

Ключевые слова: композиционные материалы; инфракрасное излучение; эходефектоскопия.

Постановка задачи

Полимерные композиционные материалы (ПКМ), в частности стеклопластики, все более широко применяются в авиастроении. Особенно это касается используемых в учебных целях лег-

ких и сверхлегких самолетов, конструкция планера которых уже сегодня более чем на 80% состоит из стекло- и углепластиков [1; 2].

Применение композитов, отличающееся многими преимуществами, характеризуется также и