

Кузьменко Н.В., Дудніков О.М., к.т.н., Виноградов М.С., к.т.н.

АДІ ДВНЗ «ДонНТУ», м. Горлівка

ФОРМУВАННЯ ПІДХОДУ ДО ОРГАНІЗАЦІЇ МІСЬКИХ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ НА СУМІСНИХ ДІЛЯНКАХ РУХУ

Запропоновано новий підхід до організації руху міського пасажирського автобусного транспорту на сумісних ділянках маршрутів, який передбачає введення кратності інтервалів прибуття автобусів за окремими маршрутами мінімальному інтервалу, що спостерігається серед маршрутів сумісної ділянки. Запропонований підхід у разі свого застосування забезпечує формування груп автобусів певної послідовності прибуття за відповідними маршрутами, які періодично повторюються за часом. Послідовність чередування автобусів відповідних маршрутів в групах запропоновано визначати за даними середньої наповнюваності салонів автобусів кожного маршрута з урахуванням забезпечення зменшення часу очікування пасажирами, що потребують перевезення в межах сумісної ділянки.

Постановка наукової проблеми та задачі, що вирішується

В Україні загальний обсяг перевезень пасажирів за 2008 рік усіма видами транспорту склав 7151 млн. пасажирів [1]. У тому числі автомобільний транспорт забезпечує перевезення 4006,4 млн. пасажирів, що складає приблизно 53,63% від загального обсягу перевезень [1]. Особливу увагу необхідно приділити пасажирським автобусним міським перевезенням, які складають 67% у загальному обсязі перевезень пасажирів [1]. Статистичні дані [1] щодо ефективності організації міських пасажирських автобусних перевезень вказують на недостатність цієї організації, що виражається у поступовому збільшенні часу очікування пасажирами автобусів на зупиночних пунктах. Тому постає наукова проблема, яка полягає в організації руху автобусів на сумісних ділянках маршрутів із забезпеченням необхідного чередування прибуття автобусів в умовах зменшення часу очікування пасажирами. Вказане розкриває актуальність науково-практичних розробок щодо удосконалення організації міських автобусних перевезень.

Одним із сучасних напрямків вдосконалення вказаної проблеми є забезпечення належної організації руху автобусів на сумісних ділянках відповідних маршрутів, особливо в умовах розвитку автобусних пасажирських перевезень та недостатнього розвитку вулично-дорожньої мережі міста. Останні наукові розробки до сформульованої проблеми сконцентровані у роботах [2-5]. Вказані роботи присвячені питанням організації руху автобусів на окремих маршрутах. Питання щодо організації руху на сумісних ділянках розглядалися як частковий випадок у вигляді взаємодії на таких ділянках тільки двох маршрутів, що є недостатнім. Відповідно до вищезазначеного, виникає необхідність розв'язання наукової задачі з вдосконалення руху автобусів на сумісних ділянках міських маршрутів.

Наукова задача — формулювання підходу до організації процесу руху автобусів на сумісних ділянках маршрутів на прикладі ділянки з п'яти маршрутів без урахування міського електротранспорту та маршрутного таксі.

Мета роботи

Метою роботи є розробка підходу до організації руху міського пасажирського автобусного транспорту на сумісних ділянках маршрутів за прикладом суміщення п'яти маршрутів на проспекті Перемоги у місті Горлівка у одному напрямку руху.

Основний розділ

Пасажи́рський транспорт задовольняє різноманітні потреби населення у пересуванні, відіграє значну роль у житті мешканців міста, впливає на рівень продуктивності праці та побутового обслуговування, розвиток культури. Місто, як система, складається з об'єктів проживання, об'єктів прикладання праці та культурно-побутових закладів. Так історично склалось, що вказані об'єкти найчастіше розташовані у центрі міста. Тому для задоволення потреб населення у перевезеннях більшість автобусних маршрутів проходять центральними вулицями міста, з урахуванням схеми вулично-дорожньої мережі, що обумовлює виникнення необхідності суміщення руху декількох маршрутів.

Транспортна мережа міста Горлівки також обумовлює появу сумісних ділянок. У залежності від накреслення розрізняють шість основних принципів схем планування мережі: радіальну, радіально-кільцеву, прямокутну, прямокутно-діагональну, трикутну, комбіновану або вільну [4]. У багатьох випадках комбінована схема виявляється найбільш розповсюдженою. Не є виключенням і місто Горлівка, яке має саме таку схему, об'єднуючи прямокутну схему в центрі міста із радіальною та радіально-кільцевою на периферії. Сумісні ділянки маршрутів виникають через намагання таким чином підвищити коефіцієнт непрямолінійності, коефіцієнт безпересадочності, та через вимоги до характеристик транспортних мереж: усі райони міста повинні бути пов'язані транспортними лініями з основними пунктами тяготіння пасажирів за мінімальною відстанню; транспортні лінії повинні проходити за напрямком головних пасажиропотоків [4].

Сумісні ділянки маршрутів виникають також через істотний перепад пасажиропотоків центра міста й периферії, що обумовлює велике скупчення транспорту на центральних вулицях міста. Саме там необхідні сумісні ділянки маршрутів. Такі автобусні маршрути є найбільш прибутковими з точки зору перевізників. Оскільки з 2004 року ринок міських автоперевезень заповнили приватні перевізники, перед якими головною метою є отримання найбільшого прибутку, більшість з них нелегально переносять свій рухомий склад з неприбуткових периферійних маршрутів на більш прибуткові центральні маршрути. Це призводить до порушення необхідного рівня безпеки перевезень на центральних вулицях міста, часткового порушення режиму праці та відпочинку водіїв, порушення графіків виходу автобусів на лінію, не дотримання розкладів руху автобусів [1,4].

Вулично-дорожня мережа міста Горлівки за технічними параметрами (стан автомобільних доріг, геометрія автомобільних доріг) має обмежені можливості проходження автобусних маршрутів центральними вулицями міста. Найбільш задовільні технічні параметри в місті Горлівка мають проспекти Леніна та Перемоги, що обумовлює велике зосередження не тільки маршрутного транспорту, але й загального.

Через вказані ділянки проходять значна кількість автобусних маршрутів, серед них найбільш завантаженими є наступні маршрути: №1 «ФТП — станція Микитівка», №2 «Очисні — вул. Гречнева», №17 «Залізничний вокзал Горлівка — вулиця Мира», №24 «Житловий масив 245 Квартал — Хімзавод», та кільцевий маршрут №35 «Житловий масив Травневий». Вказані маршрути будуть прийняті до розгляду в об'єкті дослідження.

Схеми маршрутів показали, що вони мають сумісну ділянку по проспекту Перемоги, яка включає 7 зупиночних пунктів у напрямку проведення дослідження. Сумісна ділянка складає приблизно 30% від протяжності кожного з вказаних маршрутів, охоплює значні пасажиропотоки. Як показали попередні дослідження, на сумісній ділянці присутні значні затримки пасажирів, на ділянці знаходиться 5 місць концентрації ДТП, що свідчить про необхідність також організації руху автобусів на ній. Наявність такої ділянки вносить значні корективи у перерозподіл пасажиропотоків між маршрутами та впливає на регулярність руху на маршрутах.

Формулювання основних положень підходу до організації руху міського пасажирського автобусного транспорту на сумісних ділянках маршрутів будемо супроводжувати прик-

ладом сумісної ділянки, через яку проходять 5 маршрутів відповідно до обраного об'єкту дослідження. Пропонуємо почати зі схеми послідовності виникнення взаємодії зазначених вище маршрутів, яка наведена на рис.1.

Із рис.1 видно наступні сумісні ділянки маршрутів:

- 1) маршрути № 17 та 35 — довжина перегону 2850 м, мають 3 сумісних зупиночних пункти;
- 2) маршрути № 17, 35 та 2 — довжина перегону 2250 м, мають 3 сумісних зупиночних пункти;
- 3) маршрути № 17, 35, 2, 1, 24 — довжина перегону 3750 м, мають 7 сумісних зупиночних пунктів.

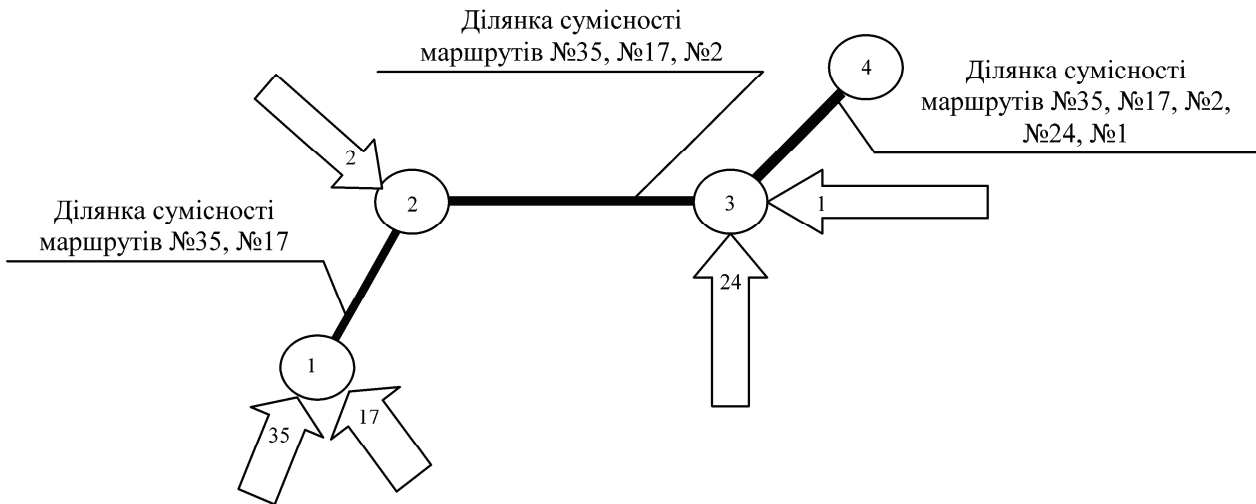


Рис.1. Схема прикладу послідовності виникнення взаємодії різних маршрутів на сумісних ділянках

Передбачаємо головним принципом у підході до організації руху міського пасажирського автобусного транспорту на сумісних ділянках маршрутів визначити принцип формування послідовного прибуття автобусів на зупиночні пункти сумісних ділянок. Послідовність прибуття автобусів визначається інтервалом руху. Інтервал руху автобусів на окремому маршруті знаходиться за наступною формулою [2]:

$$I = \frac{T_{об}}{A} \times \nu, \quad (1)$$

де $T_{об}$ — час оборту автобуса, ν ;

A — кількість автобусів на маршруті, $од$.

Із розглянутих маршрутів обираємо інтервал руху автобусів, значення якого є найменшим з усіх значень за маршрутами та позначимо I_{min} . Мінімальним інтервалом руху автобусів приводимо інтервали інших маршрутів у кратність даному за обраним шляхом збільшення кількості автобусів на маршруті, що дозволить забезпечити порядок руху автобусів без зміщення інтервалів продовж часу на сумісних ділянках.

З наведеного вище приклада маємо наступні значення інтервалів руху за маршрутами:

- 1) маршрут №2, $I_2 = 3 \text{ хв}$, $I_2 = I_{min}$;
- 2) маршрут №1, $I_1 = 3 \text{ хв}$;
- 3) маршрут №35, $I_{35} = 6 \text{ хв}$;
- 4) маршрут №24, $I_{24} = 6 \text{ хв}$;
- 5) маршрут №17, $I_{17} = 9 \text{ хв}$.

Разом із цим, пропонується формувати комбінацію прибуття автобусів на сумісних ділянках із урахуванням наповнення салону автобуса пасажирями. Вказане наповнення будемо розраховувати у вигляді усереднених значень за кожним маршрутом за формулою [4]:

$$K_n^n = \frac{Q_{\max.n} K_{BG} T_{об} l_{in} K_n}{A q T_k L_M}, \quad (2)$$

де $Q_{\max.n}$ — кількість пасажирів, перевезених за години “пік”, *пас.*;

$K_{вз}$ — коефіцієнт внутрішньогодинної нерівномірності, *од.*;

$T_{об}$ — час обороту автобусів на маршруті, *год.*;

l_{in} — середня відстань поїздки пасажирів, *км.*;

K_n — коефіцієнт нерівномірності пасажиропотоку, *од.*;

A — кількість автобусів у години “пік”, *од.*;

q — пасажиромісткість автобуса, *пас.*;

T_k — тривалість контактного періоду на маршрутах, *год.*;

L_M — довжина маршруту, *км.*

У випадку виявлення двох або більше мінімальних інтервалів суміщення починається саме з цих маршрутів за схемою, яка зображена на рис. 2.

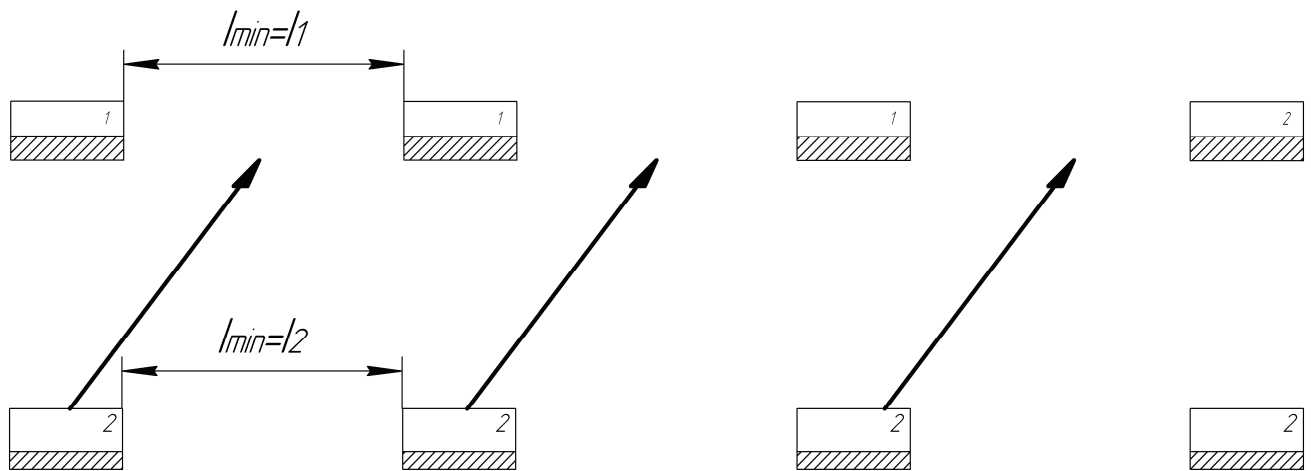

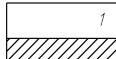


Рис.2. Схема суміщення руху автобусів двох маршрутів з мінімальними однаковими значеннями інтервалів руху (наприклад, автобуси маршрутів №1 та №2):

 — наповнення салону автобуса маршруту №2 середнє;

 — наповнення салону автобуса маршруту №1 більш середнього

Із урахуванням зазначеного вище зміщення прибуття автобусів за часом $t_{1,2}$, інтервал руху автобусів $I_{сум1,2}$, період повторення прибуття груп автобусів $T_{1,2}$ при суміщенні маршрутів №1 та №2 будуть мати наступний вигляд:

$$t_{1,2} = k_{1,2} I_{\min} = \frac{1}{2} I_{\min} = \frac{1}{2} I_2 = \frac{1}{2} I_1 = \frac{1}{2} \cdot 3 = \frac{3}{2} \text{ хв}, \quad (3)$$

$$I_{сум1,2} = k'_{1,2} I_{\min} = \frac{1}{2} I_{\min} = \frac{1}{2} I_2 = \frac{1}{2} I_1 = \frac{1}{2} \cdot 3 = \frac{3}{2} \text{ хв}, \quad (4)$$

$$T_{1,2} = k''_{1,2} I_{\min} = I_{\min} = I_2 = I_1 = 3 \text{ хв}, \quad (5)$$

де I_{\min} — мінімальний інтервал руху автобусів за всіма маршрутами, що будуть суміщені на ділянках 1-2, 2-3 та 3-4, *хв*;

$k_{1,2}$ — коефіцієнт пропорційності зміщення прибуття автобусів за часом на сумісній ділянці значенню мінімального інтервалу I_{\min} , *од.*;

$k'_{1,2}$ — коефіцієнт пропорційності інтервалу руху автобусів на сумісній ділянці значенню мінімального інтервалу I_{\min} , *од.*;

$k''_{1,2}$ — коефіцієнт пропорційності періоду повторення прибуття груп автобусів на сумісній ділянці значенню мінімального інтервалу I_{\min} , *од.*

Схема результату суміщення автобусів двох маршрутів з мінімальними інтервалами на сумісній ділянці зображена на рис. 3.

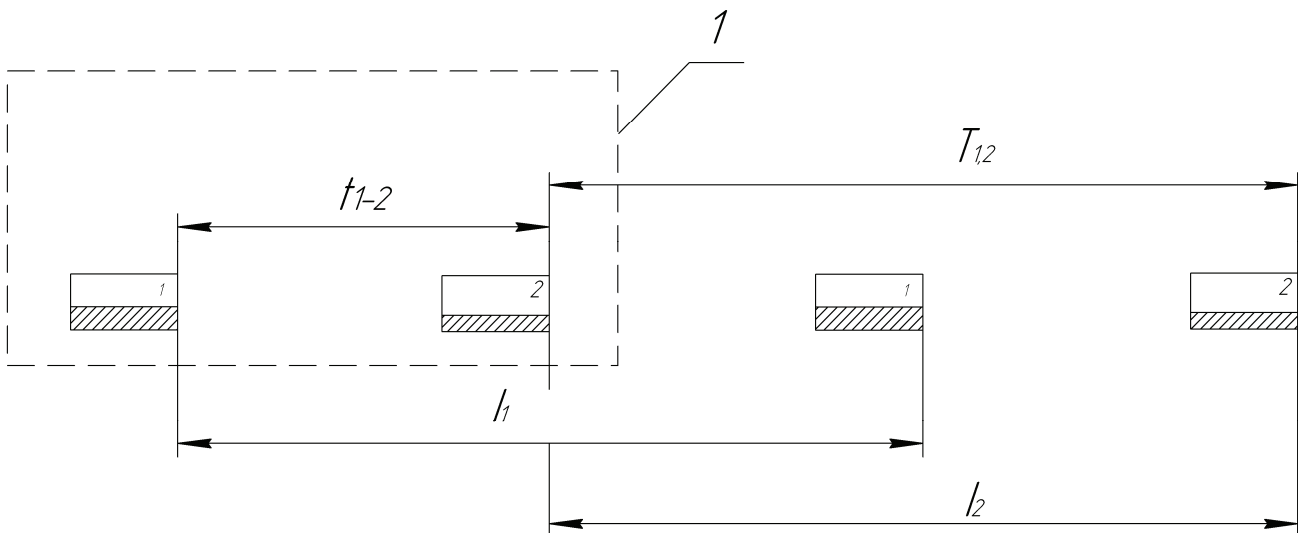


Рис. 3. Схема результату суміщення руху автобусів двох маршрутів з мінімальними однаковими значеннями інтервалів руху (за прикладом рис. 2):

1 — група автобусів маршрутів №1 та №2 у складі руху на сумісній ділянці

Розглянемо наступну пару автобусних маршрутів, інтервали руху яких мають теж однакові значення. Суміщення виконуємо аналогічно попередньому випадку. Результати вказані на схемі рис. 4. Зміщення прибуття автобусів за часом $t_{24,35}$, інтервал руху автобусів $I_{\text{сум}_{24,35}}$, період повторення прибуття груп автобусів $T_{24,35}$ при суміщенні маршрутів №24 і №35 будуть мати наступний вигляд:

$$t_{24,35} = k_{24,35} I_{\min} = I_{\min} = \frac{1}{2} I_{24} = \frac{1}{2} I_{35} = \frac{1}{2} \cdot 6 = 3 \text{ хв}, \quad (6)$$

$$I_{\text{сум}_{24,35}} = k'_{24,35} I_{\min} = I_{\min} = \frac{1}{2} I_{24} = \frac{1}{2} I_{35} = \frac{1}{2} \cdot 6 = 3 \text{ хв}, \quad (7)$$

$$T_{24,35} = k''_{1,2} I_{\min} = 2 \cdot I_{\min} = I_{24} = I_{35} = 2 \cdot 3 = 6 \text{ хв}. \quad (8)$$

Схема суміщення автобусів чотирьох маршрутів з урахуванням схем суміщення (рис. 3 та рис. 4) на відповідній ділянці буде мати вигляд, що зображений на рис. 5.

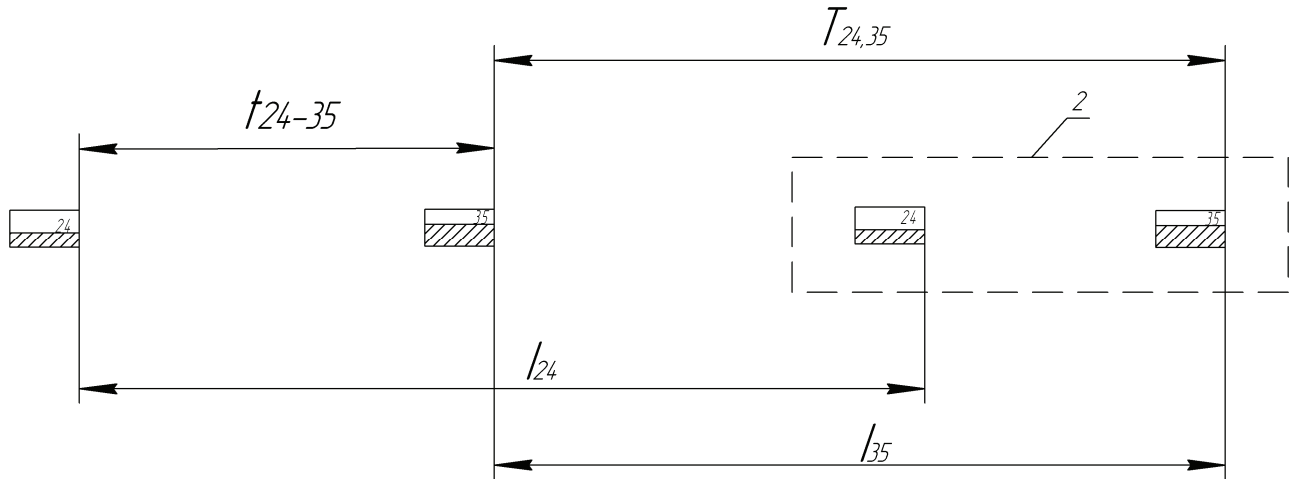
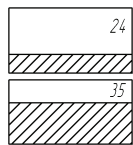


Рис. 4. Схема результату суміщення руху автобусів двох маршрутів з наступними, після мінімального, однаковими значеннями інтервалів (наприклад, автобуси маршрутів №24 та №35):

2 — група автобусів маршрутів №24 та №35 у складі руху на суміщеній ділянці;



— мінімальне наповнення салону автобуса, за прикладом маршруту № 24;

— наповнення салону автобуса більш середнього, за прикладом маршруту № 35

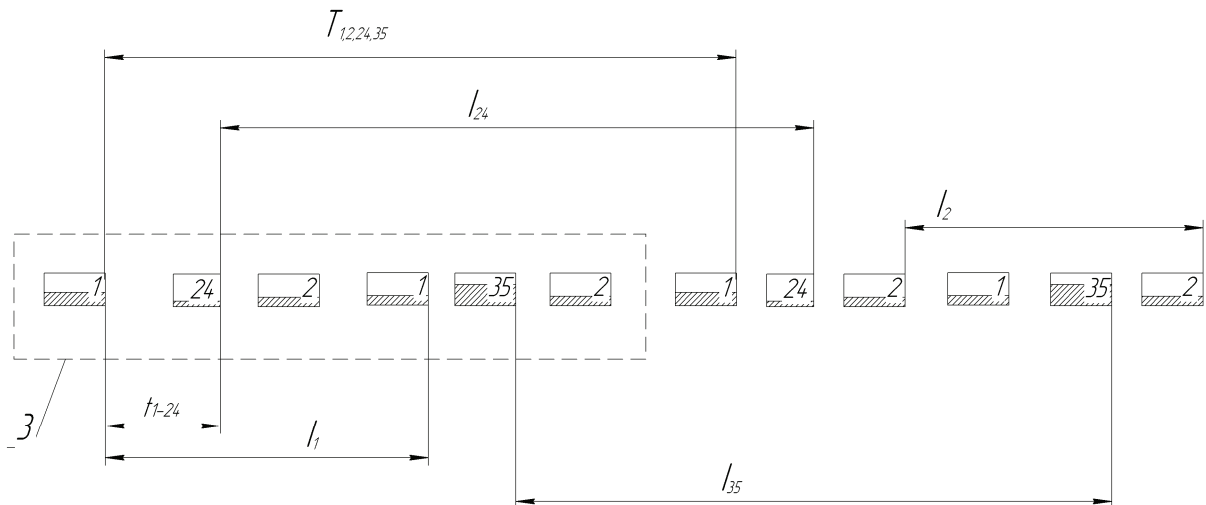


Рис. 5. Схема результату суміщення руху автобусів чотирьох маршрутів з урахуванням схем рис. 3 та рис. 4:

3 — група автобусів маршрутів №1, №2 та №24, №35 у складі руху на суміщеній ділянці

Суміщення виконуємо відповідно до кратності інтервалів руху за двома групами автобусів за сумісними маршрутами, аналогічно попередньому випадку. Результати вказані на схемі рис. 5. Зміщення прибуття автобусів за часом t_{1-24} , що формується за результатами розрахунків за формулою (2), середній інтервал руху у групі автобусів суміщених маршрутів $\bar{T}_{\text{сум}_{1,2,24,35}}$, період повторення прибуття груп автобусів $T_{1,2,24,35}$, при суміщенні маршрутів груп автобусів №1, №2 та №24, №35 будуть мати наступний вигляд:

$$t_{1-24} = k_{1-24} I_{\min} = \frac{1}{4} I_{\min} = \frac{1}{4} \cdot 3 = \frac{3}{4} \text{ хв}, \tag{9}$$

$$\bar{I}_{\text{сум}_{1,2,24,35}} = k'_{1,2,24,35} I_{\min} = \frac{9}{10} I_{\min} = \frac{9}{10} \cdot 3 = \frac{27}{10} \text{ хв}, \tag{10}$$

$$T_{1,2,24,35} = k''_{1,2,24,35} I_{\min} = 2 I_{\min} = 2 \cdot 3 = 6 \text{ хв}. \tag{11}$$

При суміщенні інтервалів руху на відповідній ділянці з п'яти різних маршрутів (№1, №24, №2, №35 та №17) отримаємо: зміщення прибуття автобусів за часом t_{1-17} , що формується за результатами розрахунків за формулою (2), середній інтервал руху у групі автобусів суміщених маршрутів $\bar{I}_{\text{сум}_{1,2,24,35,17}}$, період повторення прибуття груп автобусів $T_{1,2,24,35,17}$, при суміщенні маршрутів груп автобусів №1, №2, №24, №35 та №17 будуть мати наступний вигляд:

$$t_{1-17} = k_{1-17} I_{\min} = \frac{1}{8} I_{\min} = \frac{1}{8} \cdot 3 = \frac{3}{8} \text{ хв.}, \tag{12}$$

$$\bar{I}_{\text{сум}_{1,2,24,35,17}} = k'_{1,2,24,35,17} I_{\min} = \frac{15}{18} I_{\min} = \frac{15}{18} \cdot 3 = \frac{45}{18} \text{ хв}, \tag{13}$$

$$T_{1,2,24,35,17} = k''_{1,2,24,35,17} I_{\min} = 3 I_{\min} = 3 \cdot 3 = 9 \text{ хв}. \tag{14}$$

Схема суміщення інтервалів руху п'яти автобусів буде мати вигляд за рис. 6.

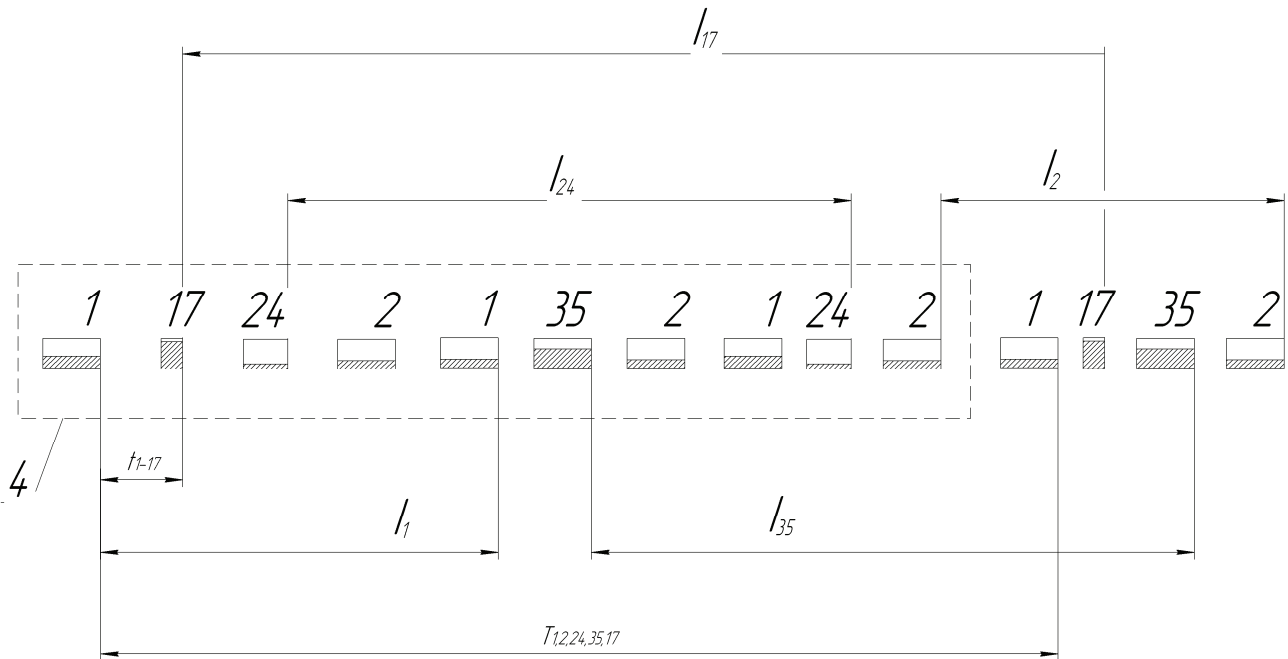


Рис. 6. Схема результату суміщення руху автобусів п'яти маршрутів з урахуванням схеми рис. 5:

4 — група автобусів маршрутів №1, №2, №24, №35 та №17 у складі руху на суміщеній ділянці;



— найбільше наповнення салону автобуса, за прикладом маршруту №17

Формування руху автобусів на суміщених ділянках маршрутів за відповідним групами повинно доповнюватися розкладом руху автобусів, що забезпечує їх відповідне прибуття до початку вказаних ділянок.

Висновки

Розроблено підхід до організації руху міського пасажирського автобусного транспорту на сумісних ділянках маршрутів за прикладом суміщення п'яти маршрутів на проспекті Перемоги у місті Горлівка у одному напрямку руху.

Запропоновано комбінації схем прибуття автобусів різних автобусних маршрутів на сумісну ділянку, на підставі яких виявлено:

- для забезпечення суміщення маршрутів необхідно визначити мінімальний інтервал руху за маршрутами та привести всі інші інтервали до кратного значення мінімальному, зі зменшенням інтервалів шляхом збільшення кількості автобусів на маршрутах;

- формування послідовності прибуття автобусів на сумісних ділянках необхідно виконувати з урахуванням коефіцієнту наповнення салону автобусів.

У роботі виконано приклад формалізації прибуття автобусів на сумісних ділянках маршрутів, запропоновано кількісно характеризувати вказаний процес трьома характеристиками:

- зміщення прибуття автобусів за часом між маршрутами, що суміщаються, яке дозволяє забезпечити відповідне чередування прибуття автобусів;

- середній інтервал руху автобусів у групі на суміщеній ділянці маршрутів;

- період повторення прибуття груп автобусів на суміщеній ділянці маршрутів.

Наукова новизна отриманих результатів полягає у наступному:

- з'ясовано, що організувати рух на сумісних ділянках маршрутів можливо за умов підтримки постійного інтервалу руху між автобусами різних маршрутів продовж сумісної ділянки, що забезпечується шляхом уведенням кратності інтервалів руху за всіма маршрутами мінімальному інтервалу з маршрутів, які суміщаються.

- вперше запропоновано організувати рух автобусів на сумісних ділянках групами автобусів, які мають послідовність чередування автобусів окремих маршрутів у групі з урахуванням середнього наповнення салону автобусів.

Надалі пропонується дослідити запропонований підхід щодо обмежень кількості маршрутів, які підлягають суміщенню на окремій ділянці.

Список літератури

1. <http://www.ukrstat.gov.ua>.
2. Спирин И.В. Перевозки пассажиров городским пассажирским транспортом / И.В. Спирин. — М.: ИКЦ «Академкнига», 2004. — 407 с.
3. Антошвили М.Е. Оптимизация городских автобусных перевозок/ М.Е. Антошвили, С.Ю. Либерман, И.В. Спирин. — М.: Транспорт, 1985. — 102 с.
4. Крейсман Е. А. Удосконалення методики організації автобусних перевезень в транспортній системі міст/ Е.А Крейсман. — К.: НТУ, 2002. — 196 с.
5. Волошин С.О. Необхідність координації інтервалів руху автобусів на сумісних ділянках двох незалежних міських маршрутів/ С.О. Волошин, М.С. Виноградов // Вісті Автомобільно-дорожнього інституту. — Горлівка: АДІ ДВНЗ ДонНТУ, 2008. — №1(6). — С.126-131.

Стаття надійшла до редакції 31.03.09

© Кузьменко Н.В., Дудніков О.М., Виноградов М.С., 2009