

УДК 656.022.5

Дудніков О.М., к.т.н., Виноградов М.С., к.т.н., Золотухіна І.М.

АДІ ДВНЗ «ДонНТУ»

МЕТОДИКА РОЗРОБКИ РОЗКЛАДУ РУХУ АВТОБУСІВ РІЗНИХ МАРШРУТІВ З УРАХУВАННЯМ СУМІСНОЇ ДІЛЯНКИ ЇХ РУХУ

Запропоновано методику розробки розкладу руху автобусів різних маршрутів з урахуванням сумісної ділянки їх руху. Використання встановлених залежностей під час погодження розкладів руху автобусів на міських маршрутах дозволить поліпшити якість транспортного обслуговування пасажирів за рахунок зменшення часу очікування пасажирами посадки в автобус на зупинних пунктах сумісних ділянок.

Вступ

За останні роки у містах різко зросла кількість автобусних маршрутів в одному напрямку, які обумовлюють появу сумісних ділянок автобусних маршрутів [1]. У зв'язку із цим відбувається накладення графіків руху маршрутів, що призводить до виникнення черги чекання під'їзду автобусів до зупинки. У таких випадках інтервал прибуття автобусів різних маршрутів на один і той самий сумісний зупинний пункт може бути великим, що призводить до збільшення часу очікування пасажирами. При таких умовах руху автобусів виникає актуальна проблема розробки погодженого розкладу руху автобусів різних маршрутів з урахуванням сумісних ділянок. Погодження розкладу руху автобусів потребує врахування залежностей, які впливають на складання такого розкладу. Тому необхідна методика встановлення залежностей для розробки розкладу руху автобусів різних маршрутів з урахуванням сумісної ділянки їх руху.

Аналіз методів складання розкладу руху автобусів на міських маршрутах на предмет врахування наявності сумісних ділянок

Розклад руху є основним нормативним документом в організації роботи маршрутних автобусів, у ньому регламентуються режим руху і час простою, режим праці водіїв і час роботи маршруту, кількість рухомого складу на лінії й інтервали руху. Під час складання розкладу руху прагнуть створити такі умови роботи автобусів на лінії, які б забезпечували відповідну безпеку перевезень пасажирів, зручність проїзду, мінімальну витрату часу на поїздку, високу регулярність руху, підвищення продуктивності праці водіїв і можливість виконання плану за об'ємами, економічними і фінансовими показниками.

Під час складання розкладу руху треба врахувати, щоб розклади були максимально раціональними і забезпечували: якісне обслуговування населення, тобто створювали пасажирам кращі умови користування автобусами і проїзд із мінімальною витратою часу; рух автобусів у відповідності до пасажиропотоків на маршрутах; регулярність руху; координацію руху автобусів з рухом інших видів пасажирського транспорту.

У практиці отримали поширення методи розробки розкладів руху на міських маршрутах: графічний, табличний, трафаретний, автоматизований [1].

Графічний метод складання розкладу руху використовують в основному в малих містах і при незначній кількості одиниць рухомого складу на маршруті (до шести). Як недоліки цього методу слід виділити вузьку сферу його використання, не врахування впливу сумісних ділянок, що також має значний вплив на складання розкладу руху. При цьому серед переваг цього методу можна назвати його нескладне пристосування до сучасних комп'ютерних технологій, за допомогою яких можна частково позбутися недоліків цього методу.

Табличний метод є основним і використовується на практиці при великій кількості рухомого складу на маршрутах. Недоліками табличного методу складання розкладу є відсутність наочності слідування за інтервалами руху одиниць рухомого складу за годинами доби, необхідність допоміжних розрахунків для визначення фактичних моментів часу прибуття на кінцеву станцію маршруту та не врахування при цьому впливу на розклад сумісних ділянок. Разом з тим до переваг методу слід віднести наочність в роботі кожного виходу на протязі доби.

Трафаретний метод складають графічно на хвилинній сітці рейсів. Недоліком цього методу є не врахування сумісних ділянок, які мають значний вплив на складання розкладу руху.

Автоматизований метод складання розкладів руху рухомого складу на міському маршруті заснований на використанні комп'ютерів для необхідних розрахунків і оформлення готового розкладу. Недоліком цього методу є також не врахування сумісних ділянок.

Отже, не один з методів складання розкладу руху не враховує вплив сумісних ділянок, що є суттєвим недоліком для міських пасажирських перевезень. Але з погляду складання розкладів руху найбільш ефективним при врахуванні сумісної ділянки є табличний метод. Для використання цього методу необхідно встановити залежності, які б дозволили розробити розклад руху автобусів різних маршрутів з урахуванням сумісної ділянки їх руху.

Мета роботи

Метою роботи є розробка методики складання розкладу руху автобусів різних маршрутів з урахуванням сумісної ділянки їх руху з відповідною експериментальною перевіркою.

Основний розділ

З урахуванням результатів досліджень, які приведені у роботі [2], формулюємо методику розробки розкладу руху автобусів різних маршрутів з урахуванням сумісної ділянки їх руху наступним чином.

1. Формулюємо перелік маршрутів, що потребують суміщення.
2. Будуємо схеми маршрутів за картою вулично-дорожньої мережі (ВДМ) міста та схемами автобусного маршруту.
3. Проводимо суміщення схем маршрутів на одну частину ВДМ міста.
4. За отриманою схемою перекриття маршрутів обираємо найбільш завантажену ділянку, тобто на якій одночасно сходяться всі n кількість маршрутів, що розглядаються у синтезованій транспортній системі.
5. Проводимо збір вихідних даних щодо значень інтервалів руху за власними маршрутами.

6. За отриманими даними інтервалів руху за другим принципом встановлення залежностей обираємо мінімальний інтервал та приводимо інші інтервали руху в кратність даному.

Для приведення інших інтервалів руху в кратність необхідно скористатися формулою, яка має наступний вигляд:

$$I'_i = \left\{ \frac{I_i}{I_{\min}} \right\} \cdot I_{\min} \text{ хв}, \quad (1)$$

де I'_i — скорегований інтервал руху автобусів i -го маршруту, з урахуванням суміщення на ділянці n маршрутів, хв.;

I_i — існуючий інтервал руху автобусів i -го маршруту, який потребує корегування, хв.;

I_{\min} — мінімальний інтервал руху автобусів за всіма маршрутами, що будуть суміщені на ділянці у кількості n маршрутів, хв.;

$\{ \}$ — ціле значення;

7. Розраховуємо різницю кількості автобусів, яку необхідно додати або зняти для забезпечення підтримання на i -тому маршруті необхідного інтервалу руху:

$$\Delta A_{\text{сум}i} = \left\{ \frac{T_{\text{об}i}}{I_i'} \right\} - A_{\text{існ}i}, \quad (2)$$

де I_i' — значення скорегованого інтервалу руху автобусів для i -го маршруту в умовах суміщення, *хв.*;

$T_{\text{об}i}$ — час обертв автобуса на i -му маршруті, що суміщується, *хв.*;

$A_{\text{існ}i}$ — існуюча кількість автобусів на i -му маршруті, що суміщується, *од.*

Якщо при розрахунку різниці кількості автобусів знак при $\Delta A_{\text{сум}i}$ буде «+», то необхідно додати m значень кількості автобусів на маршрут, якщо значення буде мати знак «-», то цю m кількість автобусів треба зняти з автобусного маршруту для забезпечення підтримання на i -тому маршруті необхідного інтервалу руху, а коли при розрахунку $\Delta A_{\text{сум}i}$ не буде мати ніякого знаку, то на маршруті необхідно залишити існуючу кількість автобусів.

8. Розраховуємо час зміщення прибуття автобусів за маршрутами, який знаходиться за формулою:

$$\Delta t_{\text{змі}} = \frac{I_{\text{мін}}}{2} \text{ хв}, \quad (3)$$

де $I_{\text{мін}}$ — мінімальний інтервал руху автобусів за всіма маршрутами, що будуть суміщені, *хв.*

9. Розраховуємо середнє заповнення салону автобуса для кожного маршруту за формулою [3]:

$$K_n^n = \frac{Q_{\text{макс}n} \cdot K_{\text{ВГ}} \cdot l_{\text{ін}} \cdot K_n}{A \cdot q \cdot L_m}, \quad (4)$$

де $Q_{\text{макс}n}$ — кількість пасажирів, перевезених за години «пік» в межах сумісної ділянки, *пас.*;

$ж_{\text{ед}}$ — коефіцієнт внутрішньогодинної нерівномірності, *од.*;

$l_{\text{ін}}$ — середня відстань поїздки пасажирів у межах сумісної ділянки, *км.*;

K_n — коефіцієнт нерівномірності пасажиропотоку, *од.*;

A — кількість автобусів в години «пік», *од.*;

q — пасажиромісткість автобуса, *пас.*;

L_m — довжина сумісної ділянки, *км.*

Кількість пасажирів, перевезених за години «пік», $Q_{\text{макс}n}$ — визначаємо за допомогою експериментальних спостережень у години «пік» за кожним маршрутом, який суміщується на відповідній ділянці.

Коефіцієнт внутрішньогодинної нерівномірності, $ж_{\text{ед}}$ — відношення середнього наповнення однієї одиниці рухомого складу по групі машин, які пройшли з наповненням вище середньогодинного значення до середньогодинного, приймаємо рівним 1,1...1,3 за нормативними даними [4].

Середню відстань поїздки пасажирів $l_{\text{ін}}$, *км* визначаємо за формулою[1]:

$$l_{in} = \frac{P}{Q} \text{ км}, \quad (5)$$

де P — пасажирооберт, визначається за експериментальними дослідженнями та складається з пасажирооберту у прямому та зворотному напрямках на ділянці, *пас. км*;

Q — обсяг перевезень, визначається експериментальними дослідженнями і складається з обсягу перевезень у прямому та зворотному напрямках на ділянці, *пас.*

Коефіцієнт нерівномірності пасажиропотоку згідно нормативним даним [4] знаходиться в межах від 1,5 до 2.

Кількість автобусів в години «пік» A визначаємо за натурними спостереженнями.

Пасажиromісткість автобуса q задана нормативними характеристиками заводу-виробника.

Довжину сумісної ділянки L_m визначаємо за схемою сумісності маршрутів. В середньому значення кількості пасажирів, перевезених за години «пік» в межах сумісної ділянки Q_{maxn} , визначаємо за допомогою експериментальних спостережень у години «пік» за кожним маршрутом, *пас.*

Час обороту автобусів на маршруті визначаємо за паспортом автобусного маршруту.

10. Проводимо формулювання послідовності руху автобусів на ділянці за отриманими даними про заповнення салону за третім принципом встановлення залежностей для розробки розкладу руху автобусів різних маршрутів, з урахуванням сумісної ділянки.

Для проведення формулювання послідовності руху автобусів на ділянці та отриманими даними про заповнення салону за третім принципом встановлення залежностей для розробки розкладу руху автобусів різних маршрутів, з урахуванням сумісної ділянки їх руху, необхідно поділити мінімальний інтервал на 2 і змістити в часі прибуття автобусів.

11. За отриманою послідовністю прибуття автобусів та відповідним їх чергуванням в часі з'ясовуємо інтервали руху між ними.

По-перше, необхідно погодити моменти виїзду автобусів з початкових пунктів, що передбачатиме реалізацію запропонованої послідовності руху за схемами суміщення автобусних маршрутів, які розглядаються.

По-друге, розраховуємо час руху автобусів з початкових пунктів до зупиночного пункту суміщення автобусних маршрутів.

По-третє, визначаємо момент часу виїзду автобусів кожного маршруту з початкового зупиночного пункту.

Надалі проводимо експериментальну перевірку наданої методики на існуючій транспортній мережі міста Горлівки. Найбільш завантаженою сумісною ділянкою на вулично-дорожній мережі у місті Горлівка є ділянка по проспекту Перемоги, якою рухаються автобуси значної кількості 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», що буде прийнято в якості об'єкта дослідження.

Аналіз схем маршрутів показав, що вони мають сумісну ділянку по проспекту Перемоги. Така ділянка включає 7 зупиночних пунктів у прямому напрямку та 7 — у зворотному. Сумісна ділянка складає приблизно 30% від протяжності кожного з вказаних маршрутів, охоплює значні пасажиропотоки. На ділянці знаходиться 5 місць концентрації ДТП, а це свідчить про необхідність чіткої організації руху на ній як загального транспорту, так і маршрутного. Наявність такої ділянки вносить значні корективи в перерозподіл пасажиропотоків між маршрутами та впливає на регулярність руху на маршрутах.

Перевірка потребує наступного переліку вихідних даних:

1. Техніко-експлуатаційні показники роботи автобусів на маршрутах № 1, № 2, № 17, № 24 та № 35.

2. Результати опитування пасажирів на зупиночних пунктах сумісних ділянок маршрутів № 1, № 2, № 17, № 24 та № 35 для визначення розподілу пасажирів на групи: пасажирів, які користуються тільки відповідним маршрутом та пасажирів сумісного маршруту.

3. Час прибуття рухомих одиниць на зупинні пункти.

З урахуванням запропонованої методики встановлюємо залежності для розробки розкладу руху автобусів різних маршрутів наступним чином:

1. Формуємо перелік маршрутів, що потребують суміщення. Для цього обираємо маршрути, які проходять по одній центральній вулиці міста, а саме по пр. Перемоги у м. Горлівка — № 1, № 2, № 17, № 24 та № 35. Ці маршрути створюють скупчення автобусів на зупинних пунктах, що призводить не тільки до некомфортних умов під час посадки пасажирів в автобус необхідного маршруту, але й створює небезпечні аварійні умови руху автобусів на зупинках.

2. Будуємо схеми маршрутів за картою ВДМ міста та схемами автобусного маршруту.

Перед нанесенням маршруту на карту визначаємо масштаб, з яким будемо працювати надалі. На карту ВДМ міста в заданому масштабі наносимо схему руху відповідного маршруту між кінцевими зупинними пунктами. Позначаємо початкові та кінцеві зупинні пункти, напрямки руху автобусів.

3. Проводимо суміщення схем маршрутів на одну частину ВДМ.

Поєднуємо схеми руху окремих маршрутів на одній карті міста у заданому одному масштабі, з метою синтезу транспортної системи, яка буде надалі розглядатися. Виділяємо ділянки перекриття, що є сумісними.

4. За отриманою схемою перекриття маршрутів обираємо найбільш завантажену ділянку. Такою є ділянка, яка починається з пр. Перемоги і продовжується до вул. Ізотова. Довжина цієї ділянки 3750 м. Вона має 7 сумісних зупинних пунктів.

5. Проводимо збір вихідних даних щодо значень інтервалів руху за власними маршрутами.

Інтервали руху для автобусних маршрутів № 1, № 2, № 17, № 24 та № 35 мають наступні значення: $I_1 = 3,4$ хв, $I_2 = 3,1$ хв, $I_{17} = 9,3$ хв, $I_{24} = 5,7$ хв, $I_{35} = 6,7$ хв.

6. За отриманими даними інтервалів руху обираємо мінімальний інтервал та приводимо інші інтервали руху в кратність даному.

Маємо наступне: інтервали руху автобусів № 1 та № 2 мають однакові мінімальні значення, тому саме інтервали цих маршрутів будуть вважатися мінімальними. Для приведення інших інтервалів руху в кратність необхідно скористатися формулою (1). Значення скорегованих інтервалів руху автобусів при суміщенні маршрутів № 1, № 2, № 17, № 24 та № 35 наведено в таблиці 1.

Скореговані інтервали руху автобусів необхідно враховувати під час складання розкладу руху, через який будуть виходити на лінію автобусні маршрути. Ці інтервали будуть прямо пропорційно залежати від часу обороту на маршруті та обернено пропорційно кількості автобусів на маршруті, що необхідно враховувати під час складання погодженого розкладу автобусів.

7. Розраховуємо різницю кількості автобусів, яку необхідно додати або зняти для забезпечення підтримання на i -тому маршруті необхідного інтервалу руху за формулою (2).

Різниця кількості автобусів на маршруті буде мати обернено пропорційну залежність від інтервалу руху під час складання розкладу руху автобусів. Тобто, чим більше ми додали автобусів на маршрут, тим менше буде інтервал руху між цими автобусами, тим частіше будуть виходити на лінію автобуси.

Для маршрутів № 1, № 2, № 17, № 24 та № 35 маємо наступні значення різниць кількості автобусів, які розраховані та зведені до таблиці 1.

Таблиця 1

Результати розрахунку показників при встановленні залежностей

Показники № маршруту	I'_i , хв	$\Delta A_{\text{сум}_i}$, од	l_{in_i} , км	$K_{n_i}^n$, од
№ 1	3	-5	3,98	0,6
№ 2	3	+1	3,8	0,92
№ 17	9	+1	6,3	0,76
№ 24	6	-1	4,23	0,8
№ 35	6	+1	5,35	0,7

8. Розраховуємо час зміщення прибуття автобусів на сумісний зупинний пункт за маршрутами, який знаходимо за формулою (3).

Час зміщення прибуття автобусів за маршрутами № 1 та № 2 має вигляд:

$$I_{\text{min}1-2} = \frac{3}{2} = 1,5 \text{ хв},$$

де $I_{\text{min}1-2}$ — мінімальний інтервал руху автобусів за автобусними маршрутами № 1 та № 2.

Час зміщення прибуття автобусів показує на скільки в часі зміщується випуск автобусів на лінію, що необхідно враховувати під час складання погодженого розкладу руху.

9. Розраховуємо середнє заповнення салону автобуса для кожного маршруту за формулою (4).

Для автобусних маршрутів № 1, № 2, № 17, № 24 та № 35 середня відстань поїздки пасажирів l_{in} , км визначаємо за формулою (5). Результати розрахунків заповнення салону автобуса і середня відстань поїздки пасажирів для кожного маршруту зведені до таблиці 1.

Середнє заповнення салону автобуса для кожного маршруту буде враховуватись під час складання розкладу руху так, щоб за максимально заповненим автобусом рухався мінімально заповнений.

10. Проводимо формулювання послідовності руху автобусів на ділянці за отриманими даними заповнення салону.

Для проведення формулювання послідовності руху автобусів на ділянці необхідно поділити мінімальний інтервал на 2 і змістити в часі прибуття автобусів.

Для моделювання комбінації різних схем прибуття маршрутів вибираємо маршрути з найменшими числовими значеннями інтервалів руху (у випадку виявлення двох або більше з мінімальних інтервалів, суміщення починається саме з цих маршрутів). Суміщення починається з маршрутів № 1 та № 2. Результати суміщення руху автобусів двох маршрутів з мінімальними однаковими значеннями інтервалів руху зображені на рис. 1.

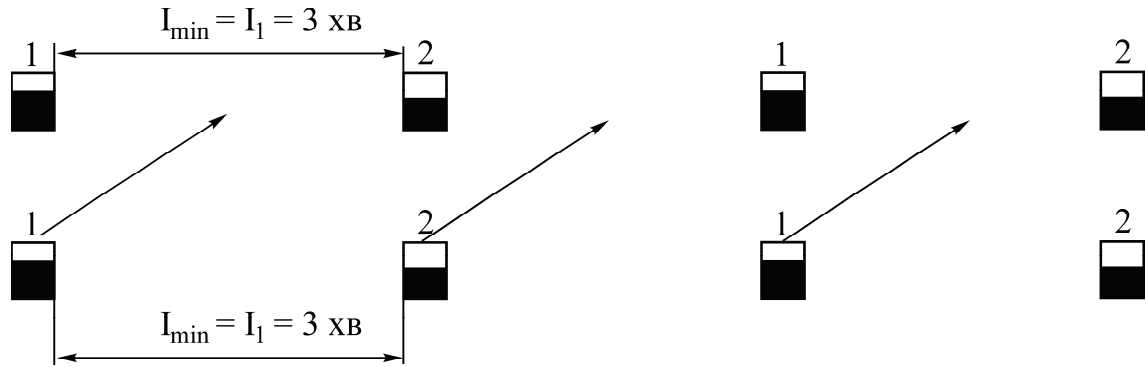




Рис. 1. Схема суміщення руху автобусів двох маршрутів з мінімальними однаковими значеннями інтервалів руху (за прикладом автобусів маршрутів № 1 та № 2):

-  — середнє наповнення салону автобуса, за прикладом маршруту № 2;
-  — наповнення салону автобуса більш середнього, за прикладом маршруту № 1.

I_{\min} — мінімальний інтервал руху автобусів за всіма маршрутами, що будуть суміщені, хв. У нашому випадку це два існуючих маршрути м. Горлівки — № 1 та № 2.

Схема результату суміщення автобусів двох маршрутів з мінімальними інтервалами на сумісній ділянці буде мати вигляд, що зображений на рис. 2.

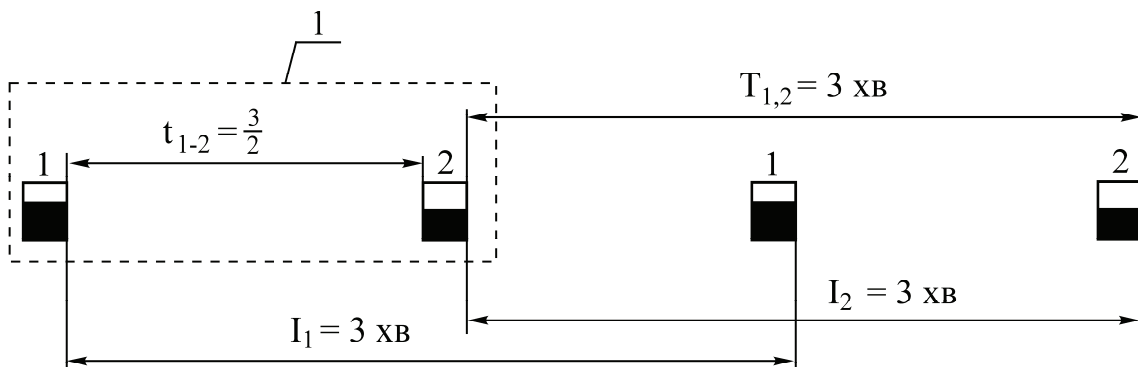




Рис. 2. Схема результату суміщення руху автобусів двох маршрутів з мінімальними однаковими значеннями інтервалів руху (за прикладом рис. 1):
1 — група автобусів маршрутів № 1 та № 2 у складі руху на суміщеній ділянці;

-  — середнє наповнення салону автобуса, за прикладом маршруту № 2;
-  — наповнення салону автобуса більш середнього, за прикладом маршруту № 1.

I_{\min} — мінімальний інтервал руху автобусів за всіма маршрутами, що будуть суміщені, хв. У нашому випадку це два існуючих маршрути м. Горлівки — № 1 та № 2.

t_{1-2} — час зміщення прибуття автобусних маршрутів № 1 та № 2 на сумісну ділянку;

$T_{1,2}$ — період повторення прибуття автобусів маршрутів № 1 та № 2 на сумісну ділянку.

Розглянемо наступну пару автобусних маршрутів, інтервали руху яких мають теж однакові значення. Суміщення виконуємо аналогічно попередньому випадку. Результати наведені на рис 3.

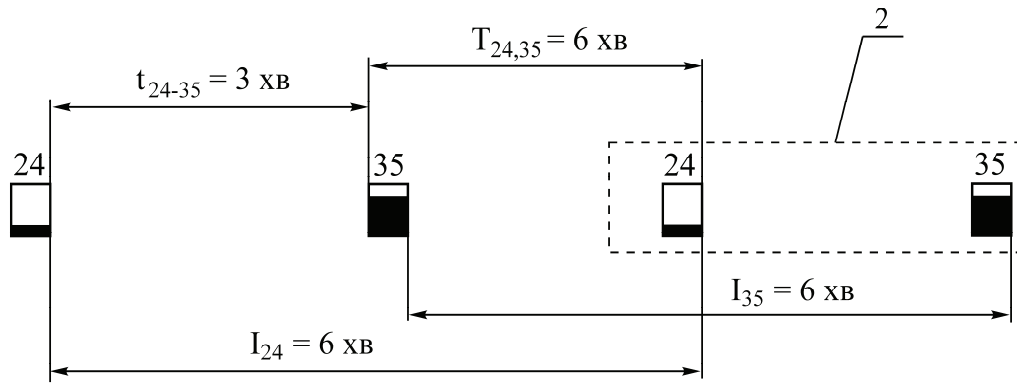




Рис. 3. Схема результату суміщення руху автобусів двох маршрутів з наступними, після мінімального, однаковими значеннями інтервалів (за прикладом автобусів маршрутів № 24 та № 35):

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;

t_{24-35} — час зміщення прибуття автобусів маршрутів № 24 та № 35 на сумісну ділянку;

$T_{24,35}$ — період повторення прибуття автобусів маршрутів №24 та №35 на сумісну ділянку.

Схема суміщення автобусів чотирьох маршрутів з урахуванням схем суміщення, що надані на рис. 2 та рис. 3, на відповідній ділянці буде мати вигляд, який зображено на рис. 4.

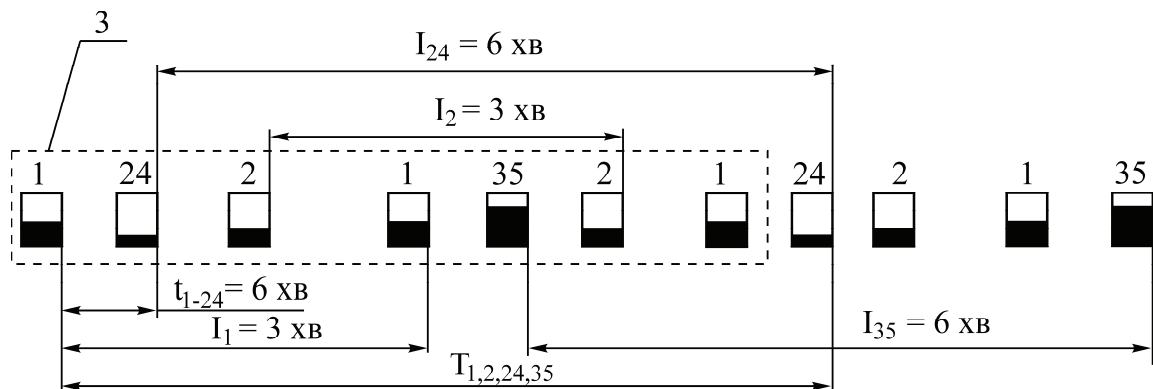





Рис. 4. Схема результату суміщення руху автобусів чотирьох маршрутів з урахуванням схем рис. 2 та рис. 3:

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

 — середнє наповнення салону автобуса, за прикладом маршруту № 2;

 — наповнення салону автобуса більш середнього, за прикладом маршруту № 1;

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

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

$T_{1,2,24,35}$ — період повторення прибуття автобусів маршрутів № 1, № 2, № 24 та № 35 на сумісну ділянку.

Схема суміщення інтервалів руху п'яти автобусів має вигляд, який показано на рис. 5.

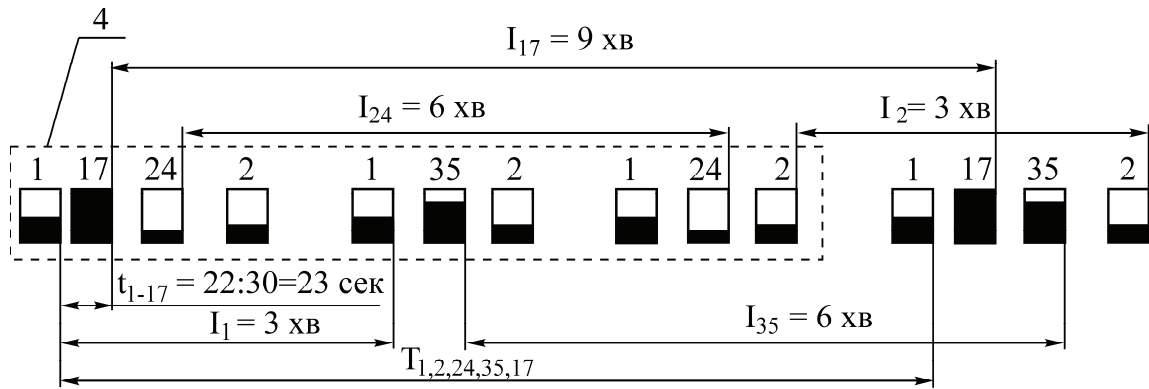


Рис. 5. Схема результату суміщення руху автобусів п'яти маршрутів з урахуванням схеми рис. 4:

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

17 — найбільше наповнення салону автобуса, за прикладом маршруту № 17.

11. За отриманою послідовністю прибуття автобусів та відповідним їх чергуванням в часі з'ясуємо інтервали руху між ними.

Використовуючи метод формалізації, маємо залежності для розрахунку часу руху автобуса від початкового зупинного пункту до початку сумісної ділянки:

$$t_{\text{рух до сумі}} = \frac{L_i \cdot 60}{V_{m_i}} + t_{\text{зн}} \cdot n_{\text{зн}} \text{ хв}, \quad (6)$$

де L_i — довжина i -го автобусного маршруту від початкового зупинного пункту до початку сумісної ділянки, км;

V_{m_i} — технічна швидкість автобусів i -го маршруту, км/год; $V_{m_i} = 28,4$ км/год;

$t_{\text{зн}_i}$ — час простою автобусів i -го маршруту на зупинних пунктах, хв. Для реалізації нашої схеми суміщення час простою автобусів на зупинних пунктах $t_{\text{зн}_i}$ у всіх маршрутах буде мати однакове значення і дорівнювати 2 хв;

$n_{\text{зн}_i}$ — кількість зупинних пунктів від початкового зупинного пункту до початку сумісної ділянки, од.

Для автобусних маршрутів № 1, № 2, № 17, № 24 та № 35 час руху автобусів до сумісного зупинного пункту буде мати наступний вигляд:

$$\left\{ \begin{array}{l} t_{\text{рух до сумі}_1} = \frac{L_1 \cdot 60}{V_m} + t_{\text{зн}} \cdot n_{\text{зн}_1} = \frac{1,75 \cdot 60}{28,4} + 2 \cdot 3 = 9 : 42 \text{ хв} \approx 10 \text{ хв}; \\ t_{\text{рух до сумі}_2} = \frac{L_2 \cdot 60}{V_m} + t_{\text{зн}} \cdot n_{\text{зн}_2} = \frac{2,25 \cdot 60}{28,4} + 2 \cdot 3 = 10 : 45 \text{ хв} \approx 11 \text{ хв}; \\ t_{\text{рух до сумі}_{17}} = \frac{L_{17} \cdot 60}{V_m} + t_{\text{зн}} \cdot n_{\text{зн}_{17}} = \frac{7,5 \cdot 60}{28,4} + 2 \cdot 10 = 35 : 50 \text{ хв} \approx 36 \text{ хв}; \\ t_{\text{рух до сумі}_{24}} = \frac{L_{24} \cdot 60}{V_m} + t_{\text{зн}} \cdot n_{\text{зн}_{24}} = 0 \text{ хв}; \\ t_{\text{рух до сумі}_{35}} = \frac{L_{35} \cdot 60}{V_m} + t_{\text{зн}} \cdot n_{\text{зн}_{35}} = \frac{8 \cdot 60}{28,4} + 2 \cdot 11 = 38 : 54 \text{ хв} \approx 39 \text{ хв}, \end{array} \right. \quad (7)$$

де $L_1, L_2, L_{17}, L_{24}, L_{35}$ — довжина автобусних маршрутів від початкового зупинного пункту до початку сумісної ділянки, відповідно, км; L_i для маршрутів дорівнюється № 1 = 1,75 км; № 2 = 2,25 км; № 17 = 7,5 км; № 24 = 0 км; № 35 = 8 км;

$n_{зп1}$ — кількість зупинних пунктів від початкового зупинного пункту до початку сумісної ділянки автобусних маршрутів дорівнює відповідно $n_{зп1} = 3$ од.; $n_{зп2} = 3$ од.; $n_{зп17} = 10$ од.; $n_{зп24} = 0$ од.; $n_{зп35} = 11$ од.

Після розрахунку часу руху автобусів від початкового зупинного пункту до початку сумісної ділянки обираємо значення $t_{рухдо сумі}$ з найбільшим числовим значенням. У нашому прикладі це автобусний маршрут № 35, $t_{рухдо сумі} = 39$ хв. Для цього автобусного маршруту розраховуємо час приїзду на сумісний зупинний пункт, який знаходимо за наступною формулою:

$$t_{виїзду_i} = t_{поч.роб.марш.сум} - t_{рухдо сумі} \quad год:хв, \quad (8)$$

де $t_{поч.роб.марш.сум}$ — час початку роботи автобусів i -го маршруту на сумісній ділянці, год., $t_{поч.роб.марш.сум} = 6:00$, год:хв;

$t_{рухдо сумі}$ — час руху автобусів i -го маршруту від початкового зупинного пункту до початку сумісної ділянки, год.

Для нашого випадку $t_{виїзду_i}$ буде дорівнювати:

$$t_{виїзду_{35}} = 6:00 - 0:39 = 5:21, \quad год:хв.$$

Для наступних автобусних маршрутів розрахунки виконуємо аналогічно маршруту № 35. Результати розрахунку зведемо у таблицю 2

Таблиця 2

Результати розрахунку часу виїзду без ($t'_{виїзду}$) та з ($t_{виїзду}$) урахуванням часу на суміщення

№ маршруту	№ 35	№ 2	№ 1	№ 24	№ 17
Показники					
$t'_{виїзду}$	5:21:00	5:49:00	5:50:00	6:00:00	5:24:00
$t_{виїзду}$	5:26:37	5:50:52	5:50:22	6:02:37	5:24:00

Після розрахунків часу виїзду автобусів на сумісну ділянку руху автобусів та початку роботи кожного з автобусних маршрутів можна починати складання розкладів руху для всіх автобусних маршрутів.

Таким чином, встановлено наступні залежності для розробки розкладу руху автобусів різних маршрутів з урахуванням сумісної ділянки по пр. Перемоги у м. Горлівка: скореговано інтервали руху для кожного автобусного маршруту; різниця кількості автобусів, яку необхідно додати або зняти з маршруту; час зміщення прибуття автобусів за маршрутами; середнє заповнення салону автобуса; час руху автобусів з початкового зупинного пункту до сумісної ділянки; часу виїзду автобусних маршрутів (за рис. 5); час початку роботи автобусного маршруту від початкового зупинного пункту до початку сумісної ділянки (за рис. 5).

Висновки

Запропоновано методику розробки розкладу руху автобусів різних маршрутів з урахуванням сумісної ділянки їх руху. Вона дозволяє скорегувати інтервали руху для кожного автобусного маршруту, визначити різницю кількості автобусів, яку необхідно додати або зняти з маршруту, час зміщення прибуття автобусів за маршрутами та середнє заповнення салону автобуса. Використання встановлених залежностей під час погодження розкладів руху автобусів на міських маршрутах дозволить поліпшити якість транспортного обслуговування пасажирів за рахунок зменшення часу очікування пасажирами посадки в автобус на зупинних пунктах сумісних ділянок. Проведені експериментальні дослідження показали можливість застосування розробленої методики на практиці.

Список літератури

1. Спирин И.В. Перевозки пассажиров городским пассажирским транспортом / И.В. Спирин — М.: ИКЦ «Академкнига», 2004. — 407 с.
2. Кузьменко Н.В. Формування підходу до організації міських пасажирських перевезень на сумісних ділянках руху / Н.В. Кузьменко, О.М. Дудніков, М.С. Виноградов // Вісті Автомобільно-дорожнього інституту. — Горлівка: АДІ ДВНЗ «ДонНТУ», 2009. — № 2 (9). — С. 52-59.
3. Брайловский Н.О. Проблемы повышения эффективности функционирования транспортных сетей городов: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня доктора техн. наук: спец: «Організація перевезень та управління транспорту»/ Н.О. Брайловский; — М., 1983. — 29 с.
4. Статистичні дані [електронний ресурс]. — режим доступу: URL: <http://www.ukrstat.gov.ua>.

Рецензент: к.т.н., доц., Т.Є. Василенко, АДІ ДВНЗ «ДонНТУ»

Стаття надійшла до редакції 22.09.10

© Дудніков О.М., Виноградов М.С., Золотухіна І.М., 2010