

3. Ноненков, И.П. САПР. Системы автоматизированного проектирования [Текст]. Кн. 9. Иллюстрированный словарь: Учебное пособие для технических вузов. / И.П. Ноненков. – Мн.: Высш. школа, 1988.
4. Стоян, Ю.Г. Размещение геометрических объектов. [Текст] / Ю.Г. Стоян – К.: Наукова думка, 1975. – 175 с.
5. Чупринка, В.И. Алгоритм построения опорной функции для плоских геометрических объектов [Текст] / В.И. Чупринка, В.С. Мурженко, П.В. Омельченко // Международный сборник научных трудов «Техническое регулирование: базовая основа качества товаров и услуг», Шахты: ЮРГУЭС, 2010. – С. 137 – 141.
6. Чупринка, В.И. Побудова еквідистанти для плоского геометричного об'єкта [Текст] / В.И. Чупринка, К.А. Шлімович // Вісник ДАЛПУ, 2000. – №1. – С. 83 – 85.
7. Щербань, В.Ю. Математические модели в САПР оборудования и технологических процессов легкой и текстильной промышленности [Текст]. / В.Ю. Щербань, О.И. Волков, Ю.Ю. Щербань – К.: КНУТД, 2003.
8. Щербань, В.Ю. САПР оборудования и технологических процессов легкой и текстильной промышленности [Текст] / В.Ю. Щербань, О.И. Волков, Ю.Ю. Щербань – К.: Бумсервис, 2004.
9. SOFTWARE FOR LEATHER AND TEXTILE PRODUCTION [Электронный ресурс] / FootwearCAD. - Режим доступа : \www/ URL: http://www.footwearcad.com/. – 2006. – Загл. с экрана.
10. ComelzCaligola V.4.12 [Электронный ресурс] / Vip Software - Vip-Soft.- Режим доступа : \www/ URL: http://vip-software.com/shoe-cad. – 2010. – Загл. с экрана.

*В даній статті висвітлено ряд важливих питань щодо оптимізації витрат на функціонування транспортної мережі. В результаті уточнення математичної моделі витрат на функціонування транспортної системи перевезення пасажирів та вантажів було досягнуто більш достовірний результат - за рахунок врахування ширини проїзної частини*

*Ключові слова: вулично-дорожня мережа, житловий квартал, витрати, транспортний потік, пішохідний потік, довжина ділянки*

*В данной статье рассмотрен ряд важных вопросов по оптимизации расходов на функционирование транспортной сети. В результате уточнения математической модели затрат на функционирование транспортной системы перевозки пассажиров и грузов был достигнут более достоверный результат - за счет учета ширины проезжей части*

*Ключевые слова: улично-дорожная сеть, жилой квартал, затраты, транспортный поток, пешеходный поток, длина участка*

УДК 656.11

## ЩОДО ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНОЇ ДОВЖИНИ СТОРОНИ ЖИТЛОВОГО КВАРТАЛУ

Ю. Я. Ройко

Старший викладач

Кафедра транспортних технологій

Національний університет

«Львівська політехніка»

вул. С. Бендери, 12, м. Львів, Україна, 79013

E-mail: jurij.rojko@gmail.com

### 1. Вступ

Постійне зростання рівня автомобілізації в найбільших містах України призвело до таких негативних явищ, як зниження швидкості сполучення наземних видів транспорту, збільшення викидів шкідливих газів в атмосферу та інші побічні явища. Це спричинило збільшення витрат часу на пересування населення та збільшення рівня небезпеки елементів вулично-дорожньої мережі.

Фахівці вбачають проблему у недостатньо розвинутий вулично-дорожній мережі (ВДМ). Рішення цих проблем є розробка такої планувальної схеми вулично-дорожньої мережі міста, яка б відповідала вимогам сучасності.

### 2. Актуальність теми

Згідно із діючим законодавством [1] першим структурним елементом селітебної території міста є житловий квартал. Сукупність житлових кварталів формують житлові (селітебні) райони. В свою чергу межами всіх структурних елементів є вулиці та дороги. Сукупність вулиць та доріг утворюють транспортну мережу.

Кожна транспортна мережа має основні геометризовані параметри:

- довжина ділянок мережі;
- ширина ділянок мережі;
- радіуси кривих в плані та профілі;
- ухили дорожнього полотна та інші.

Ряд останніх досліджень показує [1-7], що існують обґрунтовані значення перелічених параметрів, які забезпечують необхідний рівень безпеки переміщення транспортних засобів та пішоходів.

Вимогами сучасності, щодо параметрів транспортної мережі є розробка такої планувальної схеми, що забезпечує мінімум витрат на функціонування транспортної системи перевезення пасажирів та вантажів. При цьому забезпечуючи необхідний рівень безпеки.

### 3. Основна частина

#### 3.1. Аналіз літературних джерел по темі дослідження

В роботі [8] приведені результати аналізу критеріїв доцільності розбудови вулично-дорожньої мережі. Результатом досліджень є запропонований критерій – мінімум сумарних витрат на функціонування системи комунікацій міста, що забезпечується раціональною довжиною сторони житлового району або кварталу.

В роботі [9] було розглянуто типові геометризовані схеми вулично-дорожньої мережі та критерії їх оцінки. Визначено структуру системи комунікацій міста. Отримані математичні моделі, що визначають кількість населення, яку буде обслуговувати ділянка вулично-дорожньої мережі, показують залежність його від довжини цієї ділянки, довжини внутрішньорайонних шляхів та етажності забудови.

Запропоновані в роботі [10] математичні моделі визначення витрат на функціонування транспортної системи перевезення пасажирів та вантажів дозволяють підійти до вирішення задач оптимізації довжини між двома перехрестями вулиць (доріг).

В роботі [11] приведені результати дослідження впливу довжини ділянки вулично-дорожньої мережі на загальні витрати часу та пробігу транспортних засобів по транспортній мережі. Залежність загального пробігу транспортних засобів по транспортній мережі від довжини ділянки вулично-дорожньої мережі носить прямо пропорційний характер. Тоді, як залежність загальних витрат часу транспортних засобів від довжини ділянки вулично-дорожньої мережі має чітко виражений пік, в якому загальні витрати часу транспортних засобів при русі по транспортній мережі максимальні, що доводить твердження про існування оптимальної довжини ділянки вулично-дорожньої мережі.

#### 3.2. Результати досліджень

Саме задоволення потреб на комфортне пересування місцевих й транзитних транспортних та пасажирських потоків повинні вирішуватися при плануванні ВДМ окремого житлового району (кварталу) [3, 5-7].

Такий підхід був запропонований в роботі [10], де оптимальною довжиною ділянки вулично-дорожньої мережі є та довжина, що забезпечує мінімум витрат на функціонування транспортної системи перевезення пасажирів та вантажів

$$C_{TC} = C_{TP} + C_{PP} \rightarrow \min, \quad (1)$$

де  $C_{TP}$  – витрати, пов'язані з рухом транспортних потоків, грн.;

$C_{PP}$  – витрати, пов'язані з рухом пасажирських потоків, грн.

На першому етапі розглянемо складові загальних витрат, що пов'язані з рухом транспортних потоків

$$C_{TP}^{заг} = C_{TP1} + C_{TP2} + C_{TP3} + C_{TP4} + C_{TP5} + C_{TP6} + C_{TP7} + C_{TP8} \quad (2)$$

де  $C_{TP1}$  – витрати транспортних потоків, пов'язані з рухом по внутрішньорайонних шляхах, грн./добу;

$C_{TP2}$  – витрати транспортних потоків, пов'язані з виїздом на основну магістраль, грн./добу;

$C_{TP3}$  – витрати транспортних потоків, пов'язані з рухом по магістралі, грн./добу;

$C_{TP4}$  – витрати транзитних транспортних потоків, грн./добу;

$C_{TP5}$  – витрати транспортних потоків, пов'язані з забрудненням навколишнього середовища та транспортним шумом при русі по магістралі, грн./добу;

$C_{TP6}$  – витрати транспортних потоків, пов'язані з забрудненням навколишнього середовища та транспортним шумом при роз'їзді транспортних засобів на перехресті, грн./добу;

$C_{TP7}$  – витрати транспортних потоків, пов'язані з роз'їздом транспортних засобів на перехресті, грн./добу;

$C_{TP8}$  – витрати транспортних потоків, пов'язані з утриманням дорожнього покриття, грн./добу.

Враховуючи, що внутрішньорайонні шляхи розташовані вздовж будівель та споруд, а кількість виїздів із району обмежена, то доцільно було б врахувати коефіцієнт непрямолінійності транспортних сполучень. Тому витрати, що пов'язані з рухом по внутрішньорайонних шляхах можна визначити за залежністю:

$$C_{TP1} = \frac{l_{дл} \cdot k_{np}}{2 \cdot V_T} \cdot (HO + HP) \cdot S_T, \quad (3)$$

де  $l_{дл}$  – довжина ділянки магістралі, км;

$k_{np}$  – коефіцієнт приведення довжини внутрішньорайонних шляхів до довжини ділянки магістралі;

$V_T$  – швидкість руху транспортних засобів, км/год.;

HO – обсяг відправлень з району, од./добу;

HP – обсяг прибуття до району, од./добу;

$S_T$  – собівартість пересування, грн./год.

Витрати транспортних потоків, що пов'язані з виїздом на основну магістраль можна визначити за рівнянням

$$C_{TP2} = t_6 \cdot HO \cdot S_T \quad (4)$$

де  $t_6$  – середній час виїзду одного транспортного засобу, год.

Витрати транспортних потоків, що пов'язані з рухом по магістралі можна визначити за формулою

$$C_{TP3} = \frac{l_{дл}}{2 \cdot V_T} \cdot (HO + HP) \cdot S_T. \quad (5)$$

Витрати транзитних транспортних потоків можна визначити за залежністю

$$C_{TP4} = \frac{l_{дл}}{V_T} \cdot N_{TP} \cdot S_T, \quad (6)$$

де  $N_{TP}$  – кількість транзитних транспортних засобів, од./добу.

Витрати транспортних потоків, що пов'язані з забрудненням навколишнього середовища при русі по магістралі можна визначити за рівнянням

$$C_{ТП5} = \frac{l_{дл}}{V_T} \cdot \left( \frac{HO+HP}{2} + N_{ТР} \right) \cdot N_G \cdot C_G, \quad (7)$$

де  $N_G$  – кількість шкідливих речовин у відпрацьованих газах транспортних засобів, кг/год;

$C_G$  – вартість впливу шкідливих речовин у відпрацьованих газах транспортних засобів, грн./кг.

Витрати транспортних потоків, що пов'язані з забрудненням навколишнього середовища при русі по магістралі можна визначити за рівнянням

$$C_{ТП6} = t_{гр} \cdot \left( \frac{HO+HP}{2} + N_{ТР} \right) \cdot N_G \cdot C_G \cdot \frac{B_{пч}}{l_{дл}}, \quad (8)$$

де  $t_{гр}$  – граничний інтервал, год.;

$B_{пч}$  – ширина проїзної частини, км.

Витрати транспортних потоків, що пов'язані з роз'їздом транспортних засобів на перехресті можна визначити за залежністю

$$C_{ТП7} = t_{гр} \cdot \left( \frac{HO+HP}{2} + N_{ТР} \right) \cdot S_T \cdot \frac{B_{пч}}{l_{дл}}. \quad (9)$$

Витрати транспортних потоків, що пов'язані з утриманням дорожнього покриття можна визначити за формулою

$$C_{ТП8} = l_{дл} \cdot B_{пч} \cdot C^M + l_{дл} \cdot k_{пр} \cdot B_{пч} \cdot C^P, \quad (10)$$

де  $C^M, C^P$  – вартість утримання 1 км<sup>2</sup> площі магістральної та внутрішньорайонної дороги відповідно, грн./км<sup>2</sup>.

На другому етапі розглянемо складові загальних витрат, що пов'язані з рухом пасажирських потоків

$$C_{заг\,ТП} = C_{ПП1} + C_{ПП2} + C_{ПП3} + C_{ПП4} + C_{ПП5} + C_{ПП6} + C_{ПП7}, \quad (11)$$

де  $C_{ПП1}$  – витрати пасажирських потоків, пов'язані з підходом пасажирів до зупинки, грн./добу;

$C_{ПП2}$  – витрати пасажирських потоків, пов'язані з відходом пасажирів від зупинки, грн./добу;

$C_{ПП3}$  – витрати пасажирських потоків, пов'язані з маршрутною поїздкою пасажирів в транспортному засобі при пересуванні по перегону, грн./добу;

$C_{ПП4}$  – витрати пасажирських потоків, пов'язані з маршрутною поїздкою пасажирів в транспортному засобі при стоянці на зупиночному пункті грн./добу;

$C_{ПП5}$  – витрати пасажирських потоків, пов'язані з утриманням зупиночного пункту, грн./добу;

$C_{ПП6}$  – витрати пасажирських потоків, пов'язані з очікуванням пасажирів транспортних засобів на маршруті, грн./добу;

$C_{ПП7}$  – витрати пасажирських потоків, пов'язані з викидом шкідливих речовин у відпрацьованих газах автомобілів, грн./добу.

Для визначення складових загальних витрат, що пов'язані з рухом пасажирських потоків будемо використовувати попередні дослідження [12], щодо визначення складових витрат на переміщення пасажирів при організації зупинних пунктів.

Витрати пасажирських потоків, пов'язані з підходом пасажирів до зупинки можна визначити за залежністю:

$$C_{ПП1} = \left( \frac{l_{дл}}{4} + \frac{1}{3\delta} \right) \frac{k_{ш} \cdot k_{во} \cdot k_{рм}}{V_{пін}} \cdot B_{пін} \cdot N_{пінх}, \quad (12)$$

де  $\delta$  – щільність транспортної мережі, км/км<sup>2</sup>;

$k_{во}, k_{ш}, k_{рм}$  – коефіцієнти вибору зупиночного пункту, непрямої лінійності підходу та коефіцієнт рельєфу місцевості відповідно;

$V_{пін}$  – швидкість руху пішоходів, км/год.;

$N_{пінх}$  – кількість пасажирів, що підходять до зупиночного пункту, пас./добу;

$B_{пін}$  – вартість пішого руху, грн./год.;

Витрати пасажирських потоків, пов'язані з відходом пасажирів від зупинки можна визначити за рівнянням

$$C_{ПП2} = \left( \frac{l_{дл}}{4} + \frac{1}{3\delta} \right) \frac{k_{ш} \cdot k_{во} \cdot k_{рм}}{V_{пін}} \cdot B_{пін} \cdot N_{відх}, \quad (13)$$

де  $N_{відх}$  – кількість пасажирів, що відходять від зупиночного пункту, пас./добу.

Витрати пасажирських потоків, пов'язані з маршрутною поїздкою пасажирів в транспортному засобі при пересуванні по перегону можна визначити за формулою

$$C_{ПП3} = \frac{l_{дл}}{V_T} \cdot B_c \cdot F, \quad (14)$$

де  $B_c$  – вартість часу перебування пасажирів в салоні транспортного засобу, грн./год.;

$F$  – пасажиропотік слідування, пас./добу.

Витрати пасажирських потоків, пов'язані з маршрутною поїздкою пасажирів в транспортному засобі при стоянці на зупиночному пункті можна визначити за залежністю

$$C_{ПП4} = t_{зуп} \cdot B_c \cdot F, \quad (15)$$

де  $t_{зуп}$  – середній час простою транспортного засобу на зупиночному пункті, год.

Витрати пасажирських потоків, пов'язані з утриманням зупиночного пункту можна визначити за рівнянням

$$C_{ПП5} = t_{зуп}, \quad (16)$$

де  $C_{зуп}$  – витрати на утримання зупиночного пункту, грн./добу.

Витрати пасажирських потоків, пов'язані з очікуванням пасажирів транспортних засобів на маршруті можна визначити за рівнянням

$$C_{ПП6} = \frac{l}{2} \cdot N_{пінх} \cdot B_{оч}, \quad (17)$$

де  $l$  – інтервал руху транспортних засобів, год.;

$B_{оч}$  – вартість часу очікування пасажирів транспортних засобів на зупиночному пункті, грн./год.

Витрати пасажирських потоків, пов'язані з викидом шкідливих речовин у відпрацьованих газах автомобілів можна визначити за залежністю

$$C_{ПП7} = T_{зуп} \cdot N_G \cdot C_G, \quad (18)$$

де  $T_{зуп}$  – загальний час простою транспортних засобів на зупиночному пункті за добу, год./добу.

Таким чином, загальні витрати пов'язані з функціонуванням транспортної системи перевезення пасажирів та вантажів будуть становити:

$$\begin{aligned}
 C_{TC} = & \frac{l_{дл} \cdot k_{пр}}{2 \cdot V_T} \cdot (HO + HP) \cdot S \cdot t_v \cdot HO \cdot S_T + \frac{l_{дл}}{2 \cdot V_T} \cdot (HO + HP) \cdot S_T + \\
 & + \frac{l_{дл}}{V_T} \cdot N_{ТР} \cdot S + \frac{l_{дл}}{V_T} \cdot \left( \frac{HO + HP}{2} + N_{ТР} \right) \cdot N_G \cdot C_G + \\
 & + t_{гр} \cdot \left( \frac{HO + HP}{2} + N_{ТР} \right) \cdot N_G \cdot C_G \cdot \frac{V_{пч}}{l_{дл}} + \\
 & + t_{гр} \cdot \left( \frac{HO + HP}{2} + N_{ТР} \right) \cdot S_T \cdot \frac{V_{пч}}{l_{дл}} + l_{дл} \cdot V_{пч} \cdot C^M + l_{дл} \cdot k_{пр} \cdot V_{пч} \cdot C^P + \quad (19) \\
 & + \left( \frac{l_{дл}}{4} + \frac{1}{3\delta} \right) \frac{k_{ш} \cdot k_{во} \cdot k_{рм}}{V_{пш}} \cdot V_{пш} \cdot N_{підх} + \left( \frac{l_{дл}}{4} + \frac{1}{3\delta} \right) \frac{k_{ш} \cdot k_{во} \cdot k_{рм}}{V_{пш}} \cdot V_{пш} \cdot N_{відх} + \\
 & + \frac{l_{дл}}{V_T} \cdot V_c \cdot F + t_{зуп} \cdot V_c \cdot F + C_{зуп} + \frac{1}{2} \cdot N_{підх} \cdot V_{оч} + T_{зуп} \cdot N_G \cdot C_G.
 \end{aligned}$$

Кількість пасажирів, що підходять та відходять до (від) зупинного пункту  $N_{підх} = N_{відх}$  й обсяг відправлень та прибуття з (до) району  $HO = HP$  в розрізі доби є між собою рівними величинами.

Графічне зображення залежності витрат на функціонування транспортної системи перевезення пасажирів та вантажів від довжини ділянки ВДМ представлено на рис. 1.

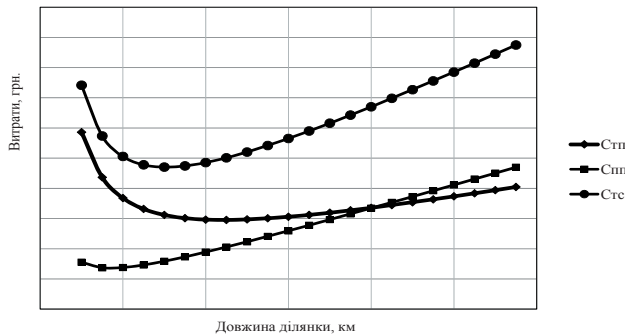


Рис. 1. Графік залежності витрат на функціонування транспортної системи перевезення пасажирів та вантажів від довжини ділянки ВДМ

#### 4. Порівняльний аналіз отриманих результатів

Як відмічалось раніше, на вибір транспорту при пересуванні впливає рівень автомобілізації. Тобто поступово основна частина пасажиропотоку пересідає на транспорт власного користування, чим збільшує транспортний потік. Саме такі тенденції спостерігалися в США, Японії та країнах Західної Європи [3, 5-7].

В такій ситуації проектувальники повинні визначити прогнозовані значення складових залежності (19). Тому що лише зміною довжини та ширини проїзної частини можна забезпечити мінімальні витрати коштів на реалізацію проекту.

#### 5. Висновки

В результаті уточнення математичної моделі витрат на функціонування транспортної системи пере-

везення пасажирів та вантажів було досягнуто більш достовірний результат, за рахунок врахування ширини проїзної частини. Яка в свою чергу залежить від величини транспортного потоку.

Загалом, проведені дослідження вказують на те, що оптимальна довжина ділянки ВДМ залежить від співвідношення кількості транспортних засобів та пасажиропотоку транзитного та місцевого формування.

#### Література

1. Містобудування. Планування і забудова міських і сільських поселень: ДБН 360-92\*\* [Текст]. – [Чинний від 2002-04-19]. – К.: ДП «Укрархбудінформ», 2002. – 92 с.
2. Лобанов, Е. М. Транспортная планировка городов [Текст] / Е. М. Лобанов. – М.: Транспорт, 1990. – 240 с.
3. Transport planning and traffic engineering [Текст] / Edited by C. A. O'Flaherty. – Butterworth-Heinemann, 2006. – 544 p.
4. Стародуб, І.В. Критерії оцінки транспортно-планувальної системи міста / І.В. Стародуб // Містобудування та територіальне планування. – 2007. – Вип. 27. – С. 262-268.
5. Morimoto, A. A preliminary proposal for urban and transportation planning in response to the Great East Japan [Текст] / A. Morimoto. – IATSS Research, 2012. – Vol. 36. – P. 20-23.
6. Cho-Yam Lau, J. Sustainable urban transport planning and the commuting patterns of poor workers in a historic inner city in Guangzhou [Текст] / J. Cho-Yam Lau. – Habitat International, 2013. – Vol. 39. – P. 119-127.
7. Zadeh, M. Analyzing the effect of the street network configuration on the efficiency of an urban transportation system [Текст] / M. Zadeh. M. Ali Rajabi. – Cities, 2013. – Vol. 31. – P. 285-297.
8. Санько, Я. В. Вибір критерію доцільності розбудови вулично-дорожньої мережі [Текст] / Я. В. Санько // Вісник Донецької академії автомобільного транспорту. – 2011. - №3. – С. 46-49.
9. Доля, В. К. Визначення довжини ділянки вулично-дорожньої мережі міста [Текст] / В. К. Доля, Я. В. Санько // Восточно-Европейський журнал передових технологій. – 2011. - № 6/4(54). – С. 17-20.
10. Санько, Я. В. Формування математичної моделі витрат на функціонування транспортної системи перевезення пасажирів та вантажів [Текст] / Я. В. Санько, Ю. Я. Ройко // Комунальне господарство міст: Науково-технічний збірник. – 2012. – Вип. 103. – С. 425-428.
11. Санько, Я. В. Дослідження впливу довжини ділянки вулично-дорожньої мережі на характеристики транспортних потоків [Текст] / Я. В. Санько, Ю. Я. Ройко // Міжвузівський збірник наукових праць «Наукові нотатки». – 2012. – Вип. 37. – С. 289-293.
12. Єрмак, О. М. Визначення впливу величини пасажиропотоку на оптимальну довжину перегону міського пасажирського транспорту [Текст] / О. М. Єрмак // Восточно-Европейський журнал передових технологій. – 2008. - №5/3(35). – С.7-9.