

Харківський національний автомобільно-дорожній університет
Міністерства освіти і науки України

Харківський національний автомобільно-дорожній університет
Міністерства освіти і науки України

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

Колій Олександр Сергійович

УДК 656.11

ДИСЕРТАЦІЯ

Рациональне розташування зупиночних пунктів автобусних та тролейбусних
маршрутів відносно регульованих перехресть

05.22.01 – Транспортні системи

27 - Транспорт

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей,
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело


_____ О.С. Колій
(підпис, ініціали та прізвище здобувача)

Науковий керівник Горбачов Петро Федорович, доктор технічних наук, професор

Харків – 2017

АНОТАЦІЯ

Колій О.С. Раціональне розташування зупиночних пунктів автобусних та тролейбусних маршрутів відносно регульованих перехресть. - Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.01 «Транспортні системи» (275 - Транспортні технології (на автомобільному транспорті)). - Харківський національний автомобільно-дорожній університет, МОН України, Харків, 2017.

Дисертація присвячена вирішенню науково-прикладної задачі визначення раціонального місця розташування зупиночних пунктів до чи після регульованих перехресть. Аналіз підходів і методів до визначення раціонального місця розташування зупиночних пунктів показав, що вони в основному ґрунтуються на цілях мінімізації витрат часу на пересування пасажирів або максимізації продуктивності функціонування транспортних систем. При цьому питанню визначення часу затримки виїзду маршрутного транспортного засобу з карману зупиночного пункту після закінчення посадки та висадки пасажирів приділяється дуже мало уваги. На цей час існують лише регресійні моделі, які не можуть претендувати на загальність та їх використання при транспортному плануванні потребує схожих умов функціонування з об'єктом, на якому були зібрані статистичні данні. Проведений аналіз дозволив визначити напрямки основних досліджень, а саме: оцінка впливу параметрів транспортного потоку на час затримки виїзду маршрутного транспортного засобу з карману зупиночного пункту в зоні, прилеглої до регульованого перехрестя.

В якості об'єкту дослідження було формалізовано процес утворення затримок при виїзді маршрутного транспортного засобу з карману зупиночного пункту завдяки чому були побудовані аналітичні моделі визначення часу затримки виїзду маршрутного транспортного засобу з карману зупиночного пункту.

Також в роботі розроблені теоретичні основи моделювання транспортного попиту в умовах інтенсивної взаємодії об'єкту дослідження з його оточенням. Така взаємодія зовнішніх та внутрішніх обсягів руху загострює питання незбалансовано-

сті місткостей транспортних районів, яке в загальному випадку ще не має свого рішення.

Головна причина виникнення дисбалансу між сумарними місткостями транспортних районів обумовлена динамічною структурою об'єкту дослідження, оскільки будь-яка поїздка в ньому починається і закінчується в різний час. Це означає, що відправлення автомобілів до початку досліджуваного періоду, та їх прибуття після його закінчення, не можуть бути зафіксовані, хоча вони можуть бути частиною транспортного потоку в районі дослідження. Кількість таких частково зафіксованих автомобілів на момент початку обстеження є частиною місткостей внутрішніх транспортних районів з відправлення, на момент закінчення – місткостей внутрішніх транспортних районів з прибуття. Тому, якщо на моменти початку та закінчення обстеження на транспортній мережі досліджуваного району знаходилася різна кількість автомобілів, між сумарними місткостями транспортних районів з прибуття та відправлення автомобілів вочевидь буде існувати дисбаланс, викликаний саме цією різницею.

В роботі визначені залежності часу затримки виїзду маршрутного транспортного засобу з карману зупиночного пункту від інтенсивності руху автомобілів та відстані розташування зупинки від перехрестя, представлено результати натурних обстежень інтенсивності обміну автомобілів в місцях паркування центральної частини м. Харкова, встановлено закономірності розподілу щільності паркування та визначено інтенсивність транспортних потоків при різних рівнях завантаження центральної частини м. Харкова. Для визначення залежності часу затримки виїзду маршрутного транспортного засобу від інтенсивності та відстані розташування зупинки від перехрестя було проведено розрахунки для базового варіанту функціонування регульованого перехрестя з одно-смуговим рухом на дорозі. При цьому розглядалося два варіанти розміщення зупиночного пункту до та після перехрестя. За результатами розрахунків було визначено, що час затримки виїзду маршрутного транспортного засобу з зупинки знаходиться під впливом багатьох факторів, вплив яких неоднаковий в залежності від розташування зупинки до чи після регульованого перехрестя. За результатами досліджень можливо стверджувати, що найбільш доцільним є роз-

міщення зупинки на мінімально допустимій відстані за перехрестям, а при розміщенні зупинки до перехрестя на відстані 30 м.

Для прийняття практичних рішень стосовно розміщення зупиночних пунктів в умовах підвищеної інтенсивності транспортних потоків на ділянках центральної частини м. Харкова було побудовано модель попиту на пересування автомобілів. При цьому місткості транспортних районів визначалися обміном автомобілів на стоянках, дослідження яких проводилось з 8⁰⁰ до 10⁰⁰, так як за попередніми дослідженнями було встановлено, що процес накопичення автомобілів на узбіччі займає відносно невеликий проміжок часу та досягає максимуму з 8⁰⁰ до 10⁰⁰, а після 10⁰⁰ ступінь заповнення місць паркування має незначні коливання протягом періоду обстеження.

Після обробки проведених серій спостережень середня кількість автомобілів, що прибувають на стоянку склала 32 од. на 100 м, а тих що від'їжджають – 20 од. на 100 м. Кількість автомобілів, що паркуються у дворах житлових будинків склала 0,49 од. на 100 м² та 0,52 од. на 100 м² що від'їжджають відповідно.

Для визначення щільності паркування автомобілів було використано фотофіксацію ділянок вулично-дорожньої мережі за період доби з 8⁰⁰ до 10⁰⁰. Після обробки результатів спостережень можна стверджувати, що величина щільності стоянки автомобілів на вулично-дорожньої мережі розподіляється згідно з показниковим законом, а випадкова величина щільності стоянки в дворах будинків за гамма розподілом.

Використовуючи значення параметрів закону розподілу щільності паркування та середніх значень кількості прибуваючий та від'їжджаючих автомобілів в імітаційному експерименті було визначено кількість автомобілів, що прибувають до та від'їжджають з кожної ділянки дороги в побудованій моделі вулично-дорожньої мережі центральної частини м. Харкова. Завдяки чому було одержано місткості транспортних районів, сумарне значення яких по прибуттю дорівнює 29099, а по відправленню 23103.

Для обґрунтованого коректування місткостей транспортних районів було визначено середню щільність транспортних потоків на основі відеоспостережень на

різних перехрестях центральної частини м. Харкова з 7^{50} до 8^{10} та з 9^{50} до 10^{10} . За результатами одержаних досліджень було визначено, що кількість автомобілів на початку натурних спостережень значно менша, що пояснює дисбаланс між прибуттям і відправленням автомобілів. За допомогою середньої щільності транспортних потоків були визначені місткості умовного транспортного району "Транспортна мережа". За рахунок цього різниця між сумами місткостей ТР по відправленню та прибуттю зменшується з 3057 до 191 автомобілів. За допомогою одержаної матриці кореспонденцій в програмі VISUM були розраховані інтенсивності транспортних потоків. Аналізу впливу зміни величини кореспонденцій на інтенсивність руху автомобілів в центральній частині м. Харкова показали, що при збільшенні кореспонденцій понад 60% пропускна спроможність ділянок вулично-дорожньої мережі зменшується до критично малого стану на що вказує швидкість руху, яка наближається до нуля.

Для оцінювання адекватності побудованих теоретичних моделей, було побудовано альтернативну модель в програмі VISSIM. При цьому вхідні параметри для моделі побудованої в програмі VISSIM повністю співпадали з вхідними параметрами аналітичної моделі. В результаті проведення серій експериментів в програмі VISSIM в яких моделювалась різна відстань розташування зупинки було одержано середні значення часу затримки виїзду маршрутного транспортного засобу з карману зупиночного пункту. Для перевірки розробленої математичної моделі було знайдено інтегральну різницю між розрахунковою та імперичною функцією часу затримки виїзду маршрутного транспортного засобу в залежності від відстані розташування зупиночного пункту, яка не перевищує 15%, що вказує на високу схожість результатів моделювання.

Використовуючи розроблені аналітичні моделі було розроблено практичні рекомендації стосовно розміщення 8 зупиночних пунктів на вулицях Пушкінська та Сумська м. Харкова. В якості вхідних даних стосовно параметрів руху транспортних потоків для аналітичних моделей та моделей в програмі VISSIM використовувались значення інтенсивності, які були прогнозовані в програмі VISUM. За допомогою розроблених математичних моделей було визначено середній час затримки виїзду ма-

ршрутного транспортного засобу при різних рівнях інтенсивності транспортних потоків, які в подальшому можуть бути на досліджуваних ділянках вулиць Сумська та Пушкінська. Після проведених розрахунків було встановлено, що на всіх розглянутих перехрестях більш доцільним буде розміщення зупиночних пунктів на мінімально допустимій відстані 10 м за перехрестям навіть при збільшенні інтенсивності руху на 60%. В результаті передислокації 8 зупиночних пунктів на вулицях Пушкінська та Сумська вдалося зменшити час затримки виїзду маршрутного транспортного засобу в середньому з 22 до 6 секунд. При цьому середній час поїздки пасажирів у маршрутному транспортному засобі на зазначених вулицях скорочується на 9%.

Наукова новизна даної роботи полягає в тому, що вперше розроблені наукові основи визначення раціонального розташування зупиночних пунктів відносно регульованих перехресть міських вулиць, за рахунок формалізації часу затримки відправлення маршрутного транспортного засобу з карману зупиночного пункту після закінчення посадки та висаджування пасажирів, а також запропоновано новий підхід до формалізації моделі потреб у поїздках на автомобілях, який на відміну від існуючих дозволяє врахувати змінний характер щільності руху автомобілів на вулично-дорожній мережі.

Практичне значення отриманих результатів полягає в розробці: методики визначення раціонального місця розташування зупиночних пунктів відносно регульованих перехресть міських вулиць та рекомендацій щодо раціонального розташування окремих зупиночних пунктів автобусних та тролейбусних маршрутів в центральній частині м. Харкова.

Ключові слова: зупинка, маршрутні транспортні засоби, транспортні потоки, регульовані перехрестя, інтенсивність руху, час затримки, місткість транспортних районів.

Список публікацій здобувача.

Публікації в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

1. Горбачов П.Ф. Закономірності зміни інтенсивності обміну транспортних засобів на елементах транспортної мережі міста / П.Ф. Горбачов,

О.С. Колій // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2008. – № (36) 6/3. – С. 24 – 27.

2. Горбачов П.Ф. Закономірності формування місткості центральної частини м. Харкова по прибуттю та відправленню автомобілів / П.Ф. Горбачов, О.С. Колій // Вісник ХНАДУ. – 2010. – №49. – С. 127 – 129.

3. Горбачов П.Ф. Визначення завантаження автомобілями центральної частини м. Харкова на основі закономірностей щільності паркування. / П.Ф. Горбачов, О.С. Колій // Автомобільний транспорт. – 2010. – № 27. – С. 69 – 72.

4. Горбачов П.Ф. Моделювання прибуття і відправлення автомобілів у транспортних районах центральної частини міста Харкова. / П.Ф. Горбачов, О.С. Колій, В.М. Чижик // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – 2011. – №5(159). – С. 264 – 269.

5. Горбачов П.Ф. Методика расчета емкостей транспортных районов с учетом динамических процессов в транспортной системе / П.Ф. Горбачов, О.С. Колій // Автомобільний транспорт. – 2012. – № 30. – С. 139 – 143.

6. Горбачов П.Ф. Особенности формирования емкостей транспортных районов прибытия и отправления автомобилей для центральной части города Харькова / П. Ф. Горбачов, О.С. Колій // Вісник ХПІ, Збірник наукових праць. – 2013.– № 56(1029). – С. 55 – 60.

7. Горбачов П.Ф. Параметры движения маршрутного автомобильного пассажирского транспорта в центральной части г. Харькова / П.Ф. Горбачов, А.І. Воронков, О.С. Колій, І.Н. Нікітченко // Вісник ХНАДУ. – 2013.– № 60. – С. 34 – 37.

8. Горбачов П.Ф. Визначення часу затримки виїзду автобусу з зупиночного пункту в потік автомобілів / П.Ф. Горбачов, О.С. Колій // Автомобільний транспорт. – 2014. – №35. – С. 116 – 122.

9. Horbachov P. Badania procesów parkowania w centralnej części miasta Charkowa / P. Horbachov, V. Naumov, O. Koliy // zeszyty naukowo-techniczne

stowarzyszeń iainżynie rów i techników komunikacji rzeczpospolitej polskiej oddział w krakowie. – 2013. – № 1(100)72013. – P. 125 – 134.

10. Horbachov P. Estimation of the bus delay at the stopping point on the base of traffic parameters / P. Horbachov, V. Naumov, O. Kolii // Archives of Transport. –2015. – Vol. 35(3). – P. 15 – 25.

Публікації які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

11. Колій О.С. Визначення місткості транспортних районів з урахуванням щільності завантаження автомобілями транспортної мережі / О.С. Колій // Транспортные проблемы крупнейших городов: материалы междунар. науч.-практ. конф., Харьков, 12 – 16 марта 2012 г.: тезисы докладов. – Харьков: ХНАГХ, 2012. – С. 19 – 20.

12. Колій А.С. Методика балансировки емкостей транспортных районов прибытия и отправления автомобилей в центральной части г. Харькова / А.С. Колій // Совершенствование организации дорожного движения и перевозок пассажиров и грузов : сб. науч. трудов по материалам междунар. науч.-техн. конф., 19 апреля 2012 г., Минск / Белорус. нац. техн. ун. – М. : БНТУ, 2013. – С. 120 – 127.

13. Колій О.С. Визначення закономірностей інтенсивності обміну автомобілів на ділянках транспортної мережі міста / О.С. Колій // Логістика промислових регіонів: зб. наук. праць за матеріалами четвертої міжнар. наук.-практ. конф., Донецьк, 23-25 квітня 2012 р. – Донецьк: ЛАНДОН-XXI, 2012. – С. 223 – 225.

14. Колій О.С. Визначення часу затримки виїзду автобусу з зупиночного пункту в потік автомобілів / О.С. Колій // Підвищення надійності машин і обладнання : зб. наук. праць за матеріалами восьмої всеукраїнської наук.-практ. конф. студентів та аспірантів, Кіровоград, 16 – 18 квітня 2014 р. – Кіровоград: КНТУ, 2014. – С. 164 – 166.

Публікації які додатково відображають наукові результати дисертації:

15. Пат. 92076 Україна, МПК G08G 1/09 (2006.01), UA 92076 U. Спосіб визначення обсягів прибуття та відправлення транспортних засобів до міського транспортного району / Денисенко О.В., Колій О.С., Свічинський С.В.; заявник і патентовла-

сник Харківський національний автомобільно-дорожній університет. – № u 2014 02621; заявл. 17.03.14; опубл. 25.07.14, Бюл. №14.

16. Пат. 110729 Україна, МПК G08G 1/09 (2006.01), UA 110729 U. Спосіб визначення обсягів прибуття та відправлення транспортних засобів до міського транспортного району / Денисенко О.В., Колій О.С.; заявник і патентовласник Харківський національний автомобільно-дорожній університет. – № u2014 02622; заявл. 17.03.14; опубл. 10.02.16, Бюл. №3.

17. А. с. Методика коректування місткостей транспортних районів на основі врахування динамічних процесів у транспортній системі / О.С. Колій (Україна). – № 52553 ; зареєстровано 13.12.13.

ABSTRACT

O. Koliy. Rational location of stops of bus and trolley bus routes with respect to regulated intersections. - Qualifying scientific work as manuscript.

Dissertation in support of candidature for a technical degree in speciality 05.22.01 “Transport Systems” (275 Transport Technologies (in Road Transport)). - Kharkiv National Automobile and Highway University, Ministry of Education and Science of Ukraine, Kharkiv, 2017.

The thesis deals with solving scientific and applied problems of determining the rational location of stopping points at the entrance or exit from controlled intersections. Analysis of approaches and methods to the determination of rational location of stopping points showed that they are mostly based on the goals of minimizing the time for passenger transportation or maximizing the performance of transport systems functioning. With that, the question of determining the time of delay of vehicle departure from the stopping point bottleneck after the embarkation and disembarkation of passengers is paid very little attention to. Currently, there are only regression models available that cannot claim to be universal and their use in transport planning requires similar conditions of functioning with the object, where statistic data were collected. The conducted analysis allowed determining the trend of basic research, namely, assessment of the influence of

traffic flow parameters on the delay time of route transport departure from the stopping point bottleneck in the area adjacent to the controlled intersection.

The process of delay occurrence at the exit of route transport from the stopping point bottleneck was formalized as the object of study thanks to which there was built an analytical model to determine the time of delay of route transport departure from the stopping point bottleneck.

In the given work there were also developed theoretical bases of modeling the transportation demand under conditions of intensive interaction of the research object with its surroundings. Such interaction of external and internal traffic volumes exacerbates the issue of disequilibrium of transport district capacity, which in general does not have its own solution yet.

The main cause of imbalance between the total capacities of traffic areas is due to the dynamic structure of the object of study, because any trip in a given area starts and ends at different times. This means that departure of vehicles at the beginning of the study period, and their arrival after it is over can't be fixed, although they can be a part of the traffic flow in the study region. The number of such partially recorded vehicles at the beginning of the survey is part of the volumes of inner departure transport areas, at the end of the survey – volumes of inner arrival transport areas. Therefore, if at the beginning and the end of the survey on the transport network of the study area there was a different number of cars, there will obviously be an imbalance between the total capacities of transport areas of vehicles arrival and departure caused by this very difference.

In the given work there was determined the dependence of time of delay of route transport departure from the stopping point bottleneck on the traffic flow density and the distance of stopping points location relative the intersection; there were presented the results of field surveys of vehicle exchange intensity at parking lots in the downtown area of Kharkiv; there were determined the regularities of density distribution of vehicles parking and determined the density of traffic flows at different levels of congestion of the downtown area of Kharkiv. To determine the dependence of delay time of route transport departure on the intensity and distance of stopping point location relative the intersection, there were carried out calculations for the base option of a single-traffic lane controlled

intersection functioning.

There were investigated two options for placement of a stopping point at the entrance and exit from the intersection. According to the results of calculations, it was determined that the delay time of route transport departure from the stopping point was influenced by many factors, whose influence varies depending on the location of the stopping point at the entrance and exit from a controlled intersection. By the results of researches one can be affirm that the most expedient is the placement of a stopping point at the minimum acceptable distance from the intersection, and it is recommended to locate a stopping point at a distance of 30 m at the entrance to the intersection.

For making practical decisions regarding the placement of bus stops in terms of increased traffic flows on sections of the downtown business area of Kharkiv there was built a model of demand for vehicles movement. In this, the capacity of transport areas was determined by the exchange of vehicles at parking-lots, the study of which was conducted from 8⁰⁰ to 10⁰⁰, since the preliminary studies showed that the process of accumulation of cars at the roadside takes a relatively short period of time and reaches a maximum from 8⁰⁰ to 10⁰⁰, but after 10⁰⁰, the occupancy rate of parking spaces reveal small fluctuations during the survey period.

After processing the number of observations conducted, the average number of cars arriving at the parking lot constituted 32 units on 100 m, and those that leave the parking lot 20 units on 100 m. The number of cars parked in the yards of blocks of flats was 0.49 units on 100 m² and 0.52 departing units on 100 m² respectively.

To determine the density of vehicle parking, there were used photographed sections of the road network during the time period from 8⁰⁰ to 10⁰⁰. After processing the results of observations, one can affirm that the value of parking density on the road network is distributed according to the index law, and the random value of the parking density in the yards of houses according to the gamma distribution.

Using the values of parameters of the law of distribution of parking density and the average values of the number of arriving and departing vehicles in the simulation experiment, there was determined the number of vehicles arriving to and leaving each road segment in the constructed model of the road network of the downtown business area of

Kharkiv. Thereby, there was obtained the capacity of transport areas, the total value of which during the arrival was 29099, and during the departure - 23103.

For grounded correction of transport areas capacity, there was determined the average density of traffic flows based on observations at different intersections of the downtown business area of Kharkiv from 7⁵⁰ to 8¹⁰ and from 9⁵⁰ to 10¹⁰. According to the results of research, it was determined that the number of cars at the beginning of field observations was much smaller, which explains the imbalance between the arrival and departure of cars. Using the average density of traffic flows, there was determined the capacity of conventional transport area "Transport network". Due to this, the difference between the amounts of TF on departure and arrival decreases from 3057 to 191 vehicles. Using the resulting matrix of correspondence in the program VISUM, there were calculated the traffic flows. Analysis of the impact of changes in the amount of transport correspondences on the traffic intensity in the downtown business area of Kharkiv showed that with the increase of transport correspondences over 60%, the traffic capacity of the road network sections is reduced to a critically small state, as indicated by the speed which approaches to zero.

To assess the adequacy of constructed theoretical models, there was constructed an alternative model in the software VISSIM. The input parameters for the model built in the VISSIM program are fully consistent with the input parameters of the analytical model. As a result of a series of experiments in the program VISSIM in which there was modeled a different distance of placing the stopping points; they obtained average values of time delay of vehicles departure from the bottleneck of a stopping point. To check the difference between the two functions, there was conducted integration, according to the results of which the difference between the above functions does not exceed 15%, indicating high similarity of the simulation results.

Using the developed analytical models, there were developed practical recommendations regarding the placement of 8 stopping points in Pushkinskaya and Sumskaya streets in Kharkiv. As input data as for traffic flow parameters for analytical models and models in the VISSIM program there were used the intensity values, which were projected in the VISUM program. Using the developed mathematical models, there

was determined the average time of delay of departure of the route vehicle at different levels of intensity of transport flows that can further occur on the researched sections of Sumska and Pushkinskaya streets. After the calculations were carried out it was revealed that at all intersections considered it would be more appropriate to place the stopping points at the minimum acceptable distance of 10 m at the exit from the intersection, even if the traffic density increases by 60%. As a result of relocation of 8 bus stops in Pushkinskaya and Sumskaya streets it was possible to reduce the delay time of the route vehicle departure from 22 seconds to 6 seconds on the average. Herewith, the average travel time of passengers in the route-bus on the specified streets is reduced by 9%.

The scientific novelty of this work lies in the fact that for the first time there was developed the scientific basis for determining the efficient arrangement of bus-stops relative the regulated intersections of city streets, by formalizing the delay time of route transport departure from the bus-stop pocket after embarkation and disembarkation of passengers, as well as offered a new approach to formalization of the model as for the needs to motoring that unlike the existing ones makes it possible to take into account the variable nature of traffic density on the road network.

The practical significance of the results obtained is to design: the method of determining the efficient location of bus-stops relative the regulated intersections of city streets and recommendations as for efficient positioning of individual route bus-stops and trolley-bus stops in the central business area of Kharkiv.

Key words: stop, route vehicles, traffic flow, regulated intersections, traffic, latency, capacity transport areas.

List of publications of the applicant.

Entries in which there are published the major scientific results of the thesis:

1. Horbachov P. Laws change the intensity exchange of a vehicles on the elements of transport system in a city / P. Horbachov, O. Koliy // Eastern – european journal of enterprise Technologies. – 2008. – № (36) 6/3. – P. 24 – 27.

2. Horbachov P. Laws of Kharkiv urban core capacity formation on vehicle arrival and departure / P. Horbachov, O. Koliy // KhNAHU Bulletin. – 2010. – №49. – P. 127 – 129.

3. Horbachov P. Determination of Traffic Congestion in Central Part of Kharkiv on Basis of Parking Density Law / P. Horbachov, O. Koliy // Automobile Transport. – 2010. – № 27. – P. 69 – 72.

4. Horbachov P. Modeling the arrival and departure of vehicles in transport areas of central part of Kharkiv / P. Horbachov, O. Koliy, V.M. Chyzhyk // Visnik of the Volodymyr Dahl East Ukrainian national university. – 2011. – №5(159). – P. 264 – 269.

5. Horbachov P. method of calculation of transport area capacity based on dynamic processes within the transport system / P. Horbachov, O. Koliy // Automobile Transport. – 2012. – № 30. – P. 139 – 143.

6. Horbachov P. Features the formation of transport area capacity the arrival and departure of vehicles for central part of Kharkiv / P. Horbachov, O. Koliy // NTU KhPI Bulletin, Collected of scientific works. – 2013.– № 56(1029). – P. 55 – 60.

7. Horbachov P. Parameters of motion of route motor passenger transport in central part of Kharkiv / P. Horbachov, A.I. Voronkov, O. Koliy, I.N. Nikitchenko // KhNAHU Bulletin. – 2013.– № 60. – P. 34 – 37.

8. Horbachov P. Determination of the delay departure time of the bus from stopping point into the car flow / P. Horbachov, O. Koliy // Automobile Transport. – 2014. – №35. – P. 116 – 122.

9. Horbachov P. Research of parking processes in the central part of Kharkov / P. Horbachov, V. Naumov, O. Koliy // Scientific and technical journals of the associations and communication technicians of the Polish branch in Krakow. – 2013. – № 1(100)72013. – P. 125 – 134.

10. Horbachov P. Estimation of the bus delay at the stopping point on the base of traffic parameters / P. Horbachov, V. Naumov, O. Koliy // Archives of Transport. –2015. – Vol. 35(3). – P. 15 – 25.

Entries that certify the assessment of thesis materials:

11. Koliy O. Determination of transport area capacity based on density load cars transport network / O. Koliy // Transport problems of the largest cities: materials of international scientific-practical conference., Kharkiv, 12 – 16 March 2012: Abstracts. – Kharkiv: NUUEK, 2012. – P. 19 – 20.

12. Koliy A. Method of balancing transport area capacity arrival and departure of vehicles in central part of Kharkiv / A. Koliy // Improvement organization of traffic and transportations passengers and cargoes: collected of scientific works on the materials of international scientific-technical conference, 19 April 2012, Minsk / Belarusian National Technical University – M. : BNTU, 2013. – P. 120 – 127.

13. Koliy O. Determination of Laws intensity exchange of a vehicles on the parts of transport system in a city / O. Koliy // Logistics of industrial regions: collected of scientific works on the materials of fourth international scientific-practical conference, Donetsk, 23-25 April 2012. – Donetsk: LANDON -XXI, 2012. – P. 223 – 225.

14. Koliy O. Determination of the delay departure time of the bus from stopping point into the car flow / O. Koliy // Improving the reliability of machines and equipment : collected of scientific works on the materials of eighth all-Ukrainian scientific-practical conference students and graduate students, Kirovograd, 16 – 18 April 2014. – Kirovograd: KNTU, 2014. – P. 164 – 166.

Publications which additionally reflect the scientific results of the thesis:

15. Pat. 92076 Ukraine, IPC G08G 1/09 (2006.01), UA 92076 U. Method of determining the volume arrival and departure of vehicles to urban transport area / Denysenko O.V., Koliy O., Svichynskyi S.V.; applicant and patentee KhNAHU. – № u 2014 02621; appl. 17.03.14; publ. 25.07.14, Bull. №14.

16. Pat. 110729 Ukraine, IPC G08G 1/09 (2006.01), UA 110729 U. Method of determining the volume arrival and departure of vehicles to urban transport area / Denysenko O.V., Koliy O.; applicant and patentee KhNAHU. – № u2014 02622; appl. 17.03.14; publ. 10.02.16, Bull. №3.

17. A. c. Method of adjustments of transport area capacity based on consideration dynamic processes within the transport system / O. Koliy (Ukraine). – № 52553 ; registered 13.12.13.

ЗМІСТ

Анотація.....	2
Abstract.....	9
Перелік умовних скорочень	19
Вступ.....	20
Розділ 1. Сучасний стан питання раціонального розташування зупиночних пунктів міського громадського транспорту.....	25
1.1 Аналіз сучасного стану питання визначення раціонального розташування зупиночних пунктів.....	25
1.2 Існуючі розрахункові методи визначення місця розташування зупиночних пунктів	29
1.3 Аналіз існуючих підходів до моделювання транспортних потоків	32
1.4 Постановка, мета та задачі дослідження.....	49
Висновки до першого розділу	53
Розділ 2. Розробка аналітичних моделей та методик проведення дослідження.....	55
2.1 Аналітичне моделювання часу затримки виїзду МТЗ з зупинки	56
2.2 Формування методики визначення місткостей транспортних районів	81
2.3 Теоретичні основи корегування сумарних місткостей транспортних районів та розрахунку матриці кореспонденцій.....	85
Висновки до другого розділу	94
Розділ 3. Експериментальні дослідження функціонування вулично-дорожньої мережі та зупиночних пунктів	96
3.1 Побудова транспортної моделі центральної частини м. Харкова.....	97
3.2 Результати та обробка інформації для формування моделі попиту на пересування автомобілів	100
3.3 Моделювання інтенсивності руху автомобілів в центральній частині міста Харкова.....	109

3.4 Експериментальна оцінка основних характеристик руху транспортних засобів	120
Висновки до третього розділу	123
Розділ 4. Оцінка адекватності розробленої моделі та формулювання практичних рекомендацій щодо раціонального розташування зупиночних пунктів	126
4.1 Моделювання раціонального розташування зупиночного пункту відносно регульованого перехрестя	127
4.2 Оцінка адекватності розробленої моделі визначення раціонального розташування зупиночного пункту відносно регульованого перехрестя	130
4.3 Розробка практичних рекомендацій і оцінка ефективності дослідження	135
Висновки до четвертого розділу	144
Висновки	146
Список використаних джерел	148
Додаток А Список публікацій за темою дисертації та відомості про апробацію ...	166
Додаток Б Назви вулиць та перехресть з кодovими номерами	171
Додаток В Загальне обстеження прибуття та відправлення автомобілів протягом робочого дня	176
Додаток Г Інтенсивність використання місць паркування на крайній правій смузі	180
Додаток Д Інтенсивність використання місць паркування в дворах житлових будинків та прилеглих територіях державних та комерційних установ	184
Додаток Е Щільність паркування автомобілів	186
Додаток Ж Площа дворів в випадково відібраних квадратах	191
Додаток И Довжина шляху між всіма перехрестями ВДМ	192
Додаток К Результат обробки спостережень за кількістю автомобілів, що прибувають та виїжджають з ЦЧМ Харкова	204
Додаток Л Щільність автомобілів на ділянках ВДМ в ранковий час пік	205
Додаток М Результати визначення кореспонденцій між ТР ЦЧМ Харкова	209
Додаток Н Інтенсивності ТП на ділянках вулиць Сумська, Пушкінська та просп. Науки	211
Додаток П Швидкість руху ТП на ділянках вулиць Сумська та Пушкінська	223

Додаток Р Натурні дослідження швидкості руху в потоці та розгін МТЗ при від'їзді від зупиночного пункту	225
Додаток С Натурні дослідження часу звільнення автомобілем свого місця в черзі перед світлофором.....	228
Додаток Т Залежність часу затримки звільнення зупиночного пункту від інтенсивності ТП та відстані від зупинки до перехрестя.....	229
Додаток У Натурні дослідження часу затримки виїзду МТЗ з зупиночного пункту	230
Додаток Ф Розрахункові значення часу затримки виїзду МТЗ з зупиночного пункту за розробленими аналітичними моделями.....	234
Додаток Х Визначені значення часу затримки виїзду МТЗ з зупиночного пункту в програмі Vissim.....	238
Додаток Ц Розрахункові значення часу руху громадського транспорту в програмі Vissim.....	240
Додаток Ш Акти впровадження результатів дослідження	242

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

ВДМ	вулично-дорожня мережа
ВТР	внутрішні транспортні райони
ЗП	зупиночний пункт
КЗП	карман зупиночного пункту
МТЗ	маршрутний транспортний засіб
МТК	матриця транспортних кореспонденцій
ОДР	організація дорожнього руху
ПДР	правила дорожнього руху України
ПТР	периферійні транспортні райони
ТЗ	транспортний засіб
ТП	транспортний потік
ТР	транспортний район
УТР	умовний транспортний район
ЦЧМ	центральна частина міста

ВСТУП

Актуальність теми. Сьогодні в галузі пасажирських перевезень в містах України одне з найважливіших місць займає організація роботи міського пасажирського транспорту в зоні зупиночних пунктів (ЗП), розташування яких часто не відповідає сучасному рівню інтенсивності руху маршрутних транспортних засобів (МТЗ) та інших автомобілів. Ця обставина ускладнена тим, що в Україні вже досягнутий достатньо високий рівень автомобілізації, зростання якого не супроводжувалося відповідним розвитком транспортних мереж. Як наслідок, у багатьох містах значно знижена ефективність функціонування транспортної системи та погіршений стан безпеки дорожнього руху. Зважаючи на це ЗП, які розташовані нераціонально, можуть не лише створювати значні перешкоди руху транспортних потоків (ТП) на магістральних вулицях та стати причиною виникнення аварійних ситуацій, а і погіршувати показники часу обслуговування пасажирів МТЗ. З іншого боку існуючі положення стосовно розташування ЗП нормуються відповідно до стандартів дальності пішохідних підходів до найближчої зупинки. При цьому не в повній мірі дослідженими залишаються питання впливу різних параметрів руху ТП в зоні дії ЗП на час виїзду МТЗ з карману зупиночного пункту (КЗП). Що стосується розміщення ЗП відносно перехресть, то в існуючих нормативних документах надаються лише рекомендаційні положення, засновані на апріорних припущеннях. Тому вирішення питань раціонального розташування ЗП є одним з актуальних питань організації пасажирських перевезень.

Дана робота направлена на підвищення ефективності організації дорожнього руху (ОДР) в зоні ЗП і вирішення задачі скорочення часу поїздки пасажирів в маршрутному транспорті.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Визначення раціонального розташування ЗП громадського міського транспорту до чи після регульованих перехресть відповідає Концепції розвитку транспортно-дорожнього комплексу України на середньостроковий період і до 2020 року, затвердженої нака-

зом Міністерства транспорту і зв'язки України від 8 січня 2008 року № 7. Дисертаційна робота пов'язана з виконанням науково-дослідної роботи кафедри транспортних систем і логістики Харківського національного автомобільно-дорожнього університету «Розробка заходів щодо коригування схеми руху міського маршрутного пасажирського транспорту міста Суми», № держреєстрації 0112U004747, особистий внесок автора дисертації полягає у балансуванні сумарних місткостей транспортних районів з прибуття та відправлення пасажирів; «Розробка раціонального варіанту маршрутної мережі міста Кіровоград», № держреєстрації 0112U00692, особистий внесок автора дисертації полягає в удосконаленні методики моделювання попиту на пересування з урахуванням динамічного характеру переміщення пасажирів та транспортних засобах, «Розробка наукових основ та методів удосконалення транспортних систем мегаполісів», № держреєстрації 0111U001503, особистий внесок автора дисертації полягає в розробці нових підходів до визначення раціонального місця розташування ЗП по відношенню до регульованих перехресть.

Мета і задачі дослідження. Метою дослідження є зниження витрат часу поїздки пасажирів в МТЗ автобусних та тролейбусних маршрутів. Для досягнення зазначеної мети необхідно вирішити наступні задачі:

- проаналізувати підходи до визначення місця розташування ЗП відносно регульованих перехресть на вулично-дорожньої мережі (ВДМ) міста;
- провести аналітичне моделювання часу затримки відправлення МТЗ з КЗП в потік автомобілів;
- розробити підхід до врахування різних умов функціонування ЗП, що виникають внаслідок довгострокового терміну їх експлуатації;
- оцінити адекватність аналітичних моделей часу затримки відправлення МТЗ з КЗП за допомогою імітаційного експерименту;
- оцінити умови експлуатації ЗП в центральній частині міста (ЦЧМ) Харкова для різного рівня попиту на пересування;
- розробити практичні рекомендації щодо раціонального розміщення ЗП на ділянках ВДМ ЦЧМ Харкова.

Об'єкт дослідження – транспортний процес функціонування автобусного і тролейбусного маршруту на ВДМ міста.

Предмет дослідження – вплив місця розташування ЗП по відношенню до регульованого перехрестя на час затримки відправлення МТЗ з КЗП.

Методи дослідження. Метод натурних спостережень використовувався при визначенні таких параметрів, як щільність стоянки автомобілів, інтенсивність обміну автомобілів на стоянці, а також для визначення основних характеристик руху ТП. Теоретичні основи балансування місткостей транспортних районів (ТР) та визначення раціонального розташування ЗП сформовано з використанням методів формалізації, індукції та теорії ймовірності. Імітаційне моделювання використовувалось при визначенні місткості ТР з прибуття та відправлення автомобілів та оцінці адекватності аналітичних моделей часу затримки відправлення МТЗ з КЗП.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в тому, що вперше:

- розроблені наукові основи визначення раціонального розташування ЗП відносно регульованих перехресть міських вулиць, за рахунок формалізації часу затримки відправлення МТЗ з КЗП після закінчення посадки та висаджування пасажирів;
- запропоновано новий підхід до формалізації моделі потреб у поїздках на автомобілях, який на відміну від існуючих дозволяє врахувати змінний характер щільності руху автомобілів на ВДМ.

Практичне значення отриманих результатів полягає в розробці:

- методики визначення раціонального місця розташування ЗП відносно регульованих перехресть міських вулиць;
- рекомендацій щодо раціонального розташування окремих ЗП автобусних та тролейбусних маршрутів в ЦЧМ Харкова.

Отримані результати були використані при:

- розробці раціонального варіанту маршрутної мережі м. Кіровоград;
- розробці заходів щодо коригування схеми руху міського маршрутного пасажирського транспорту м. Суми;

- моделюванні попиту населення м. Львова на пересування громадським транспортом.

Практична значимість результатів досліджень підтверджується відповідними актами впровадження на рівні Виконавчих комітетів Сумської, Кіровоградської та Львівської міських рад, методичної ради ХНАДУ.

Особистий внесок здобувача. Усі положення та результати дисертаційної роботи отримані автором особисто і наведені в роботах [1-17]. У наукових роботах, які опубліковані у співавторстві, особистий вклад здобувача полягає в наступному: визначено період доби який відповідає максимальній концентрації прибуття та відправлення автомобілів в ЦЧМ Харкова [1]; запропоновано спосіб визначення обсягів прибуття та відправлення транспортних засобів (ТЗ) до ТР [2, 4, 15, 16]; отримано закономірності розподілу щільності автомобілів, які припарковані, а також визначено завантаження автомобілями ЦЧМ Харкова [3]; запропоновано методику визначення збалансованих місткостей ТР [5, 6, 9, 17]; на основі натурних спостережень визначені залежності прискорення та швидкості руху МТЗ [7, 10]; запропоновано методику визначення часу затримки виїзду МТЗ з КЗП на полосу руху після завершення посадки та висадки пасажирів [8, 10].

Апробація результатів дисертації. Матеріали та результати дисертаційної роботи доповідались, обговорювались і були схвалені на:

- 72 – 80-й науково-технічних та науково-методичних конференціях ХНАДУ (м. Харків, 2008 – 2016 рр.);
- міжнародній науково-практичній конференції «Удосконалення ОДР та перевезень пасажирів і вантажів» (БНТУ, м. Мінськ, 19 квітня 2012 рр.);
- міжнародній науково-практичній конференції «Транспортні проблеми найкрупніших міст» (ХНАМГ, м. Харків, 12-16 березня 2012 р.);
- 4-й міжнародній науково-практичній конференції «Логістика промислових регіонів» (ДААТ, м. Донецьк, 23-25 квітня 2012 р.);
- 8-й всеукраїнських науково-практичних конференціях студентів та аспірантів «Підвищення надійності машин і обладнання» (КНТУ, м. Кіровоград, 16-18 квітня 2014 р.).

Публікації. Основні положення дисертаційної роботи опубліковані у 17 наукових роботах, у тому числі 8 статей у наукових фахових виданнях України (з них 8 статей – у виданнях, що включені до міжнародних науково-метричних баз); 2 публікації у закордонних виданнях (з них 1 стаття – у виданні, що включено до бази Scopus); 4 тези у збірниках доповідей на наукових конференціях (з них 1 з міжнародною участю); отримано 1 авторське свідоцтво та 2 патенти.

РОЗДІЛ 1. СУЧАСНИЙ СТАН ПИТАННЯ РАЦІОНАЛЬНОГО РОЗТАШУВАННЯ ЗУПИНОЧНИХ ПУНКТІВ МІСЬКОГО ГРОМАДСЬКОГО ТРАНСПОРТУ

Стрімкі темпи росту автомобілізації великих міст нашої країни з початку поточного сторіччя, а також зростаючі обсяги перевезень наземного міського громадського транспорту, викликали проблему невідповідності високого рівня інтенсивності ТП умовам руху на міських магістралях.

У цій ситуації все більшого значення набуло питання максимально ефективного використання можливостей міських вулиць і доріг з пропуску транспортних засобів і пішоходів, що в особливому ступені стосується МТЗ, які забезпечують основну частину переміщень в містах України. Раціональне розташування ЗП міського громадського транспорту сприяє не лише підвищенню швидкості сполучення маршрутного та індивідуального наземного транспорту [18], а ще й зниженню кількості дорожньо-транспортних пригод та кращому використанню пропускну здатності міських транспортних магістралей.

1.1 Аналіз сучасного стану питання визначення раціонального розташування зупиночних пунктів

Питання визначення раціонального розташування ЗП на території міста є дуже важливим елементом транспортного планування міст, яке на сьогоднішній день, на жаль, не може вважатися до кінця вирішеним. Переконаливим свідченням цьому є останні дослідження закономірностей розташування ЗП [19] які показали, що горизонтальні координати зупинок МПТ українських міст, переважно мають двомірний нормальний розподіл, тобто можуть цілком обґрунтовано вважатися випадковими. Причин для цього достатньо багато, але основними з них є індивідуальний характер

територіального планування кожного міста, а також апріорний та недостатньо чіткий характер рекомендацій щодо розміщення ЗП у нормативних документах, який призводить до нечітких орієнтирів при виборі місць розташування зупинок. Окрім загальних нормативів розташування зупинок таких видів маршрутного транспорту, як автобус та тролейбус, існують ще окремі вказівки відносно автобусних та тролейбусних зупинок, що вносить додатковий фактор невизначеності в процес прийняття відповідних рішень.

ЗП – це місце для посадки та висадки пасажирів, або для пасажирів, що пересаджуються з одного маршруту на інший [20]. За розташуванням на маршруті ЗП підрозділяються на проміжні та кінцеві [21 - 23]. При розміщенні автобусних зупинок необхідно враховувати наступні фактори [24]:

- гарантія безпеки руху основного потоку людей;
- маршрути проходження автобусів;
- кількість автобусів на маршрутах;
- інтенсивність і напрямок руху транспортних і пішохідних потоків;
- основні пункти відправлення та прибуття пасажирів;
- забезпечення пересадок з одного маршруту на інший маршрут;
- розташування та характеристики технічних засобів регулювання дорожнього руху;
- створення мінімальних перешкод для ТП;
- скорочення відстані пішохідного підходу до основних об'єктів тяжіння.

Відповідно до загальних умов зупинки громадського пасажирського транспорту можуть розташовуватися перед перехрестям або за ним, а також посередині перегону [25].

Доцільно розглянути ці три варіанти розміщення більш детально:

- при русі МТЗ на маршруті та за трасою проходження цього маршруту йому необхідно зробити поворот ліворуч, то в цьому випадку доцільно розташовувати зупинку за перехрестям;

- при русі МТЗ на маршруті та за трасою проходження цього маршруту йому необхідно зробити поворот праворуч при наявності інтенсивного правоповоротного руху на перехресті зупинку слід розташовувати за цим перехрестям;

- при наявності періодичного скупчення автобусів, що виходить за межі відведеної зупинки, слід утримуватися від розміщення зупинки за перехрестям, її потрібно розташовувати перед перехрестям або реконструювати;

- на складних перехрестях часто слід розташовувати зупинки за перехрестям. У зоні пересадження з одного автобусного маршруту на інший рекомендується розміщувати зупинку першого маршруту перед перехрестям, а другого – за перехрестям. У цьому випадку обидві зупинки будуть розташовуватися на одній стороні вулиці та необхідність переходу вулиці пасажирями буде зведена до мінімуму;

- при наявності великого відсотку пасажирів, що виходять на зупинці для відвідування одного великого генератора пасажиропотоку, автобусну зупинку слід розташовувати так, щоб звести до мінімуму перехід перехрестя пішоходами. При цьому можливе розташування зупинки перед перехрестям або за ним.

Дальність пішохідних підходів до найближчої зупинки громадського пасажирського транспорту не повинно перевищувати 500 м [21, 26, 27]. У загальноміському центрі дальність пішохідних підходів до найближчої зупинки громадського пасажирського транспорту від об'єктів масового відвідування повинна бути не більш 250 м; у виробничих і комунально-складських зонах – не більш 400 м від прохідних підприємств; у зонах масового відпочинку й спорту – не більш 800 м від головного входу [26].

В умовах складного рельєфу при відсутності спеціального піднімального транспорту відстані пішохідних підходів до зупинок міського транспорту (радіуси пішохідної доступності зупинок) слід зменшувати залежно від величини схилу місцевості.

У районах індивідуальної садибної забудови дальність пішохідних підходів до найближчої зупинки громадського пасажирського транспорту може бути збільшена у великих і найбільших містах до 600 м, у малих і середніх – до 800 м [27].

Однак слід зауважити, що при малих відстанях перегонів погіршуються показники роботи МТЗ, оскільки додатковий час витрачається на вповільнення, прискорення та маневрування при під'їзді та виїзді з місця зупинки [26, 28, 29]. При довжині перегону 150 м і більш рекомендується розміщення в його межах однієї зупинки, а при більш коротких по довжині перегонах слід розташовувати зупинки через довжину перегону. Рекомендована відстань між зупинками перебуває в діапазоні між 260 і 290 м. У центральних ділових районах припустима скорочена відстань між зупинками [24]. Витрати часу пасажирів на підхід до ЗП у містах не повинні перевищувати 10-15 хвилин, при цьому враховують маршрути усіх видів міського пасажирського транспорту [30].

Ступінь впливу міських автобусних маршрутів на пропускну здатність вулиці є функцією категорії конкретного міського району, ширини вулиці, умов паркування, кількості автобусів на кожному маршруті та розташування автобусних зупинок. При цьому, на вузьких вулицях МТЗ сильно затримують автомобільний потік та обмежують його швидкість [31].

На практиці при досить інтенсивному русі автобусів зупинки, розташовані перед перехрестям, більшою мірою знижують пропускну здатність вулиць, ніж ті, що розташовані за перехрестям. Якщо стоянка перед перехрестям заборонена, то розташована перед ним зупинка впливає на правоповоротний і прямий наскрізний рух ТП. Однак на таких зупинках затримки при посадці та висадці пасажирів можуть бути узгодженими з затримками, пов'язаними із циклом роботи світлофорів. При забороні стоянки вплив зупинок, розташованих за перехрестям, залежить частково від відсотка автомобілів, що повертають. При дозволеній стоянці автомобілів за зупинкою вплив зупинки залежить від положення границі стоянки, тобто якщо стоянка займає місце автобусної зупинки. Наявність зупинки може навіть дати вигоду, тому що під час відсутності МТЗ поліпшуються умови повороту транспортних засобів праворуч. З іншого боку, зупинка яка розташована за перехрестям може оказувати негативний вплив на рух потоку, оскільки транспортні засоби, які не знайшли місця для стоянки, через наявність зупинки змушені знову займати смуги руху [24].

Відповідно до [25] автобусні та тролейбусні зупинки, як правило, повинні розміщуватися за перехрестями на відстані не менше 5 і 20 м відповідно від пішохідного переходу та перехрестя до посадочної площадки.

Як виняток, розміщення автобусних і тролейбусних зупинок допускається до перехрестя вулиць і доріг у випадках, коли:

- до перехрестя розташований великий пасажироутворюючий об'єкт або вхід у підземний пішохідний перехід;
- резерв пропускної здатності проїзної частини вулиці (дороги) до перехрестя більший ніж за ним;
- за перехрестям починається під'їзд до моста, тунелю або шляхопроводу.

При цьому відстань від зупинки до перехрестя повинна бути не менше 20 м. Звідси можна підтвердити висновок, що нормативна документація надає лише рекомендаційні поради стосовно розташування ЗП та не забезпечує остаточної обґрунтованої відповіді де саме потрібно встановлювати зупинку.

1.2 Існуючі розрахункові методи визначення місця розташування зупиночних пунктів

Моделювання руху пасажирського транспорту в зоні ЗП є об'єктом уваги багатьох дослідників. Наприклад, у роботі [32] говориться про можливість застосування імітаційного моделювання процесу обслуговування пасажирів у системі міського пасажирського транспорту. Зокрема, вказується на необхідність вивчення математичної моделі пасажирської зупинки. Робота [33] присвячена дослідженню пропускної здатності пасажирських зупинок, аналізу причин і факторів, що впливають на цей показник, а також одержанню регресійних залежностей, що встановлюють закономірності впливу знайдених факторів на пропускну здатність ЗП. У статті [34] відображені результати комплексного дослідження функціонування ЗП з метою скорочення затримок МТЗ на них. В роботі [35] надані дані про механізми утво-

рення конфліктних ситуацій на ЗП міста і способах їх зниження. Показник конфліктності маршрутної мережі обраний як критерій оптимальності параметрів маршрутної мережі, при якому забезпечується мінімальна кількість конфліктних ситуацій на зупиночних пунктах.

Таким чином, тема оптимізації показників якості функціонування ЗП у містах розглядається в роботах багатьох авторів і спрямована на розв'язання різних задач. На наш погляд, цій проблемі слід приділити увагу ще з позиції взаємодії МТЗ та ТП який рухається в зоні дії ЗП.

На сьогодні існує ряд робіт, які направлені на вирішення проблеми обґрунтованого визначення довжини перегону та місця розташування ЗП по відношенню до регульованого перехрестя. Так в роботі [36] в якості визначення оптимальної довжини перегону приймається довжина, що забезпечує мінімум сукупних витрат на роботу ЗП міського пасажирського транспорту, які складаються з витрат, пов'язаних з:

- підходом пасажирів до зупинки;
- відходом пасажирів від зупинки;
- часом поїздки пасажирів при пересуванні по перегону;
- часом простою МТЗ на ЗП;
- утриманням ЗП;
- очікуванням пасажирів МТЗ на зупинці;
- рухом МТЗ на одиницю довжини.

Також в роботі [36] для визначення місця розташування ЗП маршрутного пасажирського транспорту в межах площі, що утворена перехрестям вулиць і доріг запропоновано критерій Є.М. Лобанова – ймовірність виникнення конфліктної ситуації між транспортними та пішохідними потоками. Недоліком даного методу є те що при використанні критерію мінімуму сукупних витрат суспільства, пов'язаних з роботою ЗП маршрутного пасажирського транспорту не враховується вплив ТП в зоні руху ЗП, а при використанні критерію ймовірності конфліктної ситуації між транспортними та пішохідними потоками для визначення місця розташування зупинки по

відношенню до регульованого перехрестя не враховується режими роботи світлофору.

Ще одна робота [37] присвячена визначенню довжини перегону маршруту міського пасажирського автомобільного транспорту, що забезпечує мінімальні витрати часу пасажирів на пересування. Головною відмінністю даної роботи від попередньої є те, що в ній враховується вплив довжини перегону на технічну швидкість, час простою МТЗ на ЗП та величину інтервалу між рухом ТЗ. Для вирішення цільової функції автором розроблено багатофакторну регресійну модель зміни технічної швидкості при русі по перегону маршруту.

В роботі [38] запропоновано методику підвищення ефективності та безпеки перевезень шляхом поліпшення умов функціонування ЗП міського пасажирського транспорту та удосконалення руху транспорту у їх районі. Для цього автор обґрунтував нові показники, що дозволяють оцінити ефективність роботи ЗП і організацію руху в зоні їх впливу: сумарні транспортні затримки, довжина черги перед ЗП і шум прискорення.

При розрахунку пропускної здатності та геометричних параметрів ЗП в роботі [39] автор пропонує враховувати імовірнісні характеристики ТП, що за ствердженням автора дозволить підвищити ефективність організації руху МПТ на них. Інакше кажучи зниження затримок на ЗП, призведе до збільшення експлуатаційної швидкості та продуктивності МПТ. Для цього в роботі час звільнення ЗП визначався виходячи з умови, що на нього впливають три фактори: інтенсивність потоку руху на крайній правій смузі, клас ТЗ та ситуація, при якій доводилося або не доводилося робити маневр по обгону ТЗ. Для встановлення значень перерахованих параметрів був використаний регресійний аналіз.

Узагальнюючи описані вище методики можна виділити їх головний недолік, а саме використання регресійних рівнянь, що мають недостатню теоретичну обґрунтованість та обмежену сферу дії, адже використання таких рівнянь має сенс лише для умов аналогічних тим, при яких було зібрано статистичні дані на яких побудовані регресійні рівняння. Виходячи з зазначених недоліків на сьогодні є актуальною розробка універсальних конструктивних математичних моделей функціонування

ЗП, які б не тільки описували результати експерименту, а й дозволяли сконструювати сам процес.

1.3 Аналіз існуючих підходів до моделювання транспортних потоків

Побудова моделі транспортної системи та подальше її моделювання включає проведення натурних досліджень параметрів функціонування транспортної системи та визначення місткостей ТР; розрахунок кореспонденцій між всіма ТР міста; розподіл кореспонденцій за певними маршрутами в транспортній мережі; визначення завантаження всіх елементів транспортної мережі ТП.

З метою одержання фактичних даних руху транспортних і пішохідних потоків проводять дослідження характеристик дорожнього руху. У залежності від мети дослідження можуть бути використані різні методи збору транспортної інформації [40].

Перша група підходів, що дозволяють отримати статистичні дані стосовно характеристик дорожнього руху складається з аналітичних досліджень планових, звітних, статистичних і проектно-технічних документів та проведення анкетування. Дослідження документальних матеріалів в першу чергу направлені на вивчення чисельності населення, обсягів відправлення і прибуття, характеристик житлового фонду та рівня автомобілізації населення. За допомогою агрегування й деталізації території міста можливо перейти до елементів планувальної структури різних рівнів. Об'єднання території в ТР за ознакою адміністративної приналежності дозволяє одержати території населених пунктів, адміністративних районів, а також дає можливість перейти до квартальної забудови. Об'єднання території на основі взаємодоповнюючих функціональних зв'язків дає можливість виділити селітебні, промислові та центральні райони [41, 42]. Суттєво ці дослідження можуть доповнити дані перепису населення в певному адміністративному районі [41, 43]. Також одними з джерел необхідної інформації можуть виступати дані стосовно кількості зареєстрованих автомо-

білів в досліджуваному районі на підставі якого можливо визначити рівень автомобілізації. Перевагою цих методів є відносна простота обробки одержаних даних, мінімальні трудові ресурси та відносно невелика вартість. До недоліків можливо віднести присутність великої похибки результатів обробки даних. При аналізі забудови ТР невідома точна кількість людей, які проживають в тому чи іншому будинку. Аналіз перепису населення також не гарантує точність результатів так, як велика кількість людей мешкає не за пропискою, якщо такі дані взагалі доступні для перегляду і не застарілі. При цьому, сьогодні багато людей використовує автомобіль за довіреністю власника, що погіршує точність при визначенні рівня автомобілізації в певному адміністративному районі.

З іншого боку анкетування дозволяє одержати необхідну інформацію безпосередньо у користувачів ТЗ. Всі статистичні дані стосовно населення, а саме розподіл їх на працівників, студентів, які здійснюють поїздки до робочих або навчальних місць прив'язані до певної будівлі. Відповідно всі кореспонденції розбиваються на групи джерело-ціль: домівка-робота, робота-домівка, домівка-навчання, навчання-домівка, робота-навчання, навчання-робота. Визначення співвідношення між цими групами кореспонденцій відбувається шляхом проведення анкетування населення [43 - 56]. У ході опитувань також визначаються значення кількості кореспонденцій на одну людину, співвідношення поїздок між різними видами транспорту, середня тривалість поїздки. До переваг даного методу можна зарахувати: простоту проведення досліджень та можливість одночасного охоплення великих груп користувачів. До недоліків цієї групи можливо віднести: незнання відношення опитуваного до питань анкети, велику вартість проведення, невпевненість у тому, чи правильно були сприйняті питання в анкеті, досить тривалий термін проведення обробки. Окрім анкетування, опитування можуть проводитися по телефону. Перевагою цього методу є мінімальні трудові ресурси та охоплення великої території для обстеження. До недоліків можливо віднести неможливість опитати людей, які не мають стаціонарних телефонів вдома.

Як правило, документальні дослідження є початковим етапом, продовженням якого стають натурні дослідження, що полягають в одержанні фактичних характе-

ристик дорожнього руху в заданому просторі та протягом певного періоду. Традиційно визначення характеристик дорожнього руху на ВДМ виконується за допомогою обліковців або за допомогою приладів відео-фіксації, з подальшою обробкою відеоряду на комп'ютері [40]. Відеоспостереження також може проводитися стаціонарно, за допомогою автономної відеокамери, без участі людини. Сьогодні найбільші Інтернет-компанії, наприклад, “Yandex”, “Google” реалізують сервіс “пробки online” при цьому надаючи он-лайн доступ до своїх “web-камер” які постійно ведуть відеоспостереження за рухом транспорту на основних магістралях міст [57]. Також сьогодні все частіше застосовують апаратуру, основним елементом якої є датчики (детектори), яку встановлюють стаціонарно або тимчасово на проїзній частині дороги. Вище наведені стаціонарні методи збору даних дозволяють одержати інформацію стосовно інтенсивності, складу ТП по типах, миттєвій швидкості та затримках ТЗ [40]. Перевагою цих методів є простота проведення та мінімальні фінансові ресурси. Відеоспостереження дозволяє аналізувати не тільки кількісні показники руху автомобілів, але і якісні. При цьому відеоматеріали можуть довгий час зберігатися, що дає можливість багаторазового їх використання.

Використання датчиків та детекторів при автоматизованому зборі даних дозволяє уникнути обробки інформації, що значно зменшує час проведення обстеження. До недоліків можливо віднести: при ручному заповненні бланків на ВДМ неможливо перевірити правильність проведених спостережень; на найбільш завантажених ділянках ВДМ треба залучати додаткових спостерігачів; при проведенні відеоспостережень обліковцем, час проведення таких досліджень збільшується у два рази, так як одержаний відеоматеріал треба обробити на комп'ютері; не завжди є можливість встановити автономну відеокамеру у потрібному місці та забезпечити її збереженість; для використання “web-камер” потрібен стабільний високошвидкісний доступ до Інтернету, при автоматизованому зборі даних значно підвищується вартість проведення досліджень у зв'язку з необхідністю покупки необхідного обладнання. Перераховані вище методи не дозволяють визначити пункти відправлення та прибуття автомобілів (транспортні кореспонденції), для збору такої інформації використовують методи: талонний, ярлик на машині та метод номерного знаку [40]. Дані методи

вимагають організації постів спостереження, але відрізняються в технології проведення. Талонний метод припускає, що на встановлених контрольних постах водіям ТЗ вручають талони (картки), які потім у певних пунктах збирають. Метод талонного обстеження вимагає дворазове зупинення кожного транспортного засобу в зоні обстеження, що при інтенсивному русі може викликати затори на дорозі. Тому, якщо при обстеженні руху не ставиться мета одержати дані про швидкість сполучення, використовують метод наклеювання ярликів. У цьому випадку автомобілі зупиняють тільки один раз – на вхідному пункті. Тут на вітрове скло або кузов наклеюють ярлик, який по кольору, формі або символам відповідає даному вхідному пункту. На інших постах у зоні обстеження спостерігачі орієнтуються на ярлики й фіксують у своїх протоколах число ТЗ, що проїхали з кожного попереднього пункту за встановлені періоди часу. Метод запису номерних знаків дозволяє взагалі виключити зупинку автомобілів для реєстрації й дає можливість поєднувати вивчення інтенсивності, складу ТП та кореспонденції з одержанням даних про швидкість сполучення, а також виявляти транзит на будь-якому пості спостереження. При обстеженні методом запису номерних знаків на постах спостереження для скорочення трудомісткості й підвищення оперативності роботи спостерігачів можна робити первинну реєстрацію не в бланк протоколу, а робити запис на диктофон. У цьому випадку протокол оформляють після проведення обстеження на підставі обробки звукозапису. Найбільш прогресивним методом фіксації номерних знаків є створення ефективних засобів автоматизації інтелектуальних функцій людини, пов'язаних зі сприйняттям, обробкою та розпізнаванням візуальних образів комп'ютером через встановлені відеокамери [58]. Головною перевагою цих методів є можливість визначати кількість прибуваючих та виїжджаючих автомобілів в ТР. До недоліків можливо віднести: важкість організації та проведення спостережень, при інтенсивному багато-смуговому потоці автомобілів; неможливість використання талонного методу та методу ярлика на машині; необхідність проведення додаткових досліджень з метою визначення місць розташування постів спостереження при великому об'єкті дослідження. Обстеження на стаціонарних постах дозволяє одержати інформацію, яка відноситься тільки до місця на дорозі, на якому організовано ці пости. У зв'язку з цим для одержання ін-

формації стосовно просторово-часових режимів руху на ВДМ застосовують метод “плаваючого” автомобіля [40]. Суть методу полягає у тому, що автомобіль або пересувна лабораторія рухається зі швидкістю властивою основній масі ТЗ в потоці. Дана методика використовується переважно для досліджень швидкості руху на протяжних магістралях. При цьому дані швидкості безперервно записуються на прилад, що реєструє, а затримки ТЗ спостерігач фіксує за допомогою секундоміру. Основною перевагою цього методу є те, що постійно рухаючись пересувна лабораторія реєструє інформацію, яка змінюється не тільки у часі, але і в просторі.

У разі якщо необхідно визначити параметри дорожнього руху на всіх транспортних вузлах міста в єдиний піковий час використовують метод повітряної фотозйомки. За допомогою літаючого пристрою виконують аерофотознімання досліджуваної території, одержані фотознімки обробляють за спеціальною методикою. Аерофотознімання може бути виконано з літака, гелікоптера, аеростату, безпілотного літального апарату, квадрокоптера та багатоповерхової будівлі [40, 59]. Перевагою цього методу є мінімальні трудові ресурси, швидкість одержання результатів та охоплення великої території для дослідження. Крім цього аерофотознімання дозволяє визначити щільність потоку та режими обгону, які складно визначити наземними методами. До недоліків можливо віднести високу вартість реалізації такого методу та необхідність одержання дозволу на польоти. Використання квадрокоптера хоча і є дешевим способом, але вартість такого пристрою залишається високою. При цьому послуга оренди таких пристроїв не у всіх містах доступна.

При проведенні збору статистичної інформації для більш ощадливого використання фінансових ресурсів використовують вибіркові дослідження. Це дозволяє використовувати значно менший штат спостерігачів та скоротити тривалість проведення спостереження. Тому важливим етапом проведення досліджень стає обґрунтування репрезентативності експериментальної вибірки. Також на одержання достатньої за об’ємом та точністю статистичної інформації стосовно параметрів дорожнього руху суттєво впливає рівень технічної оснащеності досліджень. Одним з багатьох причин визначення статистичної інформації стосовно ТП виступає необхідність подальшого розрахунку матриці транспортних кореспонденцій (МТК), яка є відо-

браженням кількісної характеристики руху автомобілів по транспортній мережі. Окремі елементи МТК показують величину транспортного потоку між зонами утворення та поглинання кореспонденцій. Можливо виділити два класи розрахунку МТК, з фіксованим та нефіксованим попитом на перевезення.

Класичні методи визначення МТК, які засновані на фіксованому попиті припускають при проведенні розрахунків лише одне можливе значення попиту на перевезення. З найбільш поширених методів з фіксованим попитом на перевезення можливо виділити: моделі прогнозу, гравітаційна модель, ентропійна модель, модель конкуруючих центрів та модель конкуруючих можливостей Стауффера.

Моделі прогнозу направлені на визначення кореспонденцій на майбутній період з урахуванням заздалегідь проведених комплексних натурних обстежень. До прогнозних методів відносять метод єдиного коефіцієнта росту, метод середніх коефіцієнтів росту, Детройтський метод і метод Фратара [60]. Для одержання достовірних результатів розрахунку МТК натурні обстеження повинні бути суцільними і охоплювати усі кореспонденції [61]. Найбільше розповсюдження серед методів прогнозу набув метод Фратара. Цей метод узагальнює всі методики цієї групи та враховує обмін кореспонденцій в кожному районі з урахуванням їх структурних особливостей [62 - 65]

Головною перевагою методів цієї групи є простота проведення розрахунків. Однак для одержання результатів з мінімальною величиною похибки, необхідно проаналізувати великий масив статистичних даних. З іншого боку, одержання таких даних в достатньому обсязі викликає великі матеріальні та трудові затрати.

Одним з перших методів, який був запропонований для визначення міжрайонних кореспонденцій, був гравітаційний метод [66 - 70]. В основі гравітаційного методу закладено закон тяжіння, а саме величина кореспонденцій з одного району до іншого прямо пропорційна добутку загального об'єму прибуття та відправлення та обернено пропорційна функції тяжіння. У якості функції тяжіння виступає критерій вибору пасажиром пари джерело – ціль для пересування.

Вибір функції тяжіння виконується в процесі калібрування моделі тобто порівняння даних моделі та емпіричні спостереження [71 - 75].

При цьому коефіцієнти калібрування залежать від усіх значень загальної кількості виїжджаючих та прибуваючих в пункту автомобілів, а значення кореспонденції залежить від завантаження всієї системи. Для визначення калібрування використовують процедуру балансування Шацького – Шелеховського [76, 77]. Перевагою гравітаційного методу визначення МТК є простота проведення розрахунків. До недоліків можливо віднести той факт, що при формуванні пари районів (i, j) не враховуються індивідуальні побажання людей на переміщення. У якості функції тяжіння використовується лише один фактор, який характеризує переміщення (відстань, час пересування, вартість проїзду). Також при розрахунку МТК обсяг кореспонденцій зв'язується через відстань з парами районів (i, j), при цьому кожна така пара розглядається окремо від інших районів, що не дозволяє врахувати привабливість району для відвідування.

Функціонування транспортної мережі, з точки зору, переміщення ТЗ по ВДМ міста припускає наявність дуже великої кількості некерованих елементів системи. Виходячи з цього задачу визначення МТК можливо сформулювати, як визначення максимальної ентропії в транспортній системі. Для вирішення подібних задач використовують ентропійні моделі [78 - 89]. Такі моделі базуються на формалізації припущення про те, що всі користувачі транспортної системи при формуванні її стану, мають імовірнісну поведінку. При цьому система матиме максимально стійкий стан при виконанні максимуму ентропії.

До переваг цього методу відносять те, що ентропійна модель дозволяє врахувати імовірнісні характеристики поведінки користувачів транспортної системи, що дозволяє формувати більш точні кореспонденції між районами відправлення та прибуття. Недоліком є те, що в реальних транспортних системах задача визначення кореспонденцій набуває великої розмірності, що суттєво ускладнює застосування на практиці, стандартних для цього класу задач, чисельних методів вирішення.

Головна ідея на якій ґрунтується метод конкуруючих центрів полягає в тому, що райони, які розташовані в агломерації більш відвідуваних районів можуть породжувати більшу кореспонденцію, а ніж ізольовано розташовані райони. Модель

конкуруючих центрів [90 - 92] є узагальнення гравітаційної моделі де залучають додатковий фактор – індекс відвідуваності

Значення індексу відвідуваності зростає, якщо біля району відвідування розташовані альтернативні райони відправлення. Використання даного індексу дозволяє враховувати розташування ТР в структурі кореспонденцій. До недоліків можливо віднести те, що при моделюванні великі об'єкти можуть мати декілька центральних районів різного рангу, при цьому центральні райони вищого рангу мають підвищену привабливість.

Моделі класу зустрічних можливостей Стауффера [93] та похідних від неї засновані на припущенні, що величина кореспонденцій між ТР визначається кількістю альтернативних місць прибуття на маршруті прямування. При розрахунку кореспонденцій ймовірний того, що учасник руху зупиниться в центрі n , визначається виходячи з місткості прибуття в ТР. Моделі даного типу враховують взаємне розташування альтернативних можливостей прибуття. До недоліків можна віднести те, що моделі зустрічних можливостей не враховують фактор транспортної доступності (дальності поїздки).

На сьогоднішній день математичне моделювання ТП має складну структуру та відрізняється за багатьма факторами (змістом задач, математичним апаратом, вхідними даними, деталізацією опису моделі і т.д.), але в загальному випадку всі подібні моделі, можна умовно розділити на макроскопічні та мікроскопічні.

Основою для побудови макроскопічних моделей є усереднені взаємозалежні параметри такі, як щільність та швидкість ТП. Моделі даного класу також називають гідродинамічними так як ТП в цих моделях порівнюється з рухом специфічної рідини. Також до цього класу можливо віднести кінетичний підхід, в якому ТП описується щільністю розподілу автомобілів у просторі. В мікроскопічних моделях, на відміну від макроскопічних, моделювання ТП проводять з точністю до кожного автомобіля в потоці. Такий підхід дозволяє більш точно описати рух ТП але потребує на великих моделях значних обчислювальних ресурсів.

Одним з перших, моделюванням ТП почав займатися Гриншилдс Б.Д. [94], який вивчав пропускну здатність доріг та вплив на неї щільності руху автомобілів. В подальшому ним було сформульовано закон збереження ТП.

Одна з найперших гідродинамічних моделей, в якій ТП описується законом збереження кількості автомобілів Гриншилдса Б.Д., була запропонована М. Лайтхіллом, Дж. Уіземом та П. Ричардсом [95 - 97]. Моделі цього типу засновані на рівнянні безперервності щільності автомобільного потоку, а також припускається, що середня швидкість потоку є детермінованою функцією щільності автомобілів. При цьому загальне рівняння даної моделі має наступний вид

$$\rho_t + c(\rho)\rho_x = 0, \quad (1.1)$$

де $c(\rho)$ – швидкість поширення нелінійних кінематичних хвиль.

Дане рівняння може описувати поширенням нелінійних кінематичних хвиль зі швидкість поширення $c(\rho)$. В моделі характер хвилі може змінюватися при, якому утворюється розривний профіль хвилі [98, 99]. Також в роботах [100 - 102] представлені різні варіанти визначення динаміки затору на підставі профілю хвилі. Перевагою моделі Лайтхілла-Уізема є простота реалізації, що дозволяє її використовувати, як допоміжний інструмент при моделюванні ТП у великих транспортних системах [103, 104].

Щільність ТП на реальних транспортних системах не змінюється східчасто, а представляє собою безперервну функцію координат та часу. Для згладжування профілю хвилі в рівняння було додано член другого порядку який описує дифузію щільності

$$\partial_t \rho + V_\varepsilon \partial_x \rho = -\rho \frac{dV_\varepsilon}{d\rho} \partial_x \rho + D \partial_{xx}^2 \rho. \quad (1.2)$$

Недоліком моделі є ствердження, що середня швидкість на ділянках дороги в кожний момент часу дорівнює рівноважному значенню при певній щільності авто-

мобілів, що робить модель неадекватною при моделюванні ТП на ділянках з'їзду з траси, звуженнях дороги, а також в умовах руху „старт – стоп”, що виникає в заторах.

Для описання нерівноважних ситуацій, замість співвідношення (1.2) була розроблена модель Пейна – Уізема [97, 105]. В моделі було запропоновано замість визначення миттєвої швидкості, яка залежить від щільності потоку, використовувати спеціальні диференціальні рівняння швидкості

$$\partial_t V + V \partial_x V = -\frac{C(\rho)}{\rho} \partial_x \rho + \frac{1}{\tau} (V_\varepsilon(\rho) - V), \quad (1.3)$$

де τ – час реакції водія, с.

$$C(\rho) = \frac{1}{2\tau} \cdot \frac{dV_\varepsilon}{d\rho}. \quad (1.4)$$

Ліва частина рівняння (1.3) описує зміну швидкості автомобіля на певній ділянці дороги. Права частина рівняння описує реакцію водія на зміну ситуації на дорозі. В подальшому рівняння швидкості було представлено в різних модифікаціях, та методах вирішення їх [106 - 111]. Недоліком рівняння Пейна є те, що вирішення рівняння при лінійному наближенні демонструє стійкість до малих коливань на всіх значеннях щільності.

Даний недолік було вирішено шляхом перетворення рівняння (1.4)

$$C(\rho) = \frac{d}{d\rho} P_e(\rho), \quad (1.5)$$

де P – внутрішній тиск ТП.

Після підстановки (1.5) в (1.3) буде одержано наступне рівняння швидкості [112, 113]:

$$\partial_t V + V \partial_x V = -\frac{1}{\rho} \partial_x P_\varepsilon + \frac{1}{\tau} (V_\varepsilon(\rho) - V). \quad (1.6)$$

Поведінка водіїв у залежності від тиску ТП попереду описується рівнянням (1.6). В якості функції щільності для оцінки варіації θ застосовуються різні наближення, які були одержані при аналізі емпіричних даних. У моделях Кюне (Kühne) і Кернера - Конхойзера (Kerner-konhauser) [114 - 116] в якості першого наближення використовується

$$\theta_\varepsilon(\rho) = \theta_0. \quad (1.7)$$

де θ – варіація швидкостей у потоці.

Виходячи з рівняння (1.6) можливо зробити припущення, що воно припускає виникнення ударних хвиль. Для подолання цього у праву частину додається член $v \partial_{xx}^2 V$, який є аналогом в'язкості в рівняннях гідродинаміки. Звідси рівняння швидкості має вид

$$\partial_t V + V \partial_x V = -\frac{\theta_0}{\rho} \partial_x \rho + v \partial_{xx}^2 V + \frac{1}{\tau} (V_\varepsilon(\rho) - V). \quad (1.8)$$

Вирішення даного рівняння показує, що при перевищенні критичного значення щільності ρ_{cr} , має місце нестійкість вирішення при малих коливаннях. Ця обставина дозволяє теоретично моделювати ефекти, які пов'язані з заторами, що виникають в результаті випадкових коливань в однорідному потоці.

Найбільш поширеною в розглянутому класі моделей є модель Kerner-konhauser [117, 118]. Стандартна модель Kerner-konhauser має вигляд:

$$\frac{\partial v}{\partial t} + v \frac{\partial v}{\partial x} = \frac{1}{\tau} (V(\rho) - v) - c_0^2 \frac{\partial L(\rho)}{\partial x} + \frac{\mu \partial^2 v}{\rho \partial x^2}, \quad (1.9)$$

В правій частині рівняння (1.9) містить три коефіцієнти, які характеризують швидкості ТП. Перший член показує тенденцію потоку при заданій щільності ρ до зниження середньої швидкості $V(\rho)$ до деякої величини. Звідси $V(\rho)$ буде функцією, що убиває з малою похідною при малих та великих значеннях ρ . Фактор попередження, говорить про те, що водії знижують швидкість, якщо ТП попереду рухається з більш високою щільністю. При цьому безрозмірна функція $L(\rho)$ повинна бути монотонно зростаючою, а величина $c_0^2 \rho$ відіграє роль тиску. Останній член «в'язкості» або «дифузії», характеризує тенденцію узгодження швидкості руху зі швидкістю ТП.

Аналіз надійності вирішення моделі Kerner-konhauser показує, що при малих і дуже великих значеннях щільності, але при середніх значеннях щільності проявляє області нестійкості. При використанні даної моделі можливо вивчити процес утворення кластерів та подальший їх розвиток, тобто ізольованих областей з високою щільністю та низькою швидкістю потоку, що переміщуються [119 - 122].

Усі попередньо розглянуті моделі мають деякі якісні недоліки. Наприклад, при деяких значеннях параметрів ці моделі можуть утворювати щільності, що перевищують максимально допустимі тобто бампер до бампера. Крім того, коли початкові умови мають сильні просторові неоднорідності, швидкість може мати негативні значення (затор "розсмоктується назад" як результат дії в'язкості) [123-125].

Опис макроскопічних моделей, які наведені вище сформульовані в основному на аналогії з рівняннями класичної гідродинаміки. На відміну від гідродинамічних моделей, кінетичні моделі засновані на описі динаміки фазової щільності потоку, тобто щільності розподілу автомобілів, як по координаті, так і по індивідуальній швидкості. Знаючи зміну в часі фазової щільності, можна розрахувати також характеристики потоку на макроскопічному рівні – щільність, середню швидкість, варіацію швидкостей та інші характеристики, які визначаються моментами фазової щільності по швидкостях різного порядку. Даний підхід був запропонований Пригожиним [126 -

128]. За допомогою даного методу можуть бути отримані моделі суттєво більш детальні, які включають, для вирішення диференціальних рівняння динаміку варіації швидкостей, а також моделі багатосмугового руху. Диференціальне рівняння, що описує зміну фазової щільності у часі, називається кінетичним рівнянням

$$\partial_t f + v \partial_x f = \frac{f - \rho F_0}{\tau} + (1 - p) \rho (V - v) f. \quad (1.10)$$

Вирішення даного рівняння інтерпретується як режим індивідуального та колективного руху. З даного рівняння видно, що зі збільшенням щільності росте частка автомобілів, що беруть участь у колективному русі, як наслідок падає частка автомобілів, що вільно рухаються. Аналіз стійкості даної моделі показує, що при малій щільності результати рішення є стійким у режимі індивідуального руху. При збільшенні значення щільності вище критичного, виникає нестійкість до довгохвильових збурень. При колективному русі потік нестійкий до збурень із будь-якою довжиною хвилі.

Сьогодні для проведення моделювання на макрорівні використовують програмні продукти такі як VISUM та TransCAD. Дані програми використовують вищевказані моделі та значно спрощують процес моделювання руху ТП на великих об'єктах таких як місто, область та в межах цілої країни.

Для більш детального моделювання руху транспорту було розроблено мікроскопічні моделі. В перше мікроскопічні моделі [129, 130] були запропоновані в 50-х роках. У мікроскопічних моделях передбачається, що прискорення n -го автомобіля визначається станом сусідніх автомобілів. При цьому основний вплив на автомобіль здійснює автомобіль, який рухається попереду $n - 1$. Цей автомобіль часто називають лідируючим, а весь клас мікроскопічних моделей моделями "слідування за лідером". Перші моделі слідування за лідером передбачали, що кожний водій адаптує свою швидкість до швидкості лідируючого автомобіля

$$v_n(t) = \frac{1}{\tau} [v_{n-1}(t) - v_n(t)] \quad (1.11)$$

Суттєвим недоліком даної моделі є те, що вона не описує такі властивості реального потоку, як нестійкість і виникнення хвиль заторів. Тому в роботі [131] запропоновано ввести в ліву частину рівняння аргумент, який відображає час реакції водіїв на зміну швидкості лідируючого автомобіля $\Delta t \approx 1,3$. При цьому множник $1/\tau$ в (1.11) можна інтерпретувати, як коефіцієнт швидкості реакції водія S до зміни швидкості лідера. Коефіцієнт S є динамічною величиною, що залежить від швидкості та поточної дистанції до лідера. Виходячи з цього модель можна записати, як диференціальне рівняння зі зміщеним аргументом

$$v_n(t + \Delta t) = S[v_{n-1}(t) - v_n(t)] \quad (1.12)$$

Такого типу рівняння при досить великих значеннях Δt демонструють нестійкість, що дозволяє моделювати розвиток хвиль заторів. Однак якщо коефіцієнт чутливості S є константою, рівняння не відтворює багато властивостей реального ТП, а саме залежність потоку від щільності. Більш адекватна модель може бути отримана з припущення, що при зменшенні дистанції до лідера чутливість зростає. Для узгодження коефіцієнту чутливості S з експериментальними даними в [132] запропоноване вираження

$$\frac{1}{T} = \frac{1}{T_0} \cdot \frac{[v_n(t + \Delta t)]^{m_1}}{[x_{n-1}(t) - x_n(t)]^{m_2}}, \quad (1.13)$$

де m_1, m_2 – константи, які підбираються емпірично.

Для рівноважного співвідношення швидкості та щільності рівняння має наступний вид

$$V_e(\rho) = V_0 \left[1 - \left(\frac{\rho}{\rho_{\max}} \right)^{m_2-1} \right]^{\frac{1}{(1-m_2)}}, \quad (1.14)$$

де V_0 – швидкість вільного руху, км/год;

ρ_{\max} – максимально допустима щільність ТП, авт./км;

Одним з головних недоліків даного методу є те, що він неправильно описує динаміку одиночного автомобіля. При відсутності лідера прискорення автомобіля дорівнює нулю, у той час більш доцільним є припущення, що водій буде прагнути наблизити свою швидкість до деякої бажаної швидкості V_0 . В моделях іншого типу допускається, що для кожного водія існує “безпечна” – швидкість руху, яка залежить від дистанції до лідера. Така швидкість також називається оптимальною швидкістю. В таких моделях передбачається адаптація до оптимальної швидкості замість адаптації швидкості до швидкості лідера. Вплив лідера побічно виражений через залежність оптимальної швидкості від дистанції. Така модель уперше запропонована в [133], де передбачалася адаптація швидкості із запізненням за часом

$$v_n(t + \Delta t) = v'_e(d_n(t)) = v_e(s_n(t)). \quad (1.15)$$

В [134, 135] запропоновано використання диференційного рівняння швидкості

$$\dot{v}_n(t) = \frac{1}{\tau} [v'_e(d_n(t)) - v_n(t)], \quad (1.16)$$

де $v'_e(d_n)$ – безпечна швидкість руху залежно від дистанції до лідера.

В якості недоліків стандартної моделі оптимальної швидкості є те, що модель дуже чутлива до конкретного вибору функціональної залежності оптимальної швидкості від дистанції $v'_e(d_n)$, а також до вибору τ . В моделі починають відбуватися зіткнення автомобілів при більших значеннях τ , а при занадто малих значеннях виникають нереалістично великі прискорення. При цьому час розгону приблизно в п'ять

разів перевищує час на гальмування. Крім того, у реальності водії витримують більшу дистанцію та гальмують раніше при високій швидкості відносно лідера $\Delta v_n(t)$. Для врахування цих і інших особливостей реальної поведінки водіїв було розроблено багато варіантів моделі [136 - 141].

Найбільше поширення з мікро-моделей здобула модель “розумного водія” (Intelligent Driver Model. IDM), розроблена Трайбером [142 - 145]. Чисельні експерименти з цією моделлю показали реалістичну поведінку, а її властивості стійкі до варіації параметрів, при розгоні та гальмуванні. Модель такого типу добре відтворює основні досліджувані властивості ТП.

Модель IDM передбачає, що прискорення автомобіля описується безперервною функцією швидкості v_n "чистої" дистанції до лідера $s_n = d_n - l_{n-1}$ і швидкості відносно лідера Δv_n

$$v_n = a_n \left[1 - \left(\frac{v_n}{v_n^0} \right)^\delta - \left(\frac{s_n^*(v_n, \Delta v_n)}{s_n} \right)^2 \right]. \quad (1.17)$$

Частина цього рівняння $a_n \left[1 - (v_n/v_n^0)^\delta \right]$ описує динаміку прискорення автомобіля на вільній дорозі. Інша частина $a_n \left[(s_n^*(v_n, \Delta v_n)/s_n)^2 \right]$ описує гальмування, яке зв'язане з взаємодією з лідером. Параметр δ дозволяє калібрувати поведінку, яка пов'язана з розгоном. Значення $\delta = 1$ відповідає експонентному за часом розгону, характерному для більшості моделей автомобілів. При збільшенні цього параметра прискорення не убуває експоненційно в процесі розгону, що краще відповідає поведінці водіїв.

Головною особливістю моделей клітинних автоматів (Cellular Automata (CA)) є те, що час вважається дискретним, а дорога розбивається на осередки. Часто (але далеко не завжди [146 - 151]) це передбачає, що в осередку може перебувати не більше одного автомобіля. Крім того дискретним також вважають швидкості автомобілів.

Вперше концепція клітинних автоматів була запропонована Дж. Фон Нейманом у 50-х роках ХХ століття [152], а застосовувати клітинні автомати для моделювання ТП пропонувалося в роботі [153]. Активне застосування цієї концепції почалося тільки після роботи К. Нагеля та М. Шрекенберга [154 - 156].

Модель Нагеля – Шрекенберга побудована на припущенні, що на кожному кроці $m \rightarrow m + 1$ стан усіх автомобілів у системі обновляється у відповідності з правилами.

Правило 1. Прискорення (характеризує тенденцію рухатися як найшвидше, але не перевищуючи максимально припустиму швидкість).

Правило 2. Гальмування (гарантує відсутність зіткнень з автомобілем, який рухається попереду).

Правило 3. Випадкові збурювання (ураховують відмінності в поведінці автомобілів).

Правило 4. Рух (переміщення автомобіля в просторі і часі).

Побудова моделі на перерахованих вище чотирьох правилах дозволяє відтворити основні властивості руху реального ТП. Однак для адекватного моделювання більш складних аспектів динаміки ТП необхідне формулювання додаткових правил. Чисельні експерименти показують, що при малій щільності ТП є стійким і втрачає стійкість при високій щільності. При стохастичність процесу відіграє ключову роль у розвитку нерівноваги, тобто для розвитку заторів потрібно, щоб p не дорівнювало нулю. Головним теоретичним недоліком СА є те що при всіх значеннях щільності за умови $p = 0$ потік залишається стійким [157, 158] в порівнянні з моделями слідування за лідером.

Ще одним потужним інструментом моделювання ТП є спеціалізовані програмні продукти, які дозволяють в реальному часі проводити імітаційне моделювання транспортної ситуації та надавати об'єктивну оцінку параметрам ТП без проведення спостережень за реальними об'єктами, що в багатьох випадках є практично неможливим. Найбільш популярними з таких програмних пактів є VISSIM та Quadstone Paramics, які дозволяють проводити моделювання не тільки руху ТЗ, а й пішоходів

та можуть слугувати інструментом для прийняття ефективних управлінських рішень та перевірки адекватності аналітичних моделей руху ТЗ.

1.4 Постановка, мета та задачі дослідження

Питання раціонального розташування ЗП набуває особливої актуальності в ЦЧМ в межах яких, сьогодні спостерігається найбільша концентрація транспортних проблем організації дорожнього руху (ОДР). Це пов'язано з тим, що зараз існує тенденція перетворення ЦЧМ з житлового призначення в торгово-ділові центри [159], де територіальна частка незначна, а інтенсивність руху велика. Слід також зазначити, що у великих містах України стрімко розвивається сектор послуг, фокусом розташування якого найчастіше є ЦЧМ. Тому сьогодні максимум зусиль повинно бути сфокусовано на вирішенні транспортних проблем саме в центральній частині великих міст України, як з позиції ефективного керування ТП, так і з позиції ефективного планування об'єктів ВДМ таких як ЗП.

Однією з причин недостатньо ефективного використання рухомого складу на маршрутах є нераціональне розміщення ЗП на маршрутах. Усунення цього недоліку дозволить пасажиром здійснювати поїздки в маршрутному транспорті за менший час. Це може бути досягнуто завдяки скороченню затримок при виїзді МТЗ з ЗП після закінчення посадки та висадки пасажирів. Треба зазначити, що затримки виїзду МТЗ можуть виникати у двох випадках: коли зупинка розташована в заїзному "кармані" або перед зупинкою припарковано автомобілі, які МТЗ змушений об'їжджати. В обох випадках МТЗ виконує небезпечний маневр виїзду на смугу руху по якій рухається потік ТЗ.

Відповідно до діючих Правил дорожнього руху (ПДР) водії інших транспортних засобів у населених пунктах повинні зменшити швидкість, а при необхідності зупинитися, щоб дати можливість МТЗ почати виїзд з позначеної зупинки, розташованої у "кармані", пункт 17.4 ПДР України [160]. З іншого боку, водії автобусів, мі-

кроавтобусів і тролейбусів, подавши сигнал про намір почати рух з зупинки, повинні вжити заходів для запобігання дорожньо-транспортної пригоди, пункт 17.5 ПДР. Тобто діючі ПДР обговорюють небезпечний характер маневру виїзду МТЗ з КЗП, але залишають без відповіді, кого вважати винним у ДТП, якщо таке станеться під час виїзду МТЗ з КЗП. Це зазвичай спонукає водіїв МТЗ очікувати безпечної можливості для виїзду з карману ЗП, витрачаючи на це деякий час.

Що стосується ситуації з об'їздом автомобілів, які припарковано перед зупинкою, то згідно з ПДР МТЗ взагалі не мають переваг при виконанні маневру виїзду на іншу смугу руху, що робить ще більш жорсткими для МТЗ умови продовження руху після посадки та висадки пасажирів.

Також слід зазначити, що наявність регульованого перехрестя поблизу ЗП суттєво впливає на швидкість та щільність ТП, що слідує біля зупиночного пункту. Це змінює умови від'їзду МТЗ від ЗП та час його можливої затримки після закінчення посадки та висадки пасажирів. Такий вплив на умови від'їзду МТЗ може суттєво відрізнятись в залежності від того, де розташована зупинка по відношенню до перехрестя (до чи після нього) та на якій відстані вони знаходяться один від одного. Виходячи з цього, зміна місця дислокації зупиночного пункту по відношенню до перехрестя та визначення раціональної віддаленості від нього може зменшити час затримки виїзду МТЗ.

Відстань, на якій розташований ЗП міського пасажирського транспорту відносно перехрестя також впливає на час підходу пасажирів до нього. Але це стосується лише невеликої частини пасажирів, які не можуть зменшити відстань підходу до ЗП або відходу від нього після його передислокації шляхом використання іншого перехрестя для перетину вулиці. Ці пасажирів вочевидь мають невелику відстань підходу, а з урахуванням того, що така передислокація зупинок в місті можлива лише на невеликі відстані в межах 100 - 150 м всі такі зміни не можуть вважатися для них суттєвими. Негативний вплив відстані між ЗП та перехрестям на час підходу пасажирів до зупинки ще більше зменшується завдяки наявності пасажирів, для яких зміна місця розташування ЗП має позитивні наслідки, а також тим, що час підходу до ЗП треба розглядати разом з часом очікування транспорту, як частину загального

часу поїздки пасажирів. Тоді може виникати ситуація, коли час підходу компенсується часом очікування пасажирів транспорту на зупинці. Тобто вплив відстані між ЗП та перехрестям на час підходу пасажирів до зупинки та відходу від неї є самостійним питанням, яке потребує окремого дослідження. Але це питання є значно менше актуальним, ніж час очікування можливості продовження руху для МТЗ, який безпосередньо відображається на багатьох пасажирів, що в ньому знаходяться, тому в даній роботі не розглядається.

Час очікування можливості виїзду МТЗ з ЗП на смугу руху в ТП, який відображається на багатьох пасажирів, що в ньому знаходяться, в залежності від варіанта розміщення ЗП в зоні регульованого перехрестя, є об'єктом уваги в даному дослідженні.

Визначення закономірностей процесу очікування водіями МТЗ можливості виїзду на смугу руху після планової зупинки на маршруті неможливе без аналітичного моделювання цього процесу, яке дозволяє встановити причинно-наслідкові зв'язки та забезпечити широкі можливості для використання отриманих моделей. Особливості транспортних систем роблять побудову адекватної аналітичної моделі, що дозволяє досліджувати її характеристики в різних умовах дуже складним питанням, так як міські ТП мають деякі особливості:

- по-перше, це стохастичність ТП, їх характеристики допускають прогноз тільки з певною ймовірністю;
- по-друге, це загальна нестационарність ТП, причому коливання їх характеристик відбуваються, як мінімум у трьох циклах: добовому, тижневому, сезонному;
- по-третє, це неповна керованість, суть якої полягає в тому, що навіть при наявності повної інформації про потоки та можливості інформування водіїв про необхідні дії, ці вимоги носять рекомендаційний характер.

Аналітичне моделювання процесів взаємодії ТЗ зазвичай спонукає створювати досить жорстку систему припущень при побудові таких моделей. Основою для побудови моделей ТП частіше всього є припущення про його стаціонарність, яке може виконуватися лише в окремі періоди з постійною інтенсивністю руху. Це не означає, що модель яка побудована на припущенні про стаціонарність ТП не буде адекват-

ною, але вимагає проведення обов'язкової оцінки адекватності розроблених моделей та визначення сфери їхньої дії за допомогою експериментальних досліджень.

Проведення на транспортній мережі експериментів в повному сенсі цього слова є практично неможливим завданням, оскільки відтворити всі умови функціонування реального ЗП вочевидь неможливо, оскільки його стан визначається поведінкою багатьох учасників руху не причетних до процесу дослідження. Тому реальні об'єкти можуть застосовуватися лише для спостережень, чого недостатньо для визначення сфери дії аналітичних моделей та оцінки їх адекватності.

Тому, для проведення експериментів в сфері ОДР в останні роки все частіше використовується імітаційне моделювання на базі програмного забезпечення для вивчення руху ТП на різних ВДМ. Цей інструмент може стати ефективним засобом проведення експериментальних досліджень у тому числі й у районі ЗП.

Імітаційні моделі мають широкий інструментарій у питаннях оцінки ефективності руху для транспортних ситуацій, що виникають в конкретних умовах руху. Саме тому вона забезпечує можливість дослідження адекватності аналітичних моделей часу затримки МТЗ при виїзді з ЗП на іншу полосу руху: змінюючи параметри розташування ЗП відносно перехрестя, інтенсивність руху на смузі, на яку необхідно виїхати МТЗ та параметри циклу світлофору можна оцінити час затримки та порівняти його з розрахунковим значенням.

Ще одною особливістю питання, що розглядається в роботі, є постійний характер результатів реалізації рішень про місце розташування ЗП відносно перехрестя, тобто довготривалий, зазвичай декілька десятків років, термін експлуатації ЗП після прийняття відповідного рішення. Це вимагає особливої уваги до умов функціонування ЗП, оскільки інтенсивність руху може суттєво змінитися за цей період та прийняті рішення можуть виявитися ефективними лише на протязі дуже короткого у масштабі міста часу. Оцінити ефективність рішень щодо розміщення ЗП у довгостроковому періоді можливо лише на основі головних характеристик ТП, інтенсивності та швидкості, для всього цього періоду.

Зміни в інтенсивності руху взагалі то є наслідками загальних соціально-економічних процесів, що проходять в країні, але інтенсивність ТП на конкретних

ділянках транспортної мережі не може бути передбачена на загальному рівні, оскільки є результатом колективної поведінки водіїв у заданих умовах та є непропорційною загальній кількості поїздок в місті.

Передбачити умови функціонування ЗП в центральній частині міста, з різною кількістю автомобілів в ньому, можливо лише за допомогою транспортного моделювання об'єкту в спеціальному програмному забезпеченні, яке дозволяє правдоподібно розподілити ТП між міськими шляхами пересування та оцінити їх основні характеристики. Тому формування умов проведення імітаційного експерименту повинне виконуватися на основі аналітичного моделювання розподілу ТП, головним проблемним питанням якого є формування моделі попиту на пересування автомобілів в об'єкті дослідження, яким є функціонування ЗП в центральній частині міста.

Всі вище наведені твердження дозволили визначити основну мету дослідження, яка полягає у зменшенні витрат часу на виїзд МТЗ з КЗП, який розташовано до та після регульованих перехресть у довгостроковій перспективі. З усіх можливих видів ЗП маршрутного пасажирського транспорту в роботі розглядаються проміжні, постійні ЗП автобусних та тролейбусних маршрутів, які розташовані неподалік від регульованого перехрестя міських вулиць ЦЧМ з щільним ТП та обмеженою пропускною спроможністю вулиць.

Висновки до першого розділу

1. Існуючі нормативні документи та довідкова література, регламентуючі процес проектування ЗП, не повністю відображають сучасні реалії руху МТЗ експлуатаційних умов, велику різноманітність задіяних в міських пасажирських перевезеннях ТЗ та високу інтенсивність руху індивідуального транспорту і потребують наукового обґрунтування. Вони також не надають чітких вказівок до раціонального розміщення зупиночних пунктів відносно регульованих перехресть на трасі міських маршрутів.

2. Аналіз публікацій показав, що проведені дослідження з визначення раціонального місця розташування зупиночних пунктів в більшості побудовані на регресійних рівняннях, які на практиці ґрунтуються з позиції чорного ящика. Такий підхід не є універсальним так як, звужує набір інструментів пізнання та не дозволяє описати закономірності процесів в повній мірі, які можливо було б виявити при більш детальному вивченні. Тому сьогодні виникає необхідність в побудові конструктивної моделі, яка б в повній мірі відтворювала процес функціонування ЗП та висвітлювала фактори, що впливають на його функціонування.

3. Розроблені вітчизняними та закордонними вченими математичні моделі опису ТП не враховують багатьох особливостей руху ТЗ, а закордонне програмне забезпечення для проведення транспортного моделювання хоч і дозволяє одержувати найбільш наближені до реальності результати моделювання для різних сценаріїв функціонування об'єктів, але не дозволяють визначити характер взаємозв'язків між різними параметрами об'єкту та забезпечити результатам моделювання загальний характер.

4. Як критерій ефективності в роботі доцільно використовувати показник мінімуму часу затримки виїзду маршрутного транспортного засобу на смугу руху, оскільки місце розташування ЗП відносно регульованого перехрестя найбільшим чином впливає на час поїздки пасажирів серед усіх показників якості їх обслуговування. Застосування в розрахунках цього критерію дозволить вибрати таке місце розташування ЗП по відношенню до регульованого перехрестя, яке призводить до скорочення часу пересування пасажирів в маршрутному транспортному засобі.

РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА АНАЛІТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ТА МЕТОДИК ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

Як було відзначено в попередньому розділі, ключовою особливістю питання раціонального розташування ЗП є довгостроковий період експлуатації об'єкту після прийняття відповідного рішення у кожному конкретному випадку. Ця особливість приводить до необхідності отримання надійних моделей, які достовірно описують, пояснюють та передбачають поведінку об'єкту дослідження у визначених умовах функціонування.

Такими властивостями володіють лише аналітичні моделі, побудовані за допомогою сучасного математичного апарату на надійних принципах, коректних припущеннях і обмеженнях.

В даній дисертаційній роботі, при вирішенні поставлених задач дослідження, окремо виділяються три основних напрямки моделювання елементів транспортного процесу, пов'язані з:

- розрахунком власне часу затримки МТЗ при відправленні від ЗП;
- оцінкою ефективності заходів з раціонального розташування ЗП на реальній транспортній мережі в різних умовах функціонування ЗП, що пов'язані зі змінами інтенсивності ТП протягом часу;
- моделюванням попиту на транспортні пересування в умовах інтенсивної взаємодії об'єкта дослідження з його оточенням, яке є необхідним для оцінки ефективності заходів з раціонального розташування ЗП у довготривалому періоді.

Ефективність заходів з раціонального розташування ЗП на транспортній мережі можливо оцінити за допомогою існуючого сучасного програмного забезпечення з макромоделювання міських та регіональних транспортних систем VISUM німецької компанії PTV AG. Але перше та третє питання потребують розробки спеціальних аналітичних моделей, які відповідають умовам функціонування ЗП вуличних видів МПТ внаслідок недостатнього рівня точності розроблених на цей час моделей.

2.1 Аналітичне моделювання часу затримки виїзду МТЗ з зупинки

Як критерій визначення раціонального місця розташування ЗП до чи після регульованого перехрестя в роботі було запропоновано час затримки виїзду МТЗ на крайню праву смугу руху після посадки та висадки пасажирів. Затримка виїзду МТЗ – це проміжок часу між закінченням посадки пасажирів та моментом початку влиття МТЗ до загального ТП.

Розрахунок часу затримки МТЗ при відправленні від ЗП серед багатьох задач ОДР відноситься до області мікромоделювання. Область застосування мікромоделювання перебуває, як правило, поза областю багатомірних оптимізаційних задач, що пов'язане з наявними на практиці ресурсними обмеженнями. Мікромоделювання забезпечує одержання прийнятних результатів при його використанні в якості альтернативи експериментальним дослідженням. Для проведення ефективного мікромоделювання необхідна повнота даних про процес, об'єктивність оцінки, що викликали його причин і умов їх виникнення. Аналіз тенденцій протікання процесу дозволяє оцінити на перспективу значення його показників, сформуванати систему заходів, що забезпечують досягнення мети.

Для проведення мікромоделювання процесу виїзду МТЗ було прийнято, що $t_0 = 0$ – момент заїзду МТЗ на зупинку, а t – момент початку виїзду МТЗ з ЗП при цьому $t + \tau(v)$ момент завершення виїзду МТЗ з ЗП. Упродовж часу t МТЗ стоїть на зупинці, а впродовж часу $\tau(v)$ виїжджає на смугу руху. При цьому виникає потік автомобілів, що проїжджають біля ЗП. Дослідженнями встановлене, що для опису потоків порівняно малої інтенсивності, які характеризуються ймовірністю проїзду певного числа ТЗ через розріз дороги, можливо застосовувати розподіл Пуассона [24, 161 - 163]

$$P_n(t) = \frac{(\lambda t)^n}{n!} e^{-\lambda t}, \quad (2.1)$$

де $P_n(t)$ – ймовірність проїзду n - го кількості автомобілів за час t ;

λ – основний параметр розподілу (інтенсивність транспортного потоку), авт./с;

t – тривалість відрізків часу спостереження, с;

n – число зафіксованих автомобілів.

Інтенсивність ТП можна визначити за формулою:

$$\lambda = \frac{1}{m_1}, \quad (2.2)$$

де m_1 – середнє значення інтервалу руху автомобілів, с.

Якщо поява автомобілів характеризується розподілом (2.1), то інтервали τ_i між автомобілями розподілені за експоненційним законом

$$F(t) = 1 - e^{-\lambda t}, \quad t > 0, \quad (2.3)$$

де $F(t)$ – ймовірність того, що $\tau_n \leq t$, $0 \leq F(t) \leq 1$.

У загальному випадку було зроблено припущення, що потік автомобілів проїжджаючий повз зупинку є рекурентним, тобто випадкові величини $\tau_1, \tau_2, \tau_3, \dots, \tau_n$, які утворюють послідовність незалежних однаково розподілених за законом $F(t)$ випадкових величин, показує інтервал часу між сусідніми автомобілями в потоці. Було розглянуто три події процесу прибуття та відправлення МТЗ на зупинці.

1. Подія A_0 – припускає, що до моменту t не було ні одного автомобіля в русі та на проміжку $(t; t + \tau(v))$ не було ні одного автомобіля проїжджаючого біля зупинки, рис. 2.1.

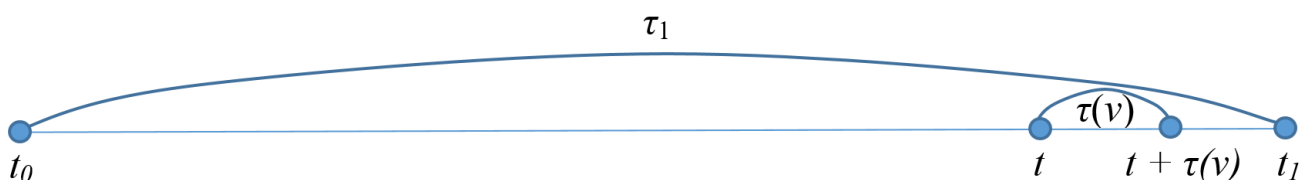


Рисунок 2.1 – Схема виїзду МТЗ з ЗП при відсутності автомобілів, які проїжджають біля зупинки

2. Подія A_n - до моменту t проїхало рівно n автомобілів і на проміжку часу $(t; t+\tau(v))$ проїжджаючих автомобілів біля зупинки немає. При цьому величини t і τ заздалегідь визначені, рис. 2.2.

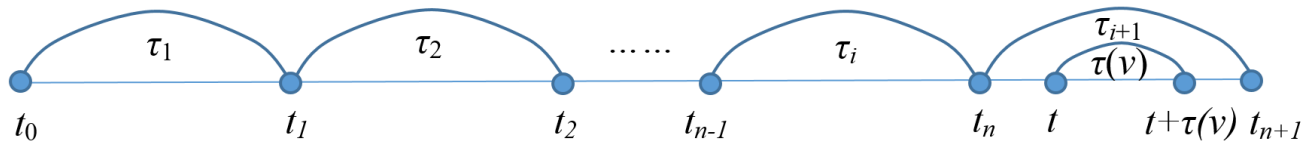


Рисунок 2.2 – Схема виїзду МТЗ з зупиночного пункту в потік з n автомобілів

3. Подія B – подія, коли на проміжку часу $(t; t+\tau(v))$ не було автомобілів, які проїжджають біля зупинки, тобто МТЗ безперешкодно виїде з ЗП та при цьому число n автомобілів, що проїхали біля зупинки за час стоянки на ній МТЗ може прийняти будь-яке ціле невід’ємне значення $n = 0, 1, 2, \dots$ і т.д. Тоді

$$B = \sum_{n=0}^{\infty} A_n . \quad (2.4)$$

При цьому події $A_0, A_1, A_2, \dots, A_n$ несумісні. Ймовірність настання події B залежить від двох параметрів $(t, \tau(v))$

$$P(t, \tau(v)) = P(B) = P(A_0) + \sum_{n=1}^{\infty} P(A_n) , \quad (2.5)$$

де $P(A_0) = P\{t + \tau(v) < t_1\} = 1 - F(t + \tau(v))$, $P(A_n) = P\{t_n < t < t + \tau(v) < t_{n+1}\}$.

Ймовірність випадкової події A_n зручно знайти визначивши умовну ймовірність настання цієї події за умови, що $t_n = x$, яка дорівнює

$$P\{A_n | t_n = x\} = P\{\tau_{n+1} > \tau(v) + t - x\} = 1 - P\{\tau_{n+1} \leq \tau(v) + t - x\} = 1 - F(\tau(v) + t - x). \quad (2.6)$$

Щоб знайти абсолютні ймовірності виникнення події A_n необхідно умовну ймовірність A_n за умови $t_n = x$ (де $x \in (0; t)$) помножити на щільність розподілу випадкової величини t_n і проінтегрувати цей добуток за всіма значеннями x від 0 до t .

$$P(A_n) = \int_0^t P\{\tau_{n+1} > \tau(v) + t - x\} \cdot f_n(x) dx, \quad (2.7)$$

або

$$P(A_n) = \int_0^t P\{A_n | t_n = x\} \cdot f_n(x) dx, \quad (2.8)$$

де $f_n(x)$ – щільність розподілу випадкової величини проїзду останнього автомобіля повз зупинку перед початком виїзду МТЗ $t_n = \tau_1 + \tau_2 + \tau_3 + \dots + \tau_n$. Величина $f_n(x)$ показує з якою вагою умовна ймовірність події A_n за умови $t_n = x$ (де $x \in (0; t)$) входить у заключну формулу, яка обчислює безумовну ймовірність події A_n .

Щільність розподілу випадкової величини t_n це похідна від функції розподілу цієї випадкової величини. При цьому функція розподілу випадкової величини $t_n = \tau_1 + \tau_2 + \tau_3 + \dots + \tau_n$ може бути знайдена рекурентно опираючись на функцію розподілу випадкової величини t_{n-1} , яка дорівнює сумі на одиницю менше його числа випадкових доданків.

$$F_1(x) = F(x), f(x) = F_1'(x) = f(x), \quad (2.9)$$

де $F(x)$ – задана функція розподілу інтенсивності руху автомобілів.

$$F_2(x) = \int_0^x F_1 \cdot (x - y) \cdot f(y) dy, \quad (2.10)$$

$$F_n(x) = \int_0^x F_{n-1} \cdot (x-y) \cdot f(y) dy, \quad (2.11)$$

де $f(t)dt$ – щільність розподілу випадкової величини τ_n (однієї конкретної випадкової величини);

$F_{n-1} \cdot (x-y) = P\{\tau_1 + \dots + \tau_n \leq x | \tau_n = y\} = P\{\tau_1 + \dots + \tau_{n-1} \leq x-y\}$ ймовірність того, що $t_n = \tau_1 + \tau_2 + \tau_3 + \dots + \tau_n \leq x$ за умови, що $\tau_n = y$, $0 < y < x$.

Для знаходження щільності розподілу випадкової величини t_n було визначено похідну вираження (2.11). При цьому похідна інтеграла зі змінною верхньою межею від безперервної функції дорівнює підінтегральній функції, у якій змінна інтегрування замінена верхньою межею, а якщо підінтегральна функція залежить від цієї змінної верхньої межі, то з'являється ще один доданок у вигляді інтеграла в тих же межах, а замість підінтегральної функції записується похідна по цій змінній x

$$F'_n(t) = f_n(x) = \left(\int_0^x F_{n-1}(x-y) f(y) dy \right)' = F_{n-1}(x-x) f(x) + \int_0^x f_{n-1} \cdot (x-y) \cdot f(y) dy, \quad (2.12)$$

$$F'_n(t) = f_n(x) = \int_0^x f_{n-1} \cdot (x-y) \cdot f(y) dy, \quad (2.13)$$

тоді

$$\sum_{n=0}^{\infty} P(A_n) = P(A_0) + \int_0^t [1 - F(\tau(v) + t - x)] \cdot \sum_{n=1}^{\infty} f_n(x) dx. \quad (2.14)$$

Для визначення та інтерпретації $\sum_{n=1}^{\infty} f_n(x)$ знаходиться $\sum_{n=1}^{\infty} F_n(x)$. Було прийнято, що $\nu(x)$ число автомобілів, що проїхали повз ЗП за час x . Тоді

$$F_n(x) = P\{t_n \leq x\} = P\{\nu(x) \geq n\}, \quad (2.15)$$

$$\sum_{n=1}^{\infty} F_n(x) = \sum_{n=1}^{\infty} P\{v(x) \geq n\} = \sum_{n=1}^{\infty} n \cdot P\{v(x) = n\} = \sum_{n=1}^{\infty} n \cdot p_n = M v(x), \quad (2.16)$$

де $Mv(x)$ – математичне очікування кількості автомобілів, що проїхали, повз ЗП на проміжку часу $[0, x]$, яке позначається через $H(x)$.

$p_n = P\{v(x) = n\}$ – кожна ймовірність p_n у нескінченній сумі (2.16) повториться n раз, тоді

$$p_n = P\{v(x) \geq 1\} = p_1 + p_2 + p_3 + \dots + p_n + \dots, \quad (2.18)$$

$$p_n = P\{v(x) \geq 2\} = p_2 + p_3 + \dots + p_n + \dots, \quad (2.19)$$

$$p_n = P\{v(x) \geq 3\} = p_3 + \dots + p_n + \dots \quad (2.20)$$

При цьому

$$\sum_{n=1}^{\infty} p_n = 1, \text{ а } \sum_{n=1}^{\infty} n \cdot p_n = M v(x) = H(x).$$

Звідси

$$\sum_{n=1}^{\infty} f(x) = \sum_{n=1}^{\infty} F'_n(x) = H'(x) = h(x), \quad (2.21)$$

де $h(x)$ – похідна по x від середньої кількості автомобілів, що проїхали за час x . Величина $h(x)$ показує інтенсивність потоку.

Ймовірність настання події B у вигляді

$$P(B) = P(t, \tau(v)) = P(A_0) + \sum_{n=1}^{\infty} P(A_n) = 1 - F(t + \tau(v)) + \int_0^t [1 - F(t + \tau(v) - x)] \cdot h(x) dx. \quad (2.22)$$

Виразення (2.22) також можливо записати в наступному виді

$$P_t\{\tau\} = P(B) = \bar{F}(t + \tau(v)) + \int_0^t \bar{F}(t + \tau(v) - x) \cdot h(x) dx, \quad (2.23)$$

де $\bar{F}(t) = 1 - F(t) = P\{\tau_i > t\} = 1 - P\{\tau_i \leq t\}$.

Було підставлено (2.3) в $\bar{F}(t) = 1 - F(t)$:

$$\bar{F}(t) = 1 - (1 - e^{-\lambda t}) = e^{-\lambda t}. \quad (2.24)$$

Виразення (2.24) було підставлено в (2.23)

$$P_t\{\tau\} = e^{-\lambda(t+\tau(v))} + \int_0^t e^{-\lambda(t+\tau(v)-x)} \lambda dx = e^{-\lambda\tau(v)} \quad (2.25)$$

Для знаходження ймовірності події B (ймовірність того, що автобус безперешкодно виїде з ЗП) (2.2) було підставлено в (2.25).

$$P(B) = e^{-\tau(v)/m_1}. \quad (2.26)$$

Слід зазначити, що при визначені часу затримки виїзду МТЗ з зупиночного пункту в рекурентний потік однорідних подій час посадки та висадки пасажирів не береться до уваги. Тобто час затримки виїзду МТЗ починає відраховуватися тільки після моменту закриття дверей МТЗ.

$A1\{\zeta_t > \tau(v)\}$ – виїзд МТЗ без затримки при цьому $\tau(v) = \text{const}$. При цьому t – момент закриття дверей та включення водієм поворотного сигналу для виїзду із ЗП, ζ_t – час очікування появи чергового автомобіля, $\tau(v)$ – час виїзду МТЗ, рис. 2.3.

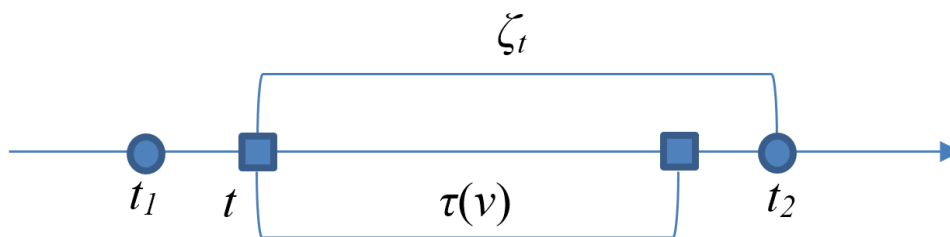


Рисунок 2.3 – Час виїзду МТЗ без затримки в рекурентний потік

$A\{\tau_n > \tau(v)\}$ – виїзд МТЗ здійснюється після проїзду наступного автомобіля повз ЗП. При цьому τ_n – інтервал руху автомобілів, рис. 2.4.

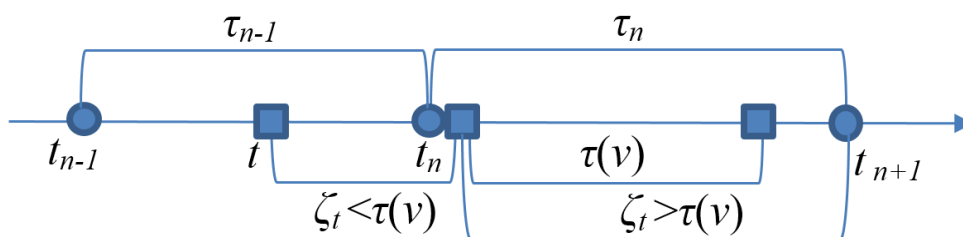


Рисунок 2.4 – Час очікування виїзду МТЗ з урахуванням проїзду чергового автомобіля біля ЗП

Час виїзду МТЗ з урахуванням можливої затримки в наслідок проїзду автомобілів біля зупиночного пункту.

$$\tau_{зв} = \tau(v) \cdot \chi_{A1} + \chi_{\bar{A}1} \cdot (\xi_t + \tau_g), \quad (2.27)$$

де χ_{A1} – індекс випадкової події $A1$ виїзду МТЗ без затримки;

$\chi_{\bar{A}1}$ – індекс випадкової події $\bar{A}1$ виїзду МТЗ з затримкою (події $\bar{A}1$ зворотна події $A1$).

τ_g – час очікування виїзду МТЗ з урахуванням можливої затримки від моменту проїзду n автомобілів, (рис. 2.5), с;

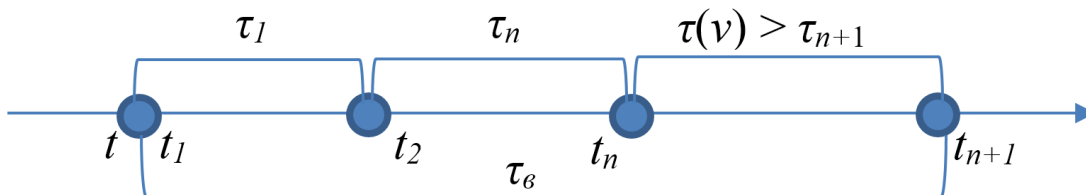


Рисунок 2.5 – Час очікування виїзду МТЗ з урахуванням можливої затримки в наслідок проїзду n - автомобілів

В роботі зроблено припущення, що потік автомобілів проїжджаючих повз зупинку найпростіший (Пуассонівський) з параметром λ , тоді в силу відсутності післядії для показового інтервалу найпростішого потоку τ_3 – має такий самий розподіл, як і τ_6 , так як ζ_t і τ_n мають один і той же показовий розподіл. Відповідно $\tau_{36} = \tau_6$, рис. 2.6

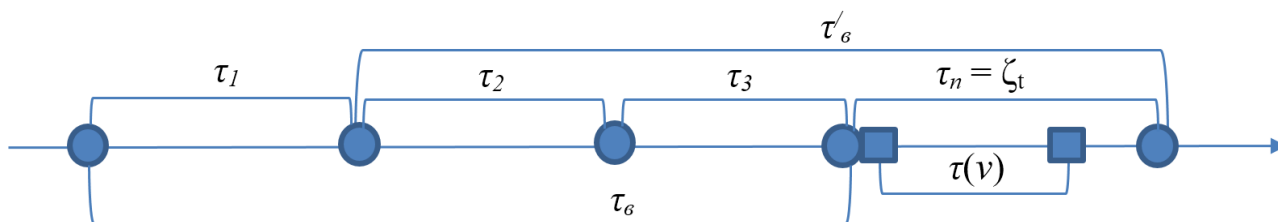


Рисунок 2.6 – Час очікування виїзду МТЗ з урахуванням проїзду певної кількості автомобілів біля ЗП

Виходячи з вище наведеного можливо стверджувати, що $\tau_{36} = \tau_6$, звідси можливо записати час виїзду МТЗ з урахуванням можливої затримки, як

$$\tau_6 = \tau(v) \cdot \chi_{A1} + \chi_{\bar{A}1} \cdot (\tau_1 + \tau'_6), \quad (2.28)$$

де $\tau'_6 = \tau_1 + \tau_2 + \dots + \tau_n$.

Тоді

$$\tau(v) \cdot \chi_{A1} + \chi_{\bar{A}1} \cdot (\xi_t + \tau_6) = \tau(v) \cdot \chi_{A1} + \chi_{\bar{A}1} \cdot (\tau_1 + \tau'_6), \quad (2.29)$$

$$\tau'_s = \begin{cases} \tau(v), P(A) \\ \tau_1 + \tau'_s, P(\bar{A}_1) \end{cases}, \quad (2.30)$$

Використовуючи перетворення Лапласа для визначення затримки виїзду МТЗ з ЗП $\tau(v)$. Тобто ймовірність того, що за випадковий час $\tau(v)$ не відбудеться деяка випадкова подія простого потоку (Пуассоновського) інтенсивність настання якого дорівнює S

$$\varphi_{\tau(v)}(S) = Me^{-S\tau(v)}. \quad (2.31)$$

Так як $\tau(v) - \text{const}$, то $Me^{-S\tau(v)} = e^{-S\tau(v)} - \text{const}$. При цьому $a(s) = Me^{-S\tau_s}$ – пошукова величина. Звідси перетворення Лапласа для часу виїзду з урахуванням затримки МТЗ

$$a(s) = e^{-S\tau(v)} \cdot P(A) + b(s) \cdot a(s), \quad (2.32)$$

де $e^{-S\tau(v)} \cdot P(A)$ – ймовірність того, що не відбудеться додаткова подія, якщо виїзд МТЗ здійсниться без затримки на першому інтервалі. ($P(A)$ – ймовірність умови при якій величина $\tau_s = \tau(v)$ при $e^{-S\tau(v)}$ де $\tau(v) - \text{const}$), формула (2.25);

$b(s) \cdot a(s)$ – ймовірність того, що не відбудеться додаткова подія, якщо виїзд МТЗ здійсниться не з першого разу (не на першому інтервалі);

$b(s)$ – ймовірність того, що не відбудеться додаткова подія на інтервалі тривалість якого менше $\tau(v)$, тобто $\tau_n < \tau(v)$.

Тоді перетворення Лапласа для часу виїзду, якщо на першому проміжку τ_1 виїзд не відбувся матиме вид

$$b(s) = Me^{-S(\tau_n | \tau_n < \tau(v))} \cdot P\{\tau_n \leq \tau(v)\} = M(e^{-S\tau_n} \cdot \chi\{\tau_n \leq \tau(v)\}). \quad (2.33)$$

Функція розподілу інтервалу на якому немає виїзду МТЗ

$$F_{\tau(v)}(x) = P\{\tau_n \leq x | \tau_n \leq \tau(v)\} = \frac{P\{\tau_n \leq x, \tau_n \leq \tau(v)\}}{P\{\tau_n \leq \tau(v)\}}. \quad (2.34)$$

$$F_{\tau(v)}(x) = \int_0^x f_{\tau(v)}(t) dt = \begin{cases} 0, & x < 0; \\ \frac{1 - e^{-\lambda x}}{1 - e^{-\lambda \tau(v)}}, & 0 \leq x \leq \tau(v), \\ 1, & x > \tau(v). \end{cases} \quad (2.35)$$

Для визначення щільності розподілу інтервалу руху автомобілів було проінтегровано отримане вираження в інтервалі $0 < x < \tau(v)$.

$$f_{\tau(v)}(x) = \begin{cases} \frac{\lambda e^{-\lambda x}}{1 - e^{-\lambda \tau(v)}}, & 0 \leq x \leq \tau(v) \\ 0, & x \notin [0; \tau(v)] \end{cases}. \quad (2.36)$$

Тоді математичне очікування випадкової величини τ_n з параметром $\tau_n < \tau_v$

$$Me^{-S(\tau_n | \tau_n < \tau(v))} = \int_0^{\tau(v)} e^{-Sx} \cdot \frac{\lambda e^{-\lambda x}}{1 - e^{-\lambda \tau(v)}} dx = \frac{\lambda}{\lambda + S} \left(\frac{1 - e^{x(\lambda + S)}}{1 - e^{-\lambda \tau(v)}} \right). \quad (2.37)$$

Отримане вираження було підставлене в $b(s)$, (2.33)

$$b(s) = Me^{S\tau} \chi_{\{\tau_n < \tau(v)\}} = Me^{-S(\tau_n | \tau_n < \tau(v))} \cdot P\{\tau_i < \tau(v)\} = \frac{\lambda}{\lambda + S} (1 - e^{x(\lambda + S)}). \quad (2.38)$$

Отримане вираження було підставлене в $a(s)$, (2.32)

$$a(s) = e^{-S\tau(v)} \cdot e^{-\lambda \tau(v)} + a(s) \cdot \frac{\lambda}{\lambda + S} \cdot (1 - e^{-\tau(v)(\lambda + S)}), \quad (2.39)$$

$$a(s) - a(s) \cdot \frac{\lambda}{\lambda + S} \cdot (1 - e^{-\tau(v)(\lambda + S)}) = e^{-S\tau(v)} \cdot e^{-\lambda\tau(v)}, \quad (2.40)$$

$$a(s) \cdot (1 - \frac{\lambda}{\lambda + S} \cdot (1 - e^{-\tau(v)(\lambda + S)})) = e^{-(S + \lambda)\tau(v)}, \quad (2.41)$$

$$a(s) = \frac{e^{-(\lambda + S)\tau(v)}}{1 - \frac{\lambda}{\lambda + S} (1 - e^{-\tau(v)(\lambda + S)})} = \frac{(\lambda + S)e^{-(\lambda + S)\tau(v)}}{S + \lambda e^{-\tau(v)(\lambda + S)}}. \quad (2.42)$$

Так як

$$(M e^{-sx})'_s = M[e^{-sx} \cdot (-x)]|_{s=0} = M(-x) = -M(x). \quad (2.43)$$

Аналогічно було знайдено математичне очікування часу виїзду МТЗ продиференціювавши отримане вираження (2.42) у точці нуля.

$$a'(s) = \frac{(\lambda + S)'(S \cdot e^{\tau(v)(\lambda + S)} + \lambda) - (\lambda + S)(S \cdot e^{\tau(v)(\lambda + S)} + \lambda)'}{(S \cdot e^{\tau(v)(\lambda + S)} + \lambda)^2}. \quad (2.44)$$

$$a'(s) = \frac{1(S \cdot e^{\tau(\lambda + S)} + \lambda) - (\lambda + S)(1 \cdot e^{\tau(v)(\lambda + S)} + S \cdot \tau(v) \cdot e^{\tau(\lambda + S)})}{(S \cdot e^{\tau(v)(\lambda + S)} + \lambda)^2}. \quad (2.45)$$

$$a'(s)|_{s=0} = a'(0) = \frac{0 + \lambda - (\lambda + 0)(1 \cdot e^{\tau(v)(\lambda + 0)} + 0)}{(0 + \lambda)^2} = \frac{1}{\lambda}(1 - e^{\tau(v)\lambda}) \quad (2.46)$$

$$M\tau_g = -a'(0) = -\frac{1}{\lambda}(1 - e^{\tau(v)\lambda}) = \frac{1}{\lambda}(e^{\tau(v)\lambda} - 1). \quad (2.47)$$

Звідси середній час виїзду МТЗ дорівнює

$$\bar{t}_g(v) = \frac{1}{\lambda} (e^{\tau(v)\lambda} - 1). \quad (2.48)$$

Так як

$$\bar{t}_g(v) = \tau(v) + \bar{t}, \quad (2.49)$$

то середній час затримки виїзду МТЗ з ЗП може бути розрахований як

$$\bar{t} = \bar{t}_g(v) - \tau(v) = \frac{1}{\lambda} (e^{\tau(v)\lambda} - 1) - \tau(v), \quad (2.50)$$

На практиці час затримки виїзду МТЗ залежить від розташування ЗП до чи після регульованого перехрестя. При виїзді МТЗ з КЗП можливі декілька варіантів ситуації на дорозі, рис. 2.7.

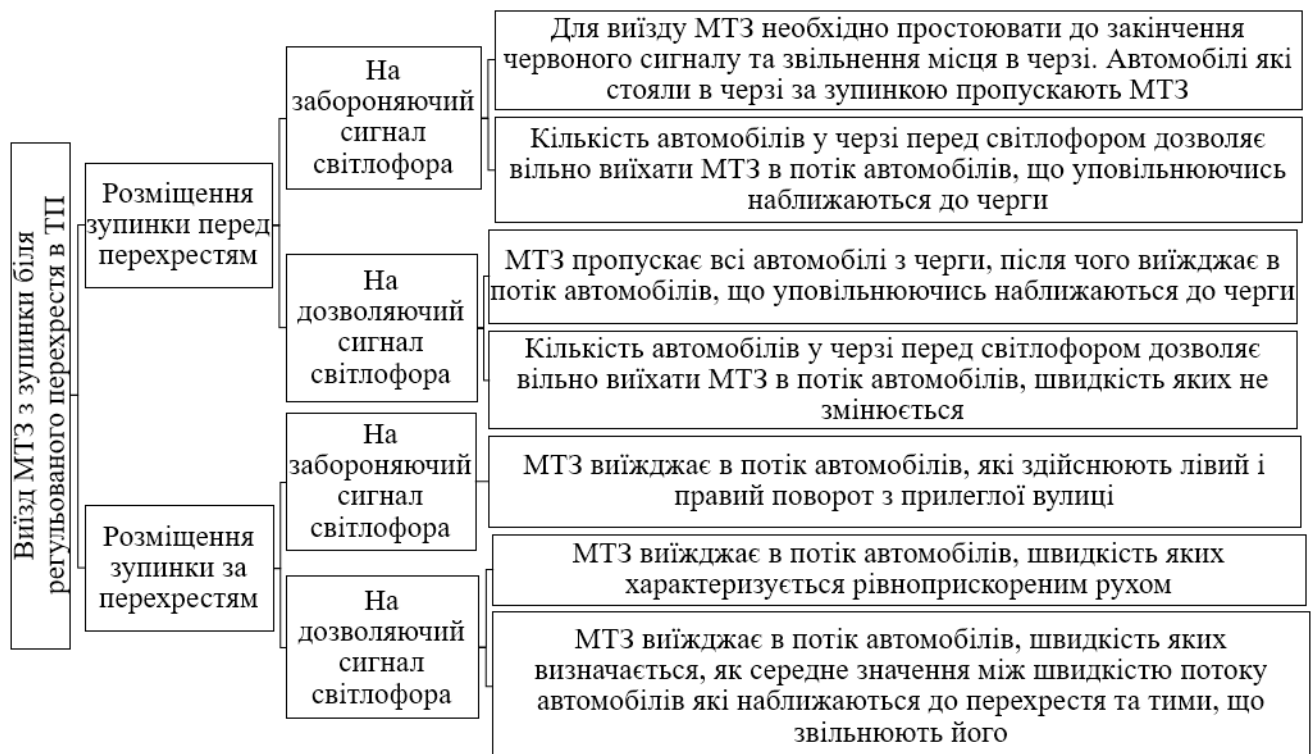


Рисунок 2.7 – Можливі варіанти ситуацій на дорозі при виїзді МТЗ з КЗП який розташовано біля регульованого перехрестя

Для визначення повної ймовірності часу затримки виїзду МТЗ з КЗП необхідним є врахування всіх ситуацій на дорозі, які зазначені на рис. 2.7. Для цього в роботі можливі варіанти виїзду МТЗ (рис. 2.7) розглянуто більш детально.

Ситуація, коли зупинка розташована перед перехрестям зі світлофорним регулюванням (рис. 2.8) при цьому виникають чотири варіанта можливих ситуації виїзду МТЗ з зупиночного пункту.

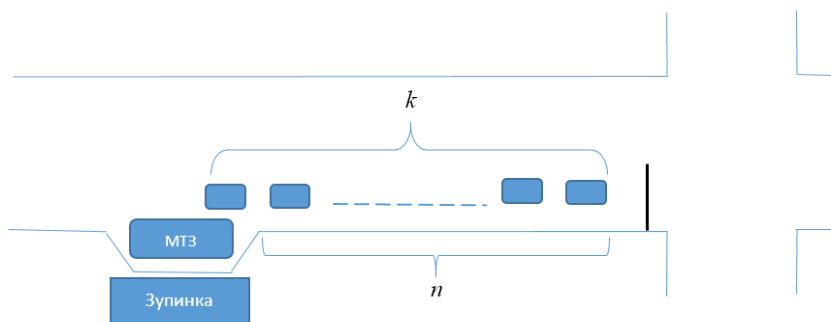


Рисунок 2.8 – Схема розміщення ЗП перед перехрестям

1. У момент готовності виїзду МТЗ з ЗП увімкнено забороняючий сигнал і кількість автомобілів у черзі перед світлофором $k \geq n$ – кількості місць для зупинки автомобілів перед світлофором до ЗП. За цією умовою умовне математичне очікування часу затримки виїзду МТЗ з ЗП складається з математичного очікування, залишкового часу горіння забороняючого сигналу світлофора плюс $T_p(n)$ – математичного очікування часу звільнення місця в черзі перед світлофором для МТЗ, рис. 2.9

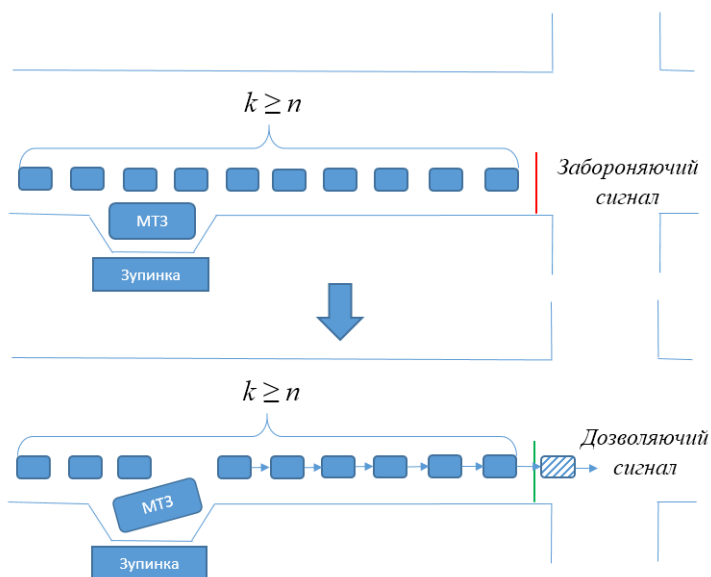


Рисунок 2.9 – Виїзд МТЗ в потік на забороняючий сигнал світлофора

2. У момент готовності до маневру виїзду МТЗ з ЗП увімкнено забороняючий сигнал світлофора і число автомобілів у черзі перед світлофором рівно $k = 0, 1, 2, \dots, n - 1$. При цій умові математичне очікування часу затримки виїзду МТЗ з ЗП дорівнює \bar{t} – умовному математичному очікуванню часу затримки виїзду автобусу в потік автомобілів, які рухаються повз зупинку зі швидкістю V_q . Швидкість потоку V_q - це швидкість з певним уповільненням щодо кількості автомобілів у черзі. При цьому час виїзду МТЗ з зупинки у вільне вікно потоку, який рухається зі швидкістю V_q розраховується, рис. 2.10.

$$\tau(V_q) = \frac{V_q}{a}, \quad (2.51)$$

де a – прискорення МТЗ м/с².

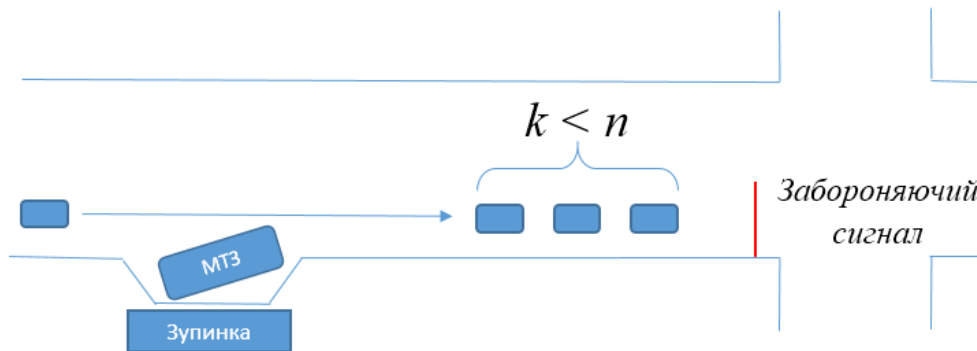


Рисунок 2.10 – Виїзд МТЗ в потік на забороняючий сигнал світлофора за умови що швидкість потоку дорівнює V_q

3. У момент готовності виїзду МТЗ з ЗП увімкнено дозволяючий сигнал і кількість автомобілів перед світлофором $k_s \geq n$, рис. 2.11. При цій умові умовне математичне очікування часу затримки виїзду МТЗ з ЗП складається з $t_p(n)$ – математичного очікування часу звільнення місця в черзі перед світлофором для МТЗ (рис. 2.12) плюс математичне очікування часу проїзду автомобілів, що перебувають у черзі за ЗП $k - n$ так, що останній у цій черзі займає місце $n - 1$, тобто

$\Delta t \cdot k + (k - n) \cdot \Delta t = (2k - n) \cdot \Delta t$ та плюс математичне очікування часу затримки виїзду МТЗ $\bar{t}(V_3((n-1), \lambda))$ в потік автомобілів, які рухаються зі швидкістю $V_3(n-1)$, яка виникає в результаті вповільнення швидкості потоку через $n - 1$ автомобілів, що залишилися, у черзі перед зупинкою, рис. 2.13.

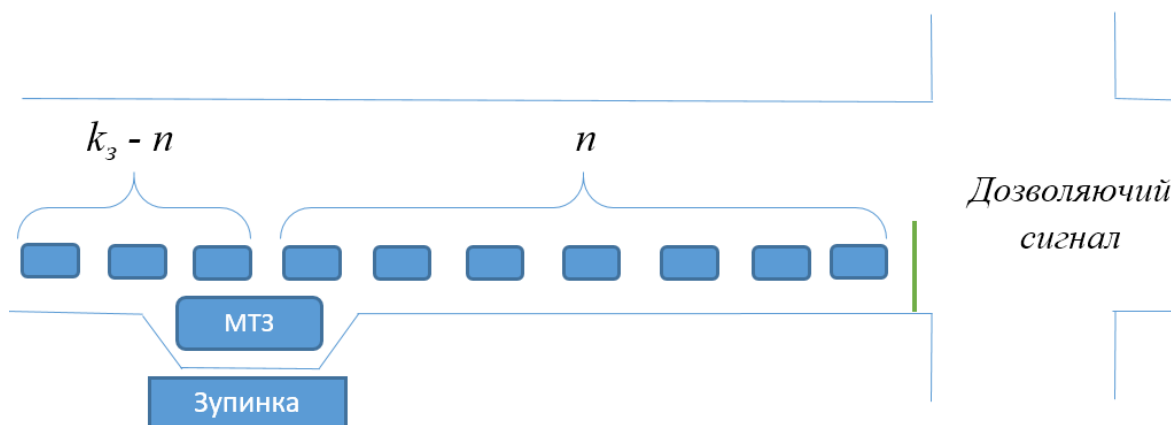


Рисунок 2.11 – Виїзд МТЗ з ЗП на дозволяючий сигнал при цьому число автомобілів перед світлофором $k_3 \geq n$

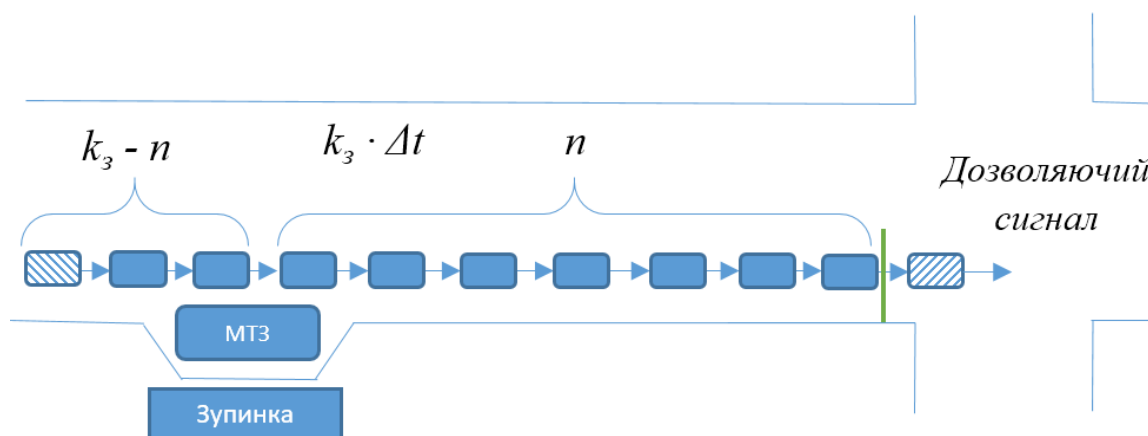


Рисунок 2.12 – Виїзд МТЗ з ЗП на дозволяючий сигнал після зміщення черги автомобілів на $t_p(n)$

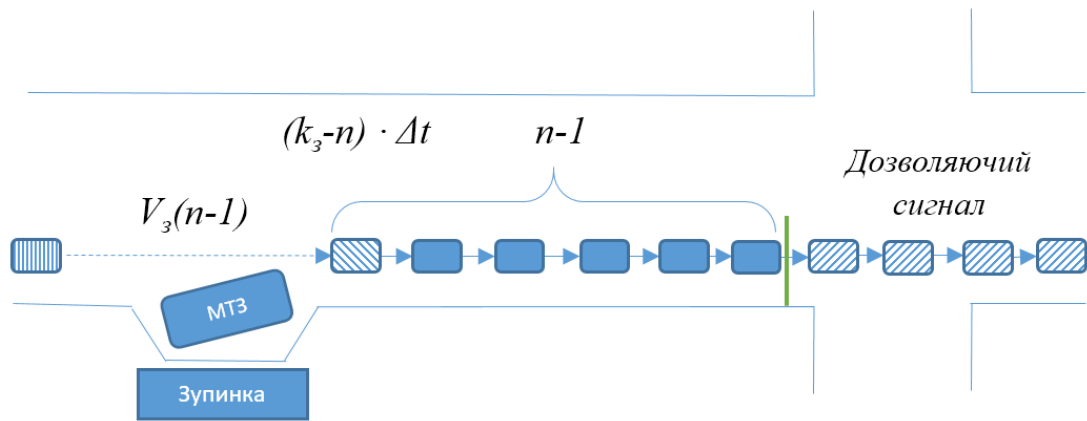


Рисунок 2.13 – Виїзд МТЗ з ЗП на дозволяючий сигнал після проїзду автомобілів, що перебувають у черзі за ЗП

4. У момент готовності виїзду МТЗ з ЗП увімкнено дозволяючий сигнал і кількість автомобілів у черзі перед світлофором $k_3 < n$. При цьому умовне математичне очікування затримки виїзду МТЗ з ЗП дорівнює \bar{T}_0 – математичному очікуванню часу затримки виїзду МТЗ з ЗП в потік автомобілів, що рухаються повз зупинку, з інтенсивністю λ і швидкістю $V_3(k)$, рис. 2.14.

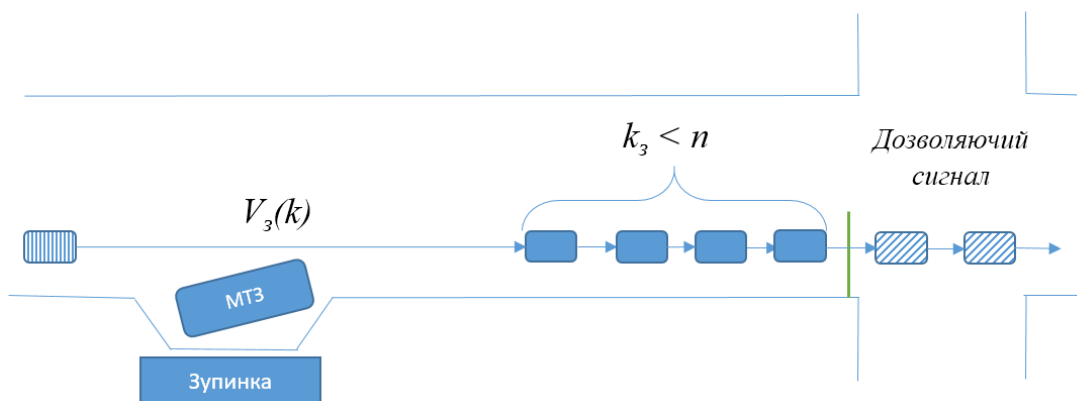


Рисунок 2.14 – Виїзд МТЗ з ЗП на дозволяючий сигнал при цьому число автомобілів у черзі перед світлофором $k_3 < n$

Повна ймовірність середнього часу затримки виїзду МТЗ з ЗП, який розташований до перехрестя має наступний вид

$$\bar{T}_0 = \frac{t_y}{t_y} \left\{ P_{k \geq n} \left[\frac{t_y}{2} + t_p(n) \right] + \sum_{k=0}^{n-1} P_k \cdot \bar{t}_y(V_y, \lambda) \right\} + \frac{t_3}{t_y} \left\{ P_{k \geq n} \cdot (k \cdot \Delta t + (k - n) \cdot \Delta t + \bar{t}_3(V_3(n-1), \lambda)) + \sum_{k=0}^{n-1} P_k \cdot \bar{t}_3(V_3(k), \lambda) \right\}, \quad (2.52)$$

де t_y – час такту забороняючого сигналу світлофора, с;

t_3 – час такту зеленого сигналу світлофора, с;

t_y – час циклу світлофора, с;

$t_p(n)$ – середній час звільнення автомобілем місця в черзі, с;

\bar{t}_y, \bar{t}_3 – математичне очікування затримки виїзду МТЗ з зупинки на забороняю-

чий та дозволяючий сигнал світлофора відповідно, с;

V_y – швидкість потоку на забороняючий сигнал світлофора, м/с;

Δt – час звільнення одним автомобілем свого місця в черзі, с;

λ – інтенсивність потоку автомобілів, од/с;

$V_3(n-1)$ – швидкість потоку з урахуванням уповільнення через чергу з кількістю $(n-1)$ автомобілів, яка почала рух на дозволяючий сигнал, м/с;

$V_3(k)$ – швидкість потоку з урахуванням уповільнення через чергу з кількістю (k) автомобілів, яка почала рух на дозволяючий сигнал, м/с;

$P_{k \geq n}$ – ймовірність того, що всі місця перед світлофором до ЗП зайняті;

P_k – ймовірність того, що в черзі буде k автомобілів при цьому кількість вільних місць буде рівно $n - k$ при $k < n$;

n – кількість місць для зупинки на ділянці від світлофора до ЗП під час забороняючого сигналу світлофора, од;

k – кількість автомобілів у черзі перед світлофором на забороняючий сигнал, од.

Середній час звільнення автомобілем місця в черзі

$$t_p(n) = \Delta t \cdot n. \quad (2.53)$$

Швидкість потоку на забороняючий сигнал світлофора

$$V_q = V_0 \left(1 - \frac{k}{n-1} \right), \quad (2.54)$$

де V_0 – швидкість руху в потоці у відсутності черги перед світлофором, м/с.

Швидкість потоку з урахуванням уповільнення через чергу з кількістю $(n-1)$ автомобілів яка почала рух на дозволяючий сигнал

$$V_3(n-1) = \frac{V_0 + (n-1) \cdot V_e}{n} = V_e + \frac{V_0 - V_e}{n}, \quad (2.55)$$

де V_e – швидкість від'їзду автомобіля з перехрестя на дозволяючий сигнал, м/с;

$$V_e = \frac{l_a + d}{\Delta t}, \quad (2.56)$$

де l_a – середня довжина автомобілів, м;

d – середня дистанція між автомобілями в черзі, м.

Швидкість потоку з урахуванням уповільнення через чергу з кількістю k автомобілів, яка почала рух на дозволяючий сигнал

$$V_3(k) = \frac{(n-k) \cdot V_0 + k \cdot V_e}{n} = V_e + \frac{(n-k) \cdot (V_0 - V_e)}{n}. \quad (2.57)$$

На основі теорії системи масового обслуговування на прикладі одноканальної системи з пуассонівським вхідним потоком і експоненційним розподілом інтервалів, було записано ймовірності створення черги [162].

Ймовірність того, що всі місця перед світлофором до ЗП заповнені

$$P_{k \geq n} = 1 - \frac{1 + \rho + \rho^2 + \dots + \rho^{n-1}}{1 + \rho + \rho^2 + \rho^k + \dots + \rho^{K_0}}, \quad (2.58)$$

де ρ – ймовірність створення черги;

K_0 – максимальна кількість автомобілів в черзі, од.

$$\rho = \frac{\lambda \cdot t_y}{t_s \cdot \mu} < 1 \quad (2.59)$$

Ймовірність того, що в черзі буде k автомобілів при цьому кількість вільних місць буде рівно $n - k$ при $k < n$.

$$P_k = \frac{\rho^k}{1 + \rho + \rho^2 + \rho^k + \dots + \rho^{K_0}}, \quad (2.60)$$

де μ – інтенсивність роз'їзду автомобілів з перехрестя, од/с.

Ситуація, коли зупинка МТЗ розташована на відстані l за перехрестям зі світлофорним регулюванням (рис. 2.15).

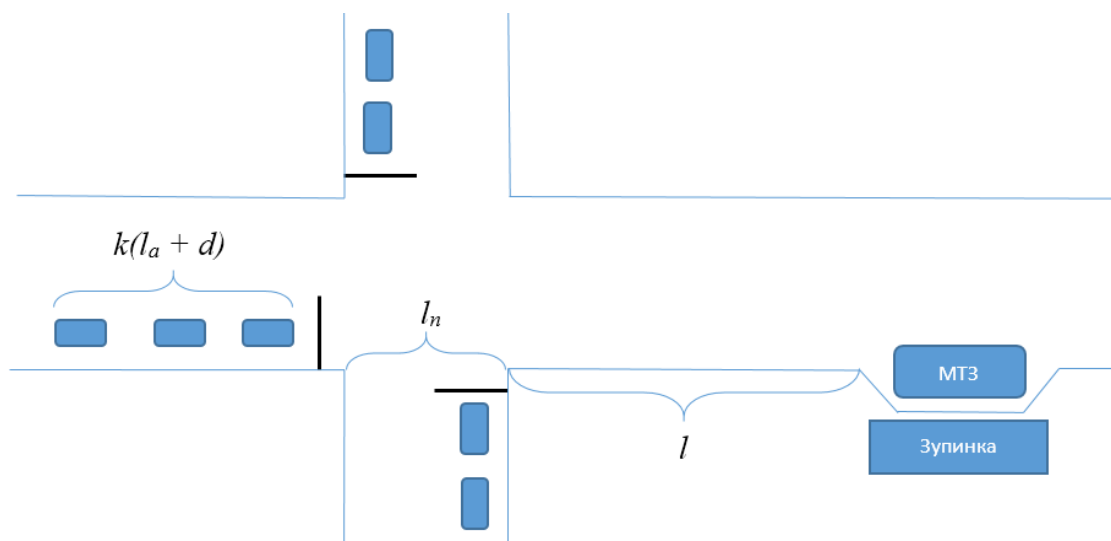


Рисунок 2.15 – Розміщення ЗП за регульованим перехрестям

При цьому виникають дві ситуації виїзду МТЗ з ЗП:

1. У момент готовності виїзду МТЗ з ЗП увімкнено дозволяючий сигнал та кількість автомобілів перед світлофором дорівнює k і при цій умові середній час затримки виїзду МТЗ можна визначити за формулою

$$\bar{t}_3(V_3(l, k, a_1)) = \frac{1}{\lambda_3} \left\{ (e^{\lambda_3 \tau_6(V_3, \lambda_3)} - 1) - \tau_6(V_3, \lambda_3) \right\}. \quad (2.61)$$

Інтенсивність потоку на дозволяючий сигнал

$$\lambda_3 = \begin{cases} \mu; & \mu \cdot t_3 \leq k \\ \mu \cdot \frac{k}{\mu} + \left(t_3 - \frac{k}{\mu} \right) \cdot \lambda & \\ \frac{\mu \cdot k + \left(t_3 - \frac{k}{\mu} \right) \cdot \lambda}{t_3}; & k < \mu \cdot t_3 \end{cases}. \quad (2.62)$$

При цьому швидкість проїзду потоку автомобілів повз зупинку залежить від кількості автомобілів у черзі на дозволяючий сигнал. Необхідно розрахувати скільки автомобілів з черги в k автомобілів, проїде перехрестя на дозволяючий сигнал світлофора. Для цього було визначено – час виїзду i -го автомобіля в черзі, який останнім проїде на дозволяючий сигнал перехрестя, як суму часу до початку руху i -го автомобіля $(i-1)\Delta t$ та часу рівноприскореного руху автомобіля $t_{np}(i)$ з прискоренням a_1 до виїзду на перехрестя. При цьому i -й автомобіль повинен проїхати відстань l_i . Для визначення можливої кількості автомобілів, що проїхали на дозволяючий сигнал необхідне виконання умови, час $t_{np}(i)$ повинне бути максимальним, але не більше t_3 . Останній автомобіль у черзі який виїде на перехрестя за час t_3 можна визначити як

$$i_{np} = \max_{1 \leq i \leq k} \{ i : (i-1)\Delta t + t_{np}(i) \leq t_3 \}. \quad (2.63)$$

Час рівноприскореного руху автомобіля

$$t_{np}(i) = \sqrt{\frac{2 \cdot l_i}{a_1}}, \quad (2.64)$$

де

$$l_i = i \cdot (l_a + d). \quad (2.65)$$

При цьому може бути дві ситуації:

1.1. Не всі автомобілі із черги за час t_3 виїдуть на перехрестя, тобто $i \leq k-1$,
рис. 2.16.

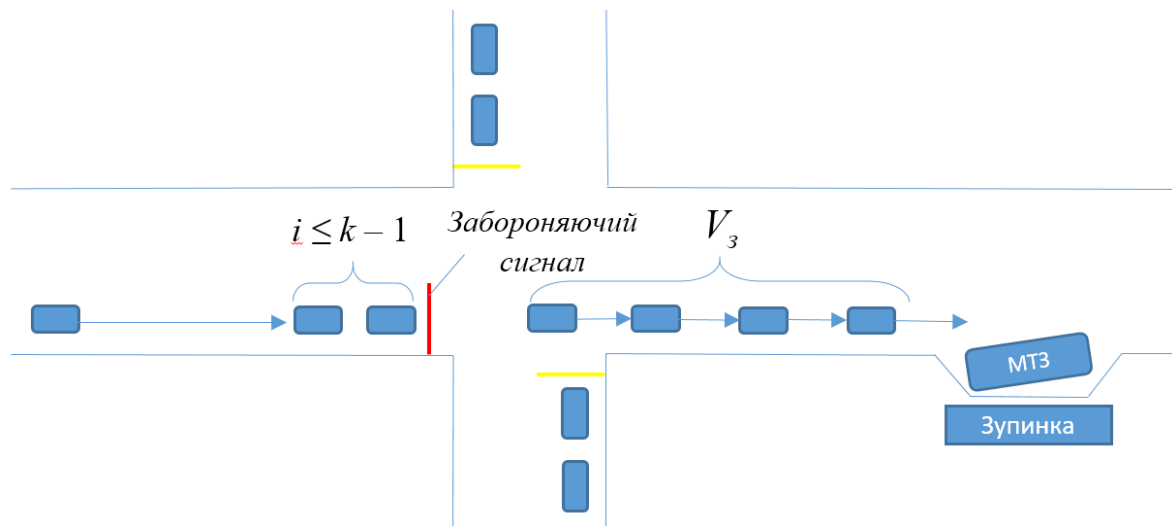


Рисунок 2.16 – Виїзд МТЗ з ЗП на забороняючий сигнал світлофора за умові, коли кількість автомобілів $i \leq k - 1$

У цьому випадку було визначено середню швидкість автомобілів, що проїхали через перехрестя в момент проїзду повз МТЗ на зупинці по формулі

$$V_p = \frac{l_n + l + \frac{i_{np}(l_a + d)}{2}}{t_{np(i)}}, \quad (2.66)$$

де l – довжина шляху від перехрестя до початку зупиночного пункту, м;

l_n – довжина перехрестя, м.

Виходячи з формули (2.66) було визначено швидкість потоку на дозволяючий сигнал

$$V_3 = \min \{V_0; V_p\}. \quad (2.67)$$

1.2. Усі автомобілі з черги довжиною k проїдуть перехрестя за час t_3 , тобто $(k-1)\Delta t + t_{np}(k) \leq t_3$ в цій сумі ліворуч перший доданок означає час початку руху останнього автомобіля в черзі $(k-1)\Delta t$, а другий доданок є час рівноприскореного руху $t_{np}(k)$ із прискоренням a_1 на відстань L , рис. 2.17.

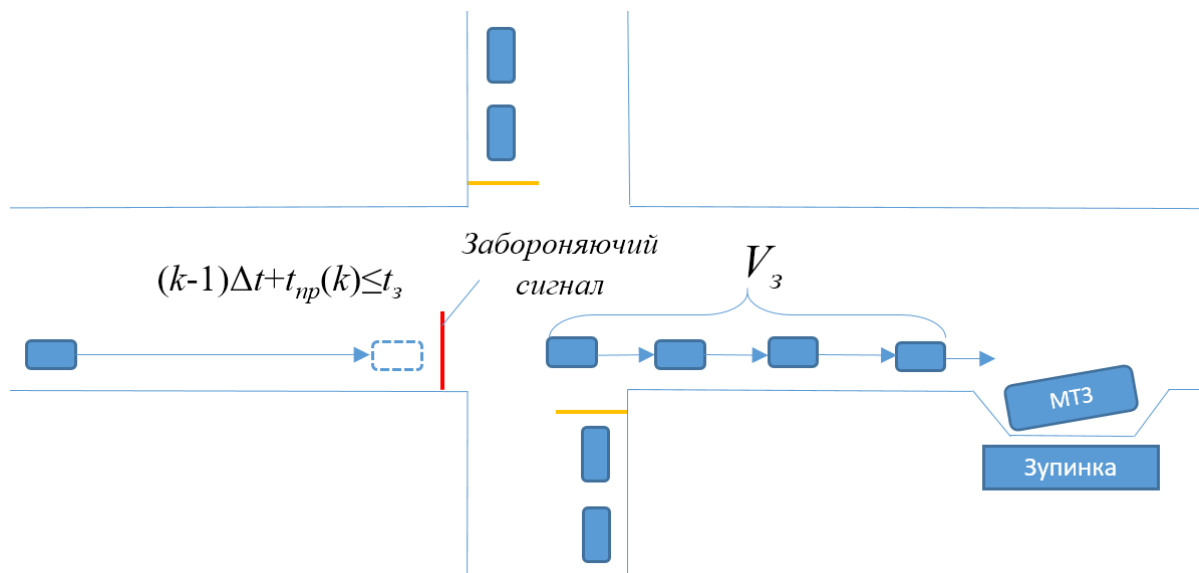


Рисунок 2.17 – Виїзд МТЗ з ЗП на забороняючий сигнал світлофора, коли всі автомобілі в черзі довжиною k проїдуть перехрестя

Тоді швидкість проїзду останнього автомобіля із черги на дозволяючий сигнал повз ЗП матиме вид

$$V_p = \frac{l_n + l + \frac{k(l_a + d)}{2}}{t_{np}(k)}. \quad (2.68)$$

При цьому час рівноприскореного руху можна знайти як

$$t_{np}(k) = \sqrt{\frac{2 \cdot L}{a_1}}. \quad (2.69)$$

$$L = k \cdot (l_a + d) + l_n + l. \quad (2.70)$$

Якщо швидкість $V_p > V_0$, тоді $V_3 = V_0$. Якщо швидкість $V_p < V_0$, тоді V_3 визначається, як середньозважене за часом двох швидкостей V_p з коефіцієнтом $t_{np}(k)$ і V_0 з коефіцієнтом $(t_3 - t_{np}(k))$

$$V_3 = \frac{V_p \cdot t_{np}(k) + V_0 \cdot (t_3 - t_{np}(k))}{t_3} = \frac{V_0 \cdot t_3 - t_{np}(k) \cdot (V_0 - V_p)}{t_3}. \quad (2.71)$$

2. У момент готовності виїзду МТЗ з ЗП увімкнено дозволяючий сигнал для автомобілів, які рухаються з прилягаючої вулиці здійснюючи поворот у бік ЗП, рис. 2.18.

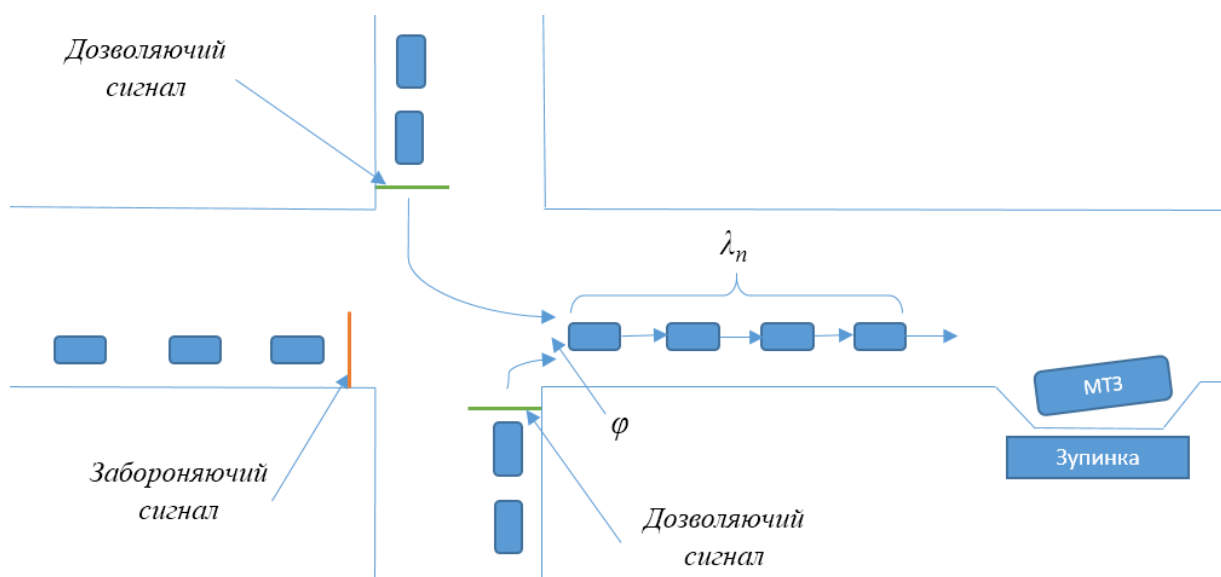


Рисунок 2.18 – Виїзд МТЗ з ЗП, коли увімкнено дозволяючий сигнал для автомобілів, які здійснюють поворот у бік руху МТЗ.

Інтенсивність цього потоку автомобілів, що повертають, λ_n заміряється в момент їх появи на лінії руху МТЗ після здійснення повороту в точці (φ) швидкість руху в цей момент було позначено через V_n . Після цього моменту рух автомобілів, що повернули, може бути рівноприскореним із прискоренням a_1 . При цьому час, за який автомобілі досягнуть зупинки після здійснення повороту, яка розташована на відстані l від перехрестя можливо знайти з формули рівноприскореного руху.

$$l = V_n \cdot t + \frac{a_1 t^2}{2}. \quad (2.72)$$

Із цього квадратного рівняння за допомогою дискримінанту час t матиме вид

$$t = \frac{-V_n + \sqrt{V_n^2 + a_1 2l}}{a_1}. \quad (2.73)$$

З формули (2.73) швидкість руху цих автомобілів біля зупиночного пункт V_n дорівнює

$$V_n = V_n + a_1 t. \quad (2.74)$$

У даному випадку при розрахунку швидкості руху автомобілів, які здійснюють поворот V_n з прилеглої вулиці припускається, що маневр всі автомобілі виконують з однаковою швидкістю V_n .

З вище наведеного середній час затримки виїзду МТЗ з зупиночного пункту матиме вид

$$\bar{t}_q(V_n(l, k, a_1)) = \frac{1}{\lambda_n} \left\{ (e^{\lambda_n \tau_e(V_n, \lambda_n)} - 1) - \tau_e(V_n, \lambda_n) \right\}, \quad (2.75)$$

де λ_n – інтенсивність потоку автомобілів, що повертають, авт/с.

По формулі повної ймовірності середній час затримки виїзду МТЗ з ЗП за перехрестям буде мати вигляд

$$\bar{T}_3 = \frac{t_3}{t_4} \left\{ \sum_{k=0}^{K_0} P_k \cdot \bar{t}_3(\lambda_3(k)) \right\} + \frac{t_4}{t_4} \cdot \bar{t}_4(V_n(l, k, a_1)), \quad (2.76)$$

Обмеженням для одержаних функцій (2.52) та (2.76) буде довжина кількості автомобілів на перегоні

$$k < \frac{L_{n2} - l_{a6} - \frac{V_i^2}{2a}}{l_a}, \quad (2.77)$$

де L_{a6} – довжина МТЗ, м;

L_{n2} – довжина перегону, м.

Отримані залежності дозволяють розраховувати час затримки МТЗ для вирішення поставлених в дисертаційній роботі питань.

2.2 Формування методики визначення місткостей транспортних районів

Основними завданнями експериментального дослідження для визначення матриці кореспонденцій є одержання вихідних даних для розрахунків місткостей ТР. При цьому об'єктами експериментальних досліджень є ТП, які змінюються в часі на в'їздах до ЦЧМ, інтенсивність обміну автомобілів на парковці та їх щільність. Достовірні відомості про об'єкт можна одержати тільки в результаті натурних спостережень (експериментів при фактичних умовах функціонування). Якщо транспортна система складна така, як ЦЧМ Харкова, то для точної оцінки характеристик потрібне величезна кількість експериментів. Ресурси (людські, технічні й ін.), необхідні

для проведення всіх необхідних експериментів, навіть з обмеженою тривалістю досліджень дослідниками, періодом години пік, звичайно значно перевищують реальні можливості. Тому оцінити характеристики процесу функціонування системи можна тільки шляхом спільного використання натурних і модельних випробувань.

Розрахунок місткостей ТР починається з районування, тобто розбиття досліджуваної території на ТР. Районування проводиться за наступними правилами:

- пересування всередині ТР можуть здійснюватися пішки, а всі пересування між ТР зводяться до пересувань між їхніми центрами;
- ріки, залізничні колії, яри та інші перешкоди, а також границі адміністративних районів міста служать природними границями ТР, і не повинні перебувати всередині нього;
- границі ТР не повинні ділити будинки, парки, заводські території;
- границя ТР не може проходити по великим магістралям і повинна перетинати її під прямим кутом;
- ТР повинні мати забудову з однаковою етажністю будинків.

Місткість ТР по прибуттю та відправленню автомобілів можна визначити за наступною залежністю

$$A_j = \sum_{i=1}^n Z_i^m + Z_j^d, \quad D_j = \sum_{i=1}^n Y_i^m + Y_j^d, \quad (2.78)$$

де A_j – місткість прибуття автомобілів до j -го ТР, од.;

D_j – місткість відправлень автомобілів з j -го ТР, од.;

Z_i^m - кількість автомобілів, що прибувають до i – й ділянки ВДМ, од.;

Z_j^d – кількість автомобілів, що прибувають до місць стоянки у дворах

житлових будинків j -го ТР, од.;

Y_i^m - кількості автомобілів, що від'їжджають з місць стоянки на i – й ділянці ВДМ, од.;

Y_j^d – кількості автомобілів, що від'їжджають з місць стоянки в дворах

житлових будинків j -го ТР, од.

Інтенсивність обміну ТЗ є характеристикою ступеню використання елемента транспортної мережі. Вона складається з кількості автомобілів, які прибувають до певного транспортного елемента та від'їжджають з нього за певний проміжок часу, тобто інтенсивність з прибуття та відправлення.

Як елементи транспортної мережі виступають території для зберігання автомобілів [164], які поділяються на кілька типів за тривалістю знаходження на них автомобілів:

1. Автостоянки для постійного зберігання, на яких автомобілі зберігаються біля житлових будинків та у спеціально відведених місцях тривалістю більше 1 доби.

2. Автостоянки великої тривалості зберігання, на яких автомобілі зберігаються біля підприємств, установ і міських комплексів для розміщення автомобілів, що належать робітникам, службовцям і відвідувачам тривалістю більше 8 год.

3. Автостоянки середньої тривалості зберігання, на яких автомобілі зберігаються біля будинків і споруджень, що періодично збирають великі маси людей на період 2-4 год.

4. Автостоянки короткочасної тривалості зберігання, на яких автомобілі зберігаються біля узбіччя дороги тривалістю до 2 год.

Автостоянки для постійного зберігання та зберігання великої тривалості розташовуються на окремих ділянках та у дворах житлових будинків, підприємств, установ і заводів. З іншого боку автостоянки середньої та короткочасної тривалості зберігання знаходяться переважно на узбіччі проїзної частини ВДМ. Враховуючи вищенаведене, для досліджень, що проводяться, найбільш важливими є автостоянки середньої тривалості зберігання 2 – 4 год. та автостоянки короткочасної тривалості зберігання до 2 год. Ці два види автостоянок переважають в ЦЧМ, та потребують специфічних підходів до їх вивчення.

За допомогою відношення середньої кількості автомобілів, що приїжджають на 100 м дорожнього полотна до середньої кількості зайнятих місць стоянки було визначено кількість автомобілів, що паркуються за такою залежністю

$$Z_i^m = \frac{F_m}{R_m} \cdot A_i^m, \quad Z_j^d = \frac{F_d}{R_d} \cdot A_j^d, \quad (2.79)$$

де F_m – середня кількість автомобілів, що приїжджають на досліджувані ділянки ВДМ під час проведення спостережень, од.;

F_d – середня кількість автомобілів, що приїжджають на досліджувані ділянки дворів житлових будинків під час проведення спостережень, од.;

R_m – середня кількість автомобілів, які припарковано на ВДМ під час проведення спостережень, од.;

R_d – середня кількість автомобілів, які припарковано у дворі житлового будинку під час проведення спостережень, од.;

A_i^m , – середня кількість автомобілів, які припарковано протягом двох годин на i -й ділянці ВДМ, од.;

A_j^d , – середня кількість автомобілів, які припарковано протягом двох годин в j -м ТР, од.

Аналогічно проводяться розрахунки кількості автомобілів, що від'їжджають з місць стоянки

$$Y_i^m = \frac{S_m}{R_m} \cdot A_i^m, \quad Y_j^d = \frac{S_d}{R_d} \cdot A_j^d, \quad (2.80)$$

де S_m – середня кількість автомобілів, що від'їжджають з досліджуваних місць стоянки на ВДМ під час проведення спостережень, од.;

S_d – середня кількість автомобілів, що від'їжджають з досліджуваних місць стоянки в дворах житлових будинків під час проведення спостережень, од.

Відносно щільності паркування на ВДМ можливо визначити середню кількість автомобілів, що припарковано протягом двох годин

$$A_i^m = \Pi_i^m \cdot l_i, \quad A_j^d = \Pi_j^d \cdot P_j, \quad (2.81)$$

де P_i^m – щільність стоянки автомобілів на i -й ділянці ВДМ, од./100м;

P_j^d – щільність стоянки автомобілів в дворах j -го ТР, од./100м²;

l_i – довжина i – й ділянки ВДМ, м;

P_j – середня площа місць стоянки автомобілів в дворах житлових будинків j – го ТР, м²;

Розрахунки місткостей транспортних районів є першим кроком для кількісного аналізу величини й структури пересувань автомобілів на ВДМ. При цьому в разі виникнення нерівності кількості прибуваючих та від'їжджаючих автомобілів в сумарних місткостях ТР для подальших розрахунків стає необхідним проведення їх корегування.

2.3 Теоретичні основи корегування сумарних місткостей транспортних районів та розрахунку матриці кореспонденцій

Матриці кореспонденції є найважливішою інформацією, що характеризує розподіл ТП між ТР міста, і широко використовуються в транспортному плануванні й проектуванні ОДР. Розрахунок матриці кореспонденцій базується на всіх наявних відомостях про систему, отриманих в ході попередніх досліджень, при проведенні натурних спостережень.

Вихідною інформацією для розрахунку матриці кореспонденцій для даних моделей є місткість відправлення та прибуття автомобілів у кожному ТР. Оскільки натурні спостереження для визначення місткостей ТР проводяться в обмеженому числі точок у заданий проміжок часу, то місткості ТР зазвичай потребують коректування. Це викликано тим, що для розрахунку матриці кореспонденцій необхідним є строге виконання умови рівності загальної кількості автомобілів, що прибувають і від'їжджають [165]

$$\sum_{j=1}^n D_i = \sum_{i=1}^n A_j, \quad (2.82)$$

де n – кількість ТР.

Слід зазначити, що на практиці умову (2.81) складно досягти, через особливості проведення натурних спостережень і динамічність структури об'єкта дослідження, при якій кожне пересування починається та закінчується в різні періоди часу. При цьому вихідні дані, які не задовольняють умові (2.81), в загальному випадку коректуються за допомогою деяких постійних коефіцієнтів [166, - 168]. Коректування вихідних даних таким способом не дозволяє виявити дійсні причини виникнення дисбалансу, що не дає можливості створити достовірну модель попиту на пересування. Щоб сформулювати обґрунтовані рекомендації з корегування місткостей ТР шляхом усунення їх дисбалансу спочатку необхідно визначити можливі причини виникнення такого дисбалансу, до яких можна віднести:

- системні – об'єкт дослідження має складну динамічну структуру, для якої характерна безперервність і стохастичність процесу переміщення автомобілів упродовж доби (тобто прибуття та відправлення автомобілів здійснюється в різний час), що приводить до постійно змінюючихся результатів моделювання;
- технологічні – при проведенні натурних спостережень можуть виникати помилки та погрішності, пов'язані з технологією проведення вимірів, точністю технічних засобів виміру та людським фактором;
- організаційні – проведення натурних спостережень різними методами призводить до одержання різнотипної статистичної інформації, що найчастіше ставиться до різних періодів часу, що не дозволяє охопити всіх станів об'єкта.

Технологічні і організаційні причини виникнення дисбалансу місткостей ТР зазвичай викликані прагненням спростити проведення натурних обстежень, чого при достатніх ресурсах можна уникнути.

Системні причини обумовлені динамічною структурою самого об'єкта дослідження, у якому процес переміщення автомобілів характеризується зміною положення в часі та просторі. Системною причиною виникнення дисбалансу також яв-

ляються різні підходи до формування місткостей ТР, які в будь-якій моделі поділяються на два класи: внутрішні (звичайні) та граничні (транзитні). Останні, в чистому вигляді, не мають власної території, а описують точки на ділянках ВДМ, що відокремлюють територію об'єкта дослідження від його транспортного оточення. Тому, якщо місткості внутрішніх ТР визначаються на основі постійних характеристик територій, які вони описують в транспортній моделі, то місткості граничних ТР формуються на основі спостережень за ТП, що проходять через межі об'єкту моделювання. Ще одною системною причиною виникнення дисбалансу місткостей ТР є випадковий характер процесів, пов'язаних з переміщеннями автомобілів, що призводить до результатів моделювання, які постійно змінюються, тому повна відповідність кількості відправлень та прибуттів за певний час може бути отримана лише випадково.

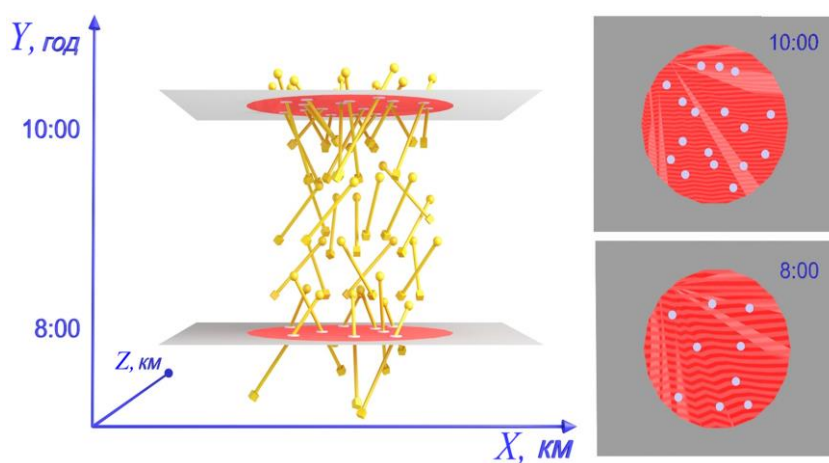
Головною особливістю об'єкту дослідження є неможливість простежити за маршрутом руху кожного автомобіля в місті. Тому спостереження проводились за трьома подіями: відправленням, рухом і прибуттям автомобіля. При цьому маршрут руху автомобілів залишався невідомим.

Наявність невідповідностей між місткостями ТР пояснюється існуванням двох інших системних причин дисбалансу, які призводять до того, що відправлення автомобілів до початку досліджуваного періоду, та їх прибуття після його закінчення, не можуть бути зафіксовані.

Дисбаланс сумарних місткостей ТР особливо помітний, якщо натурні спостереження проводяться неповну добу, що при досить великому об'єкті дослідження є єдиною можливим методом одержання інформації про ТП. При такій формі проведення дослідження повна фіксація всіх трьох подій (відправлення, рух і прибуття) відбувається лише в тому випадку, якщо всі три події зроблені автомобілем у проміжку між початком і закінченням натурних спостережень. Якщо відправлення та прибуття автомобілів відбувається в межах однієї території, або об'єкту моделювання, або його оточення, це ніяким чином не впливає на ступінь збалансованості місткостей ТР. Але, якщо автомобіль розпочинає поїздку з досліджуваного району, а закінчує її за його межами, або навпаки, неможливість фіксації початку або закінчення

поїздки поза періодом спостереження може призводити до суттєвих розбіжностей між місткостями ТР з відправлення та прибуття. Це також стосується транзитних поїздок через досліджуваний район, якщо автомобіль знаходився на його території у момент початку або закінчення обстеження. Тому наявність невіпадкових розбіжностей між місткостями ТР пояснюється існуванням двох інших системних причин дисбалансу, які призводять до того, що відправлення автомобілів до початку досліджуваного періоду, та їх прибуття після його закінчення, не можуть бути зафіксовані.

Взагалі, ті автомобілі, що знаходяться на транспортній мережі досліджуваного району, характеризують часові межі розглянутого періоду моделювання, так як один з часових параметрів: момент початку або закінчення поїздки, відноситься до періоду проведення обстеження, а інший знаходиться поза ним. Кількість цих автомобілів на момент початку обстеження є частиною місткостей ТР з відправлення, на момент закінчення – місткостей з прибуття. Тому, якщо на моменти початку та закінчення обстеження на транспортній мережі досліджуваного району знаходилася різна кількість автомобілів, між сумарними місткостями ТР з прибуття та відправлення автомобілів вочевидь буде існувати дисбаланс, викликаний саме цією різницею. Це добре ілюструється рисунком 2.19, який зображає переміщення автомобілів у часі та просторі, а коло обмежує досліджуваний район.



● – прибуття автомобіля; ■ – відправлення автомобіля;

Рисунок 2.19 – Кількість автомобілів на мережі на початку та кінці проведення натурних спостережень

Площа простору з постійним часом показує кількість автомобілів, які знаходяться на транспортній мережі, що моделюється в цей час. Якщо провести площі в моменти початку та закінчення спостережень за кількістю автомобілів, що прибувають та від'їжджають, то на них буде відображатися кількість автомобілів, які рухаються в той момент по транспортній мережі району досліджень та не охоплені обстеженням, хоча й є частиною місткостей ТР.

Слід зазначити, що дисбаланс між прибуттям і відправленням у сумарних місткостях виникає, коли кількість неврахованих автомобілів переважає на початку або кінці проведення досліджень, рис. 2.19. У першу чергу, це пов'язано з нерівномірністю інтенсивності та щільності автомобілів на мережі по годинам доби. Оскільки найбільш суттєві коливання щільності ТП спостерігаються протягом доби, самим кардинальним способом подолання системних причин виникнення дисбалансу місткостей є початок та закінчення обстеження в один й той же час доби. Тоді з усіх системних причин залишаються лише коливання щільності ТП по днях тижня та випадковий характер процесів, пов'язаних з переміщеннями автомобілів. Тобто невідповідності системні причини дисбалансу місткостей шляхом цілодобового спостереження можуть бути зведені практично до нуля. Але най значні коливання навантаження на транспортну мережу обумовлюють доцільність вирішення значної кількості задач, пов'язаних з організацією роботи транспорту в досліджуваному районі, для найбільш навантаженого, пікового періоду. А матриця кореспонденцій повинна відображати потреби у пересуваннях протягом саме досліджуваного періоду пік, тому й період проведення обстеження визначається межами пікового періоду. Для цього випадку усунення невідповідних системних причин дисбалансу місткостей ТР неможливе, тому необхідно використання інших інструментів їхнього врахування.

З вище сказаного виходить що, різниця між сумами місткостей ТР по прибуттю та відправленню зводиться до різниці кількості автомобілів, які перебували на ВДМ у момент початку та закінчення натурних обстежень. При цьому автомобілі, які знаходяться на мережі на початку проведення спостережень будуть відповідати автомобілям, які відправляються, а автомобілі, які знаходяться на мережі в кінці проведення спостережень будуть відповідати автомобілям які прибувають.

$$\Delta = A_n - D_n, \quad (2.83)$$

де D_n – кількість автомобілів на транспортній мережі в кінці проведення натурних спостережень, од.;

A_n – кількість автомобілів на транспортній мережі на початку проведення натурних спостережень, од.

Кількість автомобілів на ВДМ можна визначити, як добуток середньої щільності ТЗ на довжину транспортної мережі.

$$D_n = \sum_{i=1}^m \rho_d \cdot L_i^s \cdot n_i^s \cdot k_s, \quad A_n = \sum_{i=1}^m \rho_a \cdot L_i^s \cdot n_i^s \cdot k_s, \quad (2.84)$$

де ρ_d, ρ_a – середня щільність автомобілів на ВДМ, на початку та в кінці спостережень, авт/км;

L_i^s – довжина i – й ланки ВДМ, км;

n_i^s – кількість смуг руху на i – й ланці ВДМ, од.;

k_s – коефіцієнт розосередження автомобілів по смугам руху, $k_s = 0,6$, при $n_i^s = 1$, $k_s = 1$.

Змістовний сенс не випадкових системних причин дисбалансу місткостей ТР вимагає включити в розрахунки матриці кореспонденцій для пікового періоду додатковий умовний транспортний район (УТР) "Транспортна мережа" який відображає наявність автомобілів, що рухаються на ВДМ у моменти початку та закінчення обстеження. Згідно з наведеними вище міркуваннями, місткістю УТР по відправленню є кількість автомобілів, що знаходились на ВДМ досліджуваного району в момент початку обстеження, а місткістю УТР по прибуттю – кількість автомобілів, що знаходились на ВДМ у момент закінчення обстеження. Збалансована за допомогою УТР "Транспортна мережа" МТК в укрупненому вигляді може бути представлена у табличному вигляді, табл. 2.1.

Кожний з основних осередків табл. 2.1 у розгорнутому виді являє собою відповідну МТК, в якій реалізуються внутрішні H_{dd} , внутрішньо-периферійні H_{ds} , H_{sd} та транзитні H_{ss} кореспонденції.

Таблиця 2.1 – Укрупнена збалансована матриця кореспонденцій відправлення та прибуття автомобілів, авт/період*

Транспортні райони відправлення	Транспортні райони прибуття			Місткості відправлення, $D_{d,s,n}$
	A_d	A_s	A_n	
D_d	H_{dd}	H_{ds}	H_{dn}	$\sum_{j=1}^n H_{ij}$
D_s	H_{sd}	H_{ss}	H_{sn}	$\sum_{j=1}^n H_{ij}$
D_n	H_{nd}	H_{ns}	H_{nn}	$\sum_{j=1}^n H_{ij}$
Місткості прибуття, $A_{d,s,n}$	$\sum_{i=1}^n H_{ij}$	$\sum_{i=1}^n H_{ij}$	$\sum_{i=1}^n H_{ij}$	Q / Q

* d – індекс центральних районів, s – індекс периферійних районів, n – індекс транспортної мережі.

Математично укрупнену збалансовану матрицю кореспонденцій з табл. 2.1 можливо записати як

$$A = \{H_{kr}\}, \quad (2.85)$$

де k, r – індекси ТР (d, s, n), $k = 1, \dots, m$, $r = 1, \dots, m$;

m – кількість ТР, од.;

H_{kr} – складова матриця.

У свою чергу складова матриця представляється як:

$$H_{kr} = \{h_{ij}^{kr}\}, \quad (2.86)$$

де h_{ij}^{kr} - кореспонденція складової матриці, авт.;

i, j – індекси рядка та стовпця складової матриці, $i = 1, \dots, m_{kr}$, $j = 1, \dots, m_{kr}$.

Матриця у вигляді (2.85) має згорнутий вигляд і використовується на етапі коректування нерівності сумарних місткостей прибуття та відправлення автомобілів. У свою чергу, розгорнутий її вид при якому повністю розписуються всі її складові матриці H_{kr} необхідний для розрахунку кореспонденцій поїздок на автомобілі. Які в подальшому використовуються в якості вхідної інформації для моделювання ТП на ВДМ.

У загально прийнятому розумінні МТК повинна відображати потреби населення у переміщеннях на індивідуальному або громадському транспорті між ТР, які заздалегідь сформовані для дослідження ТП. Слід також зазначити, що транспортна система характеризується складною поведінкою в наслідок нерегулярного, стохастичного розподілу часу виникнення зовнішніх збурювань, а також складними взаємозв'язками, коли зміна однієї змінної призводить до зміни багатьох інших [169 - 172].

На практиці процес формування пари " житло-робота" носить випадковий характер [77]. У зв'язку із цим, значення кореспонденції можна представити у вигляді наступної функції

$$h_{ij} = f(D_i, A_j, c_{ij}), \quad (2.87)$$

де c_{ij} – випадкові фактори.

При цьому система обмежень має наступний вигляд

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^n h_{ij} = D_i, \\ \sum_{i=1}^n h_{ij} = A_j, \\ \sum_{i=1}^n D_i = \sum_{j=1}^n A_j = Q, \\ D_i, A_j > 0, \end{cases} \quad (2.88)$$

де n – кількість ТР, од.;

Q – загальна кількість поїдок, од.

При включенні у розрахунок УТР стає неможливим врахування впливу відстані на ймовірність виконання поїздки при $(k, r) \neq (s:s)$. Виходячи з цього в роботі функцію тяжіння пропонується визначати на основі ймовірнісного підходу [173]

$$c_{ij}^{kr} = p_i \cdot p_j, \quad (2.89)$$

де p_i – ймовірність відправлення з i – го ТР;

p_j – ймовірність прибуття в j - ий ТР.

$$p_i = D_i / Q, \quad p_j = A_j / Q, \quad (2.90)$$

На відміну від [173] розрахунок коефіцієнтів тяжіння для транзитних потоків визначається через ймовірність їх проїзду через центр міста. Для цього будуються два найкоротших маршрути, що з'єднують кожну пару периферійних ТР досліджуваного району. Один проходить через центр, а інший обминає його по периферії. У кожному випадку виявляється мінімальний із двох і щодо більшого визначається ймовірність проїзду транзитом, рис. 2.20.

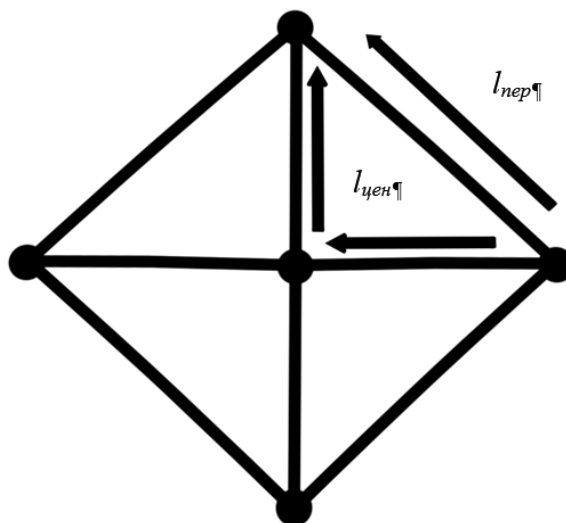


Рисунок 2.20 – Схема можливого руху автомобілів

Коефіцієнти тяжіння для транзитних потоків при $(k, r) = (s:s)$ визначаються за формулою

$$c_{ij}^{ss} = f(l_{пер}, l_{цен}) \begin{cases} \frac{0,5l_{пер}}{l_{цен}}, & 0 < l_{цен} \leq l_{пер} \leq 2l_{цен}; \\ 1, & l_{пер} > 2l_{цен} > 0; \\ 1 - \frac{0,5l_{цен}}{l_{пер}}, & 0 < l_{пер} \leq l_{цен} \leq 2l_{пер}; \\ 0, & l_{цен} > 2l_{пер} > 0. \end{cases} \quad (2.91)$$

де $l_{пер}$ – довжина маршруту руху автомобіля між периферійними районами минаючи центральні, км;

$l_{цен}$ – довжина маршруту руху автомобіля через центральні райони, км.

За допомогою одержаної функції тяжіння можливо знайти кореспонденції за наступною залежністю

$$h_{ij} = Q \cdot c_{ij}^{kr}. \quad (2.92)$$

Відповідно до цілей даної роботи подальший розрахунок інтенсивності руху транспорту на ВДМ ЦЧМ Харкова буде виконуватися в програмі VISUM. При цьому поступове збільшення кореспонденцій в розрахованій матриці дасть змогу спрогнозувати інтенсивність руху автомобілів при збільшенні кількості поїздок між кожною парою кореспондуючих районів.

Висновки до другого розділу

1. Аналітичне моделювання часу затримки МТЗ при виїзді з ЗП, засноване на використанні даних про параметри ВДМ, організації світлофорного регулювання та

інтенсивності руху ТЗ, дозволило отримати залежності для розрахунку часу затримки для можливих варіантів розташування ЗП відносно регульованого перехрестя.

2. При формуванні аналітичних моделей за основу було прийнято припущення, що потік ТЗ біля зупинки є стаціонарним та кількість автомобілів, що проїжджають біля зупинки розподіляється за законом Пуассона, а інтервали між автомобілями за показниковим законом. Таке припущення потребує обов'язкової експериментальної перевірки адекватності моделей.

3. Розроблена методика визначення місткостей ТР дозволяє знизити трудомісткість натурних спостережень, оскільки не включає анкетування водіїв ТЗ, а також припускає використання вибіркового дослідження кількості прибуваючих та від'їжджаючих автомобілів та щільності їх стоянки.

4. Головними причинами виникнення нерівності сумарних місткостей ТР являються системні, технологічні і організаційні. При високій інтенсивності взаємодії досліджуваного об'єкту з його оточенням системні причини, а саме неможливість фіксації початку або закінчення поїздок поза періодом спостереження, виходять на перший план та можуть призводити до суттєвого дисбалансу місткостей ТР.

5. Шляхом вирішення проблеми дисбалансу між сумарними місткостями ТР з прибуття та відправлення автомобілів є включення в розрахунки матриці кореспонденцій для досліджуваного періоду додаткового УТР "Транспортна мережа", який відображає наявність автомобілів, що рухаються на ВДМ досліджуваного району в моменти початку та закінчення обстеження.

РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ФУНКЦІОНУВАННЯ ВУЛИЧНО-ДОРОЖНЬОЇ МЕРЕЖІ ТА ЗУПИНОЧНИХ ПУНКТІВ

Для проведення експериментальних досліджень раціонального розміщення ЗП в роботі було обрано транспортну мережу та мережу зупинок в ЦЧМ Харкова. Це обумовлене радіально-кільцевою забудовою міста в якій більшість поїздок здійснюються в центр або через центр, що призводить до його значного перенасичення ТП та негативно впливає на рух транспорту. Тому визначення величини ТП, а також прогнозування їх на майбутнє допоможе більш ефективно спланувати розміщення ЗП. Для прогнозування ТП не достатньо проводити розрахунки лише для окремих вулиць на яких розташовані зупиночні пункти. Так як це повністю виключає варіативність маршрутів, які обирають водії індивідуального транспорту. Тому більш доцільним буде проводити прогнозування для всієї центральної частини міста.

Однак визначити чіткі границі ЦЧМ у більшості випадків дуже складно. Існують лише загальні вказівки [27], згідно з якими питома вага території для системи загальноміського центру і його основних елементів у балансі територій міста становить 3,5 – 8 відсотків від загальної площі міста. В цьому відношенні територія ЦЧМ Харкова має унікальне географічне розташування, при якій її границі достатньо чітко відділені природними перешкодами: береговою лінією рік Лопань і Харків, а також Саржиним Яром і Журавлівським спуском. Ці природні межі окреслюють центральний район, площа якого становить 12,25 км², що складає 3,5% від загальної площі території міста. Таке розташування значно спрощує контроль за прибуттям і відправленням автомобілів у ЦЧМ, тому що більшість таких поїздок здійснюється через обмежену кількість мостів вище названих рік або інших перешкод, рис. 3.1.

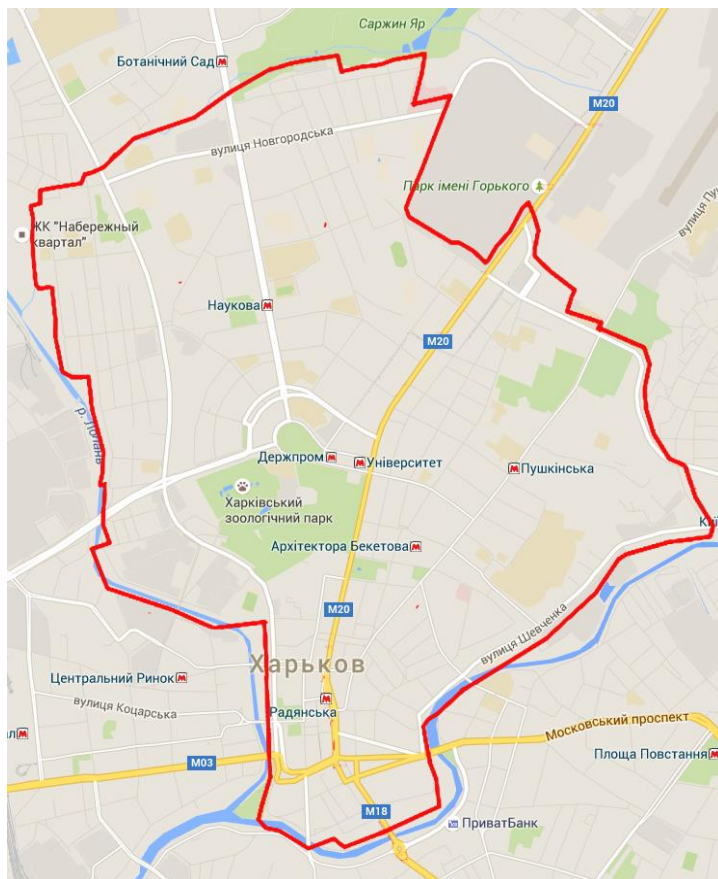


Рисунок 3.1 – Межі центральної частини м. Харькова

3.1 Побудова транспортної моделі центральної частини м. Харькова

Для проведення прогнозування інтенсивності та швидкості ТП в роботі було використано програмний продукт PTV VISION VISUM. Програма VISUM на сьогодні є ведучою в сфері транспортного моделювання, а її широке поширення у світі доводить її ефективність та практичну значимість. Програма VISUM базується на побудові моделі мережі та в якості вхідної інформації використовує модель попиту. При цьому модель мережі містить транспортні системи (громадського, індивідуального транспорту і т.д.), транспортні вузли (перехрестя), відрізки (ділянки дороги від одного вузла до іншого) ЗП громадського транспорту, транспортні райони, примикання (віртуальні відрізки для зв'язку центру району з мережею через транспортні вузли й зупиночні пункти), маршрути громадського транспорту.

В роботі для побудови моделі ЦЧМ Харкова доцільно поділити цю територію на 15 транспортних районів, які в подальшому названі внутрішніми транспортними районами (ВТР). ВТР визначають межі проведення натурних обстежень і групують територію по видах і ступеню щільності забудови, що призводить до їх неоднакової площі. Так як об'єкт дослідження є центром міста, а його оточують периферійні райони, то в цьому випадку до моделі ЦЧМ Харкова також було додано 15 периферійних районів. На відміну від ВТР, периферійні розміщуються на виїздах і в'їздах до району дослідження і служать для опису взаємозв'язку об'єкту моделювання з навколишньою територією. При цьому 15 периферійних районів цілком достатньо, щоб повністю покрити всі в'їзди до ЦЧМ Харкова. Слід зазначити, що периферійні ТР є точками обміну ТП між районом дослідження та периферією, а не ТР в загальноприйнятому розумінні, рис. 3.2.

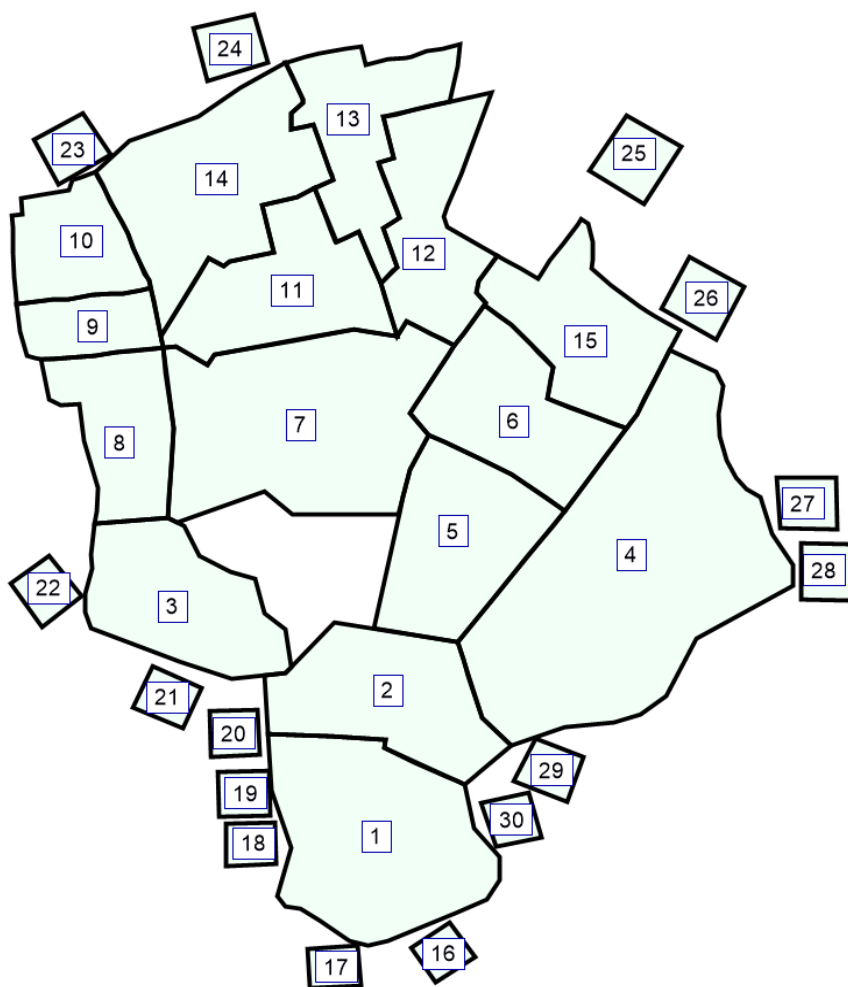


Рисунок. 3.2 – Розділення ЦЧМ Харкова на ТР

В програмі VISUM було побудовано модель транспортної мережі, яка складається з 509 відрізків сумарна довжина яких становить 240 км (рис. 3.3). Також до баз даних програми VISUM по кожному з відрізків була занесена інформація: назва вулиць, кількість смуг, гранична швидкість руху, гранична пропускна здатність дороги та дозвіл на одно або двосторонній рух. На кожному вузлі зазначаються правила проїзду перехрестя тобто дозволи на здійснення повороту. Назви вулиць та перехресть з кодovими номерами представлено у додатку Б.

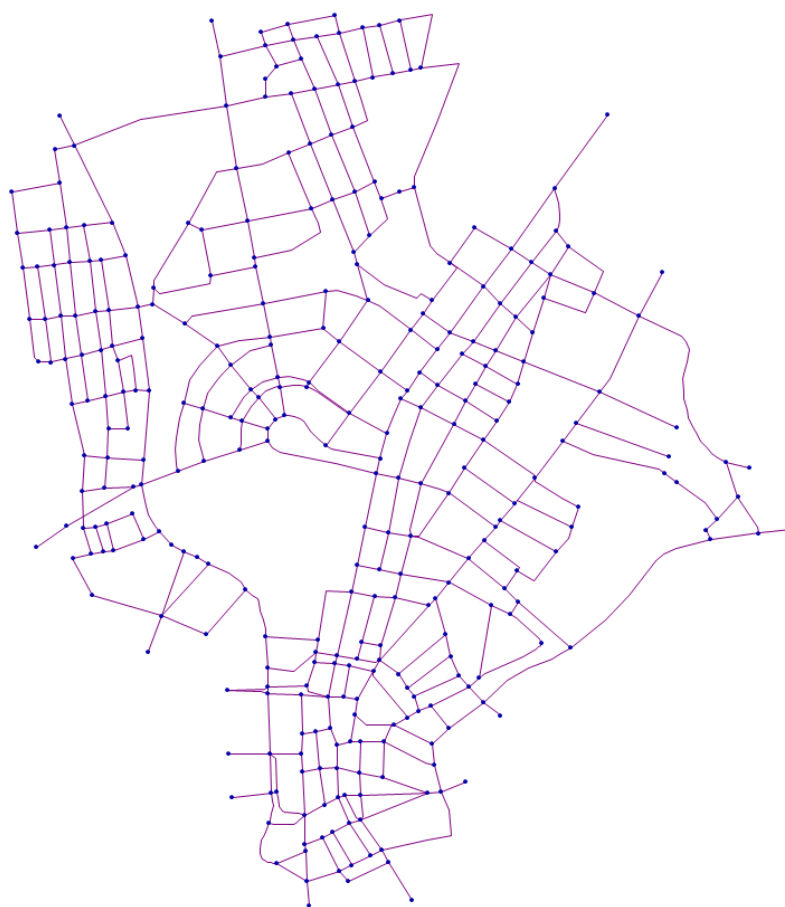


Рисунок. 3.3 – Дорожня мережа ЦЧМ Харкова

Побудована в програмі VISUM модель дозволяє визначити інтенсивності та швидкість руху ТП на найбільш завантажених вулиць ЦЧМ Харкова, а також як ці параметри змінитимуться в залежності від підвищення рівня транспортних кореспонденцій, що в подальшому дозволить виявити границі ефективного застосування розробленого методу раціонального розташування ЗП.

3.2 Результати та обробка інформації для формування моделі попиту на пересування автомобілів

Завантаження ЦЧМ Харкова автомобілями тісно пов'язане з процесом паркування та накопичення автомобілів на стоянках. Найважливішими параметрами функціонування всіх видів автостоянок вважаються: інтенсивність використання одного місця паркування, середньодобове накопичення стоянки, тобто середня кількість зайнятих місць, а також середня щільність заповнення, тобто кількість зайнятих місць відносно довжини або площі стоянки. Для визначення зазначених параметрів було проведено два етапи спостережень. На першому, визначено інтенсивність обміну (кількість прибуваючих та від'їжджаючих автомобілів) та середнє наповнення стоянки, на другому – щільність паркування автомобілів.

Необхідно відзначити принципову неможливість проведення масштабних натурних спостережень в галузі макромодельовання транспортних систем. Ця неможливість визначена, матеріальними й трудовими витратами на проведення досліджень. У зв'язку з чим в роботі було проведено вибірккові обстеження, як інтенсивності обміну, так і щільності паркування автомобілів.

Важливим питанням при експериментальних дослідженнях дорожнього руху є забезпечення достатнього обсягу інформації, що дозволяє дати об'єктивну оцінку досліджуваного параметра. Для цього кількість спостережень було розраховано на одержання 95% надійності результатів при цьому адреси місць проведення досліджень обирались випадково.

При вибіркковому дослідженні ТЗ реєструються в окремі періоди часу доби. Для визначення часу найбільшої концентрації інтенсивності обміну автомобілів було проведено загальне обстеження прибуття та відправлення автомобілів протягом робочого дня з 8⁰⁰ до 19⁰⁰ на ділянці дороги довжиною 100 м по вул. Пушкінській між вул. Маршала Бажанова та вул. Дарвіна (рис. 3.4, 3.5), результати яких представлені у додатку В.

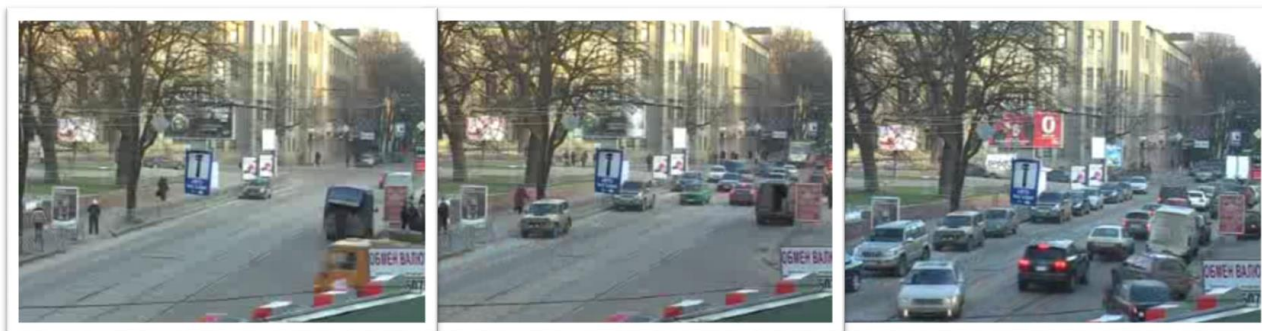


Рисунок 3.4 – Приклади заповнення автомобілями місць паркування



Рисунок 3.5 – Прибуття та відправлення автомобілів з 8⁰⁰ до 19⁰⁰

Ділянка на вул. Пушкінській була обрана не випадково, так як вул. Пушкінська є одною з складних вулиць з точки зору ОДР, яка знаходиться в ЦЧМ. За результатами досліджень встановлено, що процес накопичення автомобілів на крайній правій смузі ВДМ займає малий проміжок часу та досягає максимуму з 8⁰⁰ до 10⁰⁰, а ступінь заповнення місць паркування має незначні коливання протягом періоду обстеження. Тому всі подальші спостереження інтенсивності використання місць паркування проводилися протягом двох годин (з 8⁰⁰ до 10⁰⁰). При цьому навіть якщо, спостереження проводити неповний робочий день за допомогою спостерігачів, ця задача все одно є трудомісткою, тому доцільним було замість спостері-

гачів використовувати відео спостереження. Це дозволило з мінімальними витратами ресурсів зібрати необхідну статистичну інформацію (додаток Г). Для більш точних даних про інтенсивності обміну автомобілів окрім правої смуги відеоспостереження також проводилось у дворах житлових будинків та прилеглих територіях державних та комерційних установ (додаток Д).

Одним з наукових принципів теорії вибіркового методу є забезпечення достатнього числа спостережень. Теоретично необхідність дотримання цього принципу представлена в доказах граничних теорем теорії ймовірностей, які дозволяють встановити, який обсяг серій досліджень слід провести в загальному обсязі генеральної сукупності, щоб він був достатнім і забезпечував репрезентативність вибірки.

Зменшення стандартної помилки вибірки, а отже, збільшення точності оцінки завжди пов'язане зі збільшенням обсягу вибірки, тому вже на стадії організації вибіркового спостереження доводиться вирішувати питання про те, який повинен бути обсяг вибіркової сукупності, щоб була забезпечена необхідна точність результатів спостережень. Розрахунки необхідного обсягу вибірки визначається на підставі граничних помилок вибірки, що відповідають тому або іншому виду й способу відбору. Так, для випадкової повторної вибірки її обсяг дорівнює [174]:

$$n = \frac{t^2 \sigma^2}{\Delta^2}, \quad (3.1)$$

де t – квантиль розподілу Стюдента, ($t = 1,96$);

σ – середньоквадратичне відхилення;

Δ – гранична помилка вибірки (приймаємо по відношенню до середнього 15 – 16 % для од. на 100 м та 24% для од. на 100 м²).

Після обробки проведених досліджень середня кількості прибуваючих та від'їжджаючих автомобілів були отримані результати, які представлено в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Результати проведення спостережень кількості прибуваючих та від’їжджаючих автомобілів

Параметри	Кількість автомобілів		
	що приїжджають	що від’їжджають	що припарковано
Дослідження на ділянках ВДМ, од. на 100 м			
Середнє значення	32	20	8
Середньоквадратичне відхилення	20,34	13,15	5,73
Фактично проведена кількість спостережень	81	81	81
Необхідний обсяг спостережень	69	75	75
Дослідження в дворах житлових будинків та прилеглих територіях установ, од. на 100 м ²			
Середнє значення	0,49	0,52	
Середньоквадратичне відхилення	0,35	0,33	
Фактично проведена кількість спостережень	36	36	
Необхідний обсяг спостережень	34	26	

Також в ЦЧМ Харкова є місця скупчення великої кількості автомобілів, на площах, яких влаштовані автомобільні стоянки зі значною кількістю місць для паркування та гаражні кооперативи. Оскільки таких місць в ЦЧМ Харкова дорівнює чотирьом, кількість прибуваючих та від’їжджаючих автомобілів визначалося окремо для кожної ділянки табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Кількість прибуваючих та від’їжджаючих автомобілів на стоянках зі значною кількістю місць для паркування та гаражних кооперативах

Параметри	Кількість автомобілів од./2год.	
	що приїжджають	що від’їжджають
вул. Шатилова Дача, 9	39	62
проїзд Рогатинський, 3	28	54
пров. Фанінський, 3	16	28
вул. Пушкінська, 83	32	43

Для визначення щільності паркування автомобілів було використано метод фото фіксації ділянок ВДМ за період доби з 8⁰⁰ до 10⁰⁰ (додаток Е). Ділянки для спостереження обирались випадково. Для проведення даного дослідження спостерігач прибував на зазначену вулицю і фотографував автомобілі, які припарковано на крайній правій смузі, рис 3.6.



Рисунок 3.6 – Елементи фото фіксації ділянок ВДМ

Аналогічним чином також було визначено щільність паркування автомобілів в дворах жилих будинків та на територіях для паркування установ, де також було проведено фото фіксацію автомобілів, які припарковано (додаток Е).

Після обробки результатів спостережень було встановлено вид закону розподілу. Параметри закону розподілу щільності паркування автомобілів оцінювалися за допомогою методу максимальної правдоподібності [175], гіпотеза про відповідність емпіричного та теоретичного розподілу перевірялася за допомогою критеріїв Пірсона й Колмогорова – Смірнова, рис. 3.7, 3.8, [176].

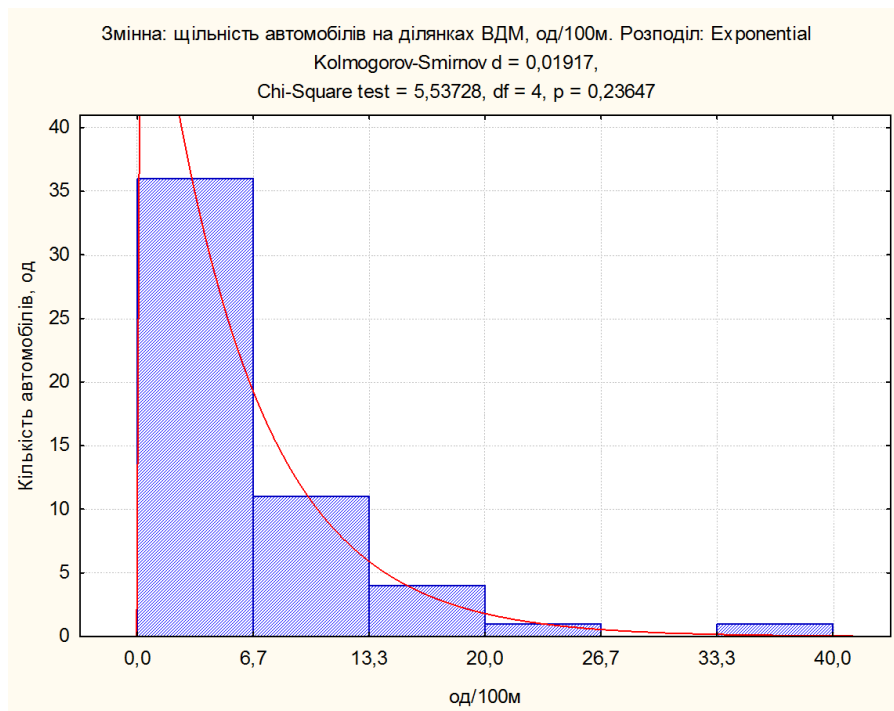


Рисунок 3.7 – Розподіл щільності автомобілів, які припарковано на правій смузі

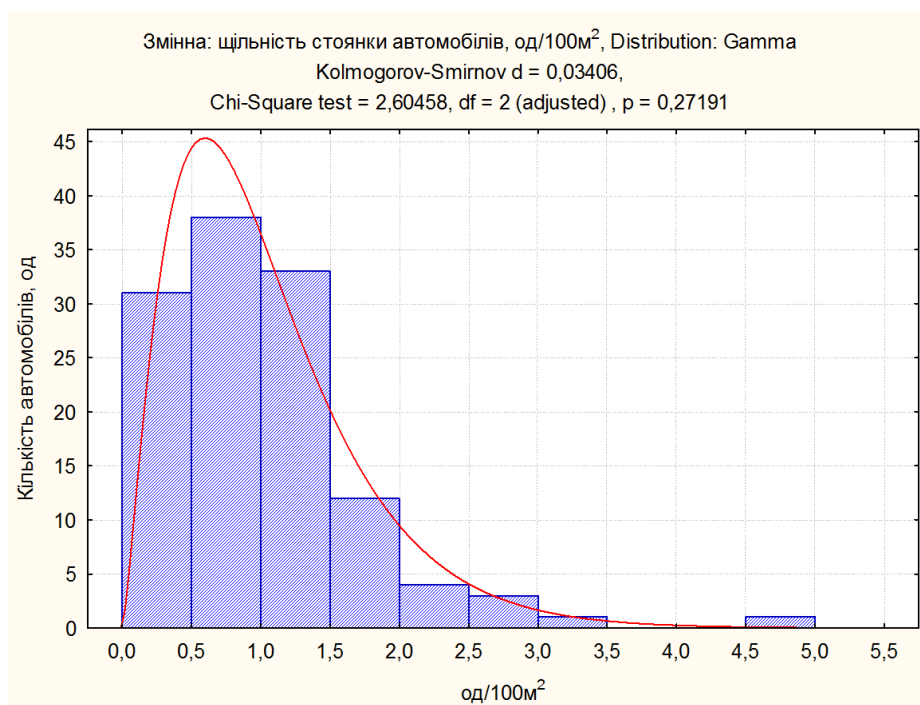


Рисунок 3.8 – Розподіл щільності автомобілів, які стоять у дворах житлових будинків

На підставі аналізу можна стверджувати, що випадкова величина щільності стоянки автомобілів на ВДМ розподіляється згідно з показовим законом (рис. 3.7),

а випадкова величина щільності стоянки в дворах житлових будинків за гамма розподілом, рис. 3.8.

На відміну від щільності автомобілів на дорожньому полотні де щільність залежить тільки від довжини відрізка, яка нам відома заздалегідь, щільність стоянки у дворах суттєво відрізняється, так як ЦЧМ Харкова має різноманітну забудову, що суттєво ускладнює визначення середньої площі дворів та як наслідок середньої щільності паркування. Тому для спрощення цих підрахунків було проведено вибіркове дослідження середньої площі дворів. Для цього в програмі SASPlanet було проведено розмежування ЦЧМ Харкова на рівні квадрати площею $0,0388 \text{ км}^2$, тобто на карту ЦЧМ Харкова була нанесена сітка у відповідному масштабі. Кожний окремий квадрат такої сітки абсолютно випадково накладається на карту та не як не залежить від забудови та геометрії вулиць (рис 3.9).



Рисунок. 3.9 – Фрагмент ЦЧМ Харкова після розділення

Далі було визначено координати центру кожного з одержаних квадратів за допомогою генерації випадкових координат. В такий спосіб було відібрано масив випадкових координат. В квадратах, які відповідають відібраним координатам було проведено замір площі дворів, рис. 3.10.



Рисунок. 3.10 – Фрагменти території для визначення середньої площі дворів

Результати розрахунку площі дворів в випадково відібраних квадратах представлені у додатку Ж. При цьому кількість таких квадратів розрахована на одержання 95% надійності результатів визначення площі дворів за формулою для неповторної вибірки [174]

$$n = \frac{t^2 \sigma^2 N}{\Delta^2 N + t^2 \sigma^2}, \quad (3.2)$$

де N – обсяг генеральної сукупності;

Δ – гранична помилка вибірки (приймаємо 10 % від середнього).

У випадку визначення необхідної кількості серій замірів площі дворів в квадратах, які відібрані випадково, загальну їх кількість можливо визначити як відношення площі ЦЧМ до площі одного випадкового квадрату 0,0388 км². Результати розрахунку за формулою (3.2) представлені в таблиці 3.3.

Таблиці 3.3 – Необхідний обсяг серій спостережень площі дворів

Параметри	Значення
Середнє значення, м ²	5886
Стандартне відхилення, м ²	1748
Обсяг генеральної сукупності, од.	170
Фактично проведена кількість спостережень, од.	30
Необхідний обсяг спостережень, од.	28

Для визначення середньої площі дворів в ТР було використано наступну залежність

$$P_j = \frac{P_{mp}}{P_k} \cdot \bar{P}_o \cdot k_3, \quad (3.3)$$

де P_{mp} – площа ТР, м²;

P_k – площа квадрату ($P_k = 38809$), м²;

\bar{P}_o – середня площа двору у випадково відібраному квадраті ($\bar{P}_o = 5886$), м²;

k_3 – коефіцієнт багатоповерхової забудови.

Результати розрахунку середньої площі дворів в транспортних районах представлені в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Визначення середньої площі дворів в ТР

Номер району	Коефіцієнт багатоповерхової забудови	Площа транспортного району, м ²	Середня площа дворів у транспортному районі, м ²
1	0,98	619000	92000,4
2	0,9	414900	56631,6
3	0,25	376400	14271,3
4	0,6	1172300	106675,1
5	0,8	401000	48652,8
6	0,98	362200	53832,9
7	0,9	750300	102411,9
8	0,6	272000	24751
9	0	139700	8474,8
10	0,8	219600	26643,8
11	0,6	376400	34251,1
12	0,5	329000	24948,2
13	0	324800	9851,9
14	0,8	528400	64110
15	0,8	349600	42416,5

3.3 Моделювання інтенсивності руху автомобілів в центральній частині міста Харкова

Питання визначення завантаження елементів ВДМ традиційно розділяється на два взаємозалежні етапи. На першому етапі визначають міжрайонні кореспонденції, на другому - розподіляють зазначені кореспонденції по транспортній мережі. Таким чином, моделі даного типу дають відповідь по яких шляхах здійснюються пересування й скільки учасників руху використовують той або інший шлях. Таким чином, моделювання міських транспортних мереж головним чином спрямоване на одержання даних, що характеризують параметри шляхово-транспортних умов на досліджуваній ВДМ. При цьому в якості основних мережних характеристик виступають:

- матриці кореспонденції ТП;
- розподіл ТП по ВДМ;
- завантаження елементів ВДМ рухом;
- швидкість ТП.

Вихідною інформацією для проведення моделювання завантаження ЦЧМ Харкова автомобілями є МТК, яка визначається на підставі одержаних місткостей ТР, сформованих з кількості автомобілів, що приїжджають і від'їжджають з місць паркування.

При проведенні моделювання час для розрахункового етапу імітації було обрано дві години з 8⁰⁰ до 10⁰⁰, оскільки саме на цей період припадає максимальне накопичення транспорту на вулицях міста. Кожна серія в результаті проведення моделювання дає набір випадкових значень кількості автомобілів, що стоять на правій смугі дороги, після підстановки генерованої випадкової величини в формули (2.80). Генерація випадкової величини проводиться за формулами (3.4, 3.5) [177].

Формула для генерації експоненціальних величин щільності стоянки автомобілів на i -й ділянці ВДМ

$$P_i^m = \frac{-\ln \xi_k}{\lambda}, \quad (3.4)$$

де ξ_k – рівномірно розподілена випадкова величина;

λ – параметр показового закону розподілу, $\lambda = 7,85$ од/100м.

Формула для моделювання гамма-величин щільності стоянки автомобілів в дворах j -го ТР

$$P_j^d = -b \ln\left(\prod_{k=1}^c \xi_k\right), \quad (3.5)$$

де b – параметр масштабу (0,435);

c – параметр форми (2,374).

Для моделювання кількості автомобілів, які припарковано на крайній правій смузі та в дворах житлових будинків і установ необхідна довжина ланок ВДМ та площа дворів. Значення всіх довжин ланок ВДМ представлені в додатку И, а площі дворів ТР в табл. 3.4. Підставивши ці значення в формулу (2.80) було визначено теоретичну кількість автомобілів, які стоять на правій смузі та в дворах житлових будинків.

Результати обробки обстеження кількості прибуваючих та від'їжджаючих автомобілів (табл. 3.1, 3.2) дають можливість для подальших розрахунків місткостей прибуття та відправлення автомобілів в ТР. З метою виключення впливу транзитних потоків на результати експерименту, ділянки ВДМ, на яких автомобілі проходять виключно транзитом, до моделювання не входять.

Отже, використовуючи дані кількості автомобілів, які стоять на ВДМ і в дворах житлових будинків, а також середньої кількості прибуваючих та від'їжджаючих автомобілів було проведено моделювання процесу паркування автомобілів використовуючи формули (2.78) та (2.79). Використовуючи формулу (2.77) було визначено місткості прибуття та відправлення автомобілів в ТР. Так як побудована модель визначення місткостей ТР ймовірнісна, в якій генеруються зна-

чення щільності паркування автомобілів, то в цьому випадку було проведено 30 серій розрахунків, результати сумарних значень місткостей ТР наведено в таблиці 3.5.

Таблиці 3.5 – Сума місткості транспортних районів в серії дослідів

Серія	Кількість автомобілів, що прибувають, од	Кількість автомобілів, що убувають, од
1	9754	6448
2	10276	7254
3	10597	7298
4	10322	6939
5	10248	7284
6	10508	7642
7	9222	6339
8	10707	7033
9	10894	7757
10	11171	7353
11	10022	7305
12	9696	6509
13	10175	7242
14	10488	7505
15	10654	7204
16	9640	6449
17	10451	7032
18	9799	6985
19	9737	7194
20	10853	7323
21	9639	6557
22	10171	6898
23	9045	6088
24	10027	6581
25	10103	6792
26	9963	6698
27	9953	6257
28	9505	6558
29	10016	6642
30	10138	6749
Середнє значення	10126	6930

Для врахування довжини ланок транспортної мережі при визначені місткостей ТР було використано наступні залежності

$$A_j^l = \sum_{i=1}^n Z_i^l + Z_j^d, \quad D_j^l = \sum_{i=1}^n Y_i^l + Y_j^d, \quad (3.6)$$

де

$$Z_i^l = \frac{\sum_{y=1}^h \sum_{j=1}^m A_j}{\sum_{i=1}^n l_i} \cdot l_i, \quad Y_i^l = \frac{\sum_{y=1}^h \sum_{j=1}^m D_j}{\sum_{i=1}^n l_i} \cdot l_i, \quad (3.7)$$

де h – кількість серій спостережень, ($h = 30$).

Результати скоректованих відносно довжини ланок місткостей ТР прибуття та відправлення автомобілів представлені в таблиці 3.6.

Таблиці 3.6 – Місткості внутрішніх ТР

Район	Скоректована кількість автомобілів, що прибувають, од	Скоректована кількість автомобілів, що убувають, од
1	1253	910
2	1471	1065
3	576	407
4	581	433
5	576	438
6	1050	803
7	1244	919
8	671	480
9	347	248
10	353	261
11	565	397
12	312	230
13	709	490
14	637	534
15	892	685
Сума	11238	8299

Окремо було визначено кількість автомобілів, які прибувають та від'їжджають з периферійних районів до ЦЧМ. Для цього було встановлені пости спостереження на всіх в'їздах до ЦЧМ (ТР з 16 до 30, рис. 3.1), у яких обліковці фіксували інтенсивність прибуття та відправлення автомобілів у ЦЧМ (додаток К). Сумарні значення інтенсивності прибуття та відправлення з 8^{00} до 10^{00} представлені в таблиці 3.7.

Таблиці 3.7 – Кількість прибуваючих та від'їжджаючих автомобілів на в'їздах до ЦЧМ Харкова.

Район	Кількість автомобілів що від'їжджають з ЦЧМ	Кількість автомобілів що прибувають до ЦЧМ
16	744	2320
17	2144	1624
18	1368	1176
19	1368	1608
20	696	728
21	597	863
22	1872	1728
23	1824	2136
24	2232	3096
25	1944	3420
26	504	1030
27	2482	2530
28	1776	1512
29	1488	2208
30	2064	3120
Сума	23103	29099

З одержаних місткостей ТР (табл. 3.6, 3.7) можливо побачити, що їх сумарне значення по прибуттю та відправленню відрізняється на 3057 автомобілів. Як зазначалося в розділі 2.3 різниця між сумами місткостей ТР по прибуттю та відправленню зводиться до різниці кількості автомобілів, які перебували на ВДМ у момент початку та закінчення натурних спостережень (2.82). Кількість автомобілів на ВДМ можна визначити, як добуток середньої щільності ТЗ на довжину транспортної ме-

режі. Середня щільність ТЗ ρ , визначається на основі підрахунку довжини черги автомобілів перед регульованими перехрестями. Для цього була проведена серія відеоспостережень у різних точках ЦЧМ. Так як період моделювання місткостей зовнішніх і внутрішніх ТР для даної роботи становить дві години ранкового часу пік з 8^{00} до 10^{00} , то для визначення щільності автомобілів на мережі, спостереження проводилися для відправлення ρ_d з 7^{50} до 8^{10} , а для прибуття ρ_a з 9^{50} до 10^{10} по будніх днях. Результати досліджень представлено в додатку Л та за визначеними середніми значеннями було побудовано гістограму, рис. 3.11.

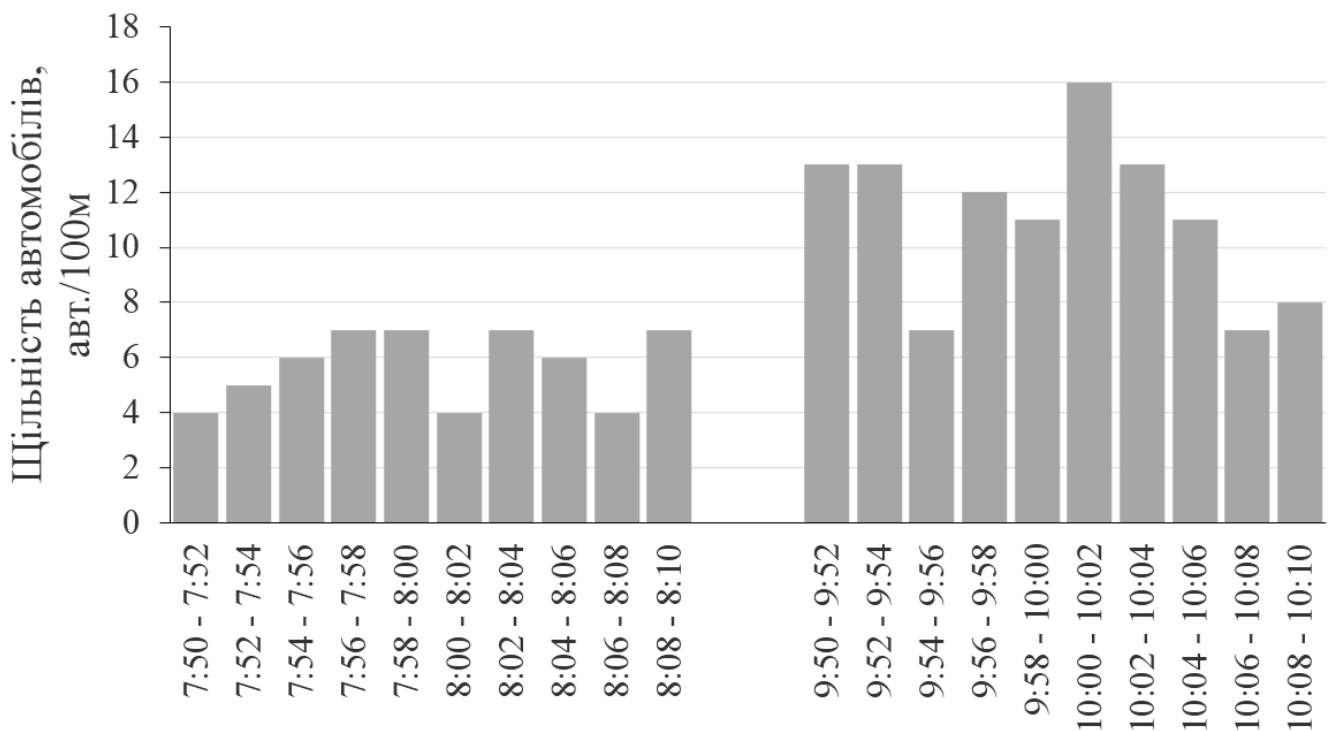


Рисунок 3.11 – Щільність автомобілів на ВДМ на межах ранкового піку

З рис. 3.11 видно, що щільність автомобілів на початку та в кінці проведення натурних спостережень різна, що у свою чергу пояснює появу дисбалансу між прибуттям і відправленням автомобілів. Підставивши в формулу (2.83) середні значення щільності автомобілів $\rho_d = 0,016$ од./м та $\rho_a = 0,0316$ од./м (додаток Л), було визначено обсяг автомобілів, які рухаються по ВДМ в момент початку та закінчення натурних спостережень на всіх ділянках ЦЧМ, де сумарне їх значення наведено в табл. 3.8.

Таблиця 3.8 – Сумарні місткості прибуття та відправлення автомобілів

Транспортні райони відправлення	Транспортні райони прибуття			Місткості відправлення, $D_{d,s,n}$, авт/2год
	A_d	A_s	A_n	
D_d	H_{dd}	H_{ds}	H_{dn}	8299
D_s	H_{sd}	H_{ss}	H_{sn}	29099
D_n	H_{nd}	H_{ns}	H_{nn}	3255
Місткості прибуття, $A_{d,s,n}$, авт/2год	11238	23103	6431	40653 40772

Після врахування автомобілів, які знаходились у русі на момент початку та закінчення натурних спостережень, різниця між сумами місткостями ТР по відправленню та прибуттю зменшується з 3057 до 119 автомобілів. Отримане відхилення не може критично вплинути на наступні результати моделювання, а 119 автомобілів можуть бути віднесені до технічних причин дисбалансу місткостей. З вище сказаного стає можливим обґрунтоване усунення причин дисбалансу місткостей прибуття та відправлення автомобілів у ТР, які в свою чергу, нерозривно пов'язані з динамічним характером об'єкту дослідження.

На підставі одержаних місткостей (табл. 3.6, 3.7) та розрахованих місткостей УТР (табл. 3.8) було розраховано МТК (додаток М). При цьому МТК визначалась за допомогою ймовірнісного методу за формулами (2.88, 2.90, 2.91), а її балансування виконувалося за допомогою включення до МТК додаткової строки та стовпчика в яких відображаються кореспонденції УТР.

Для проведення подальших розрахунків необхідно визначити параметри руху автомобілів на окремих ділянках ВДМ ЦЧМ Харкова. Вирішення цього завдання неможливе без математичного моделювання в програмі VISUM, головним завданням якого є визначення основних параметрів функціонування транспортної мережі, таких як інтенсивність руху на елементах транспортної мережі й середні швидкості руху ТП. Використовуючи розрахункові значення МТК в якості вхідної інформації у програмі VISUM були розраховані інтенсивності ТП, рис. 3.12, значення для вулиць Сумська, Пушкінська та просп. Науки наведено в додатку Н.



Рисунок 3.12 – Картограма ТП на ВДМ ЦЧМ Харкова

З кожним роком в великих містах спостерігається зростання рівня автомобілізації при цьому розвиток транспортної мережі значно відстає, що викликає перевантаження ВДМ. Ця суттєва невідповідність значно погіршує рух транспорту, особливо це відчувається в ЦЧМ. Як наслідок в результаті значно погіршується ефективність функціонування транспортної системи та безпеки руху. Сьогоднішні обстеження ТП показують зменшення швидкості руху автомобілів, збільшення затримок руху, часу пересування, шкідливих викидів відпрацьованих газів [178].

Для аналізу впливу рівня автомобілізації на інтенсивності руху автомобілів в ЦЧМ Харкова спочатку було проведено моделювання інтенсивності руху автомобілів в ЦЧМ Харкова за допомогою програми VISUM з урахування поступового збільшення величини кореспонденцій від 5% до 200%. При цьому було використано шаг зміни 5% при збільшенні до 50%, 10% при збільшенні до 100% та 20 % при збільшенні до 200%. Для визначення МТК було використано наступну залежність

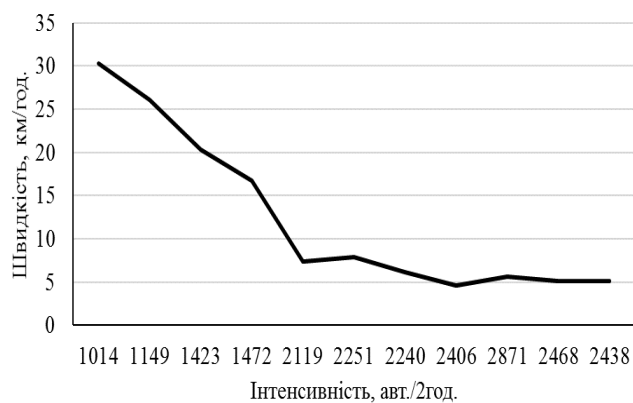
$$h_{ij}^r = h_{ij} \cdot k_e + h_{ij}^{r-1} \quad (3.8)$$

де h_{ij} – елементи матриці кореспонденцій, авт.;

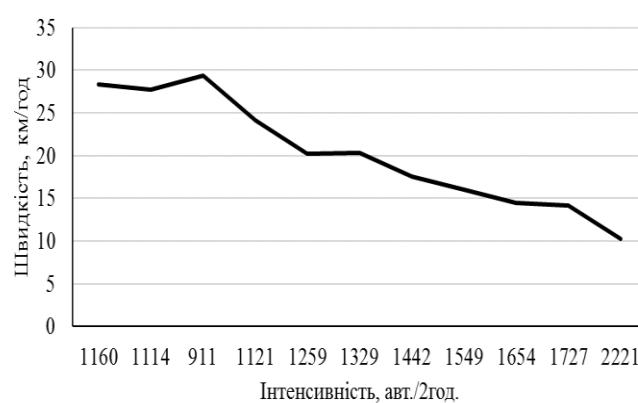
k_e – коефіцієнт приросту кількості поїздок (0,05-2).

Кожну з одержаних МТК за формулою (3.8) в якості вхідної інформації було використано в програмі VISUM для дослідження зміни завантаження автомобілями ЦЧМ Харкова. Результати моделювання інтенсивності ТП в програмі VISUM для вулиць Сумська, Пушкінська та просп. Науки наведено в додатку Н.

Для перевірки одержаних результатів моделювання інтенсивності було проведено вибіркоче дослідження інтенсивності руху ТП на вулицях ЦЧМ Харкова (додаток Н). Порівнюючи значення інтенсивності за проведеними натурними обстеженнями (додаток Н) та результатами моделювання в програмі VISUM можливо констатувати, що в середньому відхилення інтенсивності, яка була отримана при використанні МТК побудованої за допомогою ймовірнісного методу з залученням УТР складає 37 %. Так, як в роботі були проведені натурні спостереження в наслідок чого були одержані фактичні значення інтенсивності ТП за дві години майже на всіх ділянках вулиць Сумська, Пушкінська та просп. Науки (додаток Н), вдалося розраховані значення інтенсивності в програмі VISUM привести до фактичних значень, що в подальшому дозволило скоректувати прогностні значення інтенсивності при підвищенні величини кореспонденцій (додаток Н). Також за допомогою програми VSUM було розраховано значення швидкості. Швидкість для вулиць Сумська, Пушкінська наведено в додаток П. Залежність середніх значень швидкості від збільшення величини транспортних кореспонденцій наведено на рис. 3.13, 3.14.

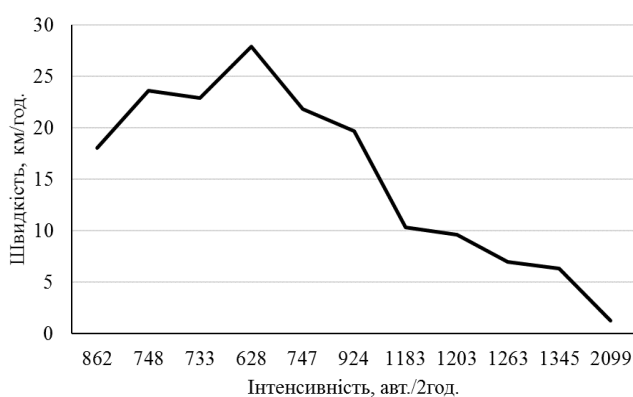


до центру

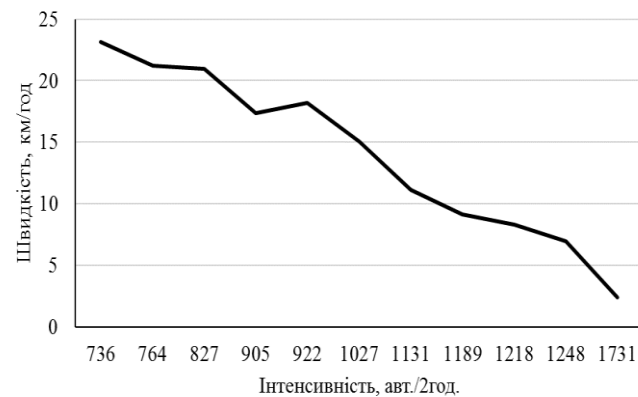


від центру

Рисунок 3.13 – Залежність швидкості руху автомобілів від інтенсивності при збільшенні кореспонденцій на вул. Сумській за напрямками



до центру



від центру

Рисунок 3.14 – Залежність швидкості руху автомобілів від інтенсивності при збільшенні кореспонденцій на вул. Пушкінській за напрямками

З рисунків 3.13, 3.14 видно, що на вул. Сумській після підвищення значень транспортних кореспонденцій на 70% швидкість руху транспорту знижується до 10 км/год, а на вул. Пушкінській зниження швидкості до 10 км/год здійснюється при збільшенні кореспонденцій до 60%. Це вказує на те, що при збільшенні кореспонденцій на 60% призведе до збільшення ймовірності виникнення заторових ситуацій на дорозі та значного погіршення умов руху.

Теоретична залежність швидкості руху автомобілів від інтенсивності була отримана за допомогою регресійного аналізу, табл. 3.9.

$$V = a_0 + a_1 \cdot I, \quad (3.9)$$

де I - інтенсивність ТП, авт./год.

Таблиця 3.9 – Результати регресійного аналізу та статистичної перевірки по всіх ділянках транспортної мережі

Параметри моделі	Значення		
Коефіцієнт детермінації	0,9		
Рівень значимості «значимість-F»	$1,36 \cdot 10^{-6}$		
Параметри коефіцієнтів	Значення коефіцієнта	Стандартна помилка	Рівень значимості «P – значення»
a_0	36,005	0,979	$4,042 \cdot 10^{-11}$
a_1	-0,00594	0,000529	$1,361 \cdot 10^{-6}$

З результатів регресійного аналізу видно, що значення коефіцієнта детермінації R^2 показує, що 80-90 % загальної варіації результативної ознаки пояснюється варіацією факторних ознак X_1 . Розрахований рівень значимості «значимість-F» $< 0,05$ підтверджує значимість R^2 . Стандартна помилка коефіцієнтів a_0 та a_1 менша ніж його значення, до того ж цей коефіцієнт є значимим, про що можна судити за розрахунковим значенням рівня значущості «P – значення», яке суттєво менше заданого рівня значимості $\alpha = 0,05$. Так як статистичні характеристики отриманої моделі має високі показники, це дозволяє їх використання при моделюванні швидкості руху ТП в залежності від зміни інтенсивності.

3.4 Експериментальна оцінка основних характеристик руху транспортних засобів

Підготовка вхідних даних для розрахунку часу затримки виїзду МТЗ на ЗП є важливим етапом виконання роботи, оскільки точність визначення параметрів, що входять у модель, напряду впливає на точність та адекватність значення часу затримки. Дані основних параметрів, які обрані без попередніх натурних досліджень, можуть привести до результату, що не відповідає дійсності. Для уникнення цього було проведено натурні спостереження, рухаючись в потоці було визначено швидкість руху транспортного потоку (додатку Р). Для проведення виміру обліковець знаходячись у МТЗ фіксував час проходження через кожне перехрестя по маршруту руху на ділянках вулиць Сумська та Пушкінська, рис. 3.15.

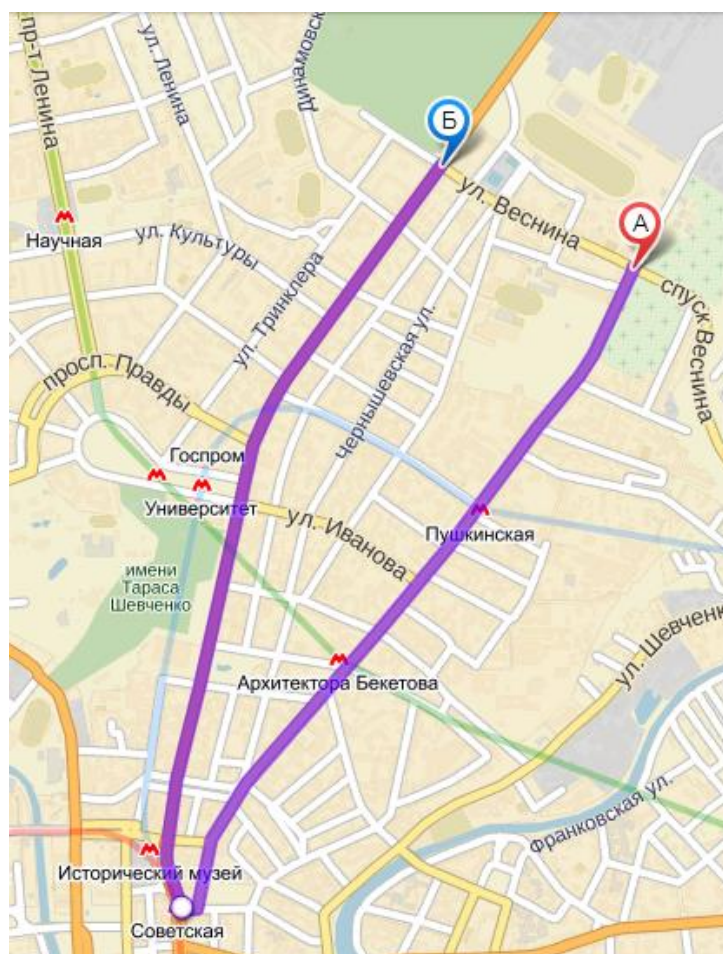


Рисунок 3.15 – Маршрут проведення досліджень швидкості руху

За результатами цих досліджень визначено, що середня швидкість складає 24 км/год на вул. Сумській і 21 км/год на вул. Пушкінської. Також було проведено вивчення процесу розгону МТЗ при від'їзді від зупиночних пунктів по вул. Сумська.

Для проведення виміру обліковець також знаходився у МТЗ і кожні дві секунди фіксував швидкість при від'їзді від зупинки. Для фіксації параметрів руху МТЗ в якості технічного засобу був використаний GPS навігатор, оскільки цей прилад з припустимою точністю дозволяє одночасно фіксувати поточний час, швидкість і місце розташування ТЗ в русі, для чого потрібно тільки зафіксувати параметри руху на екрані, рис. 3.16.

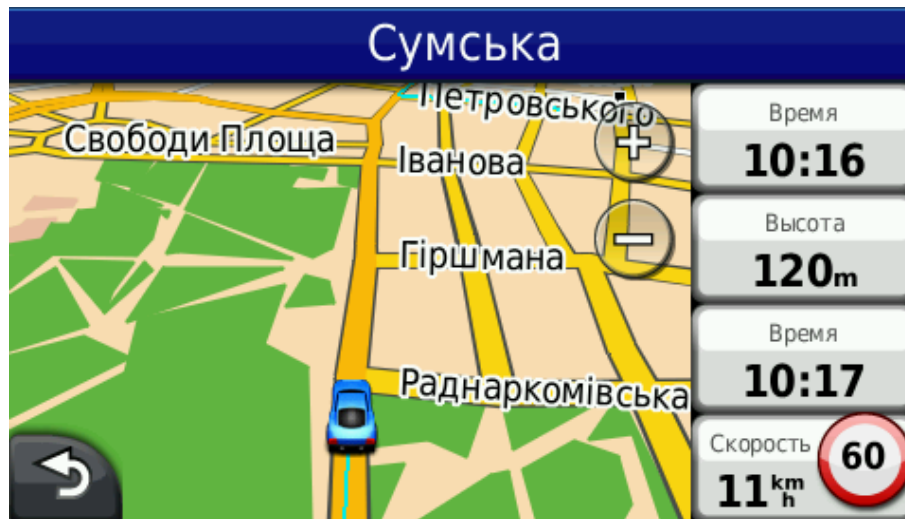


Рисунок 3.16 – Знімок екрана GPS навігатора під час руху

Інформація, яка одержана в ході такого обстеження, може бути відцифрована, що дозволяє розрахувати всі необхідні параметри руху МТЗ. Проведені в такий спосіб дослідження показали, що для більшості марок автобусів або тролейбусів спостерігаються схожі тенденції зміни швидкості при розгоні. Ця обставина пояснюється тим, що прискорення МТЗ залежить не стільки від його технічних можливостей, а скільки від умов забезпечення комфортного перебування пасажирів в салоні. При цьому швидкість МТЗ в щільному ТП залежить від умов руху основного ТП в якому всі ТЗ рухаються приблизно з однаковою швидкістю. Виходячи з мети дослідження, з усіх спостережень за рухом МТЗ від зупиночного пункту були віді-

брані тільки ті, які не супроводжувалися уповільненням, яке зазвичай було обумовлено перешкодами з боку інших ТЗ (дивись додаток Р).

Додатково до цих результатів була отримана регресійна модель розгону МТЗ при виїзді з ЗП. Цей показник необхідний для оцінки інтервалу між двома автомобілями в ТП, який потрібен МТЗ для виїзду з ЗП, розташованого в кармані. На рис. 3.17 наведена теоретична пряма, що описує процес розгону МТЗ.

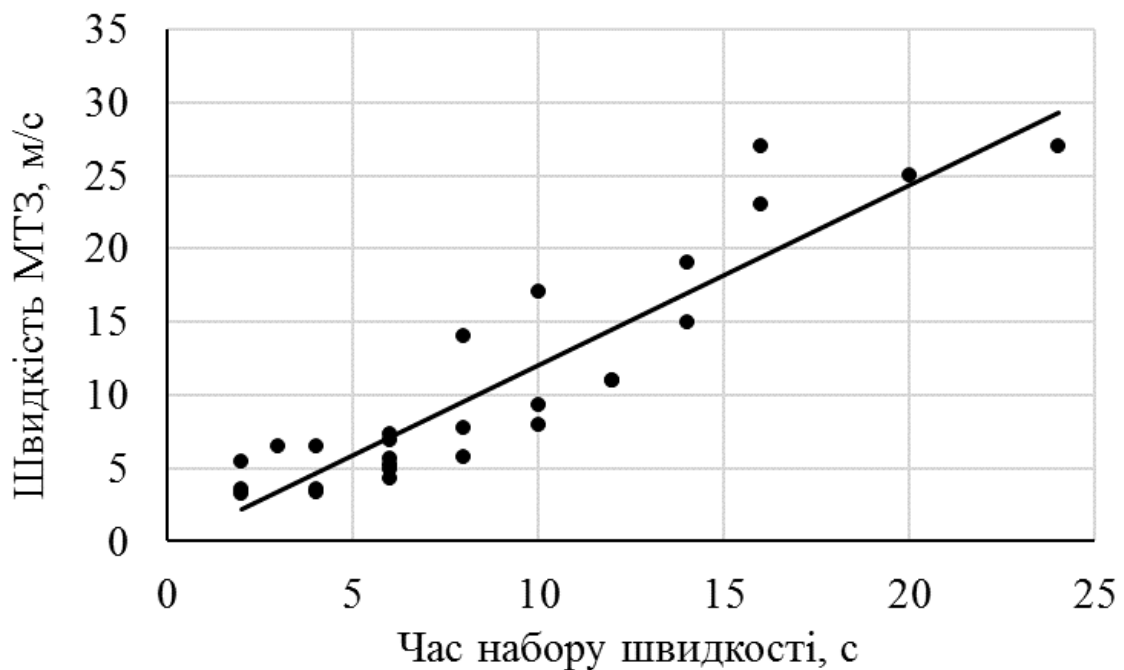


Рисунок 3.17 – Експериментальна та теоретична залежності швидкості від часу руху при від'їзді МТЗ від ЗП

Теоретична залежність для безперервного розгону МТЗ була отримана за допомогою регресійного аналізу.

$$V = a_1 \cdot t_p, \quad (3.10)$$

де t_p – час розгону МТЗ, с.

Статистичні характеристики отриманої моделі мають високі показники, що дає вагомі підстави для її використання на практиці, табл. 3.12.

Таблиця 3.12 – Результати регресійного аналізу та статистичної перевірки

Параметри моделі	Значення		
Коефіцієнт детермінації	0,99		
Рівень значимості «значимість-F»	$4,497 \cdot 10^{-32}$		
Параметри коефіцієнту	Значення коефіцієнта	Стандартна помилка	Рівень значимості
Коефіцієнт a_1	0,67	0,008	$4,399 \cdot 10^{-33}$

Так як статистичні характеристики отриманої моделі (табл. 3.12) мають високі показники, це дозволяє їх використання при моделюванні швидкості руху МТЗ де коефіцієнт a_1 виступає в якості прискорення.

Проведені в даній роботі дослідження швидкості та прискорення збігаються з даними одержаними в роботі [179] в якій зазначено, що при середній швидкості руху ТП 20-25 км/год прискорення для звичайних ТЗ дорівнює $0,9 \text{ м/с}^2$, для автобусів – $0,7 \text{ м/с}^2$, що вказує на досить широке розповсюдження одержаних результатів.

Також в роботі за допомогою натурних відеоспостережень було визначено час звільнення автомобілем свого місця в черзі перед світлофором. Дане дослідження проводилось на перехресті вул. Ярослава Мудрого - вул. Алчевських. Спостереження велися за чергою перед світлофором автомобілі з якої прямують в напрямку до станції метро Пушкінська. Було обстежено 20-ть циклів світлофору в кожному циклі при обробці результатів замірявся час зміщення кожного автомобіля на довжину свого корпусу. Результати обробки проведених обстежень представлено у додатку С. В середньому час звільнення автомобілем свого місця в черзі перед світлофором склав 2,27 с.

Висновки до третього розділу

1. У ході натурних спостережень було визначено репрезентативну вибірку кількості автомобілів, які прибувають та відправляються в ЦЧМ Харкова. Завдяки

цьому стало можливим визначення середньої кількості автомобілів, які прибувають до місць паркування на крайню праву смугу ВДМ, 32 од. на 100 м та від'їжджають 20 од. на 100 м, а також кількість прибуваючих 0,49 од. на 100 м² та від'їжджаючих 0,52 од. на 100 м² на стоянках в дворах житлових будинків.

2. На підставі даних щільності паркування, зібраних при проведенні фото спостережень встановлено закони розподілу щільності автомобілів які припарковані на крайній правій полосі вулиць та в дворах житлових будинків. Для автомобілів, які припарковані на крайній правій смузі вулиць випадкова величина щільності розподіляється за показниковим законом, а для автомобілів які припарковані в дворах житлових будинків за гамма розподілом.

3. Розрахунок місткостей ТР на основі даних про щільність паркування та кількість автомобілів, які прибувають в (та відправляються з) ЦЧМ Харкова привів до результатів, які потребують балансування внаслідок суттєвої різниці між кількістю автомобілів на транспортній мережі ЦЧМ. За допомогою включення в розрахунки додаткового УТР, який характеризує кількість автомобілів, які рухаються по дорожній мережі ЦЧМ розходження у сумарних місткостях ТР з відправлення та прибуття автомобілів скорочено з 3057 до 119 автомобілів або 0,3 % місткості, що цілком може бути пояснена впливом випадкових чинників.

4. Для перевірки точності розрахованої МТК за ймовірнісним методом було проведено порівняння значень інтенсивностей, які були розраховані в програмі Visum зі значеннями інтенсивності, які були отримані в ході натурних замірів на транспортній мережі ЦЧМ Харкова. В результаті середня помилка складає 37 %. Після проведення калібрування за допомогою натурних спостережень для вулиць Сумська, Пушкінська та просп. Науки значення похибки вдалося зменшити до мінімуму.

5. В роботі за допомогою натурних спостережень встановлено, що швидкість руху МТЗ в потоці при поточному рівні інтенсивності ТП складає 24 км/год на вул. Сумській та 21 км/год на вул. Пушкінській, а при збільшенні значень транспортних кореспонденцій на 60-70% швидкість руху транспорту знижується до 10 км/год. Середнє прискорення МТЗ при початку руху від ЗП маршрутів складає 0,67 м/с². За

допомогою відеоспостережень за чергою автомобілів перед світлофором також було визначено, що час звільнення автомобілем свого місця в черзі в середньому дорівнює 2,27 с.

6. Експериментальні розрахунки інтенсивності ТП при зростанні кількості автомобілів, які прибувають до ЦЧМ та вибувають з неї, показали, що зростання інтенсивності руху на вулицях ЦЧМ відбувається нерівномірно на різних ділянках ВДМ. При цьому збільшення місткостей більш ніж на 60% по відношенню до поточного рівня призводить до заторових ситуацій на ділянках дорожньої мережі вулиць Сумська та Пушкінська, що потребує розробки спеціальних заходів з підвищення швидкості руху МТЗ, не пов'язаних з розташуванням ЗП, та обмежує сферу дії розробленої аналітичної моделі по визначенню раціонального місця розташування ЗП.

РОЗДІЛ 4. ОЦІНКА АДЕКВАТНОСТІ РОЗРОБЛЕНОЇ МОДЕЛІ ТА ФОРМУЛЮВАННЯ ПРАКТИЧНИХ РЕКОМЕНДАЦІЙ ЩОДО РАЦІОНАЛЬНОГО РОЗТАШУВАННЯ ЗУПИНОЧНИХ ПУНКТІВ

Розроблені в роботі аналітичні моделі та отримані в ході теоретичних досліджень статистичні результати потребують ретельної оцінки їхньої точності, оскільки перші побудовані на ряді припущень про характер руху ТП, а другі надають лише ймовірнісну оцінку можливого результату, тоді як реальне значення параметру, що оцінюється, розташовується в деякій області навколо отриманої статистичної оцінки. Ці причини в кінцевому результаті можуть викликати суттєве відхилення розрахункових оцінок часу затримки відправлення МТЗ від ЗП після посадки-висадки пасажирів від його реальних значень.

Завдяки цьому, перед розробкою практичних рекомендацій щодо раціонального розташування ЗП МПТ в зоні регульованих перехресть необхідно виконати експериментальну перевірку адекватності розроблених аналітичних моделей. Особливістю об'єкту даного дослідження є складність та навіть практична неможливість проведення активних натурних експериментів, що обумовлене його соціальним характером, тобто великою кількістю учасників з власними цілями та способами їх досягнення. Ще одним фактором, який ускладнює процес проведення натурального експерименту є стаціонарне розташування ЗП, перенесення якого на нове місце потребує суттєвих матеріальних витрат. Тому вільно змінювати параметри розташування ЗП та руху ТП у достатньо широких межах, що необхідно для оцінки точності моделі часу затримки відправлення МТЗ від ЗП, на реальному об'єкті не представляється можливим.

В таких умовах основним засобом оцінки адекватності розробленої моделі може бути використане спеціальне програмне забезпечення з транспортного мікромодельювання, яке відноситься до моделей «поведінки» та призначене для оцінки ефективності різноманітних заходів з ОДР та дозволяє без суттєвих матеріальних

витрат відтворити процес функціонування досліджуваного об'єкту для будь-яких зовнішніх умов і внутрішніх параметрів.

4.1 Моделювання раціонального розташування зупиночного пункту відносно регульованого перехрестя

Час затримки виїзду МТЗ перебуває під комплексним впливом різноманітних факторів, ступінь впливу яких неоднаковий. Але для досліджень в цій роботі головним є установити залежності часу затримки виїзду МТЗ від відстані розташування зупинки по відношенню до світлофора та інтенсивності ТП.

Для визначення характеру впливу інтенсивності потоку та відстані на якій розташовано зупинку по відношенню до регульованого перехрестя на час затримки виїзду МТЗ з ЗП мінімальне та максимальне значення інтенсивності та значення ширини смуги для головної та другорядної дороги приймалось відповідно до нормативів [180]. Мінімальна відстань розташування зупинки від перехрестя приймалось відповідно до норм [25]. Так як об'єктом дослідження в нашому випадку є ЦЧМ, а дальність пішохідних підходів у загальноміському центрі до найближчої зупинки від об'єктів масового відвідування повинна бути не більш 250 м [26], то для недопущення впливу двох зупинок одночасно максимальна дальність зупинки від перехрестя було прийнято 100м. Швидкість руху ТП розраховувалася за допомогою регресійного рівняння коефіцієнти якого представлені в табл. 3.9.

За допомогою розроблених моделей 2.52 та 2.76 було побудовано графіки залежності часу затримки виїзду МТЗ з ЗП розташованого до та за перехрестям від відстані віддалення його від перехрестя, інтенсивності та швидкості руху ТП, рис. 4.1, 4.2, 4.3. В якості вхідних даних для побудови графіків використовувалися середні значення інтенсивності 548 авт./год, відстані зупинки від перехрестя 55 м та швидкості 27 км/год.

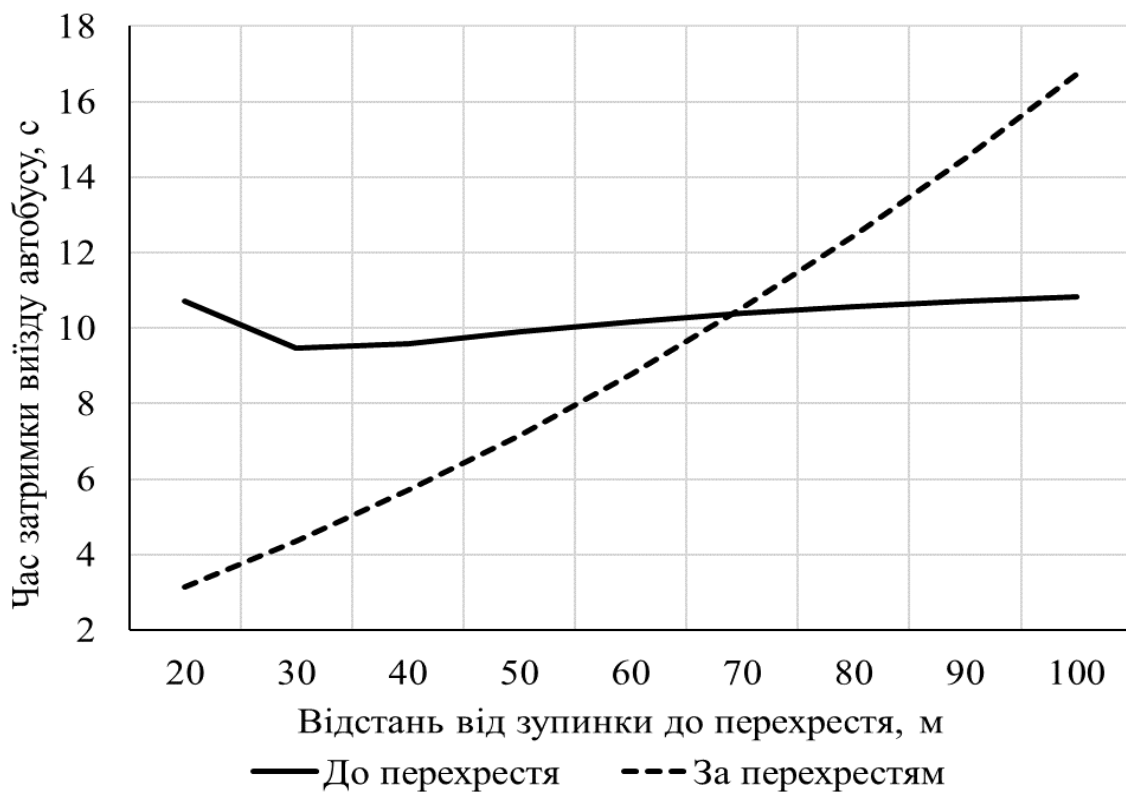


Рисунок 4.1 – Залежність часу затримки виїзду МТЗ від відстані до перехрестя, при розташуванні ЗП до чи після перехрестя

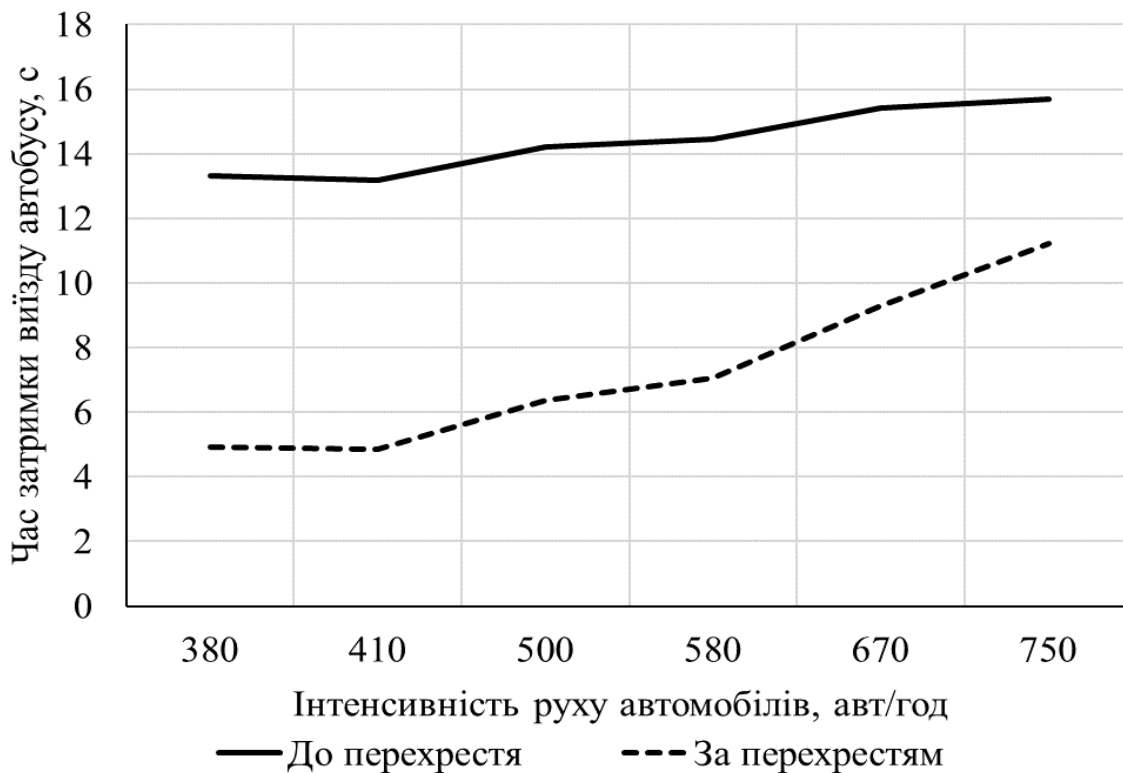


Рисунок 4.2 – Залежність часу затримки виїзду МТЗ від інтенсивності ТП, при розташуванні ЗП до чи після перехрестя

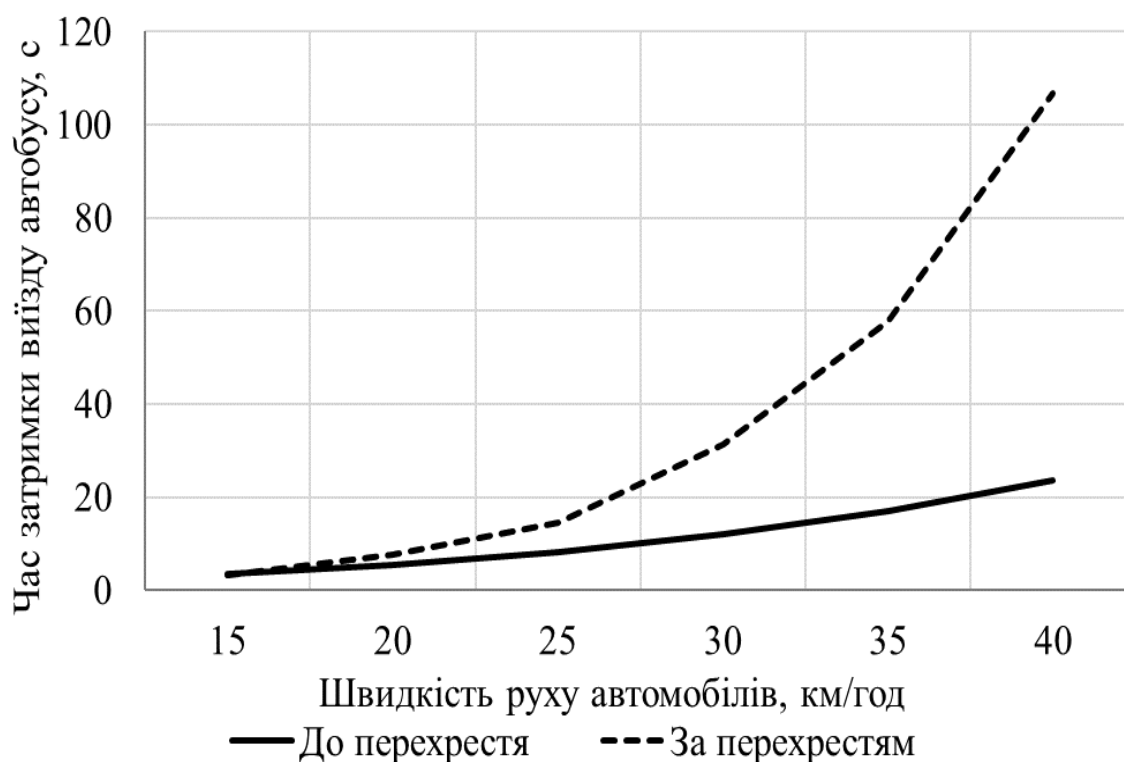


Рисунок 4.3 – Залежність часу затримки виїзду МТЗ від швидкості руху ТП, при розташуванні ЗП до чи після перехрестя

Аналізуючи отримані залежності можливо зробити висновок, що час затримки виїзду МТЗ з зупинки знаходиться під впливом багатьох факторів, вплив яких дуже різниться, в залежності від розташування зупинки до чи після регульованого перехрестя. З рис. 4.1 видно що, при будь-якої інтенсивності ТП, найбільш ефективним є розміщення зупинки на мінімально допустимій відстані за перехрестям, а при розміщенні зупинки до перехрестя – на відстані від 30 м. Зростання інтенсивності потоку автомобілів (рис. 4.2) також призводить до підвищення часу затримки виїзду МТЗ при цьому підвищення інтенсивності більше впливає на час затримки якщо зупинка розташована за перехрестям, тому поступове підвищення рівня автомобілізації призведе до підвищення інтенсивності автомобільних потоків, що суттєво може підвищити час затримки виїзду МТЗ. При цьому автомобілі, які рухаються у вільному потоці мають другорядний вплив на виїзд МТЗ з зупинки, яка розташована за перехрестям.

Це пояснюється тим, що при розміщенні зупинки за перехрестям МТЗ виїжджає в ТП автомобілів, які набирають швидкість від'їжджаючи від перехрестя, то-

му швидкість автомобілів, які не зупинялись на заборонний сигнал практично не впливає на виїзд МТЗ (рис. 4.3). При цьому значний вплив на час затримки МТЗ оказують автомобілі, які від'їжджають від перехрестя після закінчення заборонного сигналу світлофора і такий вплив буде зростати при збільшенні відстані розташування зупинки від перехрестя. При розміщенні зупинки до перехрестя збільшення швидкості ТП суттєво впливає на час затримки виїзду так як МТЗ доводиться зливатися з ТП автомобілів, які наближаються до перехрестя.

Таким чином, запропонований критерій у певній мірі надає рекомендації щодо розташування ЗП відносно регульованих перехресть та дозволяє визначити відстань віддалення ЗП від перехрестя при його розташуванні у конкретних містобудівних та архітектурних умовах біля перехрестя. Треба зазначити, що при практичному застосуванні даної методики треба також враховувати вплив попереднього або наступного перехрестя, так як при значному віддаленні зупинки від перехрестя вона може потрапити в зону впливу іншого перехрестя.

4.2 Оцінка адекватності розробленої моделі визначення раціонального розташування зупиночного пункту відносно регульованого перехрестя

Для перевірки адекватності побудованих моделей визначення раціонального місця розташування ЗП в роботі використаний програмний продукт VISSIM. Засоби моделювання програмного продукту VISSIM дозволяють отримувати широкий спектр оцінок ефективності та якості транспортного процесу, а також:

- проводити експерименти, які неможливо проводити на реальних дорожніх мережах;
- прогнозувати та аналізувати різноманітні ситуації, які можуть трапитися в майбутньому, але ще не траплялися на практиці;
- аналізувати довгострокові явища та процеси в сфері ОДР за короткий проміжок часу;

- одержувати певні результати з мінімальними витратами порівняно з виконанням натурних експериментів.

Процес побудови імітаційної моделі об'єкту дослідження складається з декількох етапів:

- формування карти об'єкта дослідження;
- побудова трас, які з'єднують перехрестя;
- побудова перехресть вулиць, які представляють собою з'єднувальні відрізки трас в різних напрямках;
- нанесення доріжок руху пішоходів;
- розміщення світлофорного регулювання на перехрестях;
- розміщення місць для паркування автомобілів;
- розміщення лічильників швидкості руху, щільності потоку, довжини затору та часу проїзду ТЗ.

Як вхідна інформація для побудови моделі в програмному продукті VISSIM використовувались наступні дані:

- геометричні параметри перехрестя та ЗП;
- швидкість ТП;
- інтенсивність ТП;
- співвідношення розгалуження ТП на перехресті;
- час циклу світлофора та час його тактів;
- пріоритети проїзду перехрестя;
- маршрути громадського транспорту та їх рухомий склад;
- пішохідні переходи та інтенсивність руху людей на них.

Для проведення експериментальних досліджень в середовищі VISSIM було створено модель типового для центральної частини міста Харкова регульованого перехрестя з розташованим біля нього ЗП МПТ, рис. 4.4.

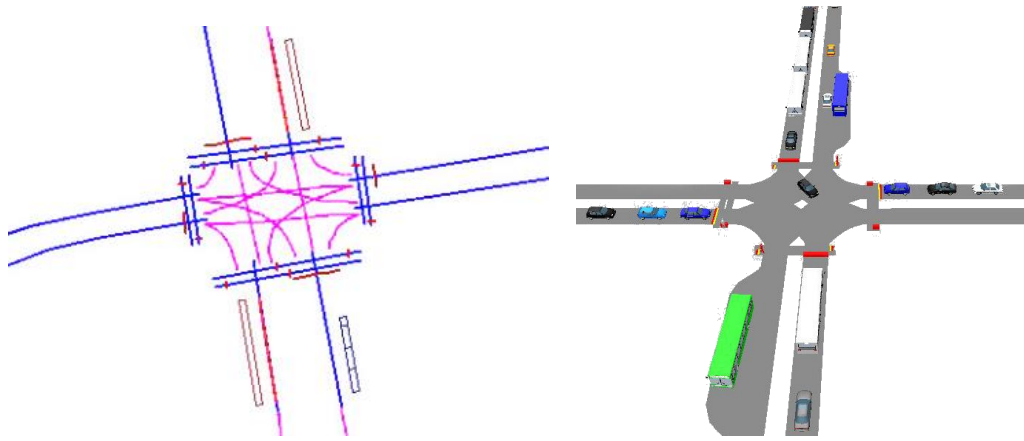


Рисунок 4.4 – Модель перехрестя в програмному продукті VISSIM

Слід зазначити, що вхідні дані для моделі, побудованої в програмі VISSIM повністю співпадають з даними, які використовувались в попередньому підрозділі при проведенні розрахунків часу затримки відправлення МТЗ від ЗП. Результати моделювання часу затримки виїзду МТЗ в залежності від відстані зупинки до перехрестя представлено в додатку Т. На рис. 4.5, 4.6 представлені середні значення часу затримки виїзду МТЗ, які були визначені в програмі VISSIM та за допомогою аналітичних моделей.

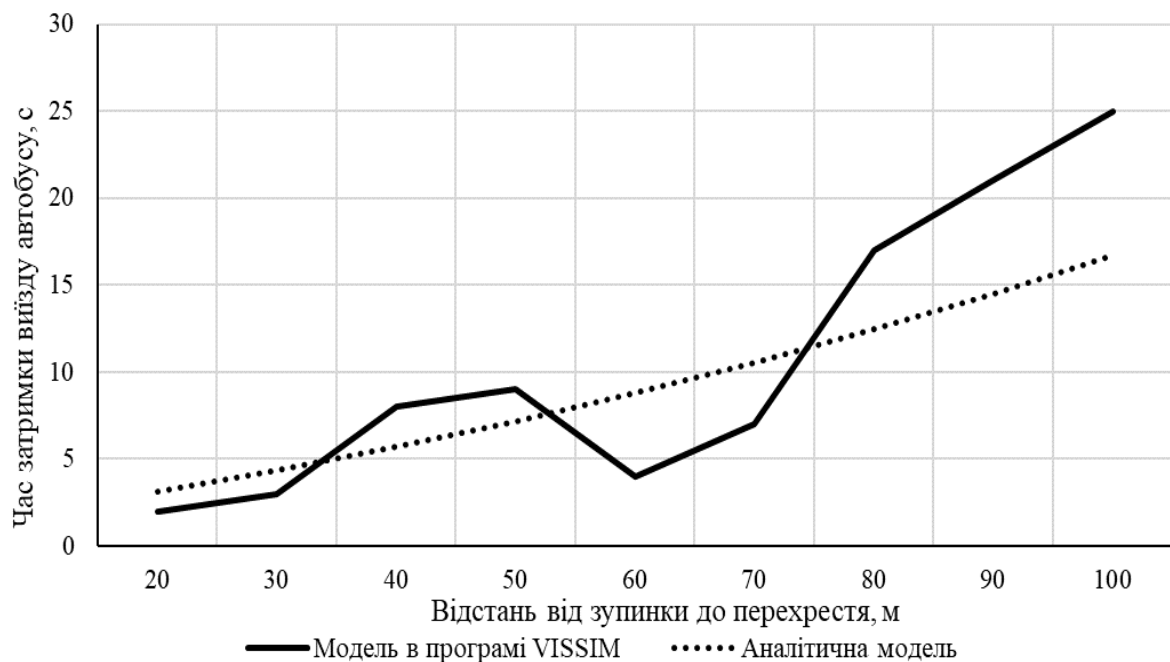


Рисунок 4.5 – Залежність часу затримки виїзду МТЗ з зупинки розташованої за перехрестям від відстані її розташування

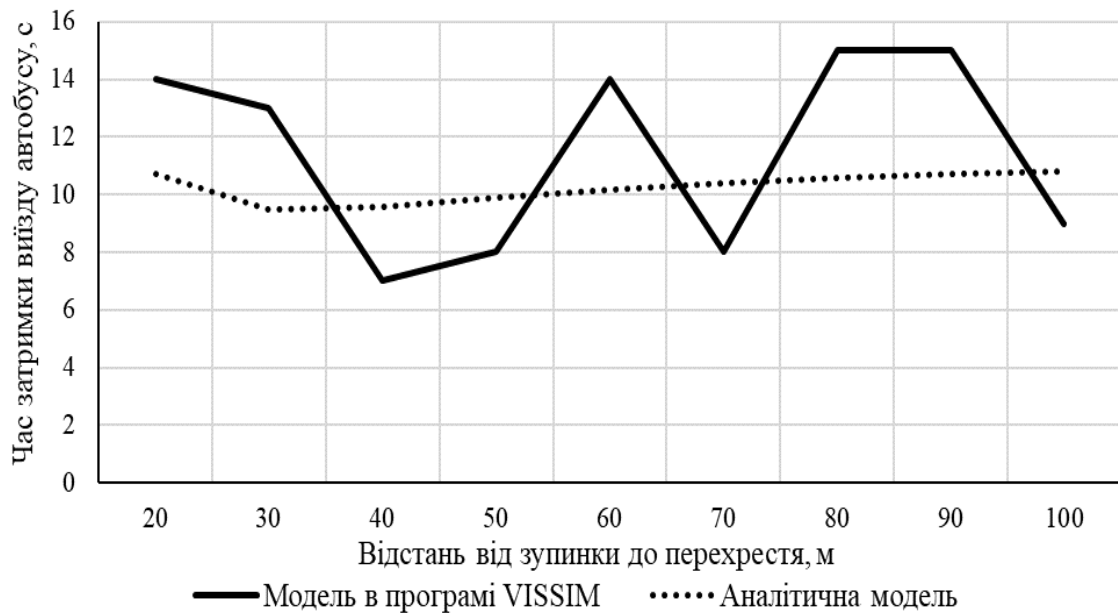


Рисунок 4.6 – Залежність часу затримки виїзду МТЗ з зупинки розташованої до перехрестя від відстані її розташування

Оцінка побудованих моделей базується, як правило, на певних припущеннях, які необхідно перевіряти додатково. Для практичного застосування результатів моделювання важливим є відповідність прогнозних даних фактичним. В якості фактичних (емпіричних) значень виступають результати моделювання в програмі Vissim. Для перевірки різниці двох функцій проводилося інтегрування по області від a до b

$$W_s = \frac{1}{b-a} \cdot \int_a^b |f(t) - g(t)| dt, \quad (4.1)$$

де $f(t)$ – функція залежності часу затримки від відстані віддалення зупинки від перехрестя в програмі Vissim;

$g(t)$ – функція залежності часу затримки від відстані віддалення зупинки від перехрестя за розробленою моделлю;

a, b – область значень.

Для подальшого порівняння в роботі було визначено середнє значення функції від a до b для функцій $g(t), f(t)$

$$g_s = \frac{1}{b-a} \cdot \int_a^b |g(t)| dt, . \quad (4.2)$$

$$f_s = \frac{1}{b-a} \cdot \int_a^b |f(t)| dt . \quad (4.3)$$

Виходячи з вище наведеного стає можливим визначення відсотка розходження між двома функціями

$$S_f = \frac{W_s}{f_s} \cdot 100 . \quad (4.4)$$

$$S_g = \frac{W_s}{g_s} \cdot 100 . \quad (4.5)$$

В таблицях 4.1 представлені результати розрахунків різниці між двома функціями при розміщенні ЗП до та після перехрестя.

Таблиця 4.1 – Різниця між двома функціями при різних варіантах розміщення зупиночних пунктів

Залежність	Різниця двох функцій	Середнє значення функції		Відсоток розходження	
		модель в програмі Vissim	аналітична модель	модель в програмі Vissim	аналітична модель
Час затримки виїзду МТЗ з зупинки розташованої за перехрестям					
Від відстані розташування	4,27	34,1	29,8	12,5	14,3
Час затримки виїзду МТЗ з зупинки розташованої до перехрестя					
Від відстані розташування	5,7	55,9	50,3	10,1	11,3

За результатами розрахунків (табл. 4.1) розходження між функціями не перевищує 15%, що вказує на високу схожість результатів моделювання за розробленою аналітичною моделлю та моделлю побудованою в програмі Vissim. Це свідчить про достатню точність отриманих аналітичних моделей.

4.3 Розробка практичних рекомендацій і оцінка ефективності дослідження

Сьогодні використовуються різні методи ОДР, однак кожний із цих методів найчастіше виявляється ефективним лише за певних умов. Тому впровадженню того або іншого методу, тих або інших заходів щодо ОДР повинне передувати моделювання.

Для практичного застосування розробленої методики на найбільш звантажених вулицях Пушкінській, Сумській, Клочківській та проспекті Науки було проведено дослідження часу затримки виїзду МТЗ з ЗП. Попередні дослідження показали, що на вул. Клочківській та просп. Науки затримок виїзду МТЗ з зупинок немає. Це пояснюється тим, що ці вулиці мають більш ніж дві смуги руху, що дозволяє автомобілям маневрувати та не заважати виїзду МТЗ, крім того більшість зупинок на цих вулицях розташовані за перехрестям на мінімальній відстані, що за нашими розрахунками є раціональним місцем з точки зору мінімум часу затримки виїзду МТЗ. Виходячи з цього, сферою застосування побудованих моделей є раціональне розміщення зупиночних пунктів на вузьких ділянках ВДМ з одною або двома смугами руху, де зупиночні пункти обладнані заїзними карманами або перед зупинкою дозволена паркова автомобілів на крайній правій смузі в наслідок чого МТЗ змушений маневрувати для продовження руху по маршруту.

Серії досліджень проводились на вулицях Пушкінській та Сумській за допомогою відео спостереження. Камера була встановлена в салоні МТЗ, яка фіксувала час прибуття на зупинку, час закінчення посадки та висадки пасажирів та час звіль-

нення зупиночного пункту. Результати обробки відео матеріалів наведено в додатку У, середні значення проведених досліджень представлені в табл. 4.2 - 4.3.

Таблиця 4.2 – Середній час затримки виїзду МТЗ на вул. Сумській

Адреса зупинки	Час руху	Час простою на зупинці	Час затримки виїзду
Напрямок руху від центру міста			
ст. м. Радянська	0	21	0,7
ст. ХАТОБ	163,7	11,1	0,2
вул. Сумська 80	171,5	51,8	13,7
вул. Сумська 110	84,6	17,8	1
ст. Парк Горького	117,1	20,2	0,4
Напрямок руху до центру міста			
ст. Парк Горького	0	25,1	0,4
вул. Сумська 77	54,8	17	0,2
вул. Сумська 106	52,6	21,7	0,5
вул. Сумська 43Б	79,7	18,2	15,3
вул. Сумська 48	98,6	6,5	77,9
вул. Сумська 15	80,1	8,1	25,8
ст. м. Радянська	120,3	20,1	0,2

Таблиця 4.3 – Середній час затримки виїзду МТЗ на вул. Пушкінській

Адреса зупинки	Час руху	Час простою на зупинці	Час затримки виїзду
1	2	3	4
Напрямок руху від центру міста			
вул. Пушкінська, 1	0	0	0,5
вул. Пушкінська, 30	94,5	38,8	0
вул. Пушкінська, 50/52	89,6	38,4	6
вул. Пушкінська, 74А	88,5	30	7,2
вул. Пушкінська, 96-98	110,7	28,6	0,5
вул. Пушкінська, 83	82,3	12,5	0
Напрямок руху до центру міста			
вул. Пушкінська, 83	0	0	0,4
вул. Пушкінська, 100	49,6	10,8	0,2
вул. Пушкінська, 77	88,1	57,3	0,6
вул. Пушкінська, 49	99,6	36	5,5
вул. Пушкінська, 28	115,5	12,3	25,5
вул. Пушкінська, 1	74,7	157,3	1

З проведених досліджень (табл. 4.2 – 4.3) видно, що на деяких зупинках вулиць Сумська та Пушкінська спостерігаються значні затримки при виїзді МТЗ при цьому також існують зупинки на, яких в більшості випадків затримок не виникало.

За допомогою розроблених математичних моделей було визначено середній час затримки виїзду МТЗ при різних рівнях інтенсивності ТП, які в подальшому можуть бути на досліджуваних ділянках вулиць Сумська та Пушкінська у зв'язку з можливим підвищенням рівня автомобілізації (додатку Ф). Середні значення часу затримки виїзду МТЗ в залежності від довжини віддалення до чи після перехрестя за розробленими математичними моделями представлено на рис. 4.7, 4.8.

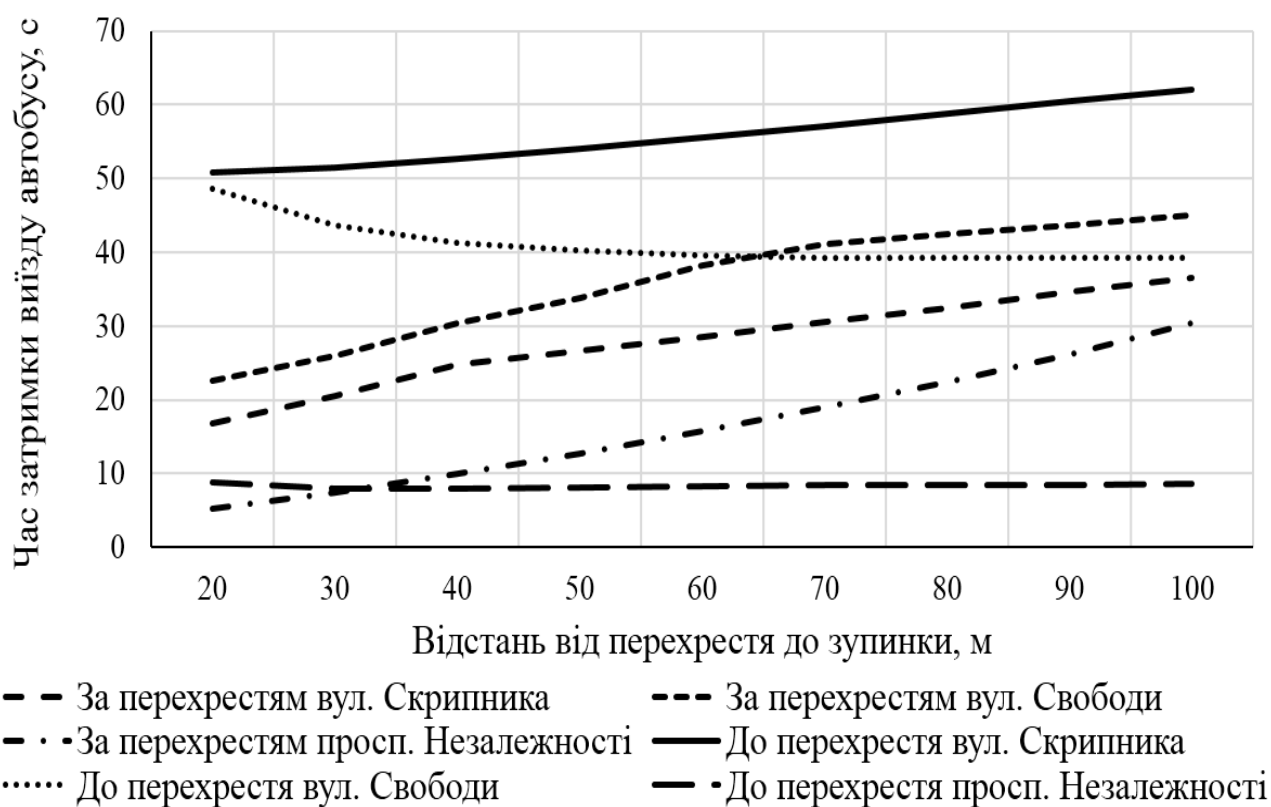


Рисунок 4.7 – Середній час затримки виїзду МТЗ при розміщенні зупинки до чи після перехрестя на вул. Сумської

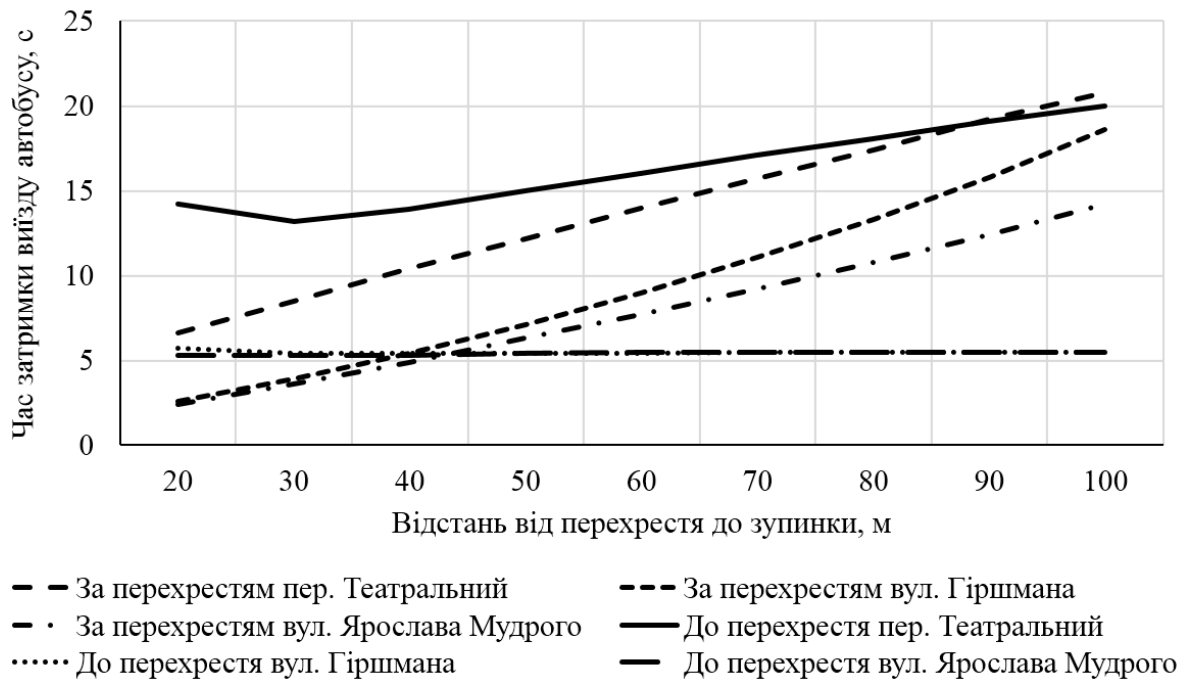


Рисунок 4.8 – Середній час затримки виїзду МТЗ при розміщенні зупинки до чи після перехрестя на вул. Пушкінської

З проведених розрахунків видно, що на всіх розглянутих перехрестях більш доцільним буде розміщення зупиночного пункту на мінімально допустимій відстані 10 м за перехрестям (рис. 4.7, 4.8). У разі необхідності розміщення зупинки далі ніж 10 м її раціональне місце розташування в кожному конкретному випадку буде різне. У результаті проведених досліджень було зроблено висновок про необхідність передислокації ЗП. Виходячи з цього в роботі запропоновано передислокувати зупинки на яких було виявлено затримки виїзду МТЗ (табл. 4.2, 4.3), як представлено в табл. 4.4 та 4.5.

Таблиця 4.4 – Розміщення зупиночних пунктів на вул. Сумська

Перехрестя	Адреса зупинки	Місце розташування		Відстань від перехрестя, м	
		Факт	План	Факт	План
вул. Скрипника	вул. Сумська 15	за	за	160	10
вул. Свободи	вул. Сумська 48	за	за	200	10
просп. Незалежності	вул. Сумська 43Б	до	до	72	20
	вул. Сумська 80	за	за	61	10

Таблиця 4.5 – Розміщення зупиночних пунктів на вул. Пушкінська

Перехрестя	Адреса зупинки	Місце розташування		Відстань від перехрестя, м	
		Факт	План	Факт	План
пер. Театральний	вул. Пушкінська, 28	до	до	13	20
вул. Гіршмана	вул. Пушкінська, 50/52	до	за	28	10
	вул. Пушкінська, 49	до	за	48	10
вул. Ярослава Мудрого	вул. Пушкінська, 74А	до	за	20	40

Слід зазначити, що перехрестя, як об'єкт дорожньої мережі має суттєвий вплив на характер руху ТП, при цьому такий вплив є різним в залежності від знаходження ТП по відношенню до перехрестя, тобто автомобілі наближаються до перехрестя або віддаляються від нього. Тому в роботі перш ніж проводити передислокацію зупинок, спочатку було визначено межі зони впливу перехрестя на ТП. Для цього було прийнято, що межею впливу перехрестя на автомобілі, які віддаляються від перехрестя є відстань на якій, автомобілі завершують прискорення і виходять на постійну швидкість руху, табл. 4.6.

$$L_v = \frac{V_a^2}{2 \cdot a_1} \quad (4.6)$$

Таблиця 4.6 – Відстань впливу перехрестя на автомобілі в залежності від швидкості та прискорення

Прискорення автомобіля, м/с	Швидкість руху автомобілів в вільному потоці, км/год.							
	10	20	30	40	50	60	70	80
0,7	6	26	46	86	140	206	258	346
0,8	6	23	40	76	123	181	226	303
0,9	5	20	36	67	109	161	201	269
1	5	18	32	61	98	145	181	242
1,1	4	16	29	55	89	131	164	220
1,2	4	15	27	50	82	120	150	202

З іншого боку відстань на якій, перехрестя починає впливати на автомобілі, які наближаються до перехрестя визначається довжиною черги автомобілів перед світлофором цього перехрестя, при цьому відстань з якої автомобілі починають гальмувати при наближенні до черги не враховується

$$L_v = n_{cp} \cdot (l_a + l_d), \quad (4.7)$$

де n_{cp} – середня кількість автомобілів в черзі, од;

l_a – середня довжина легкового автомобіля, м;

l_d – середня довжина дистанції між автомобілями, м.

$$n_{cp} = \sum_{k=1}^{K_0} \frac{k \cdot \rho^k}{1 + \rho + \rho^2 + \dots + \rho^{K_0}}, \quad (4.8)$$

де k – кількість автомобілів, од.;

ρ – ймовірність створення черги (2.59);

K_0 – максимальна кількість автомобілів в черзі, од.

Результати розрахунку відстані до якої зберігається вплив перехрестя на ТП наведено в табл. 4.7.

Таблиця 4.7 – Відстань впливу перехрестя на ТП в залежності від інтенсивності ТП

Параметри	Інтенсивність ТП, авт./год.						
	500	600	700	800	900	1000	1100
Кількість автомобілів в черзі, од	1	2	3	14	20	29	39
Відстань впливу перехрестя на ТП, м	6	12	18	84	120	174	234

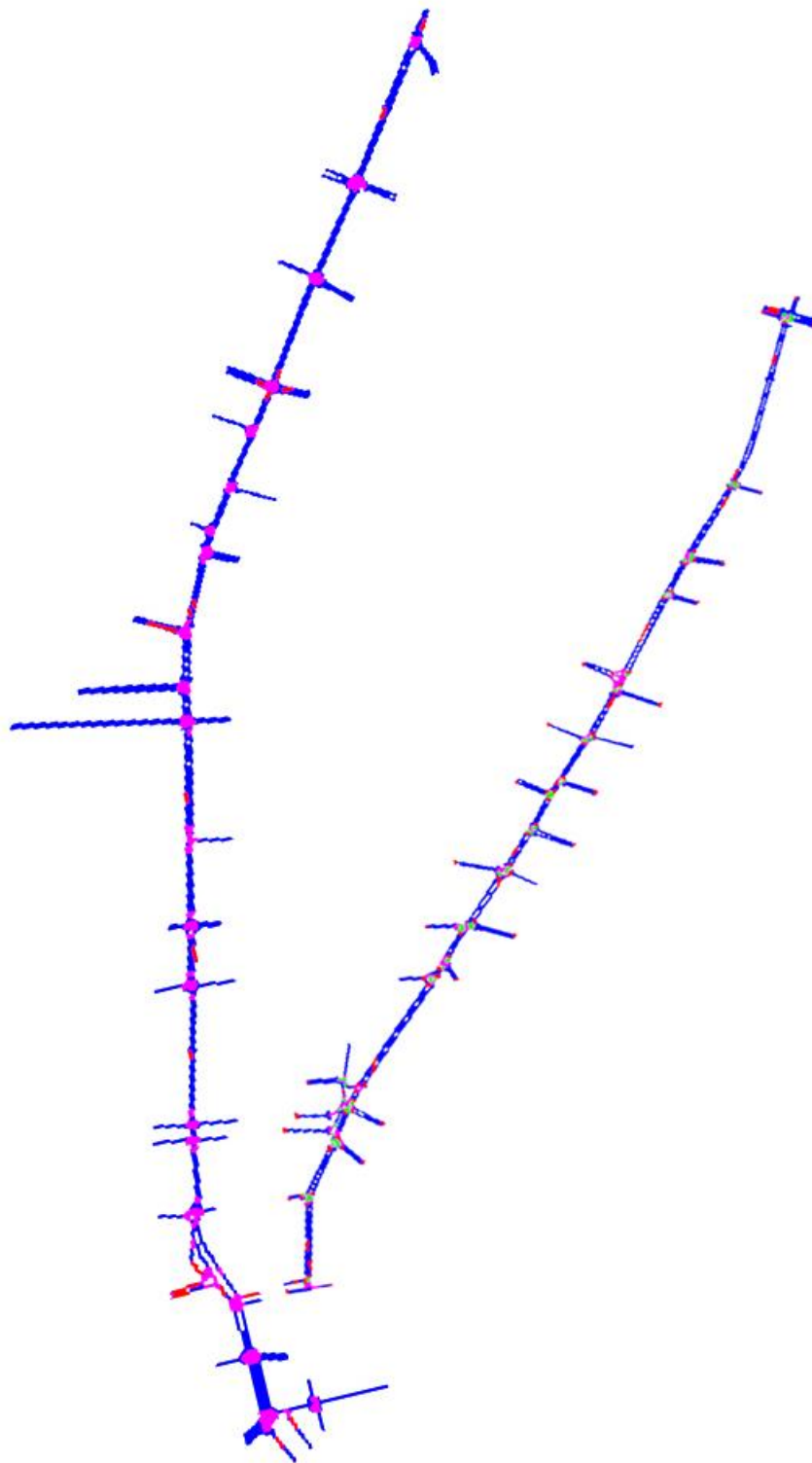
З таблиць 4.6 та 4.7 видно, що вплив перехрестя на ТП зберігається в межах від 4 м до 234 м. При розміщенні зупинки за межами цієї відстані розрахунок часу затримки виїзду МТЗ після закінчення посадки та висадки пасажирів здійснюється

без врахування параметрів роботи світлофора (формула 2.50). Тобто таке розміщення зупинки вважається на перегоні. В нашому випадку всі переміщення зупинок на вулицях Пушкінська та Сумська виконуються до 234 м (табл. 4.4 та 4.5), тому для визначення часу затримки виїзду МТЗ були використані розроблені аналітичні моделі, які дозволяють враховувати параметри роботи перехрестя.

Для подальшої перевірки результатів моделювання за розробленими аналітичними моделями відповідно до табл. 4.4 та 4.5 було побудовано транспортні моделі вулиць Сумська та Пушкінська в програмному продукті VISSIM в яких також було проведено передислокацію ЗП. Порівняння результатів моделювання за аналітичними моделями та моделями побудованими в програмі VISSIM дозволило провести перевірку без будь-яких матеріальних затрат та ризику для учасників дорожнього руху. При цьому використання програми VISSIM для перевірки побудованих аналітичних моделей є доцільним так як одержані результати моделювання в цій програмі дозволяють з мінімальними матеріальними та трудовими ресурсами одержати дані, які найбільш схожі до даних на реальному об'єкті. Схематичне зображення моделей вулиць Пушкінська та Сумська, які побудовані в програмі VISSIM представлено на рис. 4.9, а їх загальні параметри наведено в табл. 4.8.

Таблиця 4.8 – Характеристики транспортних моделей

Параметри	вул. Пушкінська	вул. Сумська
Довжина досліджуваної ділянки, км	2,8	3,6
Кількість смуг руху	2	2
Кількість перехресть	19	21
Кількість перехресть з світлофорним регулюванням	5	11
Кількість маршрутів МПТ	2	10
Кількість зупиночних пунктів в обох напрямках	13	12



а) вул. Сумська

б) вул. Пушкінська

Рисунок 4.9 – Схема транспортних моделей в програмі VISSIM

В моделях цих вулиць в якості вхідних даних таких як, інтенсивність ТП та швидкість їх руху, які були визначені за допомогою програми VISUM (додат. Н, П).

Слід зазначити, що в програмі VISSIM розробниками не було закладено можливість автоматичного підрахунку часу затримки виїзду МТЗ з зупиночного пункту, тому ці досліді виконувалися спостерігачем, який фіксував за допомогою секундоміра цей час орієнтуючись на візуальну тримірну симуляцію цього процесу з екрану монітора. Після проведення розрахунків за розробленими аналітичними моделями та проведеними серіями дослідів на моделях побудованих в програмному продукті VISSIM (додаток X) було одержано наступні результати, табл. 4.9.

Таблиця 4.9 – Середній час затримки виїзду МТЗ

Адреса зупинки	Час затримки виїзду МТЗ, с		
	Натурні дослідження	Після корегування розташування зупинок	
		за розробленими моделями	в програмі Vissim
вул. Пушкінська, 50/52	6	0,93	3,5
вул. Пушкінська, 74А	7,2	3,2	4,2
вул. Пушкінська, 49	5,5	0,93	2,1
вул. Пушкінська, 28	25,5	18,2	20,5
вул. Сумська 80	13,7	2,3	5,6
вул. Сумська 43Б	15,3	10,05	8,2
вул. Сумська 48	77,9	7,43	10,8
вул. Сумська 15	25,8	2,6	4,1
Середнє значення	22,1	5,7	7,4
Загалом	176,9	45,64	59

Розроблена методика розрахунку часу затримки виїзду МТЗ з зупинки та вибору раціонального місця його розташування була застосована до вище зазначених ЗП з метою зниження транспортних затримок і часткового усунення впливу ЗП на рух ТП та зниження рівня аварійності на обраних ділянках ВДМ. Також в ході експерименту за допомогою програми VISSIM було визначено час руху громадського транспорту на зазначених вулицях (додаток Ц). Одержані середні значення наведені в табл. 4.10.

Таблиця 4.10 – Середній час руху МТЗ до та після втілення проектних рішень

Параметри	Сумська		Пушкінська	
	від центру міста	до центру міста	від центру міста	до центру міста
За натурними спостереженнями, с	678	573	535	438
До переміщення зупинок в програмі VISSIM, с	671	562	530	429
Після переміщення зупинок в програмі VISSIM, с	597	539	482	403

Подальше застосування даної методики на практиці дозволить скоротити кількість небезпечних ситуацій, що виникають у районі ЗП та знизити транспортні затримки громадського транспорту. В результаті перепланування розміщення зазначених зупиночних пунктів вдалося зменшити час затримки виїзду МТЗ з ЗП в середньому з 22 до 6 секунд, тобто на 73%, що дозволило зменшити час поїздки пасажирів в громадському транспорті на 9%.

Висновки до четвертого розділу

1. За результатами досліджень було встановлено, що найбільш ефективним з точки зору мінімальних витрат часу на пересування пасажирів є розміщення зупинки на мінімально допустимій відстані за перехрестям, а при розміщенні зупинки до перехрестя на відстані від 30 м. Також було встановлено, що збільшення інтенсивності руху ТП затрудняє виїзд МТЗ з зупинки в наслідок чого спостерігається збільшення часу затримки виїзду.

2. Проведена перевірка різниці двох функцій результату залежності яких визначалися за розробленими аналітичними моделями та моделями побудованими в програмі VISSIM значення яких виступали в якості емпіричних даних показало, що відхилення між ними складає не більше 15%. Виходячи з цього розроблені моделі

мають достатню точність та можуть бути використані для вирішення задач раціонального розміщення ЗП.

3. Натурними дослідженнями було встановлено, що затримки виїзду МТЗ присутні на деяких ЗП вулиць Сумська та Пушкінська. При цьому на ЗП прос. Науки таких затримок не виявлено, що створює передумови стверджувати про функціональне застосування розроблених аналітичних моделей лише на вузьких ділянках ВДМ з одною або двома смугами руху транспорту.

4. Аналіз результатів розрахунку часу затримки виїзду МТЗ при збільшенні прогнозних значень інтенсивності ТП на ВДМ показав, що характер впливу зміни інтенсивності є не однаковим на різних ЗП і визначається характеристиками функціонування конкретного ЗП, але при цьому для кожного з розглянутих перехресть зберігається рекомендація щодо доцільності розташування ЗП на мінімально можливій відстані за перехрестям.

5. За рахунок переміщення ЗП на вулицях Сумська та Пушкінська вдалося зменшити час затримки виїзду МТЗ в середньому з 22 до 6 секунд. При цьому час проїзду на зазначених вулицях скоротився для громадського транспорту на 9%.

6. Отримані результати дозволяють зробити висновки що за допомогою розроблених математичних моделей можливо визначати раціональне місце розташування зупиночних пунктів по відношенню до регульованого перехрестя за рахунок мінімізації часу затримки виїзду МТЗ з ЗП після закінчення посадки та висадки пасажирів.

ВИСНОВКИ

1. Аналіз стану питання визначення раціонального місця розташування ЗП показав, що існуюча нормативна база носить лише рекомендаційний характер і не дозволяє одержати кількісну оцінку рівня їх функціонування. При цьому наявні методики визначення раціонального місця розташування ЗП здебільшого не мають теоретичного обґрунтування й носять статистичний характер, який обмежує наукову значимість результатів лише розглянутими в дослідженні об'єктами та суттєво звужує можливості їх практичного застосування.

2. Розроблені в роботі принципи моделювання й побудовані на їхній основі аналітичні моделі часу затримки відправлення МТЗ від ЗП дозволили встановити, що найбільш доцільним, з погляду економії часу пересування пасажирів, є розміщення зупинки за регульованим перехрестям на мінімально допустимій відстані 20 м, а при розміщенні зупинки перед перехрестям - на відстані від 30 м. Областю застосування розроблених аналітичних моделей є обладнані заїзними карманами зупинки, які розміщені на дорогах з однією смугою руху або зупинки без заїзного карману, які розміщені на дорогах із двома смугами руху, якщо одна з них зайнята припаркованими автомобілями, які змушують водія МТЗ виконувати маневр виїзду на смугу руху.

3. Розроблений підхід для оцінки різних умов функціонування МТЗ на ЗП, заснований на врахуванні довгострокових тенденцій зміни попиту на поїздки автомобілів та дозволяє врахувати динамічний характер транспортного процесу за рахунок введення в модель попиту умовного транспортного району, який описує транспортну мережу, що моделюється. Облік кількості ТЗ, які перебувають на транспортній мережі ЦЧМ Харкова в моменти початку та закінчення обстеження, дозволив практично повністю, на 96 %, скоротити дисбаланс місткостей ТР по відправленню та прибуттю автомобілів в моделі попиту та отримати адекватні прогнози попиту на довгостроковий період.

4. Експериментальна перевірка адекватності аналітичних моделей показала, що відмінність між емпіричною та розробленою функцією часу затримки відправлення МТЗ з ЗП не перевищує 15% для обох випадків розміщення зупинки щодо перехрестя, що свідчить про можливість використання цих моделей для оцінки часу затримки відправлення МТЗ з зупинки при виборі місця її розташування.

5. Оцінка умов експлуатації ЗП в ЦЧМ Харкова показала, що для кожного з розглянутих перехресть при різних значеннях інтенсивності зберігається рекомендація щодо доцільності розміщення ЗП на мінімально можливій відстані за перехрестям. При цьому підвищення значень кореспонденцій автомобілів між ТР більш ніж на 60% від сучасного рівня, приводить до значного зниження швидкості руху ТЗ на ВДМ. В таких умовах варіант розміщення ЗП практично не впливає на значення часу поїздки пасажирів в МТЗ, а поліпшення транспортної ситуації потребує інших планувальних заходів.

6. Раціональне розміщення восьми ЗП на вулицях Пушкінська та Сумська згідно розробленим у роботі рекомендаціям дозволяє зменшити час затримки відправлення МТЗ на 73% при сучасному рівні інтенсивності руху в центрі міста Харків. При цьому середній час поїздки пасажирів у МТЗ на зазначених вулицях скорочується на 9%.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Горбачов П.Ф. Закономірності зміни інтенсивності обміну транспортних засобів на елементах транспортної мережі міста / П.Ф. Горбачов, О.С. Колій // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2008. – № (36) 6/3. – С. 24 – 27.
2. Горбачов П.Ф. Закономірності формування місткості центральної частини м. Харкова по прибуттю та відправленню автомобілів / П.Ф. Горбачов, О.С. Колій // Вісник ХНАДУ. – 2010. – №49. – С. 127 – 129.
3. Горбачов П.Ф. Визначення завантаження автомобілями центральної частини м. Харкова на основі закономірностей щільності паркування. / П.Ф. Горбачов, О.С. Колій // Автомобільний транспорт. – 2010. – № 27. – С. 69 – 72.
4. Горбачов П.Ф. Моделювання прибуття і відправлення автомобілів у транспортних районах центральної частини міста Харкова. / П.Ф. Горбачов, О.С. Колій, В.М. Чижик // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – 2011. – №5(159). – С. 264 – 269.
5. Горбачов П.Ф. Методика расчета емкостей транспортных районов с учетом динамических процессов в транспортной системе / П.Ф. Горбачов, О.С. Колій // Автомобільний транспорт. – 2012. – № 30. – С. 139 – 143.
6. Горбачов П.Ф. Особенности формирования емкостей транспортных районов прибытия и отправления автомобилей для центральной части города Харькова / П. Ф. Горбачов, О.С. Колій // Вісник ХПІ, Збірник наукових праць. – 2013. – № 56(1029). – С. 55 – 60.
7. Горбачов П.Ф. Параметры движения маршрутного автомобильного пассажирского транспорта в центральной части г. Харькова / П.Ф. Горбачов, А.І. Воронков, О.С. Колій, І.Н. Нікітченко // Вісник ХНАДУ. – 2013. – № 60. – С. 34 – 37.

8. Горбачов П.Ф. Визначення часу затримки виїзду автобусу з зупиночного пункту в потік автомобілів / П.Ф. Горбачов, О.С. Колій // Автомобільний транспорт. – 2014. – №35. – С. 116 – 122.

9. Horbachov P. Badania procesów parkowania w centralnej części miasta Charkowa / P. Horbachov, V. Naumov, O. Kolii // zeszyty naukowo–techniczne stowarzyszeń inżynierów i techników komunikacji Rzeczypospolitej Polskiej oddział w Krakowie. – 2013. – № 1(100)72013. – P. 125 – 134.

10. Horbachov P. Estimation of the bus delay at the stopping point on the base of traffic parameters / P. Horbachov, V. Naumov, O. Kolii // Archives of Transport. –2015. – Vol. 35(3). – P. 15 – 25.

11. Колій О.С. Визначення місткості транспортних районів з урахуванням щільності завантаження автомобілями транспортної мережі / О.С. Колій // Транспортные проблемы крупнейших городов: материалы междунар. науч.–практ. конф., Харьков, 12 – 16 марта 2012 г.: тезисы докладов. – Харьков: ХНАГХ, 2012. – С. 19 – 20.

12. Колій А.С. Методика балансировки емкостей транспортных районов прибытия и отправления автомобилей в центральной части г. Харькова / А.С. Колій // Совершенствование организации дорожного движения и перевозок пассажиров и грузов : сб. науч. трудов по материалам междунар. науч.–техн. конф., 19 апреля 2012 г., Минск / Белорус. нац. техн. ун. – М. : БНТУ, 2013. – С. 120 – 127.

13. Колій О.С. Визначення закономірностей інтенсивності обміну автомобілів на ділянках транспортної мережі міста / О.С. Колій // Логістика промислових регіонів: зб. наук. праць за матеріалами четвертої міжнар. наук.–практ. конф., Донецьк, 23–25 квітня 2012 р. – Донецьк: ЛАНДОН–ХХІ, 2012. – С. 223 – 225.

14. Колій О.С. Визначення часу затримки виїзду автобусу з зупиночного пункту в потік автомобілів / О.С. Колій // Підвищення надійності машин і обладнання : зб. наук. праць за матеріалами восьмої всеукраїнської наук.–практ. конф. студентів

та аспірантів, Кіровоград, 16 – 18 квітня 2014 р. – Кіровоград: КНТУ, 2014. – С. 164 – 166.

15. Пат. 92076 Україна, МПК G08G 1/09 (2006.01), UA 92076 U. Спосіб визначення обсягів прибуття та відправлення транспортних засобів до міського транспортного району / Денисенко О.В., Колій О.С., Свічинський С.В.; заявник і патентовласник Харківський національний автомобільно–дорожній університет. – № u 2014 02621; заявл. 17.03.14; опубл. 25.07.14, Бюл. №14.

16. Пат. 110729 Україна, МПК G08G 1/09 (2006.01), UA 110729 U. Спосіб визначення обсягів прибуття та відправлення транспортних засобів до міського транспортного району / Денисенко О.В., Колій О.С.; заявник і патентовласник Харківський національний автомобільно–дорожній університет. – № u2014 02622; заявл. 17.03.14; опубл. 10.02.16, Бюл. №3.

17. А. с. Методика коректування місткостей транспортних районів на основі врахування динамічних процесів у транспортній системі / О.С. Колій (Україна). – № 52553 ; зареєстровано 13.12.13.

18. Спири́н И.В. Перевозки пассажиров городским транспортом : справ. пособие / Спири́н И.В. – М. : ИКЦ "Академкнига", 2004. – 413 с.

19. Свічинський С. В. Формування функцій розселення міського населення для визначення потреб у перевезеннях громадським транспортом: автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.22.01 / С. В. Свічинський ; Харк. нац. автомоб. – дор. ун – т. – Х., 2015. – 20 с.

20. Варелопуло Г.А. Организация движения и перевозок на городском пассажирском транспорте / Варелопуло Г.А. – М.: Транспорт, 1990. – 208 с.

21. Дуднев Д.И. Организация перевозок пассажиров автомобильным транспортом / Д.И. Дуднев, М.И. Климова, А.А. Менн. – М.: Транспорт, 1974. – 296 с.

22. Спири́н И.В. Организация и управление пассажирскими автомобильными перевозками / И.В. Спири́н. – М.: Издательский центр «Академия», 2003. – 400 с.

23. Гудков В.А. Пассажирские автомобильные перевозки / В.А. Гудков, Л.Б. Миротин, А.В. Вельможин, С. А. Ширяев; под ред. В. А. Гудкова. – М.: Горячая линия – Телеком, 2004. – 448 с.

24. Автомобільні перевезення та організація дорожнього руху: Довідник. Пер. з англ. /В.У. Ренкін, С. Халберт та ін – М.: Транспорт, 1981. р
25. Споруди транспорту. Вулиці та дороги населених пунктів : ДБН В.2.3–5–2001. – [Чинний від 2001–08–01]. – К.: Управлінням інженерного захисту територій та промислової забудови Держбуду України, 2001. – 49 с.
26. Афанасьев Л.Л. Пассажирские автомобильные перевозки / Л.Л. Афанасьев, А.И. Воркут, А.Б. Дьяков и др. – М.: Транспорт, 1986. – 220 с.
27. Містобудування. Планування і забудова міських і сільських поселень : ДБН 360–92. – [Чинний від 2009–04–10]. – К.: Державний комітет україни у справах містобудування і архітектури, 2009. – 142 с.
28. Штанов В.Ф. Организация перевозок пассажиров автомобильным транспортом / В.Ф. Штанов, Г.А. Поберезкин, В.И. Ищенко, А.И. Чумаченко. – Киев: Техника, 1988. – 94 с.
29. Блатнов М.Д. Пассажирские автомобильные перевозки: Учебник для автотранспортных техникумов / М.Д. Блатнов. — 3 – е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1981. – 222 с.
30. Миронов А.Н. О создании системы изучения и спроса населения на услуги автомобильного транспорта / А.Н. Миронов, А.А. Михайлов // Совершенствование организации и управления перевозочным процессом на пассажирском автомобильном транспорте. – М.: НИИАТ, 1988. – С. 152 – 169.
31. Ефремов И. С. Теория городских пассажирских перевозок. [учеб. пособие для вузов.] / В. М. Кобозев, В. А. Юдин. — М.: Высш. школа, 1980. — 535 с.
32. Сорокин А. А. Предпосылки к формированию имитационных моделей системы городского пассажирского транспорта / А. А. Сорокин // Вузовская наука – Северо–Кавказскому региону – Ставрополь: СевКав–ГТУ. – 2006. – С. 208–209.
33. Грачев В. В. Определение пропускной способности остановочных пунктов на современном этапе развития пассажирских перевозок/ В. В. Грачев, И. П. Димова // Вестник ИрГТУ. – 2008. – № 4(36). – С. 66–70.

34. Исхаков М. М. Комплексное исследование остановочных пунктов городского транспорта г. Оренбурга/ М. М. Исхаков, В. И. Рассоха // Вестник ОГУ. – 2007. – № 9. – С. 207 – 214.

35. Кажаяев А. А. Снижение конфликтных ситуаций на остановочных пунктах маршрутных сетей городского пассажирского транспорта: автореф. дис. на получение науч. степени канд. техн. наук: спец. 05.22.01 «Транспортные и транспортно-технологические системы страны, её регионов и городов, организация производства на транспорте» / А.А. Кажаяев. – М., 2012. – 19 с.

36. Єрмак О. М. Розташування зупиночних пунктів міського пасажирського транспорту: автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.22.01 / О. М. Єрмак; Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. – Х., 2010. – 14 с.

37. Калюжний М. В. Визначення довжини перегону маршруту міського пасажирського автомобільного транспорту : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.22.01 / М. В. Калюжний; Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. – Х., 2011. – 21 с.

38. Димова И. П. Повышение эффективности функционирования остановочных пунктов городского пассажирского транспорта и движения транспортных средств в зоне их влияния: автореф. дис. на получение науч. степени канд. техн. наук: спец. 05.22.10 «Эксплуатация автомобильного транспорта» / И. П. Димова. – Тюмень, 2009. – 18 с.

39. Зедгенизов А. В. Повышение эффективности дорожного движения на остановочных пунктах городского пассажирского транспорта: автореф. дис. на получение науч. степени канд. техн. наук: спец. 05.22.10 «Эксплуатация автомобильного транспорта» / А. В. Зедгенизов. – Иркутск, 2008. – 20 с.

40. Пугачев И.Н. Организация и безопасность движения/ И. Н. Пугачев. – Хабаровск.: ХГТУ, 2004. – 232 с.

41. Мягков В. Н. Математическое обеспечение градостроительного проектирования / В. Н. Мягков, Н. С. Пальчиков, В. П. Федоров. – Л. : Наука, 1989. – 145 с.

42. Гольц Г. А. Транспорт и расселение / Г. А. Гольц. – М. : Наука, 1981. – 248 с.

43. Ortuzar J. de D. Modelling transport. Third edition / J. de D. Ortuzar, L. G. Willumsen. – John Wiley & Sons Ltd. 2006. – 499 p.

44. Транспортная модель города Перми в программном комплексе PTV Vision Visum [Электронный ресурс] / Александра Нестерова // Центр дорожной информации. – 2012. – Режим доступа. : <http://road.perm.ru/index.php?id=315>

45. Мижега Н. Я. Трудовые связи в крупном городе / Н.Я. Мижега, С. С. Мохначук, Н. Д. Пистун, В. М. Юрковский, В. Н. Пересекин. – К. : Вища школа, 1984. – 152 с.

46. Гуревич Г. А. Изучение транспортных потребностей – основа совершенствования работы пассажирского транспорта / Г.А. Гуревич, Г.И. Кузнецов, А. А. Михайлов // Автомобильный транспорт. Серия 4. Пассажирские перевозки автомобильным транспортом. Научно–технический реферативный сборник – М. : Издательство ЦБНТИ, 1980. – № 2. – С. 1 – 5.

47. Ahrens G. A. Wenn zwei das Gleiche tun, erheben sie noch lange nicht dasselbe. Die Haushaltsbefragungen, Mobilität in Deutschland / J. Hellenschmidt, F. Ließke, R. Wittwer // Internationales Verkehrswesen, Deutscher Verkehrsverlag GmbH – Hamburg. – 2007. –№6. – S. 270–274.

48. Ahrens G. A. Mobilitätsentwicklung ostdeutscher Städte Ergebnisse des Systems repräsentativer Verkehrsbefragungen (SrV) / F. Ließke , R. Wittwer //Herbert Wichmann Verlag, Hüthig GmbH & Co. KG, Heidelberg. – 2005. –№41. – S. 1–20.

49. Ahrens G.–A. Mehr Autos – aber weniger Verkehr / F. Ließke, R. Wittwer //Eurailpress Tetzlaff–Hestra GmbH & Co. KG. – 2005. –№1/2. – S. 23–26.

50. Badrow A. Die Krux der Vergleichbarkeit / A. Badrow, F. Ließke, R. Follmer, U. Kunert // Der Nahverkehr. – 2002. – Т. 20. – №. 9. – S. 20–24.

51. Ließke F. 30 Jahre System repräsentativer Verkehrsbefragungen (SrV) auch im Land Brandenburg/ F. Ließke// MSWV–Aktuell. – 2002. – № 4. – S. 41–48.

52. Ahrens, G.–A. (K) eine nachhaltige Verkehrsentwicklung? Das System repräsentativer Verkehrsbefragungen (SrV) als Seismograph verkehrlicher Veränderungen/G.–A. Ahrens, A. Badrow, F. Ließke //Wissenschaftliche Zeitschrift der Technischen Universität Dresden. – 2000. – Т. 49. – № 6. – S. 15–18.

53. Market segmentation as a result from TU Dresden's continuous travel-data collection (SrV) and related EVA travel-demandmodelling: Paper presented on the THINK-UP workshop "Segmentation of passenger markets – users" in Dresden. – Dresden. – 2000.

54. Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen / [Dipl.-Soz. Robert Follmer]. – Berlin. – Mobilität in Deutschland, 2002. – 24 s.

55. Wermuth M. Kraftfahrzeugverkehr in Deutschland – KiD. Verkehrsbefragung im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen / M. Wermutha, H. Hautzingerb, C. Neefa, W. Stock // Institut für Verkehr und Stadtbauwesen Technische Universität Braunschweig. – 2002. – 21 s.

56. Методы сбора транспортной информации и принятия решений при создании новых дорог и системы общественного транспорта, германский опыт : материалы круглого стола ["Транспорт и экономический рост"], (2004 г.) / А.В. Астапенко, Файт Аппельт, С.А. Семенов. – Т. 16.

57. Использование GPS технологий для мониторинга транспортных и пешеходных потоков) [Электронный ресурс] / Р.Ю. Лагереv, Г.Ю. Засадьвовк, Т.С. Ковалева // Транспортные системы городов и зон их влияния – 2012. – С. 27–31. – Режим доступа. : <http://waksman.ru/Russian/Konference/2012/CaptV.pdf>

58. Галуев Г.А. Нейросетевая система автоматической идентификации номерных знаков автомобилей/ Г.А. Галуев, А.С. Тараненко // Искусственный интеллект. – 2002. – № 4. – С. 666–674.

59. Транспортные потоки автомобильных дорог и городских улиц (практические приложения) [Электронный ресурс] / В.М. Маркуц // Транспортные системы городов и зон их влияния – 2008. – С. 101 – Режим доступа. : <http://markuts.wmsite.ru/ftpgetfile.php?id=55>

60. Заблоцкий Г. А. Транспорт в городе / Г. А. Заблоцкий. – Киев : Будивельник, 1986. – 96 с.

61. Мижега Н. Я. Трудовые связи в крупном городе / Н.Я. Мижега, С. С. Мохначук, Н. Д. Пистун, В. М. Юрковский, В. Н. Пересекин. – К. : Вища школа. Головное издательство, 1984. – 152 с.

62. Ugge Al. *Matematickí metody při dopravním resení měst* / Al Ugge. – Praha. 1965. – 59 s.
63. Schwarz H. *Methoden zur Erstellung von Verkehrsprognosen* / H. Schwarz. – Н : "Strassen und Tiefbau", 1964. – 78s.
64. Поляков А. А. *Организация движения на улицах и дорогах* / А. А. Поляков. – М. : Изд. "Транспорт", 1965. – 80 с.
65. Fratar T. J. *Vehicular Trip Distribution by Successive Approximation* / T. J. Fratar // *Traffic Quarterly*. – 1954. – №8. – P. 53 – 65.
66. Carrothers G. A. P. *An historical review of the gravity and potential concepts of human interaction* / G. A. P. Carrothers// *American Instit. Planners*. – 1956. – № 22. – P. 94–102.
67. Wilson A. G. *A statistical theory of spatial distribution models*/A. G. Wilson // *Transpn. Res.* – 1967. № 1. – P. 253–270.
68. Wilson A. G. *A family of spatial interaction models and associated developments*/ A. G. Wilson // *Envir. & Plan. A*. – 1971. – №. 3. – P. 255–282.
69. Лившиц В. В. *Математическая модель случайно–детерминированного выбора и ее применение для расчета трудовых корреспонденций* / Лившиц В. В. – М.: ЦНИИП градостроительства, 1973. – С. 39–57.
70. Попков Ю. С. *Системный анализ и проблемы развития городов* / Ю. С. Попков, М. В. Посохин, А. Э. Гутнов, Б. Л. Шмульян – М.: Наука. – 1983. – 512 с.
71. Cliff A. D., Martin R. L., Ord J. K. *Evaluating the friction of distance parameter in gravity models* / A. D. Cliff, R. L. Martin, J. K. // *Ord Regional Studies*. – 1974. – № 8. – P. 281–286.
72. Sheppard E. S. *Gravity parameter estimation* / E. S. Sheppard // *Geographical Analysis*. – 1979. – № 11. – P. 120–132.
73. Лившиц В. В. *Системная концентрации города и математическое моделирование адаптационного поведения городского населения* / Лившиц В. В. – М.: Стройиздат, 1974. – С. 138.

74. Лившиц В. В. Калибровка и проверка гравитационной статистической модели трудовых корреспонденции / В. В. Лившиц, А. И. Стрыбников. – М.: ЦНИИП градостроительства, 1983. – С. 101.

75. Sen A. Maximum likelihood estimation of gravity model parameters / A. Sen // *Regional Sci.* – 1986. № 26. – P. 461–474.

76. Шацкий Ю. Л. Расчет схемы расселения и трудовых корреспонденция при разработке генерального плана города / Ю. Л. Шацкий // Развитие системы городского транспорта. Киев. – 1971. – № 4. – С. 3–14.

77. Шелейховский Г. В. Композиция городского плана как проблема транспорта / Г. В. Шелейховский. – М. : Издательство «ГИПРГОР», 1946. – 129 с.

78. Вилсон А. Дж. Энтропийные методы моделирования сложных систем / А. Дж. Вилсон. – М. : Наука, 1978. – 248 с.

79. Гуревич Г. А. Анализ расчетных методов построения матрицы межостановочных корреспонденций пассажиров / Г. А. Гуревич, Г. И. Кузнецов, В. Ш. Крупник // Автомобильный транспорт. Серия 4. Пассажирские перевозки автомобильным транспортом. Научно–технический реферативный сборник – М.: Издательство ЦБНТИ, 1980. – № 2. – С. 24 – 33.

80. Машина И. И. Моделирование пассажиропотоков города с использованием объемных стохастических сетей : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 08.00.13 / И. И. Машина. [Институт прикладной математики и механики АН УССР]. – К., 1989. – 14 с.

81. Булычева Н. В. Расчет пассажиропотоков и оптимизация параметров маршрутных схем / Н. В. Булычева, В. П. Федоров // Математические методы в управлении городскими транспортными системами. – 1979. – С. 65 – 90.

82. Лопатин А. П. Моделирование перевозочного процесса на городском пассажирском транспорте / А. П. Лопатин. – М. : Транспорт, 1985. – 144 с.

83. Мальгин А. Н. Разработка и исследование моделей многоцелевых передвижений населения в транспортной сети : автореф. дис. ... канд. техн. Наук 01.01.11 / А. Н. Мальгин ; [Институт социально–экономических проблем АН СССР]. – М., 1988. – 20 с.

84. Мальгин А. Н. Расчет пассажирских корреспонденций в городах с учетом их возможной реализации на транспортной сети / А. Н. Мальгин // Моделирование процессов управления транспортными системами, тезисы докладов всесоюзной конференции. – 1977. – С. 35 – 38.
85. Wilson A. G. A statistical theory of spatial distribution models / A. G. Wilson // *Transpn. Res.* – 1967. – № 1. – P. 253–270.
86. Wilson A. G. A family of spatial interaction models and associated developments / A. G. Wilson // *Envir. & Plan. A.* – 1971. – № 3. – P. 255–282.
87. Wilson A. G. Entropy in urban and regional modelling / A. G. Wilson. – London: Pion, 1970, – P. 166.
88. Popkov Yu. S. Macro systems theory and its applications / Yu. S. Popkov. – Berlin: Springer Verlag, 1995. – 230 s.
89. Harris B. Equilibrium values and dynamics of attractiveness terms in production–constrained spatial–interaction models/ B. Harris, A. G. Wilson // *Envir. & Plan.* – 1978. – № 10. – P. 371 – 388.
90. Haynes K. E. Gravity and spatial interaction models / K. E. Haynes, A. S. Fotheringham. – Beverly Hills : Sage publications, 1984. – Т. 2. – 333 p.
91. Fotheringham A. S. New set of spatial–interaction models: the theory of competing destinations/ A. S. Fotheringham // *Envir. & Plan. A.*, – 1983. – № 15. – P. 15–36.
92. Fotheringham A. S. Modelling hierarchical destination choice/ A. S. Fotheringham // *Envir. & Plan. A.* – 1986. – № 18. – P. 401–418.
93. Stouffer S. A. Intervening opportunities: a theory relating mobility and distance / S. A. Stouffer // *American Sociological Review.* – 1940. – № 5. – P. 845–867.
94. Greenshields B.D. A study of traffic capacity / B.D. Greenshields // *Highway Res. Board Proc.* – 1934. – № 14. – 448–477 p.
95. Lighthill M. J. On kinematic waves: II. A theory of traffic on long crowded roads/ M. J. Lighthill, G. B. Whitham // *Proc. Roy. Soc. London, Ser. A.* – 1955. – № 229. – P. 281–345.
96. Richards P. I. Shock Waves on the Highway/ P. I. Richards // *Oper. Res.* – 1956. – № 4. – P. 42–51.

97. Уизем Дж. Б. Линейные и нелинейные волны / Дж. Б. Уизем. – М.: Мир, 1977. – 638 с.
98. Whitham G. B. Linear and Nonlinear Waves /G. B. Whitham. – N.Y.: Wiley, 1974. – 629 p.
99. Whitham G. B. Lectures on Wave Propagation /G. B. Whitham. – Berlin: Springer, 1979. – 136 p.
100. Gazis D. C. Traffic Science / D. C. Gazis. – N.Y.: Wiley, 1974. – 293 p.
101. Newell G. F. A simplified theory of kinematic waves in highway traffic, I General theory, II Queueing at freeway bottlenecks, III Multi-destination flows/Newell G. F. // Transpn. Res. B., – 1993. – № 27. – P. 281–313.
102. Daganzo C. F. A finite difference approximation of the kinematic wave model of traffic flow/ Daganzo C. F. // Transpn. Res. B., – 1995. – № 29. – P. 261–276.
103. Daganzo C. F. The cell transmission model: A dynamic representation of highway traffic consistent with the hydrodynamic theory/ Daganzo C. F. // Transpn. Res. B., – 1994. – № 28. – P. 269–287.
104. Daganzo C. F. The cell transmission model, Part II: Network traffic/ Daganzo C. F. // Transpn. Res. B. – 1995. – № 29. – P. 79–93.
105. Payne H.J. Models of freeway traffic and control / H.J. Payne // Mathematical Models of Public Systems – 1971. – № 1. – P. 51–61.
106. Payne H. J. A critical review of a macroscopic freeway model / Payne H. J. // Research Directions in Computer Control of Urban Traffic Systems. Ed. Levine W. S. N.Y.: Amer. Soc. of Civil Engineers, – 1979. – P. 251–265.
107. Payne H. J. A macroscopic simulation model of freeway traffic / Payne H. J. // Transpn. Res. Rec., – 1979. – № 722. – P. 68–77.
108. Papageorgiou M. Applications of Automatic Control Concepts to Traffic Flow Modeling and Control / M. Papageorgiou. – Berlin: Papageorgiouч SpringerVerlag, 1983. – 186 p.
109. Rathi A. K., Lieberman E. B., Yedlin M. Enhanced FREFLO: Modeling of congested environments / A. K. Rathi, E. B. Lieberman, M. Yedlin // Transpn. Res. Rec., – 1987. – № 1112. – P. 61–71.

110. Cremer M., Traffic prediction and optimization using an efficient macroscopic simulation tool / M. Cremer M. // *Modelling and Simulation 1993*. Ed. Pave A., Soc. Comput. Simulation Int., Ghent., – 1993. – P. 515–519.
111. Cremer M., Papageorgiou M. Parameter identification for a traffic flow model // *Automatica*. – 1981. – № 17. – P. 837–843.
112. Phillips W. F. A kinetic model for traffic flow with continuum implications/ W. F. Phillips // *Transpn. Plan. Technol.*, – 1979. – № 5. – P. 131–138.
113. Phillips W. F. A new continuum traffic model obtained from kinetic theory/ W. F. Phillips // *Proc. 1978 IEEE Conf. Decision and Control*. N.Y.: IEEE. – 1979. – P. 1032–1036.
114. Kühne R. D. Macroscopic freeway model for dense traffic_ Stop–start waves and incident detection/ R. D. Kühne // *Proc. 9th Int. Sympos. Transport. and Traffic Theory*. Ed. Hamerslag R. Utrecht: VNU Science. – 1984. – P. 21–42.
115. Kühne R. D. Freeway speed distribution and acceleration noise_ Calculations from a stochastic continuum theory and comparison with measurements / R. D. Kühne // *Proc. 10th Int. Sympos. on Transport. and Traffic Theory*. Ed. Gartner N. H. N.Y.: Elsevier. – 1987. – P. 119–137.
116. Kühne B. S. Cluster effect in initially homogeneous traffic flow/ B. S. Kühne, P. Konhäuser // *Phys. Rev. E.*, – 1993. – № 48. – P. 2335–2338.
117. Kerner B. S. Three–phase traffic theory and highway capacity / B. S. Kerner // *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*. – 2004. – № 333. – P. 379–440.
118. Kerner B. S. Cluster effect in initially homogeneous traffic flow / B. S. Kerner, P. Konhäuser // *Physical Review E*. – 1993. – T. 48. – №. 4. – P. 2335–2338.
119. Kerner B. S. Structure and parameters of clusters in traffic flow / B. S. Kerner, P. Konhäuser // *Physical Review E*. – 1994. – T. 50. – №. 1. – P. 54–83.
120. Kerner B. S. Deterministic spontaneous appearance of traffic jams in slightly inhomogeneous traffic flow / B. S. Kerner, P. Konhäuser, M. Schilke // *Physical Review E*. – 1995. – T. 51. – №. 6. – P. 6243 – 6246.

121. Kerner B. S. Formation of traffic jams caused by fluctuations and random processes in traffic flow / B. S. Kerner, P. Konhäuser, M. Schilke // Proc. 7th World Conf. Transport Res. Ed. Hensher D. V. 2. Oxford: Pergamon, – 1995. – P. 167–182.
122. Kerner B. S. Dipole-layer” effect in dense traffic flow / B. S. Kerner, P. Konhäuser, M. Schilke // Physics Letters A. – 1996. – T. 215. – № 1. – P. 45–56.
123. Pavari-Fontana S. L. On Boltzmann-like treatments for traffic flow: a critical review of the basic model and an alternative proposal for dilute traffic analysis / Pavari-Fontana S. L. // Transportation Research. – 1975. – T. 9. – № 4. – P. 225–235.
124. Helbing D. Improved fluid-dynamic model for vehicular traffic / D. Helbing // Physical Review E. – 1995. – T. 51. – №. 4. – C. 3164 – 3169.
125. Daganzo C. F. Requiem for second-order fluid approximations of traffic flow / C. F. Daganzo // Transportation Research Part B: Methodological. – 1995. – T. 29. – №. 4. – P. 277–286.
126. Prigogine I. A Boltzmann-like approach to the statistical theory of traffic flow / I. Prigogine. – Amsterdam: Elsevier, 1961. – 789 p.
127. Prigogine I. A Boltzmann-like approach for traffic flow / I. Prigogine, F. C. Andrews // Operations Research. – 1960. – T. 8. – № 6. – P. 789–797.
128. Prigogine I. Kinetic Theory of Vehicular Traffic / I. Prigogine, R. Herman. – N.Y.: Elsevier, 1971. – 100 p.
129. Reuschel A. Fahrzeugbewegungen in der Kolonne / A. Reuschel // Österreichisches Ingenieur Archiv. – 1950. – T. 4. – P. 193–215.
130. Pipes L. A. An operational analysis of traffic dynamics / L. A. Pipes // Journal of applied physics. – 1953. – T. 24. – № 3. – P. 274–281.
131. Chandler R. E. Traffic dynamics: studies in car following / R. E. Chandler, R. Herman, E. W. Montroll // Operations research. – 1958. – T. 6. – № 2. – P. 165–184.
132. Gazis D. C. Nonlinear follow-the-leader models of traffic flow / D. C. Gazis, R. Herman, R. W. Rothery // Operations research. – 1961. – T. 9. – №. 4. – P. 545–567.
133. Newell G. F. Nonlinear effects in the dynamics of car following / G. F. Newell // Opns. Res. – 1961. – № 9. – P. 209–229.

134. Bando M. Structure stability of congestion in traffic dynamics / M. Bando, K. Hasebe, A. Nakayama, A. Shibata, Y. Sugiyama // *Jpn. J. Industr. Appl. Math.* – 1994. – T. 11. – № 2. – P. 203–223.
135. Bando M. Dynamical model of traffic congestion and numerical simulation / M. Bando, K. Hasebe, A. Nakayama, A. Shibata, Y. Sugiyama // *Physical Review E.* – 1995. – T. 51. – № 2. – P. 1035–1042.
136. Gipps P. G. A behavioural car following model for computer simulation / P. G. Gipps // *Transportation Research Part B: Methodological.* – 1981. – T. 15. – № 2. – P. 105–111.
137. Krauss S. Continuous limit of the Nagel–Schreckenberg model / S. Krauss, P. Wagner, C. Gawron // *Physical Review E.* – 1996. – T. 54. – № 4. – P. 3707–3712.
138. Krauss S. Metastable states in a microscopic model of traffic flow / S. Krauss, P. Wagner, C. Gawron // *Physical Review E.* – 1997. – T. 55. – № 5. – P. 5597–5602.
139. Helbing D. Generalized force model of traffic dynamics / D. Helbing, B. Tilch // *Physical Review E.* – 1998. – T. 58. – № 1. – P. 133–138.
140. Traffic simulation supporting urban control system development : mobility for everyone. 4th world congress on intelligent transport systems (21–24 october 1997) / T. Bleile. – BERLIN.: ITS Congr. Association. – 1997. – 318 p.
141. Tomer E. Presence of many stable nonhomogeneous states in an inertial car–following model / E. Tomer, L. Safonov, S. Havlin // *Physical review letters.* – 2000. – T. 84. – № 2. – P. 382–385.
142. Explanation of observed features of self–organization in traffic flow [Электронный ресурс] / M. Treiber, D. Helbing // Institute of Theoretical Physics, University of Stuttgart. – 1999. – Режим доступа.: <http://arxiv.org/pdf/cond-mat/9901239.pdf>
143. Treiber M. Congested traffic states in empirical observations and microscopic simulations / M. Treiber, A. Hennecke, D. Helbing // *Physical Review E.* – 2000. – T. 62. – № 2. – P. 1805–1824.
144. Kesting A. Enhanced intelligent driver model to access the impact of driving strategies on traffic capacity / A. Kesting, M. Treiber, D. Helbing // *Philosophical Trans-*

actions of the Royal Society of London A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences. – 2010. – Т. 368. – № 1928. – P. 4585–4605.

145. Liebner M. Driver intent inference at urban intersections using the intelligent driver model / M. Liebner, et al. // Intelligent Vehicles Symposium. – 2012. – № 4. – P. 1162–1167.

146. Modeling and software tools for freeway operational planning [Электронный ресурс] / А. А. Kurzhanskiy // Electrical Engineering and Computer Sciences University of California at Berkeley. – 2007. – P. 175. – Режим доступа: <http://www.eecs.berkeley.edu/Pubs/TechRpts/2007/EECS-2007-148.pdf>

147. Куржанский А. А. Роль макро моделирования в активном управлении транспортной сетью / А. А. Куржанский, А. Б. Куржанский, П. Варайя // Труды МФТИ. – 2010. – Т. 2. – № 4(8). – С. 100–118.

148. Daganzo C. F. The cell transmission model: A dynamic representation of highway traffic consistent with the hydrodynamic theory / C. F. Daganzo // Transportation Research Part B: Methodological. – 1994. – Т. 28. – № 4. – P. 269–287.

149. Daganzo C. F. The cell transmission model, Part II: Network traffic / C. F. Daganzo // Transportation Research Part B: Methodological. – 1995. – Т. 29. – № 2. – P. 79–93.

150. Sumalee A. Stochastic cell transmission model (SCTM): A stochastic dynamic traffic model for traffic state surveillance and assignment / A. Sumalee et al. // Transportation Research Part B: Methodological. – 2011. – Т. 45. – № 3. – P. 507–533.

151. Hadiuzzaman M., Qiu T. Z. Cell transmission model based variable speed limit control for freeways/ M. Hadiuzzaman, T. Z. Qiu // Canadian Journal of Civil Engineering. – 2013. – Т. 40. – № 1. – P. 46–56.

152. Фон Нейман, Дж. Теория самовоспроизводящихся автоматов / Дж. Фон Нейман. – М.: УРСС, 2010. – 384 с.

153. Cremer M. A fast simulation model for traffic flow on the basis of Boolean operations / M. Cremer, J. Ludwig // Mathematics and Computers in Simulation. – 1986. – Т. 28. – № 4. – P. 297–303.

154. Nagel K. A cellular automation model for freeway traffic / K. Nagel, M. Schreckenberg // *Journal de physique I.* – 1992. – Т. 2. – № 12. – P. 2221–2229.
155. Chowdhury D. Statistical physics of vehicular traffic and some related systems / D. Chowdhury, L. Santen, A. Schadschneider // *Physics Reports.* – 2000. – Т. 329. – № 4. – P. 199–329.
156. Nagatani T. The physics of traffic jams / T. Nagatani // *Reports on progress in physics.* – 2002. – Т. 65. – № 9. – P. 1331–1386.
157. Nagel K. Deterministic models for traffic jams / K. Nagel, H. J. Herrmann // *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications.* – 1993. – Т. 199. – № 2. – P. 254–269.
158. Nagel K., Schreckenberg M. A cellular automaton model for freeway traffic / K. Nagel, M. Schreckenberg // *Journal de physique I.* – 1992. – Т. 2. – № 12. – P. 2221–2229.
159. Осетрін М.М., Стельмах О.В. Особливості автомобілізації міст України. // Науково – технічний збірник КНУБА. – Київ: КНУБА. – 2000.
160. Закон України про дорожній рух [Електронний ресурс].– Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/1306-2001-%D0%BF/page>
161. Хейт Ф. Математическая теория транспортных потоков / Ф. Хейт. – М.: Мир, 1966. – 286 с.
162. Дрю Д. Теория транспортных потоков и управление ими / Д. Дрю. – М.: Транспорт, 1972. – 424 с.
163. Cascetta E. Transportation systems engineering: theory and methods / E. Cascetta. – U.S.A.: Springer Science & Business Media, 2013. – Т. 49. – 736 p.
164. Лобанов Е. М. Транспортная планировка городов / Е. М. Лобанов – М.: Транспорт, 1990. – 240 с.
165. Шацкий Ю. А. Расчет схемы расселения и трудовых корреспонденции при разработке генерального плана города / Ю. А. Шацкий // *Журн. Развитие системы городского транспорта.* — 1971. — №4.— С. 3—14.

166. Ефремов И.С. Городской пассажирский транспорт и АСУ транспорта : [конспект лекций] / И.С. Ефремов, Г.А. Гольц; под ред. В.М. Кобозева. – М.: Наука, 1988. – 480 с. – Теория городских пассажирских перевозок; часть первая.
167. Горбачев П. Ф. Основы теории транспортных систем : учеб, пособие / П. Ф. Горбачев, И. А. Дмитриев – Х. : Издательство ХНАДУ, 2002. – 202 с.
168. Ortuzar J. de D. Modelling transport. Fourth edition / J. de D. Ortuzar, L. G. Willumsen. – John Wiley & Sons Ltd. 2011, – 586 p.
169. Россолов А. В. Влияние условий передвижения на выбор пары «жильё–работа» / П. Ф. Горбачёв, А. В. Россолов // Автомобильный транспорт. – 2007. – № 21. – С. 64 – 68.
170. Горбачов П. Ф. Оцінка впливу транспортних факторів на результати вибору людиною робочого місця / П. Ф. Горбачов // Вестник Харьковского национального автомобильно–дорожного университета. – 2008. – № 43. – С. 86 – 91.
171. Горбачов П. Ф. Оцінка ймовірності вибору одного з трьох робочих місць внаслідок економії часу пересування / П. Ф. Горбачов // Вестник ХНАДУ : Сборник научн. трудов. – 2009. – № 45. – С. 51 – 53.
172. Mokhtarian P. L. Modeling Employees' Perceptions and Proportional Preferences of Work Locations : The Regular Workplace and Telecommuting Alternatives / P. L. Mokhtarian, M. N. Bagley // Transportation Research. – 2000. – Part A № 34 (2000). – P. 223 – 242.
173. Россолов А.В. Совершенствование интервальной концепции определения спроса на услуги пассажирского маршрутного транспорта в крупных городах: дис. ... кандидата технических наук.: 05.22.01 / Россолов Александр Викторович. – Х., 2012. – 215 с.
174. Венецкий И.Г. Основные математико–статистические понятия и формулы в экономическом анализе / И.Г. Венецкий, В.И. Венецкая. – М.: Статистика, 1979. – 447 с.
175. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика / В.Е. Гмурман – М.: Высш. шк., 2004. – 479 с.

176. Венецкий И.Г. Основные математико–статистические понятия и формулы в экономическом анализе / И.Г. Венецкий, В.И. Венецкая – М.: Статистика, 1979. – 447 с.
177. Минько А.А. Статистический анализ в MS EXCEL / А.А. Минько – М.: Издательский дом «Вильямс», 2004. – 448с.
178. Бурко Д.Л. Подход к определению перспективного уровня автомобилизации в городах / Д.Л. Бурко // Восточно–европейский журнал передовых технологий.– 2008. – Вып. № 6/6.– С. 33–36.
179. Boerner W.M., Ho C–M., and Foo B.Y., Use of Radon’s projection theory in electromagnetic inverse scattering. / W.M. Boerner, IEEE Trans. AntennasPropagat. vol. AP – 24, p. 360 – 367, Mar 1981.
180. Світлофори дорожні. Загальні технічні вимоги, правила застосовування та вимоги безпеки : ДСТУ 4092–2002. – [Чинний від 2003–01–01]. – К.: Держстандарт України, 2003. – 27 с.

Додаток А

Список публікацій за темою дисертації та відомості про апробацію

Публікації в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

1. Горбачов П.Ф. Закономірності зміни інтенсивності обміну транспортних засобів на елементах транспортної мережі міста / П.Ф. Горбачов, О.С. Колій // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2008. – № (36) 6/3. – С. 24 – 27.
2. Горбачов П.Ф. Закономірності формування місткості центральної частини м. Харкова по прибуттю та відправленню автомобілів / П.Ф. Горбачов, О.С. Колій // Вісник ХНАДУ. – 2010. – №49. – С. 127 – 129.
3. Горбачов П.Ф. Визначення завантаження автомобілями центральної частини м. Харкова на основі закономірностей щільності паркування. / П.Ф. Горбачов, О.С. Колій // Автомобільний транспорт. – 2010. – № 27. – С. 69 – 72.
4. Горбачов П.Ф. Моделювання прибуття і відправлення автомобілів у транспортних районах центральної частини міста Харкова. / П.Ф. Горбачов, О.С. Колій, В.М. Чижик // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – 2011. – №5(159). – С. 264 – 269.
5. Горбачов П.Ф. Методика расчета емкостей транспортных районов с учетом динамических процессов в транспортной системе / П.Ф. Горбачов, О.С. Колій // Автомобільний транспорт. – 2012. – № 30. – С. 139 – 143.
6. Горбачов П.Ф. Особенности формирования емкостей транспортных районов прибытия и отправления автомобилей для центральной части города Харькова / П. Ф. Горбачов, О.С. Колій // Вісник ХПІ, Збірник наукових праць. – 2013.– № 56(1029). – С. 55 – 60.
7. Горбачов П.Ф. Параметры движения маршрутного автомобильного пассажирского транспорта в центральной части г. Харькова / П.Ф. Горбачов,

А.І. Воронков, О.С. Колій, І.Н. Нікітченко // Вісник ХНАДУ. – 2013.– № 60. – С. 34 – 37.

8. Горбачов П.Ф. Визначення часу затримки виїзду автобусу з зупиночного пункту в потік автомобілів / П.Ф. Горбачов, О.С. Колій // Автомобільний транспорт. – 2014. – №35. – С. 116 – 122.

9. Horbachov P. Badania procesów parkowania w centralnej części miasta Charkowa / P. Horbachov, V. Naumov, O. Koliy // zeszyty naukowo-techniczne stowarzyszeń inżynierów i techników komunikacji Rzeczypospolitej Polskiej oddział w Krakowie. – 2013. – № 1(100)72013. – P. 125 – 134.

10. Horbachov P. Estimation of the bus delay at the stopping point on the base of traffic parameters / P. Horbachov, V. Naumov, O. Koliy // Archives of Transport. –2015. – Vol. 35(3). – P. 15 – 25.

Публікації які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

11. Колій О.С. Визначення місткості транспортних районів з урахуванням щільності завантаження автомобілями транспортної мережі / О.С. Колій // Транспортные проблемы крупнейших городов: материалы междунар. науч.-практ. конф., Харьков, 12 – 16 марта 2012 г.: тезисы докладов. – Харьков: ХНАГХ, 2012. – С. 19 – 20.

12. Колий А.С. Методика балансировки емкостей транспортных районов прибытия и отправления автомобилей в центральной части г. Харькова / А.С. Колий // Совершенствование организации дорожного движения и перевозок пассажиров и грузов : сб. науч. трудов по материалам междунар. науч.-техн. конф., 19 апреля 2012 г., Минск / Белорус. нац. техн. ун. – М. : БНТУ, 2013. – С. 120 – 127.

13. Колій О.С. Визначення закономірностей інтенсивності обміну автомобілів на ділянках транспортної мережі міста / О.С. Колій // Логістика промислових регіонів: зб. наук. праць за матеріалами четвертої міжнар. наук.-практ. конф., Донецьк, 23-25 квітня 2012 р. – Донецьк: ЛАНДОН-XXI, 2012. – С. 223 – 225.

14. Колій О.С. Визначення часу затримки виїзду автобусу з зупиночного пункту в потік автомобілів / О.С. Колій // Підвищення надійності машин і обладнання

: зб. наук. праць за матеріалами восьмої всеукраїнської наук.-практ. конф. студентів та аспірантів, Кіровоград, 16 – 18 квітня 2014 р. – Кіровоград: КНТУ, 2014. – С. 164 – 166.

Публікації які додатково відображають наукові результати дисертації:

15. Пат. 92076 Україна, МПК G08G 1/09 (2006.01), UA 92076 U. Спосіб визначення обсягів прибуття та відправлення транспортних засобів до міського транспортного району / Денисенко О.В., Колій О.С., Свічинський С.В.; заявник і патентовласник Харківський національний автомобільно-дорожній університет. – № u 2014 02621; заявл. 17.03.14; опубл. 25.07.14, Бюл. №14.

16. Пат. 110729 Україна, МПК G08G 1/09 (2006.01), UA 110729 U. Спосіб визначення обсягів прибуття та відправлення транспортних засобів до міського транспортного району / Денисенко О.В., Колій О.С.; заявник і патентовласник Харківський національний автомобільно-дорожній університет. – № u2014 02622; заявл. 17.03.14; опубл. 10.02.16, Бюл. №3.

17. А. с. Методика коректування місткостей транспортних районів на основі врахування динамічних процесів у транспортній системі / О.С. Колій (Україна). – № 52553 ; зареєстровано 13.12.13.

Основні результати дисертаційної роботи було розкрито у доповідях:

18. Закономірності формування ємності обміну транспортних засобів на елементах транспортної мережі. 72 науково-технічна та науково-методична сесія університету, Харків, 12 – 16 травня 2008 р., ХНАДУ. Форма участі – очна.

19. Моделювання ємностей прибуття та відправлення транспортних засобів у транспортних районах міста. 73 науково-технічна та науково-методична сесія університету, Харків, 18 – 22 травня 2009 р., ХНАДУ. Форма участі – очна.

20. Визначення матриці кореспонденцій транспортних пересувань в центральній частині міста Харкова. 74 науково-технічна та науково-методична конференція, присвяченої 80 – річчю ХНАДУ, Харків, 19 – 23 квітня 2010 р., ХНАДУ. Форма участі – очна.

21. Розробка моделі визначення завантаження автомобілями вулично-дорожньої мережі центральної частини м. Харкова. 75 науково-технічна та науко-

во-методична конференція університету, Харків, 18 – 22 квітня 2011 р., ХНАДУ. Форма участі – очна.

22. Моделювання завантаження автомобілями вулично-дорожньої мережі центральної частини м. Харкова. 76 науково-технічна та науково-методична конференція університету, Харків, 9 – 13 квітня 2012 р., ХНАДУ. Форма участі – очна.

23. Моделювання функціонування дорожньо-транспортної системи центральної частини м. Харкова на мікрорівні. 77 науково-технічна та науково-методична конференція університету, Харків, 13 – 17 травня 2013 р., ХНАДУ. Форма участі – очна.

24. Визначення раціонального розташування зупинного пункту міського пасажирського транспорту. 78 науково-технічна та науково-методична конференція університету, Харків, 12 – 16 травня 2014 р., ХНАДУ. Форма участі – очна.

25. Раціональне розташування зупинних пунктів автобусних та тролейбусних маршрутів на вулично-дорожній мережі міста. 79 науково-технічна та науково-методична конференція університету, Харків, 12 – 15 травня 2015 р., ХНАДУ. Форма участі – очна.

26. Раціональне розташування зупинних пунктів автобусних та тролейбусних маршрутів. 80 науково-технічна та науково-методична конференція університету, Харків, 10 – 13 травня 2016 р., ХНАДУ. Форма участі – очна.

27. Визначення місткості транспортних районів з урахуванням щільності завантаження автомобілями транспортної мережі. Транспортные проблемы крупнейших городов, междунар. науч.-практ. конф., Харків, 12-16 марта 2012 г., ХНАГХ. Форма участі – заочна.

28. Методика балансировки емкостей транспортных районов прибытия и отправления автомобилей в центральной части г. Харькова. Совершенствование организации дорожного движения и перевозок пассажиров и грузов, междунар. науч.-техн. конф., Минск, 19 апреля 2012 г., БНТУ. Форма участі – заочна.

29. Визначення закономірностей інтенсивності обміну автомобілів на ділянках транспортної мережі міста. Логістика промислових регіонів, четверта міжнар. наук.-практ. конф., Донецьк, 23-25 квітня 2012 р. Форма участі – заочна.

30. Визначення часу затримки виїзду МТЗ з зупиночного пункту в потік автомобілів. Підвищення надійності машин і обладнання, восьма всеукраїнська наук.-практ. конф. студентів та аспірантів, Кіровоград, 16-18 квітня 2014 р., КНТУ. Форма участі – заочна.

Додаток Б

Назви вулиць та перехресть з кодовими номерами

Таблиця Б.1 – Кодування перехресть

Код	Назви перехрестя	Код	Назви перехрестя
1	2	3	4
1002	вул. Клочківська - узвіз Клочківський	3062	вул. Ярослава Мудрого - вул. Мироносицька
1005	узвіз Клочківський - пр. Незалежності	3063	вул. Гуданова - вул. Політехнічна
1006	пр. Незалежності - вул. Ромен Роллана	3064	вул. Пушкінська - вул. Чайковського
1007	вул. Клочківська - Рогатинський проїзд	3069	вул. Олеся Гончара - вул. Алчевських
1008	вул. Клочківська - вул. Лопанська	3084	вул. Маяковського - вул. Мироносицька
1009	вул. Херсонська - вул. Лопанська	3089	вул. Пушкінська - вул. Студентська
1010	вул. Клочківська - Досвідний пров.	3091	вул. Олеся Гончара - вул. Мироносицька
1012	вул. Клочківська - пров. Кравцова	3101	вул. Скрипника - вул. Гоголя
1039	вул. Скрипника - вул. Сумська	3102	вул. Скрипника - вул. Чернишевська
1047	вул. Сумська - вул. Гіршмана	3104	вул. Пушкінська - вул. Скрипника
1050	пл. Свободи - вул. Сумська1	3105	вул. Дружин Мироносиць - вул. Чернишевська
1051	пл. Свободи - вул. Сумська2	3106	вул. Пушкінська - вул. Маршала Бажанова
1052	пр. Незалежності - вул. Сумська	3107	вул. Дарвіна - вул. Революції
1053	пл. Свободи - пр. Науки	3108	вул. Дарвіна - пров. Синельникова
1055	пр. Науки - пр. Незалежності	3109	пров. Синельникова - узвіз Белгородський
1056	вул. Сумська - вул. Данилевського	3110	вул. Красіна - пров. Червонопрапорна
1057	вул. Трінклера - вул. Данилевського	3111	вул. Дружин Мироносиць - вул. Мироносицька
1058	вул. Сумська - вул. Ярослава Мудрого	3112	вул. Гоголя - пров. Мар'яненка
1065	пр. Незалежності - вул. Трінклера	3113	вул. Чернишевська - пров. Мар'яненка
1068	вул. Культури - вул. Сумська	3114	вул. Гіршмана - вул. Мироносицька
1070	вул. Сумська - вул. Динамівська	3115	вул. Гіршмана - вул. Чернишевська
1071	в'їзд Трінклера - вул. Весніна	3116	вул. Мироносицька - вул. Свободи
1085	вул. Маяковського - вул. Сумська	3117	вул. Свободи - вул. Чернишевська
1090	вул. Літературна - пр. Незалежності	3118	вул. Алчевських - вул. Свободи
1096	вул. Сумська - вул. Дружин Мироносиць	3119	вул. Пушкінська - вул. Мистецтв
1099	вул. Данилевського	3120	вул. Пушкінська - вул. Багалія
1107	узвіз Клочківський - пл. Свободи	3121	вул. Пушкінська - Пушкінський в'їзд
1109	вул. Данилевського - вул. Літературна	3122	вул. Пушкінська - вул. Максиміліанівська
1110	вул. Данилевського - пров. Самокиша	3123	вул. Алчевських - Пушкінський в'їзд
1112	вул. Данилевського - вул. Ромен Роллана	3125	вул. Каразіна - вул. Мироносицька
1113	вул. Чичибабіна - вул. Ромен Роллана	3126	вул. Каразіна - вул. Чернишевська
1114	пр. Науки - вул. Чичибабіна	3127	вул. Каразіна - вул. Алчевських
1115	вул. Павлівська - вул. Мирна	3128	вул. Мироносицька - вул. Костомарівська
1116	вул. Юри Зойфера - вул. Данилевського	3129	вул. Чернишевська - вул. Гаршина

Продовження таблиці Б.1

1	2	3	4
1117	вул. Ромен Роллана - пл. Свободи	3130	вул. Чернишевська - вул. Костомарівська
1118	вул. Юри Зойфера - пл. Свободи	3131	вул. Чернишевська - вул. Маяковського
1119	вул. Юри Зойфера - вул. Б.Чичибабіна	3132	вул. Чернишевська - вул. О. Гончара
1120	пр. Незалежності - вул. Юри Зойфера	3133	вул. Алчевських - вул. Весніна
1121	узвіз Клочківський - вул. Данилевського	3134	вул. Алчевських - вул. Маяковського
1122	узвіз Клочківський - вул. Б.Чичибабіна	3135	вул. Алчевських - вул. Костомарівська
1123	вул. Транклера - пл. Свободи	3136	вул. Алчевських - вул. Гаршина
1124	пров. Кравцова - вул. Римарська	3137	вул. Алчевських - пров. Алчевських
1125	вул. Павлівська - вул. Сухумська	3138	вул. Весніна - вул. Мироносицька
1126	вул. Павлівська - вул. Заліська	3140	вул. Алчевських - вул. Мироносицька
1127	вул. Павлівська - вул. Софіївська	3141	вул. Сумська - вул. Алчевських
1128	вул. Павлівська - вул. Бородинівська	3142	вул. Алчевських - пл. 1 - го Травня
1129	вул. Павлівська - вул. Севастопольська	3143	вул. Весніна - пров. Алчевських
1130	вул. Лопанська - вул. Севастопольська	3145	вул. Пушкінська - Іподром
1131	вул. Лопанська - вул. Бородинівська	3146	вул. Пушкінська - вул. Весніна
1132	вул. Лопанська - вул. Софіївська	3147	вул. Пушкінська - вул. Лермонтовська
1133	вул. Лопанська - вул. Заліська	3148	вул. Студентська - пров. Студентський
1134	вул. Лопанська - вул. Сухумська	3149	вул. Чайковського - вул. Труфанова
1135	вул. Херсонська - вул. Бородинівська	3150	вул. Труфанова - вул. Челюскінців
1136	вул. Херсонська - вул. Софіївська	3151	вул. Челюскінців - вул. Труфанова
1137	вул. Херсонська - вул. Заліська	3153	вул. Челюскінців - вул. Шевченка
1138	вул. Херсонська - вул. Сухумська	3154	пров. Данилівський - вул. Шевченка
1139	вул. Сухумська - пров. Херсонський	3155	вул. Челюскінців - пров. Данилівський
1140	вул. Сухумська - пров. Херсонський	3156	вул. Матюшенко - вул. Шевченка
1141	вул. Сухумська - пров. Дергачівський	3160	вул. Мистецтв - пров. Краснознаменський
1142	пров. Дергачівський - вул. Дергачівська	3162	вул. Політехнічна - вул. Багалія
1143	пров. Досвідний - вул. Дергачівська	3163	вул. Політехнічна - вул. Максиміліанівська
1144	пров. Досвідний - Піщана наб.	3164	вул. Маршала Бажанова - вул. Садова
1146	вул. Дергачівська - пров. Річковий	3165	вул. Лермонтовська
1147	узвіз Клочківський - пров. Річковий	4014	вул. Клочківська - вул. Новгородська
1148	пров. Фроловський - узвіз Клочківський	4035	прос.Науки - вул. Бакуліна
1149	пров. Фроловський - пров. Річковий	4036	вул. Космічна - вул. Бакуліна
1151	пров. Білобровський - пров. Фроловський	4038	вул. Бакуліна - вул. Науки
1152	пров. Білобровський - пров. Річковий	4041	пров. Фанінський - вул. Динамівська
1153	пров. Білобровський - пров. Набережний	4043	вул. Трінклера - вул. Динамівська
1154	узвіз Клочківський - пров. Набережний	4056	пргосп.Науки - вул. Космічна
1155	пров. Білобровський - вул. Піщана	4066	вул. Коломенська - вул. Космічна
1156	Іванівська наб. - вул. Іванівська	4079	вул. Червоного Льотчика - вул. Бакуліна
1158	вул. Іванівська - пров. Фроловський	4080	вул. Авіаційна - вул. Бакуліна

Продовження таблиці Б.1

1	2	3	4
1159	вул. Іванівська - пров. Річковий	4081	пров. Фанінський - вул. Авіаційна
1160	вул. Іванівська - пров. Набережний	4082	вул. Шатилівська - вул. Кримська
1161	вул. Іванівська - вул. Піщана	4083	вул. Кримська - вул. Кр.Летчика
1162	вул. Клочківська - вул. Іванівська	4084	вул. Культури - вул. Науки
1163	вул. Клочківська - вул. Кутова	4085	вул. Самокиша - вул. Культури
1166	вул. Клочківська - пров. Кругова	4086	вул. Трінклера - Стадіон
1167	пров. Рогатинський - вул. Клочківська	4087	вул. Науки - вул. Культури
1168	вул. Клочківська - пров. Ботанічний	4088	вул. Трінклера - вул. Маяковського
1169	проїзд.Рогатинський - Іванівська наб.	4089	вул. Шатилівська - вул. Культури
1170	пров. Іванівський - Іванівська наб.	4090	вул. Саржинська - вул. Червоного Льотчика
1171	пров. Ботанічний - Іванівська наб.	4091	вул. Саржинська - вул. Рязанська
1172	вул. Мирна - вул. Лопанська	4092	пров. Мінський - вул. Саржинська
2013	вул. Клочківська - Бурсацький спуск	4093	вул. Мінська - вул. Червоного Льотчика
2014	вул. Клочківська - спуск Халтуріна	4094	вул. Мінська - вул. Рязанська
2015	вул. Клочківська - Полтавський шлях	4095	пров. Мінський - вул. Мінська
2016	вул. Клочківська - пл. Павлівська	4096	вул. Коломенська - вул. Червоного Льотчика
2017	вул. Університетська - пл. Павлівська	4097	вул. Мінська - вул. Авіаційна
2018	вул. Університетська - Банний пров.	4098	вул. Берестова - вул. Мінська
2019	вул. Університетська - вул. Кооперативна	4099	вул. Бородіна - вул. Мінська
2020	вул. Кооперативна - вул. Подольський	4100	вул. Кленовая - вул. Мінська
2021	вул. Кооперативна - вул. Плетнівський	4101	вул. Синельникова - вул. Новгородська
2022	вул. Кооперативна - Московський проспект	4102	вул. Кленовая - вул. Новгородська
2023	пл. Конституції - Московський проспект	4103	вул. Бородіна - вул. Новгородська
2024	пр. Павлівська - пл. Конституції	4104	вул. Берестова - вул. Новгородська
2025	пр. Московський - пров. Короленко	4105	вул. Рязанська - вул. Новгородська
2026	пр. Московський - пров. Слюсарний	4106	вул. Авіаційна - вул. Новгородська
2027	Спуск Халтуріна - вул. Університетська	4107	вул. Червоного Льотчика - вул. Новгородська
2028	пл. Конституції - вул. Пушкінська	4108	пров. Мінський - вул. Коломенська
2030	вул. Пушкінська - вул. Короленко	4109	пров. Путивльський - вул. Коломенська
2031	вул. Сумська - вул. Університетська	4110	вул. Коломенська - вул. Новгородська
2032	вул. Сумська - пл. Конституції	4111	вул. Новгородська - вул. Науки
2033	вул. Квітки - Основ'яненка - вул. Сумська	4112	просп.Науки - вул. Мінська
2034	Бурсацький спуск - вул. Римарська	4113	просп.Науки - вул. Новгородська
2036	вул. Пушкінська - вул. Чернишевська	4114	вул. Червоного Льотчика - вул. Ляпунова
2038	вул. Шевченка - вул. Маршала Бажинова	4115	вул. Авіаційна - вул. Ляпунова
2087	вул. Мечникова - вул. Пушкінська	4116	вул. Науки - вул. Ляпунова
2092	Плетнівський пров. - пл. Павлівська	4117	вул. Коломенська - вул. Бакуліна
2093	Соляниківський пров. - вул. Подольський	4118	пров. Фанінський - Спорткомплекс Зірка
2094	Лопатинський пров. - вул. Ковальська	4123	просп.Науки - вул. Серпова

Продовження таблиці Б.1

1	2	3	4
2095	Лопатинський пров. - Соляниківський пров.	4125	вул. Маяковського - вул. Трінклера
2098	пров. Короленко - вул. Короленко	4126	пров. Інженерний - Шатилова Дача
2099	пров. Банний - вул. Рибна	4127	вул. Бакуліна - пров. Інженерний
2100	вул. Університетська - вул. Рибна	4128	просп.Науки - Шатилова Дача
2101	вул. Кооперативна - пров. Лопатинський	4130	вул. Космічна - вул. Ромен Роллана
2102	вул. Кооперативна - пров. Троїцький	4131	ст. м. Наукова - вул. Космічна
2103	вул. Ковальська - пров. Троїцький	4132	вул. Ромен Роллана - вул. Культури
2104	вул. Ковальська - вул. Плетнівський	4133	вул. Павлівська - вул. Клочківська
2105	вул. Подольський - вул. Ковальська	4134	вул. Самарська - вул. Клочківська
2106	прос. Московський - пров. Кузнечний	4135	вул. Сухумська - вул. Самарська
2107	пров. Короленко - вул. Короленко	4136	Самарська - вул. Заліська
2108	пл. Павлівська - вул. Квітки - Основ'яненка	4137	вул. Софіївська - вул. Самарська
2109	пр. Соборний - вул. Квітки - Основ'яненка	4138	вул. Бородинівська - вул. Самарська
2110	вул. Університетська - пров. Совет	4139	вул. Севастопольська - вул. Самарська
2112	Бурсацький спуск - вул. Університетська	4140	вул. Мирна - вул. Самарська
2113	вул. Короленко - наб. Харківська	4147	вул. Мирна - вул. Близнюківська
2114	наб. Харківська - вул. Громадянська	4148	вул. Близнюківська - вул. Бородинівська
2115	наб. Харківська - пров. Музичний	4149	вул. Софіївська - вул. Близнюківська
2116	вул. Пушкінська - вул. Громадянська	4150	вул. Бородинівська - вул. Близнюківська
2117	вул. Громадянська - вул. Куликівська	4151	вул. Весела - вул. Мирна
2118	вул. Куликівська - вул. Воробьева	4152	вул. Софіївська - вул. Мирна
2119	вул. Пушкінська - вул. Воробьева	4153	вул. Близнюківська - вул. Клочківська
2120	вул. Куликівська - пров. Театральний	4154	вул. Софіївська - вул. Семена Кузнеця
2121	вул. Куликівська - пров. Музичний	4156	вул. Сумська - вул. Каразіна
2122	вул. Куликівська - пров. Фейербаха	4157	вул. Сумська - вул. Весніна
2123	пров. Театральний - вул. Садова	4158	Мост - пров. Фейербаха
2124	пров. Театральний - вул. Потебні	4159	Мост - Московський проспект
2125	пров. Театральний - вул. Дівоча	4160	Мост - пр. Гагарина
2127	вул. Маршала Бажанова - вул. Потебні	4161	Мост - вул. Греківська
2128	вул. Маршала Бажанова - вул. Дівоча	4162	Мост - Бурсацький узвіз
2129	вул. Революції - вул. Куликівська	4163	Мост - Полтавський Шлях
2130	вул. Куликівська - вул. Дарвіна	4164	Мост - Соборний узвіз
2131	вул. Клочківська - пров. Класичний	4165	вул. Сумська
2132	пров. Класичний - пров. Грабовського	4166	просп. Науки
2133	вул. Римарська - пров. Некрасова	4167	вул. Клочківська
2134	вул. Сумська - пров. Некрасова	4169	пров. Пискунівський
2135	вул. Сумська - пров. Грабовського	4170	вул. Гоголя - пл. Поезії
2136	пров. Мечникова - пров. Захаржевського	4171	вул. Журавлівський узвіз
2137	пров. Донець - Захаржевського - парк	4174	пров. Долинний - вул. Матюшенка

Продовження таблиці Б.1

1	2	3	4
2139	пр. Короленко - Вірменський пров.	4175	пров. Дьогтярний - вул. Челюскінців
3042	вул. Пушкінська - вул. Дарвіна	4176	вул. Галана - просп. Незалежності
3043	узвіз Белгородський - вул. Шевченка	4177	просп. Незалежності - просп. Науки
3044	вул. Гіршмана - вул. Пушкінська	4178	просп. Незалежності - вул. Ромен Роллана
3049	вул. Свободи - вул. Пушкінська	4179	просп. Незалежності - вул. Юри Зойфера
3059	вул. Ярослава Мудрого - вул. Чернишевська	4180	площ. Конституції - вул. Квітки - Основ'яненка
3060	вул. Алчевських - вул. Ярослава Мудрого	4181	вул. Клочківська - вул. Полтавський шлях
3061	вул. Пушкінська - вул. Ярослава Мудрого	4182	Бурсацький узвіз - вул. Клочківська

Додаток В

Загальне обстеження прибуття та відправлення автомобілів протягом робочого дня

Таблиця В.1 – Результати проведення обстеження протягом робочого дня

№	Початок	Закінчення	Прибуття	Відправлення	Наявність
1	2	3	4	5	6
1	8:00	8:05	5	2	3
2	8:05	8:10	2	2	3
3	8:10	8:15	4	0	7
4	8:15	8:20	4	2	9
5	8:20	8:25	2	5	6
6	8:25	8:30	3	3	6
7	8:30	8:35	1	1	6
8	8:35	8:40	4	0	10
9	8:40	8:45	2	1	11
10	8:45	8:50	1	1	11
11	8:50	8:55	3	1	13
12	8:55	9:00	3	1	15
13	9:00	9:05	1	1	15
14	9:05	9:10	2	2	15
15	9:10	9:15	1	2	14
16	9:15	9:20	5	4	15
17	9:20	9:25	1	2	14
18	9:25	9:30	0	1	13
19	9:30	9:35	5	0	17
20	9:35	9:40	4	2	18
21	9:40	9:45	4	2	19
22	9:45	9:50	0	1	18
23	9:50	9:55	2	1	19
24	9:55	10:00	0	0	19
25	10:00	10:05	1	1	19
26	10:05	10:10	1	1	19
27	10:10	10:15	2	0	21
28	10:15	10:20	0	1	20
29	10:20	10:25	0	0	20
30	10:25	10:30	0	2	18
31	10:30	10:35	5	4	19
32	10:35	10:40	0	0	19
33	10:40	10:45	0	0	19
34	10:45	10:50	3	3	19

Продовження таблиці В.1

1	2	3	4	5	6
35	10:50	10:55	4	2	21
36	10:55	11:00	2	5	18
37	11:00	11:05	2	2	18
38	11:05	11:10	2	2	19
39	11:10	11:15	2	4	16
40	11:15	11:20	2	0	19
41	11:20	11:25	0	2	17
42	11:25	11:30	4	2	20
43	11:30	11:35	1	2	19
44	11:35	11:40	2	1	21
45	11:40	11:45	2	2	20
46	11:45	11:50	0	2	17
47	11:50	11:55	2	2	17
48	11:55	12:00	1	1	17
49	12:00	12:05	3	1	19
50	12:05	12:10	3	2	20
51	12:10	12:15	2	3	19
52	12:15	12:20	4	3	20
53	12:20	12:25	0	2	18
54	12:25	12:30	1	0	19
55	12:30	12:35	0	0	19
56	12:35	12:40	0	1	18
57	12:40	12:45	1	0	19
58	12:45	12:50	1	1	19
59	12:50	12:55	1	2	18
60	12:55	13:00	1	2	17
61	13:00	13:05	2	1	18
62	13:05	13:10	1	1	18
63	13:10	13:15	2	1	19
64	13:15	13:20	1	4	16
65	13:20	13:25	2	0	18
66	13:25	13:30	2	1	19
67	13:30	13:35	1	1	19
68	13:35	13:40	5	3	21
69	13:40	13:45	1	3	19
70	13:45	13:50	2	5	16
71	13:50	13:55	0	0	16
72	13:55	14:00	2	1	17
73	14:00	14:05	0	1	16
74	14:05	14:10	2	1	17
75	14:10	14:15	2	5	14
76	14:15	14:20	2	0	16

Продовження таблиці В.1

1	2	3	4	5	6
77	14:20	14:25	0	1	15
78	14:25	14:30	2	1	16
79	14:30	14:35	0	1	15
80	14:35	14:40	1	1	15
81	14:40	14:45	3	4	14
82	14:45	14:50	0	2	12
83	14:50	14:55	2	0	14
84	14:55	15:00	2	2	14
85	15:00	15:05	3	2	15
86	15:05	15:10	1	2	14
87	15:10	15:15	3	3	14
88	15:15	15:20	2	1	15
89	15:20	15:25	2	1	16
90	15:25	15:30	2	1	17
91	15:30	15:35	1	1	17
92	15:35	15:40	0	1	16
93	15:40	15:45	4	1	19
94	15:45	15:50	0	1	18
95	15:50	15:55	1	1	18
96	15:55	16:00	1	0	19
97	16:00	16:05	0	2	17
98	16:05	16:10	3	2	18
99	16:10	16:15	0	0	18
100	16:15	16:20	0	3	15
101	16:20	16:25	3	1	17
102	16:25	16:30	1	1	17
103	16:30	16:35	1	0	18
104	16:35	16:40	0	4	14
105	16:40	16:45	2	1	15
106	16:45	16:50	2	1	16
107	16:50	16:55	2	1	17
108	16:55	17:00	0	3	14
109	17:00	17:05	1	1	14
110	17:05	17:10	2	3	13
111	17:10	17:15	2	0	15
112	17:15	17:20	0	1	14
113	17:20	17:25	3	4	13
114	17:25	17:30	1	0	14
115	17:30	17:35	1	2	13
116	17:35	17:40	3	3	13
117	17:40	17:45	2	1	14
118	17:45	17:50	2	3	13

Продовження таблиці В.1

1	2	3	4	5	6
119	17:50	17:55	1	0	14
120	17:55	18:00	2	3	13
121	18:00	18:05	1	0	14
122	18:05	18:10	2	0	16
123	18:10	18:15	2	2	16
124	18:15	18:20	0	3	13
125	18:20	18:25	2	1	14
126	18:25	18:30	0	1	13
127	18:30	18:35	2	0	15
128	18:35	18:40	1	1	15
129	18:40	18:45	0	1	14
130	18:45	18:50	0	0	14
131	18:50	18:55	1	1	14
132	18:55	19:00	2	0	16
133	19:00	19:05	0	4	12

Додаток Г

Інтенсивність використання місць паркування на крайній правій смузі

Таблиця Г.1 – Результат обробки відеоспостережень за прибуттям та відправленням автомобілів на вул. Кооперативна, 14

Час дослідження		Фактична довжина ділянки 80 м			Приведена довжина ділянки 100 м		
Початок	Закінчення	Прибуло	Відправилося	Наявність	Прибуло	Відправилося	Наявність
8:00	8:05	1	0	1	1,25	0	1,25
8:05	8:10	1	2	0	1,25	2,5	0
8:10	8:15	2	0	2	2,5	0	2,5
8:15	8:20	0	0	2	0	0	2,5
8:20	8:25	1	1	2	1,25	1,25	2,5
8:25	8:30	3	0	5	3,75	0	6,25
8:30	8:35	1	1	5	1,25	1,25	6,25
8:35	8:40	0	0	5	0	0	6,25
8:40	8:45	1	1	5	1,25	1,25	6,25
8:45	8:50	3	0	8	3,75	0	10
8:50	8:55	1	0	9	1,25	0	11,25
8:55	9:00	2	1	10	2,5	1,25	12,5
9:00	9:05	0	2	8	0	2,5	10
9:05	9:10	2	0	10	2,5	0	12,5
9:10	9:15	1	1	10	1,25	1,25	12,5
9:15	9:20	0	1	9	0	1,25	11,25
9:20	9:25	2	0	11	2,5	0	13,75
9:25	9:30	1	1	11	1,25	1,25	13,75
9:30	9:35	1	2	10	1,25	2,5	12,5
9:35	9:40	1	0	11	1,25	0	13,75
9:40	9:45	1	0	12	1,25	0	15
9:45	9:50	1	0	13	1,25	0	16,25
9:50	9:55	0	1	12	0	1,25	15
9:55	10:00	2	0	14	2,5	0	17,5
Сума		28	14	-	35	18	-
Середнє значення		-	-	8	-	-	10

Таблиця Г.2 – Кількість автомобілів за дві години, які прибувають та від'їжджають на крайній правій смузі довжиною 100 м

№ ТР	Місця проведення обстеження	Прибуття, од.	Відправлення, од.	Середня кількість припаркованих автомобілів, од.
1	2	3	4	5
1	вул. Кооперативна, 14	35	18	10
1	вул. Університетська 1	61	44	14
1	пров. Дубового 5	35	16	10
1	пров. Лопатенський 4	38	22	12
1	пров. Слюсарний 10	38	17	10
2	пров. Мар'яненка, 3	32	26	9
2	вул. Гоголя, 5	42	16	15
2	пров. Грабовського	40	28	10
2	вул. Римарська, 2	56	38	9
2	вул. Пушкінська, 31	56	34	13
2	вул. Скрипника, 8	38	25	8
3	пров. Ботанічна, 4	14	7	3
3	пров. Рогатинський, 8	28	19	9
3	прїзд. Рогатинський, 3	53	40	9
3	вул. Іванівська, 1	24	13	6
3	пров. Білобровський	0	0	0
4	вул. Пушкінська, 44	55	36	3
4	вул. Мистецт, 8	50	45	14
4	вул. Політехнічна	42	26	8
4	вул. Фруезе, 7	31	18	14
4	вул. Лермонтовська, 11	33	19	6
5	вул. Алчевських, 38	55	30	17
5	вул. Алчевських, 1	44	21	13
5	вул. Чернишевська, 41	38	21	11
5	вул. Чернишевська, 23	52	33	15
5	вул. Чернишевська 55	52	29	13
5	вул. Алчевських, 7	63	50	8
5	вул. Гіршмана, 9	34	21	9
5	вул. Мироносицька, 24	37	23	10
6	вул. Костомарівська, 18	24	19	5
6	вул. Чернишевська, 79	43	23	10
6	вул. Каразіна, 7	53	29	12

Продовження таблиці Г.2

1	2	3	4	5
6	вул. Мироносицька, 67	60	40	14
6	вул. Костомарівська, 12	40	17	12
7	майдан Свободи, 5/1	58	42	10
7	вул. Ромен Роллана, 4	39	28	8
7	вул. Данилевського, 19	44	38	7
7	просп. Незалежності, 8	66	48	11
7	вул. Трінклера, 2	54	32	15
7	вул. Трінклера, 10	52	31	10
7	вул. Культури, 3	37	19	9
8	пров. Досвідний, 3	27	12	9
8	вул. Бородинівська, 59	0	0	0
8	вул. Херсонська, 12	9	2	4
8	вул. Лопанська, 19/26	8	3	2
8	вул. Дергачівська, 3	0	0	0
9	вул. Сухумська, 59	17	18	2
9	вул. Севастопольська, 32	2	3	0
9	вул. Софіївська, 51	3	9	1
9	вул. Павлівська, 24	0	0	0
9	вул. Мирна, 8	0	0	0
10	вул. Софіївська, 129	15	10	4
10	вул. Клочківська, 199	17	12	4
10	вул. Весела, 22	9	6	2
10	вул. Мирна, 13	9	8	2
10	вул. Бородинівська, 67	0	0	0
11	вул. Шатилівська, 19	66	38	20
11	вул. Бакуліна, 12	30	39	8
11	пров. Інженерний, 4	54	22	19
11	вул. Серпова, 10	57	32	18
11	вул. Культури, 17	62	33	17
12	пров. Фанінський, 3Б	18	9	6
12	вул. Динамівська, 3А	28	13	8
12	вул. Кримська	9	11	1
12	вул. Культури, 16	44	15	17
12	вул. Авіаційна, 25	0	0	0
13	вул. Шатилівська, 38	0	4	0
13	вул. Червоного Льотчика, 71	1	5	1
13	вул. Берестова, 9	0	4	0
13	вул. Новгородська, 59	34	14	12
13	вул. Саржинська, 28А	11	7	3
14	просп. Науки, 15	38	29	7

Продовження таблиці Г.2

1	2	3	4	5
14	вул. Новгородська, 23	20	12	6
14	вул. Космічна, 22	26	10	8
14	вул. Бакуліна, 4	64	26	22
14	вул. Ляпунова, 3	57	24	19
15	вул. Алчевських, 50	40	31	8
15	вул. Весніна, 2А	18	8	6
15	вул. Сумська, 124	19	12	4
15	вул. Мироносицька, 92	20	16	3
15	вул. Чернишевська, 96	18	10	4

Додаток Д

Інтенсивність використання місць паркування в дворах житлових будинків та прилеглих територіях державних та комерційних установ

Таблиця Д.1 – Результат обробки відеоспостережень за прибуттям та відправленням автомобілів в дворі дома за адресою вул. Маяковського, 11

Час дослідження		Площа двору 840 м ²		Приведена площа до 100 м ²	
Початок	Закінчення	Прибуття	Відправлення	Прибуття	Відправлення
8:00	8:05	0	0	0	0
8:05	8:10	0	0	0	0
8:10	8:15	0	1	0	0,12
8:15	8:20	0	0	0	0
8:20	8:25	0	0	0	0
8:25	8:30	0	0	0	0
8:30	8:35	0	1	0	0,12
8:35	8:40	0	0	0	0
8:40	8:45	0	0	0	0
8:45	8:50	0	0	0	0
8:50	8:55	0	0	0	0
8:55	9:00	0	0	0	0
9:00	9:05	0	0	0	0
9:05	9:10	0	0	0	0
9:10	9:15	0	0	0	0
9:15	9:20	1	0	0,12	0
9:20	9:25	1	0	0,12	0
9:25	9:30	0	0	0	0
9:30	9:35	0	0	0	0
9:35	9:40	0	0	0	0
9:40	9:45	1	0	0,12	0
9:45	9:50	0	0	0	0
9:50	9:55	0	0	0	0
9:55	10:00	0	0	0	0
Сума		3	7	0,36	0,24

Таблиця Д.2 – Кількість автомобілів за дві години, які прибувають та від'їжджають в дворах житлових будинків на ділянці в 100 м²

№	Адреса дослідження	Прибуття, од.	Відправлення, од.
1	вул. Космічна, 11	0,29	0,37
2	вул. Данилевського, 24	0,22	0,33
3	вул. Багалія, 10	0,6	0,52
4	вул. Багалія, 3	0,33	0,2
5	вул. Максиміліанівська, 5	0,39	0,51
6	Пушкінський в'їзд, 7	0	0,41
7	Пушкінський в'їзд, 10	0,41	1,36
8	вул. Алчевських, 24	1,8	1,17
9	вул. Алчевських, 17	0,31	0,31
10	вул. Воробйова, 8	0,83	0,41
11	вул. Чернишевська, 14	0,68	0,45
12	вул. Дружин Мироносиць, 5	1,13	0,9
13	вул Сумська, 72	0,71	0,53
14	вул Сумська, 80	0,99	1,23
15	пров. Слюсарний, 15А	0,61	0,76
16	вул Бакуліна, 10	0,3	0,21
17	вул Бакуліна, 6	0,36	0,27
18	вул. Новгородська, 38	0,36	0,45
19	вул. Я. Мудрого, 34	0,38	0,38
20	вул. Університетська, 9	0,23	0,11
21	вул. Алчевських, 25	0,42	0
22	вул. Революції, 5	0	0,77
23	вул. Маяковського, 11	0,36	0,24
24	вул. Сумська, 124	0,84	0,56
25	вул. Данилевського, 22	0,76	1,13
26	вул. Чичибабіна, 3	0,36	0,45
27	вул. Пушкінська, 32	0,39	0,55
28	вул. Шевченка, 2	0,41	0,27
29	Слюсарний пров., 1	0,21	0,25
30	вул. Клочківська, 14	0,22	0,39
31	вул. Новгородська, 4А	0,34	0,38
32	вул. Гаршина, 3	0,25	0,38
33	вул. Маяковського, 15	0,19	0,19
34	вул. Клочківська, 119а	0,24	0,41
35	узвіз Клочківський, 3	0,83	0,89
36	Рогатинський пр., 3	0,69	0,76
Середнє значення		0,49	0,52

Додаток Е

Щільність паркування автомобілів

Таблиця Е.1 – Щільність паркування автомобілів на крайній правій смузі

Код перехресть	Довжина ділянки, км	Кількість автомобілів, од.		Щільність (од./100 м.)		Сумарна щільність од./100 м
		до центру	від центру	до центру	від центру	
3135 - 3136	0,067	10	0	14,93	0	14,93
2108 - 2109	0,123	19	14	15,45	11,38	26,83
4149 - 4152	0,151	3	8	1,99	5,30	7,28
3042 - 3044	0,104	12	7	11,54	6,73	18,27
3062 - 3116	0,248	36	27	14,52	10,89	25,40
3164 - 3106	0,125	16	11	12,80	8,80	21,60
4093 - 4097	0,078	3	0	3,85	0	3,85
2024 - 2023	0,102	19	26	18,63	25,49	44,12
1125 - 1001	0,12	3	0	2,50	0	2,5
3120 - 3162	0,214	31	9	14,49	4,21	18,69
1121 - 1116	0,233	5	6	2,15	2,58	4,72
4143 - 4142	0,064	1	0	1,56	0	1,56
4089 - 4086	0,297	3	0	1,01	0	1,01
1108 - 1085	0,127	14	8	11,02	6,30	17,32
2030 - 2107	0,032	2	1	6,25	3,13	9,38
2087 - 2116	0,053	6	2	11,32	3,77	15,09
4095 - 4092	0,047	2	0	4,26	0	4,26
2099 - 2018	0,117	0	0	0	0	0
2016 - 2099	0,179	10	4	5,59	2,23	7,82
3143 - 3137	0,219	6	0	2,74	0	2,74
3138 - 3091	0,173	17	14	9,83	8,09	17,92
1112 - 1116	0,226	6	2	2,65	0,88	3,54
4094 - 4105	0,171	0	0	0	0	0
1167 - 1169	0,237	4	0	1,69	0	1,69
2101 - 2102	0,036	6	4	16,67	11,11	27,78
3089 - 3146	0,288	1	0	0,35	0	0,35
3102 - 3113	0,166	18	22	10,84	13,25	24,1
3123 - 3121	0,207	11	20	5,31	9,66	14,98
4099 - 4103	0,166	1	0	0,6	0	0,6
1002 - 1162	0,173	4	1	2,31	0,58	2,89
2014 - 2015	0,132	0	0	0	0	0
4066 - 4116	0,08	2	0	2,50	0	2,5
1170 - 1169	0,242	1	0	0,41	0	0,41
2111 - 2027	0,076	3	4	3,95	5,26	9,21
3149 - 3150	0,684	16	15	2,34	2,19	4,53

Продовження таблиці Е.1

1	2	3	4	5	6	7
2135 - 2134	0,084	8	0	9,52	0	9,52
4107 - 4111	0,112	0	0	0	0	0
4108 - 4096	0,135	0	0	0	0	0
4153 - 4150	0,143	0	0	0	0	0
4084 - 4132	0,408	12	0	2,94	0	2,94
4113 - 4056	0,334	5	5	1,5	1,5	2,99
1151 - 1158	0,143	1	0	0,7	0	0,7
3133 - 3132	0,293	3	7	1,02	2,39	3,41
3163 - 3162	0,144	12	0	8,33	0	8,33
1132 - 1131	0,08	0	0	0	0	0
3151 - 3150	0,174	0	0	0	0	0
3134 - 3131	0,155	11	13	7,1	8,39	15,48
3084 - 1085	0,129	2	5	1,55	3,88	5,43
4088 - 1068	0,171	5	2	2,92	1,17	4,09
4085 - 4087	0,226	3	0	1,33	0	1,33
4132 - 4130	0,191	5	0	2,62	0	2,62
4111 - 4116	0,264	3	0	1,14	0	1,14
4104 - 4098	1,021	0	0	0	0	0

Таблиця Е.2 – Щільність паркування автомобілів в дворах житлових будинків

№	Адреса дома	Кількість авто- мобілів, які стоять, од.	Кількість гаражів, од.	Площа дво- ра м ²	Щільність авто- мобілів, од./100м ²
1	2	3	4	5	6
1	вул. Пушкінська 32	31	10	1400	2,214
2	вул. Бажанова 4	9	7	608	1,480
3	вул. Дарвіна 8	5	0	462	1,082
4	вул. Дарвіна 7	3	0	836	0,359
5	вул. Красіна 14	15	0	1300	1,154
6	вул. Красіна 3	25	5	1800	1,389
7	вул. Пушкінська 51	20	5	686	2,915
8	вул. Максиміліанівська 5	14	6	860	1,628
9	вул. Максиміліанівська 12	4	7	450	0,889
10	вул. Політехнічна 17	14	0	810	1,728
11	вул. Багалія 20	7	17	735	0,952
12	вул. Багалія 9	4	17	407	0,983
13	вул. Багалія 3	5	10	1200	0,417
14	вул. Мистецтв 5	8	7	440	1,818
15	вул. Каразіна 8	2	3	576	0,347
16	вул. Мистецтв 7/9	3	10	495	0,606
17	вул. Алчевських 24	39	5	1296	3,009

Продовження таблиці Е.2

1	2	3	4	5	6
18	вул. Алчевських 6	17	15	1296	1,312
19	вул. Гіршмана 176	7	8	780	0,897
20	вул. Чернишевська 8	6	3	350	1,714
21	вул. Чернишевська 4/6	13	4	273	4,762
22	пров. Івана Марьяненко 3	16	9	1168	1,370
23	вул. Сумська 68	23	4	816	2,819
24	вул. Сумська 74	12	7	792	1,515
25	вул. Ярослава Мудрого 6/8	16	10	900	1,778
26	вул. Ак. Ляпунова 7	10	19	9600	0,104
27	вул. Ак. Ляпунова 11	13	21	3600	0,361
28	вул. Ак. Ляпунова 9	17	0	3900	0,436
29	вул. Новгородська 44	18	29	3990	0,451
30	вул. Новгородська 18	12	29	2650	0,453
31	вул. Новгородська 20	5	0	1248	0,401
32	просп. Науки 26	12	0	1728	0,694
33	просп. Науки 30	6	0	1975	0,304
34	просп. Науки 28	6	0	1610	0,373
35	просп. Науки 32	16	15	2860	0,559
36	просп. Науки 23	19	3	1083	1,754
37	просп. Науки 19Б	35	8	4260	0,822
38	просп. Науки 21А	20	0	1965	1,018
39	просп. Науки 13	18	30	1539	1,170
40	просп. Науки 15А	29	2	1400	2,071
41	вул. Бакуліна 3Б	4	0	572	0,699
42	вул. Бакуліна 3А	31	4	2700	1,148
43	вул. Бакуліна 1	16	2	1150	1,391
44	вул. Космічна 26	8	0	810	0,988
45	вул. Космічна 14	19	3	1100	1,727
46	вул. Космічна 10	17	17	760	2,237
47	вул. Космічна 8А	6	14	630	0,952
48	вул. Космічна 4	13	3	2100	0,619
49	вул. Космічна 11	27	0	2100	1,286
50	вул. Космічна 150А	11	8	2700	0,407
51	вул. Космічна 154А	12	1	1960	0,612
52	вул. Космічна 27	25	0	2500	1,000
53	вул. Клочківська 156А	11	4	1240	0,887
54	вул. Клочківська 191А	41	0	2600	1,577
55	вул. Клочківська 195Д	11	0	826	1,332
56	вул. Клочківська 195Г	9	0	936	0,962
57	вул. Клочківська 195	4	0	560	0,714
58	вул. Клочківська 197	34	0	8300	0,410
59	вул. Клочківська 199	12	0	1600	0,750
60	вул. Клочківська 199В	11	0	910	1,209
61	вул. Клочківська 197В	10	0	2200	0,455

Продовження таблиці Е.2

1	2	3	4	5	6
62	вул. Ключківська 201	7	39	858	0,816
63	Отакара Яроша 17А	7	4	3500	0,200
64	вул. Алчевських 34	3	1	330	0,909
65	вул. Алчевських 27	7	3	504	1,389
66	вул. Алчевських 21	4	3	777	0,515
67	вул. Алчевських 24	19	5	1500	1,267
68	вул. Алчевських 17	8	10	848	0,943
69	вул. Алчевських 4	9	7	1296	0,694
70	вул. Алчевських 8	10	4	681	1,468
71	вул. Алчевських 7	4	6	600	0,667
72	вул. Алчевських 9\11	5	2	750	0,667
73	вул. Чернишевська 49	12	13	840	1,429
74	вул. Чернишевська 46	5	4	420	1,190
75	вул. Чернишевська 61	6	1	407	1,474
76	вул. Чернишевська 63	5	0	418	1,196
77	вул. Чернишевська 34	8	0	350	2,286
78	вул. Чернишевська 39	1	4	264	0,379
79	вул. Чернишевська 32	2	2	380	0,526
80	вул. Чернишевська 28А	7	1	720	0,972
81	вул. Чернишевська 27	12	14	868	1,382
82	вул. Чернишевська 26	13	8	1200	1,083
83	вул. Сумська 52	6	0	494	1,215
84	вул. Сумська 41	4	0	240	1,667
85	вул. Сумська 59	13	0	1250	1,040
86	вул. Сумська 73	30	0	3100	0,968
87	вул. Дружин Мироносиць 3	25	0	1750	1,429
88	вул. Гіршмана 3	12	4	1230	0,976
89	вул. Гіршмана 1-19	24	64	2100	1,143
90	вул. Мироносицька 15	8	0	560	1,429
91	вул. Мироносицька 14	3	3	860	0,349
92	вул. Мироносицька 34	8	7	1392	0,575
93	вул. Мироносицька 47	5	2	784	0,638
94	вул. Мироносицька 46А	16	4	2500	0,640
95	вул. Мироносицька 72	20	0	1800	1,111
96	вул. Мироносицька 65	4	5	420	0,952
97	вул. Мироносицька 62	4	0	364	1,099
98	вул. Мироносицька 61	7	2	783	0,894
99	вул. Свободи 12\16	5	3	1200	0,417
100	вул. Ярослава Мудрого 6\8	5	2	3700	0,135
101	вул. Сумська 82А	38	5	1500	2,533
102	вул. Трінклера 47	32	3	3000	1,067
103	вул. Трінклера 12	19	18	999	1,902
104	вул. Трінклера 20	15	11	2300	0,652
105	вул. Маяковського 8	20	6	1200	1,667

Продовження таблиці Е.2

1	2	3	4	5	6
106	вул. Маяковського 5	15	5	1073	1,398
107	вул. Каразіна 6Б	3	1	288	1,042
108	вул. Каразіна 7\9	3	5	1100	0,273
109	вул. Каразіна 13	12	0	1300	0,923
110	вул. Літературна 5	14	6	3100	0,452
111	вул. Данилевського 8	11	17	4200	0,262
112	вул. Данилевського 9	3	8	2500	0,120
113	вул. Данилевського 20	7		2400	0,292
114	вул. Данилевського 24	9	12	2700	0,333
115	вул. Данилевського 27	4	9	2500	0,160
116	вул. Данилевського 29	5	20	4000	0,125
117	вул. Культури 9	4	12	897	0,446
118	вул. Культури 11	7	19	1800	0,389
119	вул. Культури 15	15	3	1100	1,364
120	вул. Культури 23	5	10	1600	0,313
121	просп. Науки 12	17	15	2700	0,630
122	вул. Юри Зойфера 6	8	7	1400	0,571
123	вул. Юри Зойфера 3А	9	1	1800	0,500

Додаток Ж

Площа дворів в випадково відібраних квадратах

Таблиця Ж.1 – Випадкові координати квадратів та площа дворів в них

№	Випадкові координати квадратів		Площа дворів, м ²
	x	y	
1	78725	44447	6662
2	78724	44442	8062
3	78731	44451	5471
4	78725	44456	4618
5	78726	44440	7327
6	78731	44453	6104
7	78731	44455	5224
8	78728	44447	5960
9	78726	44456	6723
10	78729	44439	2630
11	78723	44449	8927
12	78730	44441	4238
13	78731	44444	6954
14	78728	44453	3692
15	78733	44451	6234
16	78723	44438	9532
17	78729	44452	4898
18	78727	44460	7069
19	78731	44449	7205
20	78730	44452	8175
21	78733	44447	3456
22	78722	44440	7121
23	78722	44448	3718
24	78721	44443	4137
25	78728	44448	3675
26	78723	44453	7293
27	78724	44446	5059
28	78730	44447	5496
29	78730	44439	4092
30	78732	44448	6822

Додаток И

Довжина шляху між всіма перехрестями ВДМ

Таблиця И.1 – Довжини ланок ВДМ

№ відрізка	Напря́м		Відста́нь, км	№ відрізка	Напря́м		Відста́нь, км
	№ з вузла	№ в вузол			№ з вузла	№ в вузол	
1	2	3	4	5	6	7	8
1002	1008	1009	0,225	3197	3137	3133	0,106
1002	1009	1008	0,225	3198	3069	3137	0,153
1003	1009	1010	0,297	3198	3137	3069	0,153
1003	1010	1009	0,297	3199	3069	3134	0,132
1061	1039	1096	0,117	3199	3134	3069	0,132
1061	1096	1039	0,117	3200	3134	3135	0,096
1062	1047	1096	0,162	3200	3135	3134	0,096
1062	1096	1047	0,162	3201	3135	3136	0,085
1063	1002	1010	0,103	3201	3136	3135	0,085
1063	1010	1002	0,103	3202	3069	3132	0,095
1085	1006	1055	0,102	3202	3132	3069	0,095
1085	1055	1006	0,102	3203	3091	3132	0,088
1086	1053	1055	0,122	3203	3132	3091	0,088
1086	1055	1053	0,122	3204	3127	3136	0,098
1087	1055	1090	0,117	3204	3136	3127	0,098
1087	1090	1055	0,117	3205	3133	3138	0,095
1088	1065	1090	0,215	3205	3138	3133	0,095
1088	1090	1065	0,215	3208	3091	3138	0,219
1090	1052	1065	0,179	3208	3138	3091	0,219
1090	1065	1052	0,179	3209	3138	3140	0,168
1091	1047	1050	0,232	3209	3140	3138	0,168
1091	1050	1047	0,232	3211	3140	3141	0,185
1092	1050	1051	0,068	3211	3141	3140	0,185
1092	1051	1050	0,068	3213	3133	3142	0,14
1093	1051	1052	0,11	3213	3142	3133	0,14
1093	1052	1051	0,11	3214	3140	3142	0,083
1094	1057	1065	0,22	3214	3142	3140	0,083
1094	1065	1057	0,22	3215	3142	3143	0,281
1095	1052	1058	0,158	3215	3143	3142	0,281
1095	1058	1052	0,158	3216	3137	3143	0,278
1097	1099	1112	0,228	3216	3143	3137	0,278
1097	1112	1099	0,228	3217	3133	3143	0,203
1115	1070	1085	0,242	3217	3143	3133	0,203
1115	1085	1070	0,242	3219	3145	3146	0,211
1116	1068	1085	0,092	3219	3146	3145	0,211

Продовження таблиці И.1

1	2	3	4	5	6	7	8
1116	1085	1068	0,092	3220	3143	3146	0,212
1117	1056	1058	0,045	3220	3146	3143	0,212
1117	1058	1056	0,045	3221	3089	3146	0,365
1160	1005	1107	0,125	3221	3146	3089	0,365
1160	1107	1005	0,125	3222	3089	3147	0,168
1167	1056	1057	0,136	3222	3147	3089	0,168
1167	1057	1056	0,136	3223	3064	3147	0,092
1168	1057	1109	0,22	3223	3147	3064	0,092
1168	1109	1057	0,22	3224	3089	3148	0,365
1169	1109	1110	0,087	3224	3148	3089	0,365
1169	1110	1109	0,087	3225	3064	3149	0,458
1170	1099	1110	0,229	3225	3149	3064	0,458
1170	1110	1099	0,229	3227	3149	3150	0,064
1175	1112	1113	0,097	3227	3150	3149	0,064
1175	1113	1112	0,097	3232	3151	3155	0,065
1177	1099	1114	0,036	3232	3155	3151	0,065
1177	1114	1099	0,036	3233	3154	3155	0,044
1179	1113	1114	0,194	3233	3155	3154	0,044
1179	1114	1113	0,194	3235	3153	3154	0,204
1184	1112	1116	0,286	3235	3154	3153	0,204
1184	1116	1112	0,286	3240	3153	3156	0,337
1185	1113	1119	0,226	3240	3156	3153	0,337
1185	1119	1113	0,226	3241	3043	3154	0,775
1186	1006	1120	0,123	3241	3154	3043	0,775
1186	1120	1006	0,123	3242	3043	3109	0,295
1187	1116	1121	0,296	3242	3109	3043	0,295
1187	1121	1116	0,296	3243	3044	3110	0,201
1188	1119	1122	0,231	3243	3110	3044	0,201
1188	1122	1119	0,231	3244	3119	3160	0,208
1189	1005	1120	0,126	3244	3160	3119	0,208
1189	1120	1005	0,126	3245	3110	3160	0,096
1190	1053	1117	0,044	3245	3160	3110	0,096
1190	1117	1053	0,044	3246	3160	3162	0,248
1191	1117	1118	0,051	3246	3162	3160	0,248
1191	1118	1117	0,051	3247	3162	3163	0,125
1192	1107	1118	0,055	3247	3163	3162	0,125
1192	1118	1107	0,055	3248	3063	3163	0,092
1193	1118	1120	0,115	3248	3163	3063	0,092
1193	1120	1118	0,115	3249	3122	3163	0,258
1195	1116	1119	0,084	3249	3163	3122	0,258
1195	1119	1116	0,084	3250	3120	3162	0,272
1196	1006	1117	0,115	3250	3162	3120	0,272
1196	1117	1006	0,115	3251	3106	3164	0,159
1197	1002	1121	0,166	3251	3164	3106	0,159

Продовження таблиці И.1

1	2	3	4	5	6	7	8
1197	1121	1002	0,166	3252	3044	3115	0,263
1198	1121	1122	0,119	3252	3115	3044	0,263
1198	1122	1121	0,119	3258	3129	3136	0,159
1199	1005	1122	0,161	3258	3136	3129	0,159
1199	1122	1005	0,161	3259	3130	3135	0,153
1202	1051	1123	0,239	3259	3135	3130	0,153
1202	1123	1051	0,239	3260	3131	3134	0,126
1203	1065	1123	0,173	3260	3134	3131	0,126
1203	1123	1065	0,173	3261	3105	3111	0,09
1204	1012	1124	0,225	3261	3111	3105	0,09
1204	1124	1012	0,225	3263	3150	3151	0,234
1206	1125	1126	0,054	3263	3151	3150	0,234
1206	1126	1125	0,054	3264	3147	3165	0,42
1207	1126	1127	0,088	3264	3165	3147	0,42
1207	1127	1126	0,088	4034	4041	4043	0,372
1208	1127	1128	0,064	4034	4043	4041	0,372
1208	1128	1127	0,064	4055	4095	4112	0,199
1209	1128	1129	0,066	4055	4112	4095	0,199
1209	1129	1128	0,066	4056	4092	4095	0,059
1210	1115	1129	0,068	4056	4095	4092	0,059
1210	1129	1115	0,068	4057	4090	4092	0,12
1211	1129	1130	0,184	4057	4092	4090	0,12
1211	1130	1129	0,184	4058	4090	4091	0,204
1212	1130	1131	0,066	4058	4091	4090	0,204
1212	1131	1130	0,066	4059	4090	4093	0,074
1213	1131	1132	0,07	4059	4093	4090	0,074
1213	1132	1131	0,07	4060	4091	4094	0,077
1214	1132	1133	0,085	4060	4094	4091	0,077
1214	1133	1132	0,085	4061	4093	4097	0,099
1215	1133	1134	0,052	4061	4097	4093	0,099
1215	1134	1133	0,052	4062	4094	4097	0,097
1216	1008	1134	0,13	4062	4097	4094	0,097
1216	1134	1008	0,13	4063	4093	4095	0,122
1217	1128	1131	0,183	4063	4095	4093	0,122
1217	1131	1128	0,183	4064	4095	4108	0,101
1218	1127	1132	0,169	4064	4108	4095	0,101
1218	1132	1127	0,169	4065	4093	4096	0,083
1219	1126	1133	0,164	4065	4096	4093	0,083
1219	1133	1126	0,164	4066	4096	4108	0,106
1220	1125	1134	0,153	4066	4108	4096	0,106
1220	1134	1125	0,153	4067	4108	4109	0,073
1221	1131	1135	0,195	4067	4109	4108	0,073
1221	1135	1131	0,195	4069	4098	4099	0,075
1222	1132	1136	0,194	4069	4099	4098	0,075

Продовження таблиці И.1

1	2	3	4	5	6	7	8
1222	1136	1132	0,194	4070	4099	4100	0,089
1223	1133	1137	0,2	4070	4100	4099	0,089
1223	1137	1133	0,2	4071	4099	4103	0,211
1224	1135	1136	0,071	4071	4103	4099	0,211
1224	1136	1135	0,071	4072	4098	4104	0,215
1225	1136	1137	0,079	4072	4104	4098	0,215
1225	1137	1136	0,079	4073	4094	4105	0,217
1226	1137	1138	0,078	4073	4105	4094	0,217
1226	1138	1137	0,078	4074	4104	4105	0,078
1227	1138	1139	0,136	4074	4105	4104	0,078
1227	1139	1138	0,136	4075	4103	4104	0,087
1228	1134	1139	0,065	4075	4104	4103	0,087
1228	1139	1134	0,065	4076	4100	4102	0,216
1229	1139	1140	0,211	4076	4102	4100	0,216
1229	1140	1139	0,211	4077	4100	4101	0,374
1230	1138	1140	0,051	4077	4101	4100	0,374
1230	1140	1138	0,051	4078	4101	4102	0,042
1231	1138	1141	0,158	4078	4102	4101	0,042
1231	1141	1138	0,158	4079	4102	4103	0,077
1232	1141	1142	0,084	4079	4103	4102	0,077
1232	1142	1141	0,084	4080	4105	4106	0,074
1233	1142	1143	0,124	4080	4106	4105	0,074
1233	1143	1142	0,124	4081	4097	4106	0,223
1234	1143	1144	0,097	4081	4106	4097	0,223
1234	1144	1143	0,097	4082	4096	4107	0,143
1235	1010	1143	0,154	4082	4107	4096	0,143
1235	1143	1010	0,154	4083	4107	4111	0,099
1238	1146	1149	0,095	4083	4111	4107	0,099
1238	1149	1146	0,095	4084	4106	4107	0,104
1239	1146	1147	0,123	4084	4107	4106	0,104
1239	1147	1146	0,123	4085	4109	4110	0,078
1240	1002	1147	0,034	4085	4110	4109	0,078
1240	1147	1002	0,034	4086	4110	4111	0,11
1242	1143	1146	0,129	4086	4111	4110	0,11
1242	1146	1143	0,129	4087	4110	4113	0,172
1243	1135	1144	0,227	4087	4113	4110	0,172
1243	1144	1135	0,227	4088	4112	4113	0,212
1244	1002	1162	0,219	4088	4113	4112	0,212
1244	1162	1002	0,219	4089	4114	4115	0,097
1245	1162	1163	0,075	4089	4115	4114	0,097
1245	1163	1162	0,075	4090	4105	4115	0,242
1246	1007	1163	0,063	4090	4115	4105	0,242
1246	1163	1007	0,063	4091	4107	4114	0,207
1247	1007	1166	0,062	4091	4114	4107	0,207

Продовження таблиці И.1

1	2	3	4	5	6	7	8
1247	1166	1007	0,062	4092	4106	4115	0,189
1248	1166	1167	0,055	4092	4115	4106	0,189
1248	1167	1166	0,055	4093	4114	4116	0,099
1249	1167	1168	0,192	4093	4116	4114	0,099
1249	1168	1167	0,192	4094	4111	4116	0,232
1250	1012	1168	0,234	4094	4116	4111	0,232
1250	1168	1012	0,234	4095	4066	4116	0,101
1251	1168	1171	0,253	4095	4116	4066	0,101
1251	1171	1168	0,253	4096	4056	4066	0,233
1252	1167	1169	0,3	4096	4066	4056	0,233
1252	1169	1167	0,3	4097	4038	4116	0,254
1256	1169	1171	0,206	4097	4116	4038	0,254
1256	1171	1169	0,206	4098	4038	4079	0,099
1257	1169	1170	0,307	4098	4079	4038	0,099
1257	1170	1169	0,307	4099	4079	4114	0,259
1258	1007	1169	0,29	4099	4114	4079	0,259
1258	1169	1007	0,29	4100	4079	4080	0,095
1261	1156	1170	0,177	4100	4080	4079	0,095
1261	1170	1156	0,177	4101	4080	4115	0,251
1262	1161	1162	0,071	4101	4115	4080	0,251
1262	1162	1161	0,071	4102	4080	4081	0,077
1263	1160	1161	0,136	4102	4081	4080	0,077
1263	1161	1160	0,136	4104	4041	4101	0,724
1264	1159	1160	0,043	4104	4101	4041	0,724
1264	1160	1159	0,043	4105	4038	4117	0,099
1269	1155	1161	0,12	4105	4117	4038	0,099
1269	1161	1155	0,12	4106	4066	4117	0,255
1270	1151	1158	0,113	4106	4117	4066	0,255
1270	1158	1151	0,113	4107	4035	4117	0,275
1271	1152	1159	0,111	4107	4117	4035	0,275
1271	1159	1152	0,111	4108	4079	4083	0,198
1272	1153	1160	0,118	4108	4083	4079	0,198
1272	1160	1153	0,118	4109	4081	4083	0,195
1274	1151	1152	0,052	4109	4083	4081	0,195
1274	1152	1151	0,052	4110	4082	4083	0,097
1275	1152	1153	0,049	4110	4083	4082	0,097
1275	1153	1152	0,049	4111	4038	4082	0,239
1276	1153	1155	0,118	4111	4082	4038	0,239
1276	1155	1153	0,118	4112	4082	4089	0,055
1277	1147	1154	0,33	4112	4089	4082	0,055
1277	1154	1147	0,33	4113	4081	4118	0,081
1278	1148	1154	0,155	4113	4118	4081	0,081
1278	1154	1148	0,155	4114	4041	4118	0,068
1281	1115	1172	0,193	4114	4118	4041	0,068

Продовження таблиці И.1

1	2	3	4	5	6	7	8
1281	1172	1115	0,193	4116	4035	4056	0,229
1282	1130	1172	0,049	4116	4056	4035	0,229
1282	1172	1130	0,049	4117	4056	4113	0,268
1285	1009	1140	0,058	4117	4113	4056	0,268
1285	1140	1009	0,058	4118	4087	4089	0,158
1286	1039	1124	0,32	4118	4089	4087	0,158
1286	1124	1039	0,32	4119	4085	4087	0,184
2009	2014	2015	0,168	4119	4087	4085	0,184
2009	2015	2014	0,168	4120	4043	4086	0,206
2010	2016	2017	0,169	4120	4086	4043	0,206
2010	2017	2016	0,169	4121	4086	4089	0,377
2013	2024	2092	0,034	4121	4089	4086	0,377
2013	2092	2024	0,034	4122	4087	4088	0,226
2015	2023	2028	0,099	4122	4088	4087	0,226
2015	2028	2023	0,099	4123	4084	4085	0,273
2016	2028	2030	0,06	4123	4085	4084	0,273
2016	2030	2028	0,06	4131	4035	4123	0,16
2018	2023	2025	0,099	4131	4123	4035	0,16
2018	2025	2023	0,099	4135	4086	4125	0,067
2019	2025	2026	0,101	4135	4125	4086	0,067
2019	2026	2025	0,101	4136	4088	4125	0,087
2020	2022	2026	0,203	4136	4125	4088	0,087
2020	2026	2022	0,203	4138	4036	4056	0,332
2024	2021	2092	0,122	4138	4056	4036	0,332
2024	2092	2021	0,122	4139	4035	4127	0,2
2025	2020	2021	0,047	4139	4127	4035	0,2
2025	2021	2020	0,047	4140	4036	4127	0,064
2029	2014	2027	0,133	4140	4127	4036	0,064
2029	2027	2014	0,133	4141	4126	4127	0,198
2030	2027	2031	0,089	4141	4127	4126	0,198
2030	2031	2027	0,089	4142	4126	4128	0,194
2031	2018	2094	0,147	4142	4128	4126	0,194
2031	2094	2018	0,147	4143	4123	4128	0,038
2034	2094	2095	0,057	4143	4128	4123	0,038
2034	2095	2094	0,057	4147	4036	4131	0,316
2037	2013	2034	0,167	4147	4131	4036	0,316
2037	2034	2013	0,167	4148	4126	4131	0,288
2038	2032	2034	0,111	4148	4131	4126	0,288
2038	2034	2032	0,111	4149	4130	4131	0,07
2064	2015	2016	0,132	4149	4131	4130	0,07
2064	2016	2015	0,132	4150	4084	4132	0,353
2070	2093	2095	0,19	4150	4132	4084	0,353
2070	2095	2093	0,19	4151	4130	4132	0,162
2071	2020	2022	0,31	4151	4132	4130	0,162

Продовження таблиці И.1

1	2	3	4	5	6	7	8
2071	2022	2020	0,31	4152	4130	4133	0,063
2136	2026	2098	0,151	4152	4133	4130	0,063
2136	2098	2026	0,151	4163	4139	4140	0,064
2137	2016	2099	0,227	4163	4140	4139	0,064
2137	2099	2016	0,227	4164	4138	4139	0,071
2139	2018	2099	0,149	4164	4139	4138	0,071
2139	2099	2018	0,149	4165	4137	4138	0,067
2140	2019	2100	0,027	4165	4138	4137	0,067
2140	2100	2019	0,027	4166	4136	4137	0,086
2141	2099	2100	0,131	4166	4137	4136	0,086
2141	2100	2099	0,131	4167	4135	4136	0,049
2143	2019	2101	0,08	4167	4136	4135	0,049
2143	2101	2019	0,08	4169	4014	4113	0,671
2144	2101	2102	0,046	4169	4113	4014	0,671
2144	2102	2101	0,046	4171	4133	4134	0,224
2145	2021	2102	0,085	4171	4134	4133	0,224
2145	2102	2021	0,085	4173	4149	4150	0,076
2146	2094	2101	0,16	4173	4150	4149	0,076
2146	2101	2094	0,16	4174	4136	4150	0,152
2147	2094	2103	0,058	4174	4150	4136	0,152
2147	2103	2094	0,058	4175	4148	4149	0,071
2148	2103	2104	0,089	4175	4149	4148	0,071
2148	2104	2103	0,089	4176	4138	4148	0,151
2149	2104	2105	0,052	4176	4148	4138	0,151
2149	2105	2104	0,052	4177	4147	4148	0,138
2150	2102	2103	0,162	4177	4148	4147	0,138
2150	2103	2102	0,162	4178	4140	4147	0,151
2151	2021	2104	0,162	4178	4147	4140	0,151
2151	2104	2021	0,162	4179	4147	4151	0,178
2152	2020	2105	0,157	4179	4151	4147	0,178
2152	2105	2020	0,157	4180	4151	4152	0,208
2153	2093	2105	0,062	4180	4152	4151	0,208
2153	2105	2093	0,062	4181	4149	4152	0,191
2154	2022	2106	0,056	4181	4152	4149	0,191
2154	2106	2022	0,056	4182	4150	4153	0,12
2155	2105	2106	0,493	4182	4153	4150	0,12
2155	2106	2105	0,493	4183	4014	4153	0,365
2156	2030	2107	0,041	4183	4153	4014	0,365
2156	2107	2030	0,041	4184	4134	4153	0,153
2157	2098	2107	0,099	4184	4153	4134	0,153
2157	2107	2098	0,099	4185	4134	4135	0,106
2158	2025	2107	0,132	4185	4135	4134	0,106
2158	2107	2025	0,132	4186	4137	4149	0,15
2160	2027	2110	0,075	4186	4149	4137	0,15

Продовження таблиці И.1

1	2	3	4	5	6	7	8
2160	2110	2027	0,075	4187	4152	4154	0,145
2161	2017	2110	0,183	4187	4154	4152	0,145
2161	2110	2017	0,183	4188	4014	4154	0,085
2162	2017	2108	0,092	4188	4154	4014	0,085
2162	2108	2017	0,092	4190	1071	4043	0,183
2163	2092	2108	0,065	4190	4043	1071	0,183
2163	2108	2092	0,065	4191	1070	4043	0,171
2164	2108	2109	0,156	4191	4043	1070	0,171
2164	2109	2108	0,156	4192	1085	4125	0,138
2165	2109	2110	0,076	4192	4125	1085	0,138
2165	2110	2109	0,076	4193	1057	4088	0,22
2166	2023	2109	0,072	4193	4088	1057	0,22
2166	2109	2023	0,072	4194	1068	4088	0,138
2172	2031	2112	0,166	4194	4088	1068	0,138
2172	2112	2031	0,166	4195	1110	4085	0,161
2173	2032	2112	0,113	4195	4085	1110	0,161
2173	2112	2032	0,113	4196	1109	4087	0,216
2175	2098	2113	0,236	4196	4087	1109	0,216
2175	2113	2098	0,236	4197	1099	4084	0,145
2176	2106	2113	0,12	4197	4084	1099	0,145
2176	2113	2106	0,12	4198	1112	4132	0,167
2177	2113	2114	0,088	4198	4132	1112	0,167
2177	2114	2113	0,088	4199	1008	4133	0,133
2178	2114	2115	0,1	4199	4133	1008	0,133
2178	2115	2114	0,1	4200	1115	4140	0,219
2179	2038	2115	0,183	4200	4140	1115	0,219
2179	2115	2038	0,183	4201	1129	4139	0,226
2180	2030	2116	0,114	4201	4139	1129	0,226
2180	2116	2030	0,114	4202	1128	4138	0,219
2181	2087	2116	0,067	4202	4138	1128	0,219
2181	2116	2087	0,067	4203	1127	4137	0,228
2182	2116	2117	0,184	4203	4137	1127	0,228
2182	2117	2116	0,184	4204	1126	4136	0,217
2183	2098	2117	0,089	4204	4136	1126	0,217
2183	2117	2098	0,089	4205	1125	4135	0,215
2184	2114	2117	0,18	4205	4135	1125	0,215
2184	2117	2114	0,18	4206	1125	4133	0,126
2185	2087	2119	0,138	4206	4133	1125	0,126
2185	2119	2087	0,138	4207	2036	3113	0,061
2186	2036	2119	0,057	4207	3113	2036	0,061
2186	2119	2036	0,057	4208	2036	3104	0,313
2187	2118	2119	0,248	4208	3104	2036	0,313
2187	2119	2118	0,248	4209	1124	2132	0,057
2188	2117	2118	0,062	4209	2132	1124	0,057

Продовження таблиці И.1

1	2	3	4	5	6	7	8
2188	2118	2117	0,062	4210	1039	2135	0,281
2189	2038	2122	0,089	4210	2135	1039	0,281
2189	2122	2038	0,089	4211	1096	3111	0,097
2190	2121	2122	0,179	4211	3111	1096	0,097
2190	2122	2121	0,179	4212	1039	3101	0,099
2191	2120	2121	0,057	4212	3101	1039	0,099
2191	2121	2120	0,057	4213	2134	2137	0,064
2192	2115	2121	0,126	4213	2137	2134	0,064
2192	2121	2115	0,126	4214	3112	3113	0,082
2193	2118	2120	0,056	4214	3113	3112	0,082
2193	2120	2118	0,056	4215	2127	3164	0,094
2194	2036	2123	0,101	4215	3164	2127	0,094
2194	2123	2036	0,101	4216	2123	3164	0,258
2195	2123	2124	0,069	4216	3164	2123	0,258
2195	2124	2123	0,069	4217	2129	3107	0,314
2197	2122	2128	0,065	4217	3107	2129	0,314
2197	2128	2122	0,065	4218	2130	3108	0,183
2198	2125	2128	0,207	4218	3108	2130	0,183
2198	2128	2125	0,207	4219	2038	3043	0,442
2199	2124	2127	0,229	4219	3043	2038	0,442
2199	2127	2124	0,229	4220	1050	3116	0,093
2200	2127	2128	0,09	4220	3116	1050	0,093
2200	2128	2127	0,09	4221	1050	1107	0,49
2201	2122	2129	0,057	4221	1107	1050	0,49
2201	2129	2122	0,057	4222	1058	3062	0,093
2202	2129	2130	0,31	4222	3062	1058	0,093
2202	2130	2129	0,31	4224	1056	4156	0,093
2203	2131	2132	0,234	4224	4156	1056	0,093
2203	2132	2131	0,234	4225	1068	4156	0,123
2204	2013	2131	0,083	4225	4156	1068	0,123
2204	2131	2013	0,083	4226	3125	4156	0,095
2205	2132	2133	0,04	4226	4156	3125	0,095
2205	2133	2132	0,04	4227	1085	3084	0,106
2206	2034	2133	0,106	4227	3084	1085	0,106
2206	2133	2034	0,106	4228	1070	3091	0,104
2207	2132	2135	0,091	4228	3091	1070	0,104
2207	2135	2132	0,091	4229	1071	4157	0,18
2208	2133	2134	0,087	4229	4157	1071	0,18
2208	2134	2133	0,087	4230	3138	4157	0,103
2209	2032	2134	0,144	4230	4157	3138	0,103
2209	2134	2032	0,144	4231	1070	4157	0,199
2210	2032	2136	0,066	4231	4157	1070	0,199
2210	2136	2032	0,066	4232	3141	4157	0,314
2211	2087	2136	0,058	4232	4157	3141	0,314

Продовження таблиці И.1

1	2	3	4	5	6	7	8
2211	2136	2087	0,058	4234	2134	2135	0,034
2212	2136	2137	0,135	4234	2135	2134	0,034
2212	2137	2136	0,135	4235	2031	2033	0,059
2213	2119	2137	0,103	4235	2033	2031	0,059
2213	2137	2119	0,103	4236	1047	3114	0,098
2216	2020	2024	0,125	4236	3114	1047	0,098
2216	2024	2020	0,125	4237	2033	2109	0,158
2217	2024	2139	0,065	4237	2109	2033	0,158
2217	2139	2024	0,065	4238	2038	4158	0,076
2218	2022	2139	0,287	4238	4158	2038	0,076
2218	2139	2022	0,287	4239	2106	4159	0,11
2219	2025	2139	0,093	4239	4159	2106	0,11
2219	2139	2025	0,093	4240	2093	4160	0,189
2220	2020	2139	0,109	4240	4160	2093	0,189
2220	2139	2020	0,109	4241	2018	4161	0,105
3056	3042	3044	0,132	4241	4161	2018	0,105
3056	3044	3042	0,132	4242	2013	4162	0,175
3106	3059	3062	0,157	4242	4162	2013	0,175
3106	3062	3059	0,157	4243	2015	4163	0,166
3107	3060	3061	0,274	4243	4163	2015	0,166
3107	3061	3060	0,274	4244	2014	4164	0,178
3110	3061	3063	0,234	4244	4164	2014	0,178
3110	3063	3061	0,234	4246	4112	4166	0,156
3120	3084	3091	0,2	4246	4166	4112	0,156
3120	3091	3084	0,2	4247	4014	4167	0,14
3121	3061	3064	0,198	4247	4167	4014	0,14
3121	3064	3061	0,198	4250	1169	4169	0,162
3134	3059	3060	0,141	4250	4169	1169	0,162
3134	3060	3059	0,141	4251	1012	2131	0,13
3140	3102	3104	0,148	4251	2131	1012	0,13
3140	3104	3102	0,148	4252	2120	2125	0,064
3142	3102	3105	0,105	4252	2125	2120	0,064
3142	3105	3102	0,105	4253	2124	2125	0,047
3143	3104	3106	0,04	4253	2125	2124	0,047
3143	3106	3104	0,04	4254	3112	4170	0,074
3144	3042	3106	0,089	4254	4170	3112	0,074
3144	3106	3042	0,089	4255	2135	4170	0,087
3145	3042	3107	0,206	4255	4170	2135	0,087
3145	3107	3042	0,206	4256	2036	4170	0,101
3146	3107	3108	0,089	4256	4170	2036	0,101
3146	3108	3107	0,089	4257	1053	1123	0,227
3147	3108	3109	0,063	4257	1123	1053	0,227
3147	3109	3108	0,063	4258	3146	4171	0,814
3148	3109	3110	0,083	4258	4171	3146	0,814

Продовження таблиці И.1

1	2	3	4	5	6	7	8
3148	3110	3109	0,083	4264	1158	1159	0,054
3149	3101	3102	0,088	4264	1159	1158	0,054
3149	3102	3101	0,088	4265	4094	4098	0,099
3151	3101	3112	0,205	4265	4098	4094	0,099
3151	3112	3101	0,205	4266	3141	4165	0,387
3153	3102	3113	0,21	4266	4165	3141	0,387
3153	3113	3102	0,21	4267	4171	4174	0,102
3154	3042	3105	0,21	4267	4174	4171	0,102
3154	3105	3042	0,21	4268	3151	4175	0,129
3156	3111	3114	0,162	4268	4175	3151	0,129
3156	3114	3111	0,162	4269	4171	4175	0,157
3157	3105	3115	0,166	4269	4175	4171	0,157
3157	3115	3105	0,166	4270	3153	4175	0,18
3158	3114	3115	0,099	4270	4175	3153	0,18
3158	3115	3114	0,099	4271	3089	3134	0,346
3161	3116	3117	0,098	4271	3134	3089	0,346
3161	3117	3116	0,098	4273	1119	4179	0,128
3162	3114	3116	0,235	4273	4179	1119	0,128
3162	3116	3114	0,235	4274	1120	4179	0,049
3163	3115	3117	0,231	4274	4179	1120	0,049
3163	3117	3115	0,231	4275	1113	4178	0,137
3164	3115	3118	0,257	4275	4178	1113	0,137
3164	3118	3115	0,257	4276	1006	4178	0,047
3165	3117	3118	0,127	4276	4178	1006	0,047
3165	3118	3117	0,127	4277	1114	4177	0,137
3166	3049	3118	0,245	4277	4177	1114	0,137
3166	3118	3049	0,245	4278	1055	4177	0,044
3167	3044	3119	0,101	4278	4177	1055	0,044
3167	3119	3044	0,101	4279	1109	4176	0,214
3168	3049	3119	0,075	4279	4176	1109	0,214
3168	3119	3049	0,075	4280	1090	4176	0,021
3170	3121	3122	0,016	4280	4176	1090	0,021
3170	3122	3121	0,016	4281	1065	4176	0,217
3171	3049	3120	0,034	4281	4176	1065	0,217
3171	3120	3049	0,034	4282	4176	4177	0,136
3172	3120	3121	0,094	4282	4177	4176	0,136
3172	3121	3120	0,094	4283	4177	4178	0,129
3173	3061	3122	0,123	4283	4178	4177	0,129
3173	3122	3061	0,123	4284	4178	4179	0,145
3174	3059	3117	0,286	4284	4179	4178	0,145
3174	3117	3059	0,286	4285	1156	1158	0,081
3175	3062	3116	0,314	4285	1158	1156	0,081
3175	3116	3062	0,314	4286	1144	1149	0,152
3176	3118	3123	0,126	4286	1149	1144	0,152

Продовження таблиці И.1

1	2	3	4	5	6	7	8
3176	3123	3118	0,126	4287	1149	1151	0,155
3177	3060	3123	0,141	4287	1151	1149	0,155
3177	3123	3060	0,141	4288	1137	1142	0,139
3178	3121	3123	0,262	4288	1142	1137	0,139
3178	3123	3121	0,262	4289	2018	2100	0,13
3181	3062	3125	0,121	4289	2100	2018	0,13
3181	3125	3062	0,121	4290	2028	4180	0,078
3183	3125	3126	0,138	4290	4180	2028	0,078
3183	3126	3125	0,138	4291	2032	4180	0,132
3184	3059	3126	0,112	4291	4180	2032	0,132
3184	3126	3059	0,112	4292	2033	4180	0,062
3185	3126	3127	0,155	4292	4180	2033	0,062
3185	3127	3126	0,155	4293	2023	2092	0,125
3186	3060	3127	0,099	4293	2092	2023	0,125
3186	3127	3060	0,099	4294	2017	4181	0,183
3187	3125	3128	0,168	4294	4181	2017	0,183
3187	3128	3125	0,168	4295	2015	4181	0,025
3188	3084	3128	0,07	4295	4181	2015	0,025
3188	3128	3084	0,07	4296	2014	4181	0,174
3189	3126	3129	0,085	4296	4181	2014	0,174
3189	3129	3126	0,085	4297	2112	4182	0,144
3190	3129	3130	0,085	4297	4182	2112	0,144
3190	3130	3129	0,085	4298	2014	4182	0,257
3191	3128	3130	0,113	4298	4182	2014	0,257
3191	3130	3128	0,113	4299	2013	4182	0,026
3192	3130	3131	0,079	4299	4182	2013	0,026
3192	3131	3130	0,079	4300	4162	4182	0,174
3193	3084	3131	0,106	4300	4182	4162	0,174
3193	3131	3084	0,106	4301	2017	2019	0,126
3195	3131	3132	0,166	4301	2019	2017	0,126
3195	3132	3131	0,166	4302	4084	4128	0,161
3196	3132	3133	0,236	4302	4128	4084	0,161
3196	3133	3132	0,236	4303	4117	4123	0,412
3197	3133	3137	0,106	4303	4123	4117	0,412

Додаток К

Результат обробки спостережень за кількістю автомобілів, що прибувають та виїжджають з ЦЧМ Харкова

Таблиця К.1 – Кількістю автомобілів, що в'їжджають та виїжджають з ЦЧМ через ТР №16 по Соборному узвозу

Період часу		Напрямок руху	
Початок	Закінчення	З центру	В центр
8:00	8:05	45	81
8:05	8:10	19	84
8:10	8:15	12	59
8:15	8:20	12	81
8:20	8:25	7	103
8:25	8:30	19	91
8:30	8:35	25	83
8:35	8:40	17	83
8:40	8:45	37	95
8:45	8:50	39	73
8:50	8:55	37	92
8:55	9:00	44	101
9:00	9:05	65	114
9:05	9:10	55	96
9:10	9:15	27	87
9:15	9:20	16	92
9:20	9:25	25	101
9:25	9:30	21	104
9:30	9:35	15	86
9:35	9:40	24	113
9:40	9:45	33	114
9:45	9:50	56	125
9:50	9:55	46	129
9:55	10:00	48	133
Сума		744	2320

Додаток Л

Щільність автомобілів на ділянках ВДМ в ранковий час пік

Таблиця Л.1 – Щільність автомобілів на ділянках ВДМ з 7⁵⁰ до 8¹⁰

№ Перехрестя	№ Відрізку	7:50	7:51	7:52	7:53	7:54	7:55	7:56	7:57	7:58	7:59	8:00	8:01	8:02	8:03	8:04	8:05	8:06	8:07	8:08	8:09	Довжина відрізку, км	Щільність авт/м
		7:51	7:52	7:53	7:54	7:55	7:56	7:57	7:58	7:59	8:00	8:01	8:02	8:03	8:04	8:05	8:06	8:07	8:08	8:09			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
3060	3134	1	5	7	4	3	6	1	6	6	0	3	2	9	10	8	5	6	2	10	4	0,141	0,035
	3107	1	5	0	2	3	1	6	8	4	7	6	7	0	8	0	4	5	0	3	1	0,274	0,013
3042	3144	0	1	3	1	2	2	2	1	1	1	2	0	1	3	4	1	1	1	1	1	0,089	0,016
	3056	1	1	2	4	2	5	5	1	4	1	0	3	1	5	5	4	3	2	4	3	0,132	0,021
3044	3056	2	4	3	3	1	1	5	5	1	5	1	1	4	4	1	2	0	1	1	4	0,132	0,019
	3167	1	1	1	3	1	1	2	4	3	1	2	2	2	1	1	1	1	2	1	3	0,101	0,017
1039	4210	2	1	8	2	8	3	9	4	8	6	1	6	7	7	3	2	2	6	1	6	0,281	0,016
	1061	0	3	0	3	3	2	4	2	1	2	1	2	3	5	3	1	2	0	2	3	0,117	0,018
1085	1116	2	2	3	0	1	1	2	4	4	1	2	2	3	3	4	2	0	1	2	2	0,092	0,022
	1115	1	1	3	1	1	9	5	7	2	1	3	1	9	9	5	5	0	2	3	1	0,242	0,014
1057	1094	1	2	5	4	7	7	1	6	1	3	5	1	1	2	1	3	5	1	1	2	0,22	0,013
	4193	3	1	5	9	3	3	5	1	5	1	2	2	7	10	10	2	1	1	1	1	0,22	0,017
4035	4116	1	3	0	6	9	5	4	5	10	3	7	4	10	6	3	2	1	1	5	1	0,229	0,019
	4131	1	1	0	3	3	2	1	5	5	3	1	2	2	2	5	1	2	0	1	3	0,16	0,013
4084	4302	3	4	3	0	4	5	2	4	3	1	2	1	2	2	1	5	3	2	2	4	0,161	0,016
	4197	4	1	0	2	4	3	5	1	3	4	2	0	1	4	4	3	1	1	5	4	0,145	0,018
4133	4171	0	7	8	4	9	9	7	6	1	1	5	1	1	4	4	1	0	1	3	6	0,224	0,017
	4199	0	3	1	2	1	1	4	2	5	5	1	1	4	1	1	5	0	1	4	2	0,133	0,017
2032	2209	1	3	2	0	1	2	1	2	1	4	2	1	1	3	4	1	2	0	3	1	0,144	0,012
	4291	3	0	1	3	1	2	1	1	5	3	1	0	1	4	1	2	1	1	1	1	0,132	0,013
2038	2179	1	1	4	4	5	4	1	1	5	1	2	1	4	1	3	5	1	2	5	4	0,183	0,015
	4219	2	0	1	5	2	1	1	8	2	2	3	2	8	5	1	7	1	2	1	3	0,442	0,006
3146	3220	0	8	1	2	7	6	7	6	4	9	4	2	10	5	4	9	5	2	1	3	0,212	0,022
	4258	1	0	1	4	1	6	2	2	5	3	4	0	5	6	5	3	1	2	6	8	0,814	0,004
3133	3205	2	4	4	4	3	5	2	2	4	4	3	0	1	4	3	5	3	2	4	2	0,095	0,032
	3217	0	1	5	0	5	1	4	4	5	1	6	1	8	2	1	6	1	1	1	1	0,203	0,013
4157	4231	1	3	3	3	1	1	1	2	4	3	2	1	1	1	1	1	1	2	1	1	0,199	0,009
	4232	5	7	6	0	4	1	7	8	6	5	7	2	1	10	2	4	6	7	6	6	0,314	0,016
3105	3142	0	0	2	1	4	5	2	1	4	4	2	0	3	4	4	4	0	1	2	1	0,105	0,021
	3157	0	4	4	1	2	4	1	1	1	3	2	3	5	3	1	3	1	2	4	1	0,166	0,014
3105	3261	3	3	1	4	4	1	1	1	1	5	1	2	1	6	1	4	3	2	1	2	0,09	0,026
	3154	1	1	3	7	4	9	1	1	9	7	2	2	8	4	4	9	1	0	7	10	0,21	0,021
3118	3165	1	2	0	0	3	1	1	3	3	2	1	1	2	1	1	2	1	1	1	1	0,127	0,011
	3166	1	2	9	3	4	9	6	5	2	1	5	1	1	3	5	3	5	2	1	9	0,245	0,016

Продовження таблиці Л.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
3117	3165	0	2	3	1	1	4	4	3	2	1	1	1	3	2	2	4	1	2	2	1	0,127	0,016
	3161	1	1	4	4	1	1	1	1	4	2	2	3	1	4	3	1	1	1	1	2	0,098	0,02
4014	4183	1	4	4	7	1	1	4	2	4	2	1	1	1	9	3	1	2	3	6	5	0,365	0,008
	4247	0	1	1	1	1	2	1	5	5	3	1	0	1	2	4	1	0	0	4	5	0,14	0,014
4014	4188	2	1	0	1	4	3	1	2	2	2	0	2	3	5	4	1	0	2	4	2	0,085	0,024
	4169	7	6	7	6	7	1	4	4	8	8	1	2	1	8	8	8	0	0	2	1	0,671	0,007
2020	2216	2	2	0	1	3	3	3	1	1	4	2	0	2	2	4	4	1	1	2	4	0,125	0,017
	2152	2	1	3	0	3	1	2	4	3	3	2	2	4	5	1	4	0	2	2	1	0,157	0,014
2017	2161	4	1	0	1	4	4	3	3	2	4	3	0	3	5	1	2	2	1	5	1	0,183	0,013
	4301	0	0	1	1	2	1	1	1	1	1	1	0	3	2	4	1	2	0	2	2	0,126	0,01
2014	4298	8	3	3	1	5	1	2	3	8	7	1	6	6	6	7	1	1	5	5	4	0,257	0,016
	4296	1	0	3	0	1	4	1	1	1	1	1	1	2	5	1	4	2	1	4	1	0,174	0,01
2106	2176	0	3	1	3	1	1	4	1	1	4	1	1	1	3	4	3	1	2	4	2	0,12	0,017
	2155	2	0	5	5	6	2	1	4	6	1	7	7	3	6	8	1	6	1	3	5	2,192	0,002
1052	1093	1	1	2	4	4	5	1	5	3	2	3	2	1	3	1	5	2	1	5	3	0,11	0,025
	1095	1	0	1	1	2	2	2	1	1	3	0	0	1	1	3	2	1	2	2	2	0,158	0,009
3102	3153	4	1	3	2	4	1	7	3	4	2	3	5	3	2	1	5	4	5	1	6	0,21	0,016
	3140	0	0	3	0	2	3	2	2	1	4	1	1	2	1	4	3	0	1	4	3	0,148	0,013
3141	4232	1	1	3	2	3	7	1	7	1	4	6	5	2	7	4	5	6	6	2	4	0,314	0,012
	4266	7	0	1	1	1	4	3	6	8	5	2	5	4	3	5	2	1	2	4	5	0,387	0,009
2036	2194	0	2	3	2	4	2	1	2	4	2	1	1	2	1	3	4	2	0	1	3	0,101	0,02
	4208	5	5	7	5	5	2	8	9	7	5	6	5	1	9	4	1	5	6	4	8	0,313	0,017
3042	3154	3	0	0	0	3	3	6	3	5	9	2	3	1	6	5	8	1	0	9	9	0,21	0,018
	3145	6	1	1	1	4	1	1	6	8	2	5	4	1	2	6	4	3	0	5	5	0,206	0,016
2013	2204	2	4	2	1	1	1	3	5	1	1	3	1	1	5	5	3	1	2	3	5	0,083	0,03
	2037	1	3	2	1	2	4	3	3	1	1	1	2	2	5	4	4	2	1	3	2	0,167	0,014
Середнє значення		2	2	3	2	3	3	3	3	4	3	3	2	3	4	3	3	2	2	3	3	0,233	0,016

Таблиця Л.2 – Щільність автомобілів на ділянках ВДМ з 9⁵⁰ до 10¹⁰

№ Перехрестя	№ Відрізку	7:50	7:51	7:52	7:53	7:54	7:55	7:56	7:57	7:58	7:59	8:00	8:01	8:02	8:03	8:04	8:05	8:06	8:07	8:08	8:09	Довжина відрізку, км	Щільність авт/м
		7:51	7:52	7:53	7:54	7:55	7:56	7:57	7:58	7:59	8:00	8:01	8:02	8:03	8:04	8:05	8:06	8:07	8:08	8:09	8:10		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
3060	3134	20	17	18	12	3	3	10	2	6	20	20	20	18	11	15	14	8	4	7	9	0,141	0,084
	3107	7	7	9	8	9	4	10	13	0	13	11	11	13	5	7	7	6	5	7	4	0,274	0,028
3042	3144	3	7	2	2	3	4	6	5	4	2	6	4	6	7	4	6	0	3	1	5	0,089	0,045
	3056	4	3	5	6	4	2	4	3	0	4	5	7	1	6	5	2	2	1	3	5	0,132	0,027
3044	3056	5	7	6	4	2	5	10	9	2	3	11	11	10	6	1	8	1	2	4	8	0,132	0,044
	3167	3	6	8	10	1	3	4	4	6	8	9	9	5	4	4	1	4	7	5	6	0,101	0,053
1039	4210	8	2	10	13	10	2	10	14	7	8	4	9	13	5	12	1	12	1	6	2	0,281	0,027
	1061	6	6	7	3	1	3	6	6	3	4	6	7	3	6	5	5	1	3	3	5	0,117	0,038

Продовження таблиці Л.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1085	1116	5	5	10	3	6	7	7	9	5	2	10	9	8	6	2	8	1	4	4	1	0,092	0,061
	1115	4	9	3	4	3	4	8	3	10	11	13	12	9	3	6	11	6	8	9	9	0,242	0,03
1057	1094	11	6	9	7	8	3	11	11	2	7	10	10	6	2	6	1	5	0	1	7	0,22	0,028
	4193	11	3	4	5	6	5	11	10	9	10	10	10	6	6	8	9	9	8	8	4	0,22	0,035
4035	4116	3	9	4	6	3	5	9	4	5	3	8	7	8	6	3	2	2	2	8	4	0,229	0,022
	4131	8	8	5	9	0	1	7	6	5	7	7	5	3	3	8	4	2	6	2	1	0,16	0,03
4084	4302	4	6	6	8	1	5	1	3	4	2	3	9	7	2	0	1	0	1	6	6	0,161	0,023
	4197	7	9	8	9	6	5	4	8	4	4	9	11	7	3	8	1	1	3	5	7	0,145	0,041
4133	4171	14	5	10	8	0	10	3	9	9	7	9	16	5	13	11	5	8	3	2	8	0,224	0,035
	4199	3	5	6	7	3	4	3	3	3	4	8	5	3	4	2	5	1	2	5	2	0,133	0,029
2032	2209	5	4	5	6	3	1	5	5	4	4	8	8	5	4	3	2	2	4	2	3	0,144	0,029
	4291	6	4	4	10	1	6	8	7	5	9	12	5	5	8	4	8	5	3	7	2	0,132	0,045
2038	2179	4	6	2	4	1	2	2	1	2	4	3	3	5	3	4	4	1	1	4	4	0,183	0,016
	4219	3	3	10	3	5	1	12	5	7	1	9	12	10	3	2	11	5	3	2	10	0,442	0,013
3146	3220	12	14	6	13	7	12	4	6	2	12	11	6	6	2	9	3	8	13	13	5	0,212	0,039
	4258	8	16	6	12	5	8	12	14	11	10	14	17	12	3	15	9	7	9	2	6	0,814	0,012
3133	3205	5	1	8	2	3	3	6	2	0	3	6	6	5	5	5	1	1	5	3	5	0,095	0,039
	3217	5	5	7	3	2	3	10	11	9	9	6	10	11	9	4	2	7	2	1	10	0,203	0,031
4157	4231	6	4	7	7	3	3	4	4	6	4	7	5	5	7	6	2	1	2	4	5	0,199	0,023
	4232	5	8	3	10	1	6	9	9	4	10	6	11	9	4	4	6	9	4	9	7	0,314	0,021
3105	3142	5	6	7	2	1	1	4	2	3	0	9	5	2	5	7	4	6	1	2	1	0,105	0,035
	3157	6	3	6	7	1	1	1	1	5	5	3	9	6	3	6	3	1	2	1	1	0,166	0,021
3105	3261	6	5	3	3	0	4	6	6	5	4	6	9	3	7	6	4	5	2	1	2	0,09	0,048
	3154	10	13	3	12	5	1	4	4	7	12	14	11	12	3	11	9	0	3	4	2	0,21	0,033
3118	3165	7	3	5	3	2	1	7	4	5	5	9	8	3	4	5	5	5	1	7	5	0,127	0,037
	3166	11	10	11	5	5	1	11	10	8	1	3	14	6	12	3	6	4	3	5	0	0,245	0,026
3117	3165	5	6	7	7	0	1	5	6	3	6	5	8	3	5	6	2	3	2	4	0	0,127	0,033
	3161	5	4	4	5	1	3	3	5	3	4	8	7	6	4	3	5	1	2	3	1	0,098	0,039
4014	4183	8	3	4	7	6	5	9	10	6	8	12	11	9	9	2	4	5	1	5	1	0,365	0,017
	4247	7	2	6	6	1	2	2	5	9	3	9	7	8	8	8	8	4	7	0	8	0,14	0,039
4014	4188	7	9	5	2	4	1	7	1	1	6	10	7	4	1	8	2	6	5	6	3	0,085	0,056
	4169	8	11	3	8	4	7	2	8	8	2	8	10	4	8	3	12	11	12	12	11	0,671	0,011
2020	2216	4	5	6	3	2	2	5	7	5	6	7	6	7	7	3	4	5	2	0	3	0,125	0,036
	2152	8	2	1	4	1	2	5	5	1	2	5	5	2	4	7	6	0	2	1	1	0,157	0,02
2017	2161	7	5	5	8	0	1	3	5	4	3	5	6	6	7	2	6	2	3	6	3	0,183	0,024
	4301	2	6	1	5	5	2	9	6	7	7	3	6	8	1	2	7	5	3	1	0	0,126	0,034
2014	4298	8	9	7	12	8	6	4	5	2	1	11	10	11	7	9	9	8	5	5	10	0,257	0,029
	4296	6	5	4	3	2	1	3	6	2	3	8	5	6	3	3	3	4	1	1	3	0,174	0,021
2106	2176	4	3	5	5	2	1	6	6	4	2	6	7	3	4	3	5	3	2	4	2	0,12	0,032
	2155	6	10	8	4	1	2	6	6	2	7	11	10	3	7	8	8	8	5	2	2	2,192	0,003
1052	1093	2	6	2	3	0	1	4	5	4	6	8	4	3	4	2	3	4	4	5	6	0,11	0,035
	1095	9	3	4	10	6	3	7	10	6	4	6	9	10	10	8	7	6	6	5	2	0,158	0,041
3102	3153	8	3	10	5	7	5	3	7	2	4	7	10	8	7	6	6	5	6	2	4	0,21	0,027
	3140	6	4	5	4	2	0	5	6	4	5	5	5	5	5	3	5	3	2	1	4	0,148	0,027

Продовження таблиці Л.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
3141	4232	5	9	7	8	5	7	5	4	8	4	6	12	5	3	7	9	4	1	2	1	0,314	0,018
	4266	1	5	7	4	0	4	7	6	7	0	8	11	8	2	4	6	4	6	8	0	0,387	0,013
2036	2194	3	5	4	5	2	0	8	4	2	4	10	5	5	3	7	4	2	2	2	3	0,101	0,04
	4208	11	10	12	2	9	3	13	11	8	7	14	11	6	10	4	11	11	9	8	6	0,313	0,028
3042	3154	12	6	8	1	7	2	3	4	8	12	8	14	3	2	12	1	4	7	5	8	0,21	0,03
	3145	1	6	7	5	1	2	3	6	0	7	6	4	5	8	5	5	4	4	6	8	0,206	0,023
2013	2204	3	6	4	6	2	0	3	4	2	4	7	6	4	4	3	4	2	3	2	2	0,083	0,043
	2037	2	9	4	6	1	6	7	3	1	4	8	10	4	8	3	4	0	2	7	7	0,167	0,029
Середнє значення		6	6	6	6	3	3	6	6	5	6	8	9	6	5	6	5	4	4	4	4	0,233	0,0316

Додаток М
Результати визначення кореспонденцій між ТР ЦЧМ Харкова

Таблиця М.1 – Матриця фактичних транспортних кореспонденцій

		d															s															p	Сума
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
d	1	32	37	15	15	15	27	32	17	9	9	14	8	18	16	23	19	55	35	35	18	15	48	46	57	49	13	63	45	38	52	144	1019
	2	37	44	17	17	17	31	37	20	10	11	17	9	21	19	27	22	64	41	41	21	18	56	54	66	58	15	74	53	44	61	168	1190
	3	14	17	7	7	7	12	14	8	4	4	6	4	8	7	10	8	24	16	16	8	7	21	21	25	22	6	28	20	17	23	64	455
	4	15	18	7	7	7	13	15	8	4	4	7	4	9	8	11	9	26	17	17	8	7	23	22	27	24	6	30	21	18	25	68	485
	5	15	18	7	7	7	13	15	8	4	4	7	4	9	8	11	9	26	17	17	9	7	23	22	27	24	6	30	22	18	25	69	488
	6	28	33	13	13	13	24	28	15	8	8	13	7	16	14	20	17	48	31	31	16	13	42	41	50	44	11	56	40	33	46	127	899
	7	32	38	15	15	15	27	32	17	9	9	15	8	18	16	23	19	55	35	35	18	15	48	47	57	50	13	64	46	38	53	145	1027
	8	17	20	8	8	8	14	17	9	5	5	8	4	10	9	12	10	29	18	18	9	8	25	24	30	26	7	33	24	20	28	76	539
	9	9	10	4	4	4	7	9	5	2	2	4	2	5	4	6	5	15	9	9	5	4	13	13	15	13	3	17	12	10	14	39	273
	10	9	11	4	4	4	8	9	5	3	3	4	2	5	5	7	5	16	10	10	5	4	14	13	16	14	4	18	13	11	15	41	292
	11	14	16	6	6	6	12	14	7	4	4	6	3	8	7	10	8	24	15	15	8	7	21	20	25	22	6	28	20	17	23	63	445
	12	8	9	4	4	4	7	8	4	2	2	4	2	5	4	6	5	14	9	9	4	4	12	12	14	12	3	16	11	10	13	36	257
	13	17	20	8	8	8	14	17	9	5	5	8	4	10	9	12	10	29	19	19	10	8	26	25	31	27	7	34	24	20	28	78	549
	14	19	22	9	9	9	16	19	10	5	5	8	5	11	10	13	11	32	20	20	10	9	28	27	33	29	8	37	26	22	31	84	597
	15	24	28	11	11	11	20	24	13	7	7	11	6	14	12	17	14	41	26	26	13	11	36	35	43	37	10	48	34	28	40	108	766
s	16	81	95	37	38	37	68	81	43	22	23	37	20	46	41	58	0	31	40	40	22	18	49	104	127	111	21	60	67	24	32	367	1840
	17	57	67	26	26	26	48	56	30	16	16	26	14	32	29	40	7	0	26	21	16	9	34	73	89	78	20	55	46	31	41	257	1312
	18	41	48	19	19	19	34	41	22	11	12	19	10	23	21	29	11	30	0	0	0	0	0	53	65	56	14	43	35	26	36	186	923
	19	56	66	26	26	26	47	56	30	16	16	25	14	32	29	40	15	32	0	0	0	0	0	72	88	77	20	59	46	34	47	254	1249
	20	25	30	12	12	12	21	25	14	7	7	11	6	14	13	18	7	22	0	0	0	0	0	33	40	35	9	30	24	19	22	115	583
	21	30	35	14	14	14	25	30	16	8	9	14	8	17	15	22	8	18	0	0	0	0	9	39	47	41	11	36	29	22	26	137	694
	22	60	71	28	28	28	51	60	32	17	17	27	15	34	31	43	14	42	0	0	0	6	0	78	95	83	21	75	55	39	47	273	1370
	23	75	88	34	35	34	63	74	40	21	21	34	19	42	38	53	39	113	72	72	37	31	98	0	32	67	26	130	93	78	108	338	2005
	24	108	127	50	50	50	91	108	58	30	31	49	27	61	55	77	57	163	104	104	53	45	143	37	0	84	38	189	135	113	157	490	2884
	25	120	141	55	56	55	100	119	64	33	34	54	30	68	61	85	63	180	115	115	59	50	157	101	107	0	42	209	149	125	162	541	3250
	26	36	42	17	17	17	30	36	19	10	10	16	9	20	18	26	14	53	33	35	18	15	47	46	57	49	0	63	45	38	27	163	1026
	27	89	104	41	41	41	74	88	47	25	25	40	22	50	45	63	20	73	51	51	29	25	82	114	139	121	31	0	47	64	48	400	2090
	28	53	62	24	25	24	44	53	28	15	15	24	13	30	27	38	18	51	35	34	20	17	51	68	83	72	19	40	0	45	10	239	1277
	29	77	91	36	36	36	65	77	41	21	22	35	19	44	39	55	12	61	46	44	27	23	62	99	121	106	27	93	78	0	0	349	1842
	30	109	128	50	51	50	92	108	58	30	31	49	27	62	56	78	15	82	64	60	32	27	78	140	171	139	20	71	19	0	0	494	2391
p	31	100	118	46	47	46	84	100	54	28	28	45	25	57	51	71	60	172	110	110	56	48	150	146	179	156	40	199	142	119	165	515	3267
Сума	1407	1654	650	656	650	1182	1402	751	391	399	637	350	799	717	1004	531	1621	1014	1004	531	451	1396	1625	1956	1726	477	1928	1421	1121	1405	6428	0	

Додаток Н

Інтенсивності ТП на ділянках вулиць Сумська, Пушкінська та просп. Науки

Таблиця Н.1 – Інтенсивності ТП до проведення калібрування

№ відрізки	В вузол №	Інтенсивність од./2год																				
		0%	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%	60%	70%	80%	90%	100%	120%	140%	160%	180%	200%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
4197	4084	3003	3568	3858	4034	4209	4384	4625	4818	4977	5185	5644	5733	6092	6411	3962	4513	4513	5282	5809	7257	7968
4197	1099	2247	2359	2507	2601	2928	1795	1813	3143	3325	3530	4371	4440	4746	5136	5415	6401	6401	5542	2485	2685	3716
3107	3060	750	1058	1089	1159	743	1588	1319	1413	1283	1352	1579	1508	1662	1032	591	2090	2090	3331	6360	7828	10910
3107	3061	125	131	111	675	711	787	858	891	295	306	332	859	957	1042	1100	2984	2984	3620	5750	6275	9619
3144	3106	3401	3444	3022	3023	2346	2370	1803	2016	2156	2094	2232	2646	2856	3501	3912	5252	5252	6008	6840	7711	10967
3144	3042	1477	1617	1694	1771	1848	1925	1961	2073	2364	2448	2659	2702	2889	2684	2833	3225	3225	5017	8093	9571	12867
3251	3106	797	837	980	1025	1069	1114	1158	1203	1248	1292	1407	1429	1518	1190	1087	832	832	907	983	1058	1361
3154	3105	238	223	233	244	280	291	62	50	57	231	241	305	324	856	1409	1600	1600	2317	2510	2776	5342
3154	3042	2756	2191	1771	1731	1366	2060	1703	1240	1263	1294	1405	1489	1798	1744	134	156	156	170	184	198	255
3174	3117	830	865	906	1015	1060	1104	1172	1617	1677	1737	2227	1575	1701	2128	2578	4828	4828	4867	9305	11677	18291
3157	3115	1277	1850	2065	4079	4676	4345	4560	4751	4911	5086	5504	5613	5817	6214	5312	6127	6127	7231	7124	4187	3176
3163	3115	932	979	1026	1140	696	725	754	783	812	841	943	928	986	1044	1102	1276	1276	1392	1508	1624	2088
3161	3116	806	874	1178	3204	1098	1087	1129	1429	1642	1559	1668	1542	1565	1653	1859	4665	4665	7795	8609	11540	18502
3161	3117	813	860	901	895	946	933	937	973	1009	1046	1102	1353	1394	1400	1207	1444	1444	1575	1260	1357	2064
2015	2028	3066	3360	3230	2573	2664	2856	2935	3048	3197	3311	3705	3764	4426	4784	5158	6914	6914	7512	8138	8890	6963
2015	2023	2973	2903	2162	2260	2643	2753	2863	2973	3083	2898	3132	3182	3257	3728	4044	4920	4920	5689	3171	2995	2624
2018	2023	1788	1779	1732	1007	1195	1326	1379	1432	1521	1465	1592	1617	1718	1670	1954	3171	3171	3429	6529	7556	1223
2018	2025	435	456	478	467	652	680	743	891	924	1010	735	1048	875	1020	1076	2700	2700	1465	1121	1273	1627
4293	2023	1387	1146	1201	1256	1310	1365	1455	1511	1567	2029	2312	2349	2923	3192	3351	4149	4149	4526	4903	5367	5665
4293	2092	2969	2801	1923	1983	2354	2452	2550	2648	2746	2844	3080	3129	3200	3537	4076	5124	5124	5913	6405	6898	2759

Продовження таблиці Н.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
4208	2036	1549	1499	808	799	539	778	584	607	629	927	1040	1450	1475	2021	2156	3154	3154	3614	1197	1289	1951
4208	3104	889	999	1047	1095	1142	1190	1438	1530	1800	1865	2050	2083	2231	2352	2483	2853	2853	4611	7654	9098	12259
3134	3059	527	824	845	840	2573	3045	3391	3584	3163	3307	3682	4286	4549	4155	2542	1838	1838	3263	6286	7749	10808
3134	3060	125	131	111	159	172	226	274	285	295	306	332	141	194	233	246	2984	2984	3620	5750	6275	9619
3177	3060	1054	1066	1029	1570	4361	4093	4309	4494	4645	4811	5205	5309	5494	5872	4854	4272	4272	2044	5375	2027	2278
3244	3119	432	453	523	547	571	595	675	749	777	622	576	585	621	1142	1374	2076	2076	2265	2518	2710	560
3151	3112	500	525	550	667	501	737	307	318	330	67	73	74	79	83	88	102	102	111	120	129	166
3151	3101	692	461	289	342	523	372	375	389	403	467	507	506	537	569	783	1209	1209	853	1407	1444	1641
4258	3146	2381	2500	2619	2738	2857	2976	3095	3214	3333	3453	3750	3810	4048	4286	4524	5238	5238	5715	6191	6667	8572
4258	4171	2570	2699	2827	2956	3084	3213	3341	3470	3598	3727	4048	4113	4370	4627	4884	5655	5655	6169	6683	7197	9253
3164	3118	936	1492	1689	3687	4275	3922	4126	4300	4443	4602	4978	5078	5249	5613	4871	3839	3839	6312	4770	1579	1949
4257	1053	1434	1522	1643	1718	1793	1948	1991	2038	2150	2395	2318	2355	2487	2617	2765	2844	2844	5108	3790	4278	6195
1190	1053	279	288	286	299	312	1056	1058	1075	1092	1161	325	330	351	372	392	454	454	496	537	578	743
1085	1055	1621	1566	1589	1670	1814	1137	1145	1238	1280	1531	2685	2727	2998	3190	3665	4203	4203	4519	3496	1836	2940
4282	4177	3744	3987	2995	3299	3557	3660	5821	6108	6320	6546	5026	5109	5330	5118	5030	4720	4720	5698	10339	4182	5376
4150	4084	520	547	580	606	632	659	685	712	738	696	598	608	594	468	494	573	573	625	687	729	937
4107	4035	199	209	152	157	164	169	177	183	190	193	210	213	225	238	251	1164	1164	362	236	4408	7330
4139	4035	11	12	12	13	14	14	116	123	131	25	41	41	56	65	221	372	372	447	3204	2863	1164
4138	4056	459	477	500	523	545	568	538	559	579	580	631	641	681	758	1512	1772	1772	2044	2991	1120	4667
4096	4056	104	109	115	120	123	123	128	132	137	145	158	161	171	406	660	499	499	567	298	2848	3462
4087	4113	654	686	405	423	444	469	596	620	641	664	722	733	783	841	2179	2475	2475	2027	1385	3638	5213
4169	4113	558	586	650	694	1160	1208	1256	1305	1415	1560	1845	1874	2064	2261	2373	2726	2726	3050	1861	2269	3080
4055	4112	209	220	230	240	251	261	272	282	293	303	329	335	355	376	397	460	460	502	544	585	753
4246	4112	3486	3661	3835	4009	4184	4358	4532	4707	4881	5055	5491	5578	5927	6276	6624	7670	7670	8368	9065	9762	12551
1086	1055	1001	1068	1119	1170	1221	1353	1371	1395	1483	1562	1805	1833	1933	2024	2014	2504	2504	4737	3388	3845	5638
4277	4177	2247	2359	2507	2601	2928	1795	1813	3143	3325	3530	4371	4440	4746	4891	5156	6144	6144	5242	2024	2178	2954
4302	4084	2534	2661	2823	2892	3232	2122	2180	3525	3721	3931	5049	5129	5142	5506	5812	6924	6924	7489	2834	3061	4250
4131	4035	1820	2326	2898	3030	3162	3293	3496	3645	3764	3925	4263	4331	4587	4824	2436	3079	3079	3675	4068	2574	2912
4116	4035	2343	2460	2613	2673	3009	2074	2141	3325	3514	3673	4710	4785	4781	5203	5557	6283	6283	6785	3127	3338	3746
4116	4056	2094	2614	3127	3269	3412	3556	3766	3929	4058	4226	4588	4660	4937	5188	2821	3497	3497	4106	4374	2953	3775

Продовження таблиці Н.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
4117	4056	2424	2545	2702	2799	3338	2311	2403	3670	3872	4035	5112	5193	5215	5341	5533	6136	6136	6929	5837	6286	8200
4117	4113	1784	2288	2786	2913	3040	3169	3293	3437	3549	3676	3990	4053	4306	4560	3104	3869	3869	4601	6044	4549	5849
4088	4113	3242	3405	3567	3729	3891	4053	4215	4377	4539	4701	5107	5188	5512	5836	6161	7133	7133	7782	8430	9079	11673
4088	4112	2428	2549	2670	2792	2913	3034	3156	3277	3399	3520	3823	3884	4127	4370	4612	5341	5341	5826	6312	6797	8739
1086	1053	860	941	976	1026	804	686	681	2092	2170	2482	114	115	123	130	137	277	277	6691	3101	202	260
1177	1099	2186	2710	1554	1625	1696	1766	3860	4024	4153	4332	2217	2252	2393	2534	2493	2861	2861	3480	1932	5375	6102
4302	4128	2412	2948	3549	3711	3872	4033	4260	4439	4584	4777	5201	5284	5602	5874	3408	3871	3871	4592	5061	3679	4319
4131	4123	2136	2243	2386	2435	2754	1656	1707	3033	3211	3359	4425	4495	4439	4762	5026	5611	5611	6060	2379	2532	3355
4278	1055	2733	2869	3006	3156	3453	2263	2300	3710	3847	3850	4746	4821	5123	5662	5976	7300	7300	7887	5087	3291	4218
2016	2030	899	1044	1007	1052	933	972	1011	1013	964	999	1085	1102	1575	1668	1760	706	706	770	834	898	1329
2156	2030	1653	1718	1800	1793	1727	1799	1871	1943	2015	1792	1946	1977	1656	1754	1786	5311	5311	2945	2108	2270	4384
2211	2087	786	825	885	873	1156	808	1091	1720	1663	2753	3901	3735	3497	2042	822	908	908	990	1073	1155	1695
4291	2032	4308	4601	2869	2196	2436	2618	2793	2938	3082	3193	3556	3612	3861	4208	4614	7544	7544	8282	9058	9881	13312
2209	2032	1550	1721	2552	2843	3079	3278	3426	3472	3553	1495	1676	4253	4059	3567	4867	7243	7243	7858	8724	9395	11987
2038	2032	696	893	956	999	829	863	898	933	967	1653	1835	1864	2002	2103	2014	1610	1610	1583	1538	1236	830
2209	2134	4396	4694	4974	2744	2770	2858	3042	3159	3312	3431	3815	3875	4140	4504	4947	6034	6034	7659	9799	10609	3569
4234	2134	1691	1868	2706	3004	3629	3453	3822	4456	4573	3735	4723	4477	4298	5083	5134	7551	7551	8195	9089	9788	11916
2208	2134	581	595	722	680	726	761	764	854	886	917	1060	1077	1163	1111	1150	1271	1271	1404	1240	1277	11308
4234	2135	4536	4864	5256	2942	3004	3107	3247	3371	3533	3684	4107	4172	4456	4838	5300	6442	6442	8275	10311	10926	13116
4255	2135	508	657	843	815	556	688	715	700	678	635	749	727	826	1194	1234	2094	2094	2000	2378	2516	1422
4210	2135	2031	2096	2700	2984	4071	3699	4511	5119	5309	4521	5467	5248	5063	6704	6088	7974	7974	8699	9376	10036	16847
4210	1039	3135	3392	3510	1837	2061	2228	2387	2479	2607	2726	3086	3135	3354	3800	4204	5173	5173	4042	8561	9042	10942
1061	1039	2570	2662	3293	3604	4788	4446	5274	5893	6111	6332	6914	6792	7325	7481	6928	9232	9232	9618	10439	11109	18227
1061	1096	3753	3794	3718	2114	2351	2530	2942	3056	3205	3487	3913	3975	4247	4593	4873	5611	5611	4520	9685	10181	12247
4211	1096	1106	1098	1655	1959	1861	2935	3477	1208	1247	1464	1635	1538	1483	6098	5468	7445	7445	7669	9641	11243	18315
1062	1096	2077	2181	2285	2321	3633	2245	2319	5228	5427	5611	6087	6074	6713	2186	2308	2672	2672	2915	3158	3401	4373
1062	1047	4366	4411	4364	2790	3056	3264	3465	3599	3768	4231	4704	4778	5100	5377	5679	6290	6290	5440	8077	11845	16346
1091	1047	2077	2181	2285	2321	3633	2245	2319	5775	5971	6687	7311	6802	6713	2186	2308	2672	2672	2915	3158	3401	4373
1091	1050	3593	3443	2165	2264	2362	2542	2714	2818	2959	3392	3793	3853	4039	4254	4494	4697	4697	5176	7552	11845	3588
4220	1050	1058	1111	1212	1267	1322	1377	1327	1349	1399	1307	1406	1399	1449	1507	1591	1842	1842	2010	2177	2345	3014

Продовження таблиці Н.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1092	1050	3940	3920	4112	4214	4628	3465	3548	6197	6409	7122	7650	7290	6849	8750	9164	7184	7184	7837	4409	3031	3897
1092	1051	3983	3853	2643	2763	2883	3084	3173	3266	3423	3713	4141	4184	4353	4560	4816	5071	5071	5583	7994	12320	4199
1093	1051	3062	2960	3101	3151	3786	2587	2689	5317	5496	6390	7211	6867	6462	8609	4925	2221	2221	3048	2625	2827	5039
1202	1051	1080	1166	1197	1257	1045	1061	1050	1078	1118	945	670	681	661	464	4580	5285	5285	5766	2166	615	791
1093	1052	3072	2874	1540	1610	1680	1722	1791	1860	1929	1997	1940	1971	2094	2217	2340	2710	2710	2956	3202	3449	4434
1095	1052	990	1310	1377	1537	1718	1745	670	1858	1932	2550	2644	2091	2303	7020	3247	279	279	929	330	355	1861
1090	1052	2561	2435	2531	2623	3234	2013	2116	3559	3668	3948	4684	4895	4285	1723	1818	2106	2106	2297	2488	2680	3445
1095	1058	489	484	478	499	521	515	536	556	577	597	419	426	453	479	506	586	586	639	692	745	958
4222	1058	615	944	2368	2642	2871	2945	3734	3941	3533	3682	4062	4672	4965	4601	3169	1533	1533	4840	4810	3428	18122
1117	1058	477	642	673	678	714	2078	2200	2449	2539	2699	3021	2912	4183	7692	4288	2439	2439	3046	5128	5990	9734
1117	1056	413	438	1854	1938	2022	2107	3982	4199	3795	3930	4032	4721	4908	4624	3193	1632	1632	4323	4927	3555	16880
4224	1056	1749	1978	1994	2059	2155	3579	3651	3956	4103	4318	4207	4117	5464	8807	5465	3802	3802	4429	6626	7393	11536
4226	4156	347	365	517	540	564	587	625	752	779	876	1008	1001	1064	1215	1282	3673	3673	1128	2848	1414	5113
4225	4156	1401	1613	1611	1660	1738	3145	3199	3385	3511	3636	3199	3150	4437	7871	4478	3038	3038	3699	5835	6752	10713
1116	1068	1284	1344	1330	1322	1380	1496	1447	4353	4628	4593	3479	3434	4752	7846	4162	4132	4132	4997	7242	8145	12485
4194	1068	1209	1334	1397	1504	1575	2881	2939	1047	1086	1326	1300	1321	1427	1870	2305	3267	3267	3432	2258	4975	1822
1116	1085	1092	1065	1116	1167	1217	1232	1691	1207	709	734	797	1465	1557	1648	1740	6177	6177	6988	4315	5537	6869
4227	1085	637	669	951	994	1051	1095	1014	691	350	362	427	400	462	489	558	355	355	2870	449	3186	4288
1115	1085	1201	1261	1454	1452	1515	1637	1702	3662	4278	4311	4704	4743	5117	5418	5719	3559	3559	1870	3552	3865	5467
4192	1085	512	615	666	696	726	784	816	1302	1447	1648	2337	2292	3501	6522	2722	3438	3438	4325	5750	6705	9708
1115	1070	702	737	772	807	856	856	1284	1334	839	1018	1737	2440	2593	2745	2898	4181	4181	4420	2659	2497	4729
4228	1070	588	726	480	502	510	532	662	675	1067	792	888	902	1036	1097	1158	1068	1068	1269	1375	3845	1497
4231	1070	1201	1261	1454	1452	1515	1578	1641	3536	3781	3916	4290	4324	4671	4945	5220	3459	3459	1975	3666	3826	4919
4191	1070	542	520	545	569	594	684	727	971	910	707	862	876	566	613	648	738	738	649	5519	9869	795
4231	4157	460	483	707	739	772	774	1229	1277	780	922	1534	1559	1657	1754	1852	2178	2178	2709	2001	2155	2892
4230	4157	222	234	44	46	48	50	52	1375	1426	1790	1981	2050	2178	2306	2434	2121	2121	1333	4104	1555	2246
4232	4157	1745	1833	1920	1939	2023	2108	2192	3000	3111	3223	3500	3556	3778	4000	4223	4889	4889	4104	4446	4787	6155
4229	4157	571	600	628	657	685	744	854	886	919	839	420	372	781	827	873	925	925	1051	2905	3158	12361
4232	3141	798	837	877	917	957	997	1542	1601	1117	1156	1290	1932	2052	2173	2294	2860	2860	3119	3379	3639	4679
3211	3141	1477	1551	1625	1699	1773	1846	1415	1470	2068	2142	2293	1708	1815	1921	2028	2145	2145	2340	2535	2730	3510

Продовження таблиці Н.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
4266	3141	3885	4080	4274	4468	4662	4857	5051	5245	5439	5634	6119	6216	6605	6994	7382	8548	8548	9325	10102	10879	13987
2180	2030	1887	1766	863	922	1253	1124	1169	1939	2124	3171	3890	4418	4105	1646	1737	2827	2827	3301	550	592	1187
2181	2087	1568	1672	1664	1591	1516	1579	1642	1705	1982	2053	2230	2266	2407	2549	2690	4085	4085	1656	1770	1906	2451
2185	2087	1763	1636	706	759	792	1041	869	1054	1207	1136	1064	1475	1448	1646	1737	2827	2827	3301	550	592	4146
2185	2119	1877	1996	2004	1894	1832	1909	1985	2098	2159	2237	2429	2468	2622	2776	2931	4363	4363	1960	2099	2260	2906
2187	2119	159	167	175	183	191	137	143	148	154	159	146	148	157	220	232	307	307	335	240	259	195
2186	2119	1497	1374	484	506	528	766	583	693	806	721	613	1017	962	1368	1444	2487	2487	2887	313	337	3233
2213	2119	781	782	815	3635	4062	4122	4348	4591	4976	5154	5597	5706	5935	5519	4029	3405	3405	5214	8429	9379	12408
2186	2036	1724	1836	1836	4532	4865	4980	5297	5553	5956	6169	6661	6787	7084	6898	5508	6165	6165	5425	8631	9596	12844
2194	2036	1078	861	832	849	1353	984	1046	1230	1341	1233	1205	1166	1238	1426	1506	2851	2851	2718	2945	3172	2318
3145	3042	319	335	289	302	315	328	342	340	353	544	580	650	730	1602	2318	2108	2108	2691	2974	3205	6018
3056	3042	1804	1894	1985	2110	1905	1897	1584	1755	1825	1850	2013	2277	2424	2894	4508	6198	6198	7193	8095	9186	12726
3056	3044	1560	1115	1168	1221	1274	1327	1380	1434	1487	1540	1673	1699	1806	1687	1902	1857	1857	3499	6478	7884	10685
3167	3044	1513	1589	1664	1740	2022	2020	1747	1862	1931	1977	2342	2772	2937	3580	4068	5688	5688	6829	7700	8760	12179
3252	3044	1424	1533	1611	1724	1296	1350	1368	1483	1544	1581	1526	1389	1255	1328	4024	5005	5005	3692	5358	6190	2370
3167	3119	1560	1115	1168	1221	1274	1327	1380	1434	1487	1540	1673	1699	1806	1687	1902	3346	3346	3499	6478	7884	10685
3168	3119	1513	1589	1664	1740	2022	2020	1690	1755	1820	1885	2342	2772	2937	3580	4068	5688	5688	6829	7700	8760	12179
3168	3049	1992	1568	1692	1768	1845	1922	1999	2076	2153	2070	2248	2284	2427	2661	2977	3933	3933	5765	8996	10594	11245
3171	3049	1646	1729	1811	1893	1720	1729	1356	1331	1375	1424	1539	2331	2298	2529	2621	5844	5844	6797	7665	8723	12838
3166	3049	267	831	870	350	853	726	741	770	798	827	1167	892	931	1360	1768	216	216	437	473	510	655
3171	3120	1846	1938	2031	1563	1625	1531	1554	1613	1501	1555	1664	1691	1671	1741	1838	3527	3527	5321	8516	10150	10674
3172	3120	1301	1366	1431	1496	1305	1297	972	1009	1047	1084	1140	1846	1924	2133	2209	5374	5374	6293	7119	8135	11374
3172	3121	1308	1373	1438	987	1030	1073	1116	1159	1030	1067	1159	1177	1169	1238	1307	2912	2912	4651	7789	9368	9693
3173	3122	1495	1569	1644	1762	1589	1640	1367	1419	1472	1524	1619	2098	2236	2491	2588	5812	5812	6770	7636	8692	12116
3173	3061	1540	1617	1694	1254	1309	1363	1427	1362	1400	1473	1395	1440	1449	1535	1620	3282	3282	5062	8235	9847	10309
3110	3061	528	825	844	903	476	982	1021	1223	1114	1154	1569	1474	1707	1061	621	1707	1707	1862	511	550	2924
3121	3061	1370	1438	1534	1603	1417	1743	1093	1135	1177	1219	1287	1957	2042	2258	2341	2828	2828	3150	1886	2417	2763
3121	3064	1318	1383	1449	1515	1581	1647	1713	1779	1231	1275	1385	2125	2258	2372	2503	2899	2899	3593	2386	2569	2589
3223	3064	1370	1438	1534	1603	1417	1743	1093	1135	1177	1219	1287	1957	2042	2258	2341	2828	2828	3150	1886	2417	2763
3223	3147	1318	1383	1449	1515	1581	1647	1713	1779	1231	1275	1385	2125	2258	2372	2503	2899	2899	3593	2386	2569	2589

Продовження таблиці Н.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
3222	3147	1370	1438	1534	1603	1417	1743	1093	1135	1177	1219	1287	1957	2042	2258	2341	2828	2828	3150	1886	2417	2763
3222	3089	1318	1383	1449	1515	1581	1647	1713	1779	1231	1275	1385	2125	2258	2372	2503	2899	2899	3593	2386	2569	2589
3221	3089	1370	1438	1534	1603	1417	1743	1093	1135	1177	1219	1287	1957	2042	2258	2341	2828	2828	3150	1886	2417	2763
3221	3146	1318	1383	1449	1515	1581	1647	1713	1779	1231	1275	1385	2125	2258	2372	2503	2899	2899	3593	2386	2569	2589
3219	3146	866	909	952	995	1039	1082	1125	1168	1212	1255	1363	1385	1471	1558	1645	1904	1904	2077	2250	2424	3116
3220	3146	1759	1847	1962	2052	2141	2230	2318	2407	3125	3237	3516	3541	3762	4079	4306	5103	5103	5631	6081	6934	8488

Таблиця Н.2 – Відхилення розрахованої інтенсивності від фактичних значення

№ відрізка	В вузол №	Інтенсивність од./2год			Похибка, %	№ відрізка	В вузол №	Інтенсивність од./2год			Похибка, %
		0%	Фактичні	Відхилення				0%	Фактичні	Відхилення	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
4197	4084	3003	3060	57	0,02	1061	1096	3753	1200	2553	0,68
4197	1099	2247	2220	27	0,01	4211	1096	1106	480	626	0,57
3107	3060	750	864	114	0,13	1062	1096	2077	2520	443	0,18
3107	3061	125	904	779	0,86	1062	1047	4366	2040	2326	0,53
3144	3106	3401	1920	1481	0,44	1091	1047	2077	1920	157	0,08
3144	3042	1477	1464	13	0,01	1091	1050	3593	1800	1793	0,5
3251	3106	797	1080	283	0,26	4220	1050	1058	1320	262	0,2
3154	3105	238	960	722	0,75	1092	1050	3940	4080	140	0,03
3154	3042	2756	840	1916	0,7	1092	1051	3983	1440	2543	0,64
3174	3117	830	696	134	0,16	1093	1051	3062	1800	1262	0,41
3157	3115	1277	824	453	0,35	1202	1051	1080	1440	360	0,25
3163	3115	932	864	68	0,07	1093	1052	3072	1800	1272	0,41
3161	3116	806	856	50	0,06	1095	1052	990	2400	1410	0,59
3161	3117	813	488	325	0,4	1090	1052	2561	1560	1001	0,39
2015	2028	3066	1272	1794	0,59	1095	1058	489	1680	1191	0,71
2015	2023	2973	1752	1221	0,41	4222	1058	615	1080	465	0,43

Продовження таблиці Н.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2018	2023	1788	392	1396	0,78	1117	1058	477	1920	1443	0,75
2018	2025	435	704	269	0,38	1117	1056	413	1440	1027	0,71
4293	2023	1387	936	451	0,33	4224	1056	1749	2280	531	0,23
4293	2092	2969	1392	1577	0,53	4226	4156	347	600	253	0,42
4208	2036	1549	1080	469	0,3	4225	4156	1401	1560	159	0,1
4208	3104	889	1200	311	0,26	1116	1068	1284	960	324	0,25
3134	3059	527	904	377	0,42	4194	1068	1209	360	849	0,7
3134	3060	125	828	703	0,85	1116	1085	1092	960	132	0,12
3177	3060	1054	912	142	0,13	4227	1085	637	600	37	0,06
3244	3119	432	840	408	0,49	1115	1085	1201	960	241	0,2
3151	3112	500	56	444	0,89	4192	1085	512	840	328	0,39
3151	3101	692	120	572	0,83	1115	1070	702	840	138	0,16
4258	3146	2381	3120	739	0,24	4228	1070	588	360	228	0,39
4258	4171	2570	2240	330	0,13	4231	1070	1201	1560	359	0,23
3164	3118	936	856	80	0,09	4191	1070	542	1200	658	0,55
4257	1053	1434	840	594	0,41	4231	4157	460	840	380	0,45
1190	1053	279	360	81	0,22	4230	4157	222	1680	1458	0,87
1085	1055	1621	960	661	0,41	4232	4157	1745	1200	545	0,31
4282	4177	3744	1440	2304	0,62	4229	4157	571	480	91	0,16
4150	4084	520	360	160	0,31	4232	3141	798	600	198	0,25
4107	4035	199	240	41	0,17	3211	3141	1477	1680	203	0,12
4139	4035	11	180	169	0,94	4266	3141	3885	3480	405	0,1
4138	4056	459	240	219	0,48	2180	2030	1887	240	1647	0,87
4096	4056	104	360	256	0,71	2181	2087	1568	1200	368	0,23
4087	4113	654	360	294	0,45	2185	2087	1763	360	1403	0,8
4169	4113	558	180	378	0,68	2185	2119	1877	2520	643	0,26
4055	4112	209	240	31	0,13	2187	2119	159	120	39	0,25
4246	4112	3486	1620	1866	0,54	2186	2119	1497	840	657	0,44
1086	1055	1001	480	521	0,52	2213	2119	781	960	179	0,19

Продовження таблиці Н.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
4277	4177	2247	1380	867	0,39	2186	2036	1724	2520	796	0,32
4302	4084	2534	1620	914	0,36	2194	2036	1078	600	478	0,44
4131	4035	1820	780	1040	0,57	3145	3042	319	840	521	0,62
4116	4035	2343	1740	603	0,26	3056	3042	1804	1080	724	0,4
4116	4056	2094	1560	534	0,26	3056	3044	1560	1200	360	0,23
4117	4056	2424	1680	744	0,31	3167	3044	1513	1080	433	0,29
4117	4113	1784	1440	344	0,19	3252	3044	1424	840	584	0,41
4088	4113	3242	1620	1622	0,5	3167	3119	1560	1200	360	0,23
4088	4112	2428	1620	808	0,33	3168	3119	1513	720	793	0,52
1086	1053	860	900	40	0,04	3168	3049	1992	1200	792	0,4
1177	1099	2186	1320	866	0,4	3171	3049	1646	840	806	0,49
4302	4128	2412	1740	672	0,28	3166	3049	267	480	213	0,44
4131	4123	2136	2460	324	0,13	3171	3120	1846	1080	766	0,41
4278	1055	2733	960	1773	0,65	3172	3120	1301	720	581	0,45
2016	2030	899	360	539	0,6	3172	3121	1308	1080	228	0,17
2156	2030	1653	2280	627	0,27	3173	3122	1495	1200	295	0,2
2211	2087	786	960	174	0,18	3173	3061	1540	1440	100	0,06
4291	2032	4308	2400	1908	0,44	3110	3061	528	1080	552	0,51
2209	2032	1550	2400	850	0,35	3121	3061	1370	1320	50	0,04
2038	2032	696	3480	2784	0,8	3121	3064	1318	720	598	0,45
2209	2134	4396	2040	2356	0,54	3223	3064	1370	1080	290	0,21
4234	2134	1691	1560	131	0,08	3223	3147	1318	960	358	0,27
2208	2134	581	480	101	0,17	3222	3147	1370	1320	50	0,04
4234	2135	4536	1920	2616	0,58	3222	3089	1318	1080	238	0,18
4255	2135	508	360	148	0,29	3221	3089	1370	1080	290	0,21
4210	2135	2031	1080	951	0,47	3221	3146	1318	1440	122	0,08
4210	1039	3135	1560	1575	0,5	3219	3146	866	840	26	0,03
1061	1039	2570	2640	70	0,03	3220	3146	1759	3480	1721	0,49

Таблиця Н.3 – Інтенсивності ТП після проведення калібрування

№ від-різку	В вузол №	Інтенсивність од./2год																				
		0%	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%	60%	70%	80%	90%	100%	120%	140%	160%	180%	200%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
4197	4084	3064	3497	3781	3953	4125	4296	4533	4722	4877	5081	5531	5618	5970	6283	3883	4423	4423	5176	5693	7112	7809
4197	1099	2225	2335	2482	2575	2899	1817	1835	3112	3292	3495	4327	4396	4699	5085	5361	6337	6337	5487	2460	2658	3679
3107	3060	862	920	947	1008	855	1382	1148	1229	1116	1176	1374	1312	1446	898	703	1818	1818	2898	5533	6810	9492
3107	3061	902	908	888	1452	1488	1564	1635	1668	1072	1083	1109	1636	134	146	154	418	418	507	805	879	1347
3144	3106	1905	1929	1692	1693	1314	1327	2648	1129	1207	1173	1250	1482	1599	1961	2191	2941	2941	3364	3830	4318	6142
3144	3042	1462	1601	1677	1753	1830	1906	1941	2052	2340	2424	2632	2675	2860	2657	2805	3193	3193	4967	8012	9475	12738
3251	3106	1078	1118	1261	1306	1350	824	857	890	924	956	1041	1057	1123	881	804	1113	1113	1188	1264	1339	1007
3154	3105	958	943	953	964	1000	1011	782	770	777	951	961	1025	1044	1576	352	400	400	579	628	694	1336
3154	3042	827	657	531	519	410	618	511	372	379	388	422	447	539	523	722	744	744	758	772	786	843
3174	3117	697	727	761	853	890	927	984	1358	1409	1459	1871	1323	1429	1788	2166	4056	4056	4088	7816	9809	15364
3157	3115	830	1203	1342	2651	3039	2824	2964	3088	3192	3306	3578	3648	3781	4039	3453	3983	3983	4700	4631	2722	2064
3163	3115	867	910	954	1060	756	785	814	843	872	901	877	863	917	971	1025	1187	1187	1295	1402	1510	1942
3161	3116	857	822	1107	3012	1032	1022	1061	1343	1543	1465	1568	1449	1471	1554	1747	4385	4385	7327	8092	10848	17392
3161	3117	488	516	541	537	568	560	562	584	605	628	661	812	836	840	724	866	866	945	756	814	1238
2015	2028	1257	1378	1324	1055	1092	1171	1203	1250	1311	1358	1519	1543	1815	1961	2115	2835	2835	3080	3337	3645	2855
2015	2023	1754	1713	1276	1333	1559	1624	1689	1754	1819	1710	1848	1877	1922	2200	2386	2903	2903	3357	1871	1767	1548
2018	2023	393	391	381	222	263	292	303	315	335	322	350	356	378	367	430	698	698	754	1436	1662	269
2018	2025	703	724	746	735	920	948	461	552	573	626	456	650	543	632	667	1674	1674	908	695	789	1009
4293	2023	929	768	805	842	878	915	975	1012	1050	1359	1549	1574	1958	2139	2245	2780	2780	3032	3285	3596	3796
4293	2092	1395	1316	904	932	1106	1152	1199	1245	1291	1337	1448	1471	1504	1662	1916	2408	2408	2779	3010	3242	1297
4208	2036	1084	1049	1132	1123	863	1102	908	931	953	1251	1364	1015	1033	1415	1509	2208	2208	2530	838	902	1366
4208	3104	1201	1311	1359	1407	1454	1502	1064	1132	1332	1380	1517	1541	1651	1740	1837	2111	2111	3412	5664	6733	9072
3134	3059	907	1204	1225	1220	1492	1766	1967	2079	1835	1918	2136	2486	2638	2410	1474	1066	1066	1893	3646	4494	6269
3134	3060	829	835	815	863	876	930	978	989	999	1010	1036	845	898	937	950	448	448	543	863	941	1443
3177	3060	917	927	895	1366	3794	3561	3749	3910	4041	4186	4528	4619	4780	5109	4223	3717	3717	1778	4676	1763	1982
3244	3119	844	865	935	959	983	1007	1087	1161	1189	1034	988	997	1033	582	701	1059	1059	1155	1284	1382	972
3151	3112	55	58	61	73	55	81	34	35	36	7	8	8	9	9	10	11	11	12	13	14	18
3151	3101	118	78	49	58	89	63	64	66	69	79	86	86	91	97	133	206	206	145	239	245	279
4258	3146	3130	3249	3368	3487	3606	3725	3844	2443	2533	2624	2850	2896	3076	3257	3438	3981	3981	4343	4705	5067	6515
4258	4171	2236	2348	2459	2572	2683	2795	2907	3019	3130	3242	3522	3578	3802	4025	4249	4920	4920	5367	5814	6261	8050
3164	3118	852	1358	1537	3355	3890	3569	3755	3913	4043	4188	4530	4621	4777	5108	4433	3493	3493	5744	4341	1437	1774
4257	1053	846	898	969	1014	1058	1149	1175	1202	1269	1413	1368	1389	1467	1544	1631	1678	1678	3014	2236	2524	3655
1190	1053	358	367	365	378	391	824	825	839	852	906	404	409	430	290	306	354	354	387	419	451	580
1085	1055	956	924	938	985	1070	671	676	730	755	903	1584	1609	1769	1882	2162	2480	2480	2666	2063	1083	1735
4282	4177	1423	1515	1138	1254	1352	1391	2212	2321	2402	2487	1910	1941	2025	1945	1911	1794	1794	2165	3929	1589	2043
4150	4084	359	377	400	418	436	455	473	491	509	480	413	420	410	323	341	395	395	431	474	503	647
4107	4035	240	250	193	198	205	210	218	224	231	234	251	254	266	279	208	966	966	300	277	3659	6084
4139	4035	180	181	181	182	183	183	285	292	300	194	210	210	225	234	13	22	22	27	192	172	70
4138	4056	239	248	260	272	283	295	280	291	301	302	328	333	354	394	786	921	921	1063	1555	582	2427
4096	4056	360	365	371	376	379	379	384	388	393	401	414	417	427	118	191	145	145	164	554	826	1004
4087	4113	360	377	223	233	244	258	328	341	353	365	397	403	431	463	1198	1361	1361	1115	762	2001	2867
4169	4113	179	188	208	222	371	387	402	418	453	499	590	600	660	724	759	872	872	976	596	726	986
4055	4112	240	251	261	209	218	227	237	245	255	264	286	291	309	327	345	400	400	437	473	509	655

Продовження таблиці Н.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
4246	4112	1604	1684	1764	1844	1925	2005	2085	2165	2245	2325	2526	2566	2726	2887	3047	3528	3528	3849	4170	4491	5773
1086	1055	480	513	537	562	586	649	658	670	712	750	866	880	928	972	967	1202	1202	2274	1626	1846	2706
4277	4177	1371	1439	1529	1587	1786	1095	1106	1917	2028	2153	2666	2708	2895	2984	3145	3748	3748	3198	1235	1329	1802
4302	4084	1622	1703	1807	1851	2068	1358	1395	2256	2381	2516	3231	3283	3291	3524	3720	4431	4431	4793	1814	1959	2720
4131	4035	783	1000	1246	1303	1360	1416	1503	1567	1619	1688	1833	1862	1972	2074	1047	1324	1324	1580	1749	1107	1252
4116	4035	1734	1820	1934	1978	2227	1535	1584	2461	2600	2718	3485	3541	3538	3850	4112	4649	4649	5021	2314	2470	2772
4116	4056	1550	1934	2314	2419	2525	2631	2787	2907	3003	3127	3395	3448	3653	3839	2088	2588	2588	3038	3237	2185	2794
4117	4056	1673	1756	1864	1931	2303	1595	1658	2532	2672	2784	3527	3583	3598	3685	3818	4234	4234	4781	4028	4337	5658
4117	4113	1445	1853	2257	2360	2462	2567	2667	2784	2875	2978	3232	3283	3488	3694	2514	3134	3134	3727	4896	3685	4738
4088	4113	1621	1703	1784	1865	1946	2027	2108	2189	2270	2351	2554	2594	2756	2918	3081	3567	3567	3891	4215	4540	5837
4088	4112	1627	1708	1789	1871	1952	2033	2115	2196	2277	2358	2561	2602	2765	2928	3090	3578	3578	3903	4229	4554	5855
1086	1053	896	903	937	985	840	722	717	2008	2083	2383	150	151	159	166	173	313	313	6423	2977	238	296
1177	1099	1312	1626	932	975	1018	1060	2316	2414	2492	2599	1330	1351	1436	1520	1496	1717	1717	2088	1159	3225	3661
4302	4128	1737	2123	2555	2672	2788	2904	3067	3196	3300	3439	3745	3804	4033	4229	2454	2787	2787	3306	3644	2649	3110
4131	4123	2456	2563	2706	2755	2396	1976	2027	2639	2794	2922	3850	3911	3862	4143	4373	4882	4882	5272	2699	2203	2919
4278	1055	957	1004	1052	1105	1209	792	805	1299	1346	1348	1661	1687	1793	1982	2092	2555	2555	2760	1780	1152	1476
2016	2030	360	418	403	421	373	389	404	405	386	400	434	441	630	667	704	282	282	308	334	359	532
2156	2030	2269	2334	2416	2409	2343	2415	2487	2559	2631	2408	2562	2593	2272	2370	2402	3877	3877	2150	2724	2886	3200
2211	2087	959	998	1058	1046	948	981	895	1410	1364	2257	3199	3063	2868	1674	995	1081	1081	812	880	947	1390
4291	2032	2412	2577	1607	3252	1364	1466	1564	1645	1726	1788	1991	2023	2162	2356	2584	4225	4225	4638	5072	5533	7455
2209	2032	2390	2561	1659	1848	2001	2131	2227	2257	2309	2335	2516	2764	2638	2319	3164	4708	4708	5108	5671	6107	7792
2038	2032	3480	3677	3740	3783	3613	3647	3682	3717	3751	4437	4619	4648	4786	4887	4798	4394	4394	4367	4322	4020	3614
2209	2134	2022	2159	2288	1262	1274	1315	1399	1453	1524	1578	1755	1783	1904	2072	2276	2776	2776	3523	4508	4880	1642
4234	2134	1556	1719	2490	2764	3339	3177	3516	4100	4207	3436	4345	4119	3954	4676	4723	6947	6947	7539	8362	9005	10963
2208	2134	482	494	599	564	603	632	634	709	735	761	880	894	965	922	955	1055	1055	1165	1029	1060	9386
4234	2135	1905	2043	2208	1236	1262	1305	1364	1416	1484	1547	1725	1752	1872	2032	2226	2706	2706	3476	4331	4589	5509
4255	2135	361	466	599	579	395	488	508	497	481	451	532	516	586	848	876	1487	1487	1420	1688	1786	1010
4210	2135	1076	1111	1431	1582	2158	1960	2391	2713	2814	2396	2898	2781	2683	3553	3227	4226	4226	4610	4969	5319	8929
4210	1039	1568	1696	1755	919	1031	1114	1194	1240	1304	1363	1543	1568	1677	1900	2102	2587	2587	2021	4281	4521	5471
1061	1039	2649	2582	3194	3496	4644	4313	5116	5716	5928	6142	6707	6588	7105	7257	6720	8955	8955	9329	10126	10776	17680
1061	1096	1201	1214	1190	676	752	810	941	978	1026	1116	1252	1272	1359	1470	1559	1796	1796	1446	3099	3258	3919
4211	1096	476	472	712	842	800	1262	1495	519	536	630	703	661	638	2622	2351	3201	3201	3298	4146	4834	7875
1062	1096	2531	2635	2739	2775	2979	2699	2773	4287	4450	4601	4991	4981	5505	2640	2762	2191	2191	2390	2590	2789	3586
1062	1047	2052	2073	2051	1311	1436	1534	1629	1692	1771	1989	2211	2246	2397	2527	2669	2956	2956	2557	3796	5567	7683
1091	1047	1911	2007	2102	2135	3342	2065	2133	5313	5493	6152	6726	6258	6176	2011	2123	2458	2458	2682	2905	3129	4023
1091	1050	1797	1722	1083	1132	1181	1271	1357	1409	1480	1696	1897	1927	2020	2127	2247	2349	2349	2588	3776	5923	1794
4220	1050	1322	1375	1476	1531	1058	1102	1062	1079	1119	1571	1125	1119	1159	1206	1273	1474	1474	1608	1742	1876	2411
1092	1050	4062	4042	3989	4088	4489	3587	3670	6011	6217	6908	7421	7071	6644	8488	8889	6968	6968	7602	4277	3153	4019
1092	1051	1434	1387	951	995	1038	1110	1142	1176	1232	1337	1491	1506	1567	1642	1734	1826	1826	2010	2878	4435	1512
1093	1051	1807	1746	1830	1859	2234	1526	1587	3137	3243	3770	4254	4052	3813	5079	2906	1310	1310	1798	1549	1668	2973
1202	1051	1440	1526	1557	1617	1405	1421	1410	1438	1478	1305	1030	1041	1021	824	3435	3964	3964	4325	1625	975	1151
1093	1052	1812	1696	2278	2348	2418	2460	2529	1097	1138	1178	1145	1163	1235	1308	1381	1599	1599	1744	1889	2035	2616
1095	1052	2406	2726	2793	2953	3134	3161	2086	3274	3348	1046	1084	3507	3719	2878	1331	1695	1695	2345	1746	1771	3277
1090	1052	1562	1485	1544	1600	1973	1228	1291	2171	2237	2408	2857	2986	2614	1051	1109	1285	1285	1401	1518	1635	2101
1095	1058	1682	1677	1671	1692	1714	1708	1729	1749	1770	1790	1612	1619	1646	1672	1699	1779	1779	1832	1885	1938	2151
4222	1058	1079	1408	1350	1506	1636	1679	2128	2246	2014	2099	2315	2663	2830	2623	1806	874	874	2759	2742	1954	10330
1117	1058	1917	2082	2113	2118	2154	520	550	612	635	675	755	728	1046	1923	1072	610	610	762	1282	1498	2434
1117	1056	1435	1460	538	562	586	611	1155	1218	1101	1140	1169	1369	1423	1341	926	473	473	1254	1429	1031	4895

Продовження таблиці Н.3

4224	1056	2273	2502	2518	2583	2679	2756	2811	3046	3159	3325	3239	3170	4207	6781	4208	2928	2928	3410	5102	5693	8883
4226	4156	599	617	769	792	816	839	363	436	452	508	585	581	617	705	744	2130	2130	654	1652	820	2966
4225	4156	1557	1452	1450	1494	1564	2831	2879	3047	3160	3272	2879	2835	3993	7084	4030	2734	2734	3329	5252	6077	9642
1116	1068	963	1008	998	992	1035	1122	1085	3265	3471	3445	2609	2576	3564	5885	3122	3099	3099	3748	5432	6109	9364
4194	1068	363	400	419	451	473	864	882	314	326	398	390	396	428	561	692	980	980	1030	677	1493	547
1116	1085	961	937	982	1027	1071	1084	1488	1062	824	849	912	1289	1370	1450	1531	5436	5436	6149	3797	4873	6045
4227	1085	599	629	894	934	988	1029	953	650	386	398	463	436	498	525	594	391	391	2698	485	2995	4031
1115	1085	961	1009	1163	1162	1212	1310	1362	2930	3422	3449	3763	3794	4094	4334	4575	2847	2847	1496	2842	3092	4374
4192	1085	840	943	994	1024	1054	1112	1144	794	883	1005	1426	1398	2136	3978	1660	2097	2097	2638	3508	4090	5922
1115	1070	836	871	906	941	719	719	1079	1121	973	855	1459	2050	2178	2306	2434	3512	3512	3713	2234	2097	3972
4228	1070	359	443	293	306	311	325	404	412	651	483	542	550	632	669	706	651	651	774	839	2345	913
4231	1070	1560	1620	1813	1811	1874	1215	1264	2723	2911	3015	3303	3329	3597	3808	4019	2663	2663	1521	2823	2946	3788
4191	1070	1202	1180	1205	1229	1254	1344	1387	1631	1570	1367	1522	1536	1226	1273	1308	1398	1398	1309	2484	4441	1455
4231	4157	838	861	1085	1117	1150	1152	676	702	1158	507	844	857	911	965	1019	1198	1198	1490	1101	1185	1591
4230	4157	1684	1696	1506	1508	1510	1512	1514	2837	2888	233	258	267	283	300	316	276	276	2795	534	3017	292
4232	4157	1204	1265	1325	1338	1396	1455	1512	2070	2147	2224	2415	2454	2607	2760	2914	3373	3373	2832	3068	3303	4247
4229	4157	480	504	528	552	575	625	717	744	772	705	497	449	656	695	733	777	777	883	2440	2653	10383
4232	3141	599	628	658	688	718	748	1157	1201	838	867	968	1449	1539	1630	1721	2145	2145	2339	2534	2729	3509
3211	3141	1679	1753	1827	1495	1560	1624	1617	1672	1820	1885	2018	1503	1597	1690	1785	1888	1888	2059	2231	2402	3089
4266	3141	3497	3672	3847	4021	4196	4371	4546	4721	4895	5071	5507	5594	5945	6295	6644	7693	7693	8393	9092	9791	12588
2180	2030	245	230	112	120	163	146	152	252	276	412	506	574	534	214	226	368	368	429	72	77	154
2181	2087	1207	1287	1281	1225	1167	1216	1264	1313	1526	1581	1717	1745	1853	1963	2071	3145	3145	1275	1363	1468	1887
2185	2087	353	327	141	152	158	208	174	211	241	227	213	295	290	329	347	565	565	660	110	118	829
2185	2119	2532	2651	2659	2549	2487	2564	2640	2753	2814	2892	3084	3123	1940	2054	2169	3229	3229	2615	2754	2915	2150
2187	2119	119	125	131	137	143	103	107	111	116	119	110	111	118	165	174	230	230	251	180	194	146
2186	2119	838	769	854	876	898	1136	953	1063	1176	1091	983	570	539	766	809	1393	1393	1617	683	707	1810
2213	2119	963	964	997	2944	3290	3339	3522	3719	4031	4175	4534	4622	4807	4470	3263	2758	2758	4223	6827	7597	10050
2186	2036	2530	2642	2642	3082	3308	3386	3602	3776	4050	4195	4529	4615	4817	4691	3745	4192	4192	3689	5869	6525	8734
2194	2036	604	482	466	475	758	551	586	689	751	690	675	653	693	799	843	1597	1597	1522	1649	1776	1298
3145	3042	840	856	810	823	836	849	863	861	874	1065	1101	1171	1251	609	881	801	801	1023	1130	1218	2287
3056	3042	1082	1136	1191	1266	1143	1138	950	1053	1095	1110	1208	1366	1454	1736	2705	3719	3719	4316	4857	5512	7636
3056	3044	1201	1391	1444	940	981	1022	1063	1104	1145	1186	1288	1308	1391	1299	1465	1430	1430	2694	4988	6071	8227
3167	3044	1074	1128	1181	1235	1436	1434	1240	1322	1371	1404	1663	1968	2085	2542	2888	4038	4038	4849	5467	6220	8647
3252	3044	840	904	950	1017	765	797	807	875	911	933	900	820	740	784	2374	2953	2953	2178	3161	3652	1398
3167	3119	1201	1391	1444	940	981	1022	1063	1104	1145	1186	1288	1308	1391	1299	1465	2576	2576	2694	4988	6071	8227
3168	3119	726	763	799	835	971	970	811	842	874	905	1124	1331	1410	1718	1953	2730	2730	3278	3696	4205	5846
3168	3049	1195	941	1015	1061	1107	1153	1199	1246	1292	1242	1349	1370	1456	1597	1786	2360	2360	3459	5398	6356	6747
3171	3049	839	882	924	965	877	882	692	679	701	726	785	1189	1172	1290	1337	2980	2980	3466	3909	4449	6547
3166	3049	478	465	487	561	478	407	415	431	447	463	654	500	521	762	990	427	427	648	684	286	367
3171	3120	1089	1143	1198	922	959	903	917	952	886	917	982	998	986	1027	1084	2081	2081	3139	5024	5989	6298
3172	3120	716	751	787	823	718	713	535	555	576	596	627	1015	1058	1173	1215	2956	2956	3461	3915	4474	6256
3172	3121	1086	1140	1194	1171	1214	1257	926	962	1214	1251	962	977	970	1028	1085	2417	2417	3860	6465	7775	8045
3173	3122	1196	1255	1315	1410	1271	1312	1094	1135	1178	1219	1295	1678	1789	1993	2070	4650	4650	5416	6109	6954	9693
3173	3061	1448	1520	1592	1340	1395	1449	1513	1448	1486	1385	1481	1354	1362	1443	1523	3085	3085	4758	7741	9256	9690
3110	3061	1079	1376	1395	1454	1027	1533	1572	599	546	565	769	722	836	1612	1172	836	836	912	1062	1101	1433
3121	3061	1315	1380	1473	1539	1360	1673	1146	1188	1230	1272	1340	1879	1960	2168	2247	2715	2715	3024	1811	2320	2652
3121	3064	725	761	797	833	870	906	942	978	677	701	762	1169	1242	1305	1377	1594	1594	1976	1312	1413	1424
3223	3064	1082	1136	1212	1266	1119	1377	863	897	930	963	1017	1546	1613	1784	1849	2234	2234	2489	1490	1909	2183

Продовження таблиці Н.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
3223	3147	962	1010	1058	1106	1154	1202	1250	1299	899	931	1011	1551	1648	1732	1827	2116	2116	2623	1742	1875	1890
3222	3147	1315	1380	1473	1539	1360	1673	1146	1188	1230	1272	1340	1879	1960	2168	2247	2715	2715	3024	1811	2320	2652
3222	3089	1081	1134	1188	1242	1296	1351	1405	1459	1009	1046	1136	1743	1852	1945	2052	2377	2377	2946	1957	2107	2123
3221	3089	1082	1136	1212	1266	1119	1377	863	897	930	963	1017	1546	1613	1784	1849	2234	2234	2489	1490	1909	2183
3221	3146	1433	1498	1333	1394	1455	1515	1576	1637	1346	1390	1500	1955	2077	2182	2303	2667	2667	3306	2195	2363	2382
3219	3146	840	882	923	965	1008	1050	1091	1133	1176	1217	1322	1343	1427	1511	1596	1847	1847	2015	2183	2351	3023
3220	3146	3464	3552	3667	3757	3846	3935	4023	4112	4830	4942	1793	1806	1919	2080	2196	2603	2603	2872	3101	3536	4329

Додаток П

Швидкість руху ТП на ділянках вулиць Сумська та Пушкінська

Таблиця П.1 – Швидкість руху ТП на вул. Пушкінська

№ відрізка	В вузол №	0%	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%	60%	70%	80%	90%	100%	120%	140%	160%	180%	200%
2180	2030	8	11	47	44	27	34	32	8	6	1	1	0	0	13	11	2	2	1	57	57	31
2180	2116	12	10	10	10	11	10	9	8	7	6	5	4	3	3	2	0	0	2	10	8	1
2181	2116	5	5	27	24	14	17	14	4	2	1	0	0	0	1	4	1	1	0	26	21	0
2181	2087	15	13	13	15	17	15	13	12	7	6	5	4	3	3	2	0	0	13	10	8	3
2185	2087	11	13	54	52	50	38	47	38	30	33	37	18	19	13	11	2	2	1	57	57	0
2185	2119	9	7	7	8	9	8	7	6	5	5	3	3	3	2	2	0	0	7	6	4	2
2186	2119	18	22	58	58	58	51	57	54	50	53	56	40	42	22	19	3	3	2	60	60	1
2186	2036	11	9	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4208	2036	13	15	41	42	48	42	47	46	37	32	16	15	6	4	1	1	1	25	21	6	6
4208	3104	38	34	32	30	27	25	16	14	8	7	5	5	4	3	3	2	2	0	0	0	0
3143	3104	2	2	6	5	11	4	8	7	6	5	4	2	2	1	1	0	0	0	2	2	1
3143	3106	46	41	38	35	33	31	20	16	10	9	6	6	5	4	3	2	2	0	0	0	0
3144	3106	1	1	1	1	4	4	10	7	5	6	5	2	2	1	1	0	0	0	0	0	0
3144	3042	18	14	12	10	9	8	7	6	4	3	2	2	2	2	2	1	1	0	0	0	0
3056	3042	10	8	7	6	8	8	15	11	9	9	7	4	3	2	0	0	0	0	0	0	0
3056	3044	16	34	32	29	26	24	22	20	18	16	13	12	10	12	8	9	9	1	0	0	0
3167	3044	17	15	13	11	7	7	11	9	8	7	4	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0
3167	3119	16	34	32	29	26	24	22	20	18	16	13	12	10	12	8	1	1	1	0	0	0
3168	3119	17	15	13	11	7	7	12	11	10	8	4	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0
3168	3049	7	15	12	10	9	8	7	6	5	6	5	4	3	2	2	1	1	0	0	0	0
3171	3049	13	11	10	8	11	11	23	24	22	20	16	4	4	3	3	0	0	0	0	0	0
3171	3120	9	8	7	15	14	16	16	14	17	16	13	12	13	11	9	1	1	0	0	0	0
3172	3120	25	22	20	18	25	25	42	40	38	36	33	9	8	5	5	0	0	0	0	0	0
3172	3121	25	22	20	41	39	37	34	32	39	37	32	31	32	28	25	2	2	0	0	0	0
3170	3121	51	49	48	46	51	51	57	56	56	55	54	35	32	26	24	1	1	1	0	0	0
3170	3122	51	49	47	57	56	53	52	51	54	53	51	44	43	40	37	7	7	0	0	0	0
3173	3122	18	15	13	11	15	13	22	20	18	17	14	6	5	3	3	0	0	0	0	0	0
3173	3061	16	14	12	27	25	23	20	23	21	18	21	20	19	16	14	1	1	0	0	0	0
3121	3061	22	20	16	14	20	11	36	33	31	29	26	7	6	4	4	2	2	1	8	3	2
3121	3064	24	22	19	17	15	13	12	10	28	26	22	6	4	4	3	2	2	1	4	3	3
3223	3064	22	20	16	14	20	11	36	33	31	29	26	7	6	4	4	2	2	1	8	3	2
3223	3147	24	22	19	17	15	13	12	10	28	26	22	6	4	4	3	2	2	1	4	3	3
3222	3147	22	20	16	14	20	11	36	33	31	29	26	7	6	4	4	2	2	1	8	3	2
3222	3089	24	22	19	17	15	13	12	10	28	26	22	6	4	4	3	2	2	1	4	3	3
3221	3089	22	20	16	14	20	11	36	33	31	29	26	7	6	4	4	2	2	1	8	3	2
3221	3146	24	22	19	17	15	13	12	10	28	26	22	6	4	4	3	2	2	1	4	3	3
3219	3146	47	45	43	41	38	36	34	32	29	27	23	22	18	16	13	8	8	6	4	3	1
Середнє значення		20	20	22	22	22	20	24	21	21	20	18	10	9,3	7,7	6,6	1,6	1,6	1,2	8,2	7,2	1,8

Таблиця П.2 – Швидкість руху ТП на вул. Сумська

№ відрізка	В вузол №	0%	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%	60%	70%	80%	90%	100%	120%	140%	160%	180%	200%
4293	2092	9	10	27	25	17	15	14	12	11	10	8	7	7	5	3	1	1	1	0	0	11
4293	2023	41	45	44	43	42	41	39	38	36	24	18	17	9	7	6	3	3	2	1	1	1
2015	2023	10	11	25	23	15	13	12	10	9	11	9	8	7	5	3	2	2	1	8	10	15
2015	2028	9	7	8	16	14	12	11	9	8	7	5	4	2	2	1	0	0	0	0	0	0
4290	2028	40	40	38	37	27	25	23	22	22	20	17	24	22	20	15	19	19	13	10	13	18
4290	4180	9	8	9	20	15	13	11	10	8	7	6	5	4	3	2	0	0	0	0	0	0
4291	4180	18	12	5	3	2	2	2	2	1	5	4	5	4	1	0	0	0	0	0	0	0
4291	2032	2	2	10	20	16	13	10	9	8	7	5	4	3	2	2	0	0	0	0	0	0
2209	2032	44	39	16	12	9	7	6	6	5	46	40	3	3	5	2	0	0	0	0	0	0
2209	2134	2	2	2	13	13	12	9	8	7	6	4	4	3	2	2	1	1	0	0	0	5
4234	2134	33	28	11	8	4	5	3	2	2	4	2	2	2	1	1	0	0	0	0	0	0
4234	2135	2	1	1	9	8	7	6	6	5	4	3	3	2	1	1	0	0	0	0	0	0
4210	2135	24	23	12	8	3	4	2	1	1	2	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
4210	1039	7	5	5	29	23	20	17	15	13	11	7	7	6	4	2	1	1	3	0	0	0
1061	1039	16	14	7	5	2	2	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1061	1096	4	4	5	27	21	17	11	9	8	6	4	4	3	2	2	1	1	2	0	0	0
1062	1096	28	25	22	21	5	23	21	1	1	1	1	1	0	25	22	14	14	11	8	6	3
1062	1047	3	2	3	13	9	7	6	5	4	3	2	2	1	1	1	1	1	1	0	0	0
1091	1047	28	25	22	21	5	23	21	1	1	0	0	0	0	25	22	14	14	11	8	6	3
1091	1050	5	6	25	23	20	17	14	12	10	6	4	4	3	3	2	2	2	1	0	0	5
1092	1050	4	4	3	3	2	6	6	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	10	4
1092	1051	4	4	15	13	11	9	8	7	6	5	3	3	3	2	2	1	1	1	0	0	3
1093	1051	9	10	9	8	4	16	14	1	1	1	0	0	1	0	2	24	24	9	15	12	1
1093	1052	9	11	44	42	40	39	37	34	32	30	32	31	27	24	21	14	14	10	8	6	2
1095	1052	57	51	49	44	39	38	59	34	32	16	15	27	22	0	8	60	60	57	60	60	34
1095	1058	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	59	59	59	57
1117	1058	60	59	59	59	59	28	24	18	17	14	10	11	3	0	3	19	19	9	1	1	0
1117	1056	60	60	35	32	29	27	4	3	4	4	3	2	2	2	8	42	42	3	2	5	0
4224	1056	32	26	25	24	21	4	4	3	3	2	2	3	1	0	1	4	4	2	0	0	0
4224	4156	50	50	50	50	50	50	50	5	8	7	50	50	49	49	49	50	50	7	50	50	1
4225	4156	40	35	35	34	32	7	7	5	5	4	7	7	2	0	2	8	8	4	1	0	0
4225	1068	50	50	50	50	50	50	49	4	6	6	50	49	49	47	47	9	9	5	24	49	0
1116	1068	51	50	50	50	49	46	47	3	2	2	6	6	2	0	3	3	3	2	0	0	0
1116	1085	55	56	55	54	53	52	40	53	59	59	59	47	44	41	38	1	1	0	3	1	0
1115	1085	53	52	47	47	45	41	39	5	3	3	2	2	1	1	1	5	5	34	5	4	1
1115	1070	59	59	59	58	58	58	51	50	58	56	38	19	16	13	11	3	3	2	15	18	2
4231	1070	44	43	39	39	38	36	34	5	4	3	2	2	2	1	1	5	5	26	4	3	1
4231	4157	50	50	49	49	49	49	44	43	49	48	37	37	34	31	29	21	21	11	25	21	9
4232	4157	32	29	27	27	24	22	20	8	7	6	5	5	4	3	2	1	1	3	2	1	1
4232	3141	49	49	48	48	48	47	37	35	46	45	43	27	24	21	18	10	10	7	5	4	2
4266	3141	3	3	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4266	4165	19	16	14	13	11	10	9	8	7	6	4	4	3	3	2	1	1	1	1	0	0
Середнє значення		28,2	27	27	28	25	23	21	13,5	13,6	13,3	13,5	11,9	10	9,8	9,5	9,5	9,5	7,1	7,5	8,1	4,3

Додаток Р

Натурні дослідження швидкості руху в потоці та розгін МТЗ при від'їзді від зупиночного пункту

Таблиця Р.1 – Натурні дослідження швидкості руху ТП на вул. Пушкінська

№ точки	Вулиці	Час	Відстань, м	Відстань, км	Швидкість км/год	Швидкість, м/с
В прямому напрямку						
0	пл. Конституції	0	0	0	0	0
1	пров. Мечникова	0:00:27	185	0,185	25	6,94
2	пл. Поезії	0:00:53	153	0,153	21	5,83
3	вул. Скрипника	0:01:49	407	0,407	26	7,22
4	вул. Дарвіна	0:02:17	132	0,132	17	4,72
5	вул. Гіршмана	0:02:49	140	0,14	16	4,44
6	вул. Мистецт	0:03:07	111	0,111	22	6,11
7	вул. Багалія	0:03:39	133	0,133	15	4,17
8	вул. Максиміліанівська	0:03:57	117	0,117	23	6,39
9	вул. Гуданова	0:04:16	116	0,116	22	6,11
10	вул. Чайковського	0:04:48	236	0,236	27	7,5
11	вул. Лермонтовська	0:04:59	85	0,085	26	7,22
12	вул. Студентська	0:05:32	184	0,184	20	5,56
13	Журавлівський узвіз	0:06:57	307	0,307	13	3,61
В зворотному напрямку						
0	Журавлівський узвіз	0	0	0	0	0
1	вул. Студентська	0:01:14	307	0,307	15	4,17
2	вул. Лермонтовська	0:01:58	184	0,184	15	4,17
3	вул. Чайковського	0:02:17	85	0,085	16	4,44
4	вул. Гуданова	0:02:41	236	0,236	36	10
5	вул. Максиміліанівська	0:03:01	116	0,116	20	5,56
6	вул. Багалія	0:03:16	117	0,117	28	7,78
7	вул. Мистецт	0:03:29	133	0,133	39	10,83
8	вул. Гіршмана	0:03:54	111	0,111	16	4,44
9	вул. Дарвіна	0:04:33	140	0,14	13	3,61
10	вул. Скрипника	0:04:59	132	0,132	18	5
11	пл. Поезії	0:06:09	407	0,407	21	5,83
12	пров. Мечникова	0:06:32	153	0,153	24	6,67
13	пл. Конституції	0:07:19	185	0,185	14	3,89

Таблиця Р.2 – Натурні дослідження швидкості руху ТП на вул. Сумська

№ точки	Вулиці	Час	Відстань, м	Відстань, км	Швидкість км/год	Швидкість, м/с
В прямому напрямку						
0	пл. Конституції	0	0	0	0	0
1	пров. Мечникова	0:00:22	134	0,134	22	6,11
2	пл. Поезії	0:00:40	147	0,147	30	8,33
3	вул. Скрипника	0:01:21	277	0,277	24	6,67
4	вул. Гіршмана	0:01:56	175	0,175	18	5
5	вул. Свободи	0:02:23	234	0,234	31	8,61
6	вул. Я. Мудрого	0:03:18	337	0,337	22	6,11
7	вул. Маяковського	0:04:28	384	0,384	20	5,56
8	вул. Динамівська	0:05:13	250	0,25	20	5,56
9	вул. Весніна	0:05:39	225	0,225	31	8,61
В зворотному напрямку						
0	вул. Весніна	0	0	0	0	0
1	вул. Динамівська	0:00:41	225	0,225	20	5,56
2	вул. Маяковського	0:01:06	250	0,25	35	9,72
3	вул. Я. Мудрого	0:02:19	384	0,384	19	5,28
4	вул. Свободи	0:03:01	337	0,337	29	8,06
5	вул. Гіршмана	0:03:33	234	0,234	26	7,22
6	вул. Скрипника	0:04:06	175	0,175	19	5,28
7	пл. Поезії	0:05:05	277	0,277	17	4,72
8	пров. Мечникова	0:05:24	147	0,147	28	7,78
9	пл. Конституції	0:05:45	134	0,134	23	6,39

Таблиця Р.3 - Натурні дослідження розгону МТЗ

Зупинка	Час розгону, с	Швидкість, км/год	Швидкість, м/с
1	2	3	4
зуп. Площа Конституції	2	5,4	1,5
	4	9,5	2,64
	6	14,5	4,03
	8	19,3	5,36
зуп. Дзеркальний струмінь	3	6,9	1,92
	6	13,6	3,78
зуп. Пам'ятник Шевченко	2	5,6	1,56
	4	9,9	2,75
	6	16	4,44
	8	21	5,83
	10	26	7,22
	12	30	8,33
	14	32	8,89
Зупинка перед перехрестям вул. Сумська - вул. Я Мудрого	16	35	9,72
	2	4,6	1,28
	6	14,2	3,94
	8	20,8	5,78
	10	25	6,94
	12	29	8,06

Продовження таблиці Р.3

1	2	3	4
Зупинка за перехрестям вул. Сумська - вул. Динамівська	2	5,2	1,44
	4	9,3	2,58
	6	16,3	4,53
	8	20,7	5,75
	10	24,3	6,75
	12	26	7,22
	14	35	9,72
	16	39	10,83

Додаток С

Натурні дослідження часу звільнення автомобілем свого місця в черзі перед
світлофором

Таблиця С.1 - Часу звільнення автомобілем свого місця в черзі на перехресті

№ циклу світлофора	№ автомобіля в черзі					
	1	2	3	4	5	6
1	1	1	2	3	3	2
2	1	1	1	2	3	5
3	2	2	1	2	2	3
4	1	5	2	2	2	2
5	2	3	2	2	3	2
6	1	2	2	5	3	4
7	2	2	2	3	2	5
8	2	3	3	2	1	2
9	3	3	2	2	3	2
10	1	2	2	2	3	3
11	2	2	1	3	3	3
12	1	2	3	3	2	2
13	2	1	2	2	2	3
14	2	3	2	2	3	3
15	2	2	2	1	3	2
16	2	2	2	2	2	3
17	3	3	2	2	4	3
18	1	3	2	2	2	2
19	1	2	2	2	4	3
20	2	2	2	1	2	2

Додаток Т

Залежність часу затримки звільнення зупиночного пункту від інтенсивності ТП та відстані від зупинки до перехрестя

Таблиця Т.1 - Залежність часу затримки звільнення зупиночного пункту розташованого за перехрестям від відстані його розташування до перехрестя

Відстань розташування	Аналітична модель	Модель в програмі VISSIM										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Середнє
20	3,15	2	2	2	1	2	2	1	2	2	1	2
30	4,36	3	2	4	4	2	2	2	3	3	1	3
40	5,7	8	7	7	8	10	10	6	10	9	6	8
50	7,17	9	8	10	7	9	10	8	8	10	7	9
60	8,79	4	2	3	5	2	3	5	7	3	5	4
70	10,53	7	8	3	9	8	6	8	10	3	6	7
80	12,44	17	17	13	15	19	22	16	16	16	16	17
90	14,5	21	26	16	25	23	22	17	17	19	25	21
100	16,72	25	23	29	24	27	23	27	18	28	23	25

Таблиця Т.2 - Залежність часу затримки звільнення зупиночного пункту розташованого до перехрестя від відстані його розташування до перехрестя

Відстань розташування	Аналітична модель	Модель в програмі VISSIM										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Середнє
20	10,72	14	12	12	17	17	13	13	11	13	14	14
30	9,48	13	12	13	13	15	13	12	12	11	14	13
40	9,58	7	8	5	9	9	6	8	6	7	4	7
50	9,89	8	9	8	9	10	5	8	6	9	9	8
60	10,17	13	11	15	15	13	16	16	11	14	11	14
70	10,39	8	10	5	6	9	8	10	9	6	7	8
80	10,56	15	15	15	15	16	17	16	11	15	14	15
90	10,7	15	16	17	15	13	17	11	16	14	12	15
100	10,82	9	10	10	10	9	9	8	10	8	9	9

Додаток У

Натурні дослідження часу затримки виїзду МТЗ з зупиночного пункту

Таблиця У.1 - Час затримки виїзду МТЗ на вул. Сумській

№ досліджень	Показник	Напрямок руху від центру міста					Напрямок руху до центру міста						
		ст. м. Радянська	ст. ХАТОБ	вул. Сумська 80	вул. Сумська 110	ст. Парк Горького	ст. Парк Горького	вул. Сумська 77	вул. Сумська 106	вул. Сумська 43Б	вул. Сумська 48	вул. Сумська 15	ст. м. Радянська
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	Час руху	0	162	203	71	135	0	60	57	90	124	98	110
	Час простою на зупинці	23	11	38	14	16	32	13	22	15	6	7	26
	Час затримки виїзду фактичний	0	2	12	0	0	0	2	0	17	86	26	0
2	Час руху	0	180	154	116	100	0	50	55	62	124	74	133
	Час простою на зупинці	22	10	47	22	22	25	18	23	20	8	6	20
	Час затримки виїзду фактичний	0	0	12	0	0	0	0	0	12	91	26	2
3	Час руху	0	130	171	110	135	0	50	66	64	99	108	115
	Час простою на зупинці	24	11	59	14	23	26	19	23	18	7	7	17
	Час затримки виїзду фактичний	5	0	12	5	0	0	0	0	16	75	26	0
4	Час руху	0	216	162	99	135	0	46	43	120	83	70	120
	Час простою на зупинці	20	9	74	18	20	17	18	25	20	6	10	19
	Час затримки виїзду фактичний	0	0	12	0	4	4	0	5	10	87	23	0
5	Час руху	0	130	162	94	142	0	44	42	64	104	80	140
	Час простою на зупинці	19	13	72	21	22	27	18	19	17	5	6	22
	Час затримки виїзду фактичний	0	0	16	0	0	0	0	0	17	75	22	0

Продовження таблиці У.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
6	Час руху	0	135	171	73	100	0	53	43	58	110	86	115
	Час простою на зупинці	19	10	34	21	24	15	18	21	19	6	9	28
	Час затримки виїзду фактичний	2	0	16	5	0	0	0	0	18	65	26	0
7	Час руху	0	216	130	71	113	0	48	43	82	76	86	101
	Час простою на зупинці	18	14	33	14	12	33	18	18	19	5	12	15
	Час затримки виїзду фактичний	0	0	13	0	0	0	0	0	17	79	24	0
8	Час руху	0	141	191	76	104	0	45	41	100	90	65	101
	Час простою на зупинці	23	14	69	18	22	23	16	23	15	5	6	17
	Час затримки виїзду фактичний	0	0	16	0	0	0	0	0	11	60	31	0
9	Час руху	0	180	180	68	117	0	76	66	82	90	72	148
	Час простою на зупинці	24	11	48	15	20	23	15	21	20	8	11	20
	Час затримки виїзду фактичний	0	0	14	0	0	0	0	0	16	93	24	0
10	Час руху	0	147	191	68	90	0	76	70	75	86	62	120
	Час простою на зупинці	18	8	44	21	21	30	17	22	19	9	7	17
	Час затримки виїзду фактичний	0	0	14	0	0	0	0	0	19	68	30	0
Середній час руху		0	163,7	171,5	84,6	117,1	0	54,8	52,6	79,7	98,6	80,1	120,3
Середній час простою на зупинці		21	11,1	51,8	17,8	20,2	25,1	17	21,7	18,2	6,5	8,1	20,1
Середній час затримки виїзду фактичний		0,7	0,2	13,7	1	0,4	0,4	0,2	0,5	15,3	77,9	25,8	0,2

Таблиця У.2 - Час затримки виїзду МТЗ на вул. Пушкінську

№ досліджень	Показник	Напрямок руху від центру міста					Напрямок руху до центру міста					
		вул. Пушкінська, 1	вул. Пушкінська, 30	вул. Пушкінська, 50/52	вул. Пушкінська, 74А	вул. Пушкінська, 96-а	вул. Пушкінська, 83	вул. Пушкінська, 100	вул. Пушкінська, 77	вул. Пушкінська, 49	вул. Пушкінська, 28	вул. Пушкінська, 1
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	Час руху	0	76	86	73	90	0	57	69	156	98	70
	Час простою на зупинці	0	35	43	37	32	0	10	42	39	16	172
	Час затримки виїзду фактичний	0	0	5	5	0	0	2	0	6	25	0
2	Час руху	0	104	90	110	108	0	51	69	71	94	77
	Час простою на зупинці	0	44	34	30	26	0	9	59	39	11	210
	Час затримки виїзду фактичний	5	0	8	5	0	4	0	0	5	4	0
3	Час руху	0	90	86	124	127	0	60	78	156	146	70
	Час простою на зупинці	0	44	38	31	33	0	9	65	33	19	202
	Час затримки виїзду фактичний	0	0	7	11	3	0	0	0	2	35	5
4	Час руху	0	110	104	79	127	0	42	86	84	130	74
	Час простою на зупинці	0	45	33	23	28	0	13	50	29	12	141
	Час затримки виїзду фактичний	0	0	7	7	0	0	0	0	6	38	0
5	Час руху	0	79	110	86	90	0	57	95	75	130	74
	Час простою на зупинці	0	44	34	37	24	0	12	68	33	9	139
	Час затримки виїзду фактичний	0	0	6	5	0	0	0	2	8	22	0
6	Час руху	0	104	90	104	114	0	42	86	78	117	77
	Час простою на зупинці	0	34	43	27	26	0	10	65	33	12	116
	Час затримки виїзду фактичний	0	0	6	9	0	0	0	4	6	25	0
7	Час руху	0	99	94	83	114	0	42	100	75	98	85
	Час простою на зупинці	0	43	43	20	23	0	11	62	38	19	176
	Час затримки виїзду фактичний	0	0	4	6	0	0	0	0	6	22	0
8	Час руху	0	110	79	86	120	0	54	95	130	146	85
	Час простою на зупинці	0	31	34	31	28	0	10	64	29	8	162
	Час затримки виїзду фактичний	0	0	5	8	0	0	0	0	7	26	0

Продовження таблиці У.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
9	Час руху	0	79	99	76	90	0	42	90	84	106	70
	Час простою на зупинці	0	33	40	27	32	0	14	61	43	9	148
	Час затримки виїзду фактичний	0	0	4	8	0	0	0	0	5	23	0
10	Час руху	0	94	58	64	127	0	49	113	87	90	65
	Час простою на зупинці	0	35	42	37	34	0	10	37	44	8	107
	Час затримки виїзду фактичний	0	0	8	8	2	0	0	0	4	35	5
Середній час руху		0	94,5	89,6	88,5	110,7	0	49,6	88,1	99,6	115,5	74,7
Середній час простою на зупинці		0	38,8	38,4	30	28,6	0	10,8	57,3	36	12,3	157,3
Середній час затримки виїзду фактичний		0,5	0	6	7,2	0,5	0,4	0,2	0,6	5,5	25,5	1

Додаток Ф

Розрахункові значення часу затримки виїзду МТЗ з зупиночного пункту за розробленими аналітичними моделями

Таблиця Ф.1 - Час затримки виїзду МТЗ з зупиночного пункту на вул. Сумська

Вулиця	Зміна інтенсивності	20 м	30 м	40 м	50 м	60 м	70 м	80 м	90 м	100 м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
вул. Скрипника	0 % - за	4,4	6,58	9,14	12,2	15,78	19,9	24,71	30,32	32,88
	0 % - до	44,09	45,62	48,26	50,55	52,38	53,83	55	55,96	56,76
	10 % - за	6,82	10,55	15,01	15,51	15,91	16,32	16,74	17,16	17,59
	10 % - до	23,8	21,79	22,21	23,15	24,09	24,9	25,58	26,15	26,63
	20 % - за	29,51	51,53	78,03	78,91	79,5	80,1	80,71	81,33	81,98
	20 % - до	55,44	49,65	46,84	45,77	45,83	46,6	47,82	49,28	50,86
	30 % - за	39,32	40,04	40,68	41,36	42,05	42,76	43,49	44,23	45,01
	30 % - до	48,8	43,24	39,04	35,73	33,11	31,07	29,51	28,35	27,52
	40 % - за	19,81	20,49	21,18	21,93	22,69	23,48	24,29	25,11	25,99
	40 % - до	59,01	59,46	60,21	61,06	61,94	62,84	63,73	64,62	65,49
	50 % - за	30,47	31,33	32,21	33,16	34,14	35,16	36,21	37,29	38,44
	50 % - до	61,39	61,69	62,43	63,34	64,33	65,36	66,42	67,5	68,58
	60 % - за	28,66	29,53	30,42	31,39	32,38	33,41	34,48	35,57	36,73
	60 % - до	61	61,35	62,12	63,04	64,03	65,07	66,13	67,21	68,3

Продовження таблиці Ф.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
вул. Свободи	0 % - за	13,57	22,07	33,4	48,57	68,4	79,66	81,1	82,6	84,23
	0 % - до	63,71	63,67	67,01	70,36	73,2	75,53	77,46	79,07	80,44
	10 % - за	13,09	21,17	31,83	45,97	64,27	74,87	76,65	78,51	80,56
	10 % - до	60,12	60,24	63,4	66,52	69,13	71,26	73,01	74,48	75,72
	20 % - за	18,93	31,88	49,22	50,56	51,45	52,39	53,36	54,36	55,44
	20 % - до	40,89	38,41	39,75	41,7	43,51	45,05	46,34	47,43	48,36
	30 % - за	9,31	10,15	10,94	11,81	12,7	13,65	14,63	15,64	16,72
	30 % - до	12,62	11,51	11,82	12,25	12,6	12,88	13,1	13,27	13,42
	40 % - за	80,38	81,7	82,55	83,49	84,47	85,5	86,57	87,68	88,87
	40 % - до	53,96	43,43	39,11	37,9	38,26	39,36	40,75	42,21	43,63
	50 % - за	47,4	48,22	49,08	50,03	51,02	52,05	53,14	54,25	55,46
	50 % - до	56,15	45,68	37,99	32,26	28,01	24,92	22,73	21,22	20,22
	60 % - за	37,82	38,64	39,49	40,43	41,41	42,44	43,51	44,62	45,81
	60 % - до	47,38	36,34	28,99	24,12	20,97	19,02	17,89	17,3	17,08
	0 % - за	4,09	6,16	8,49	11,17	14,17	16,55	18,26	20,05	22,03
просп. Незалежності	0 % - до	15,56	16,05	16,55	16,9	17,14	17,32	17,47	17,58	17,67
	10 % - за	5,18	7,86	10,96	14,64	18,88	21,9	23,57	25,32	27,25
	10 % - до	20,85	21,48	22,28	22,87	23,3	23,62	23,88	24,08	24,25
	20 % - за	7,37	11,44	16,28	18,56	20,93	23,55	26,41	29,47	32,92
	20 % - до	14,9	14,98	15,56	16,02	16,36	16,61	16,82	16,98	17,11
	30 % - за	3,59	4,47	5,39	6,39	7,46	8,58	9,76	10,99	12,33
	30 % - до	5,68	5,7	5,85	5,95	6,02	6,07	6,11	6,14	6,17
	40 % - за	9,01	11,17	13,57	16,39	19,54	23,06	26,97	31,22	36,07
	40 % - до	9,17	8,74	9,03	9,29	9,49	9,64	9,76	9,85	9,93
	50 % - за	6,26	9,69	13,8	18,86	24,74	31,58	39,47	48,36	58,85
	50 % - до	3,67	3,48	3,56	3,63	3,68	3,71	3,73	3,75	3,77
	60 % - за	8,07	11,85	16,41	22,1	28,76	36,57	45,66	55,98	68,25
	60 % - до	5,41	4,59	4,65	4,78	4,87	4,95	5	5,05	5,09

Таблиця Ф.2 - Час затримки виїзду МТЗ з зупиночного пункту на вул. Пушкінська

Вулиця	Зміна інтенсивності	20 м	30 м	40 м	50 м	60 м	70 м	80 м	90 м	100 м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
пер. Театральний	0 % - за	3,38	5,01	6,9	9,13	11,72	14,64	18	21,9	23,71
	0 % - до	32,97	34,37	35,75	36,76	37,5	38,06	38,51	38,86	39,15
	10 % - за	3,54	5,27	7,31	9,77	12,66	14,31	14,62	14,93	15,27
	10 % - до	21,76	22,48	23,39	24,06	24,54	24,91	25,2	25,43	25,62
	20 % - за	7,04	10,95	15,76	16,46	17,03	17,62	18,22	18,84	19,49
	20 % - до	19,46	19,33	20,18	20,93	21,51	21,96	22,32	22,61	22,85
	30 % - за	8,73	9,18	9,55	9,95	10,36	10,77	11,19	11,62	12,07
	30 % - до	12,54	11,48	11,8	12,22	12,58	12,86	13,08	13,26	13,41
	40 % - за	13,27	13,88	14,4	14,95	15,52	16,1	16,69	17,3	17,94
	40 % - до	16,07	14,12	14,34	14,9	15,41	15,84	16,19	16,47	16,71
	50 % - за	7,3	7,74	8,19	8,67	9,16	9,66	10,17	10,69	11,24
	50 % - до	11,81	8,28	7,57	7,62	7,82	8,04	8,23	8,39	8,52
	60 % - за	7,7	8,12	8,55	9,01	9,48	9,96	10,45	10,94	11,47
	60 % - до	12,41	8,63	7,81	7,82	8,02	8,25	8,45	8,62	8,76
вул. Гіршмана	0 % - за	1,66	2,44	3,26	4,14	5,05	5,9	6,67	7,46	8,3
	0 % - до	8,74	8,98	9,11	9,2	9,25	9,29	9,32	9,35	9,36
	10 % - за	2,07	3,05	4,08	5,21	6,39	7,46	8,39	9,35	10,38
	10 % - до	10,22	10,53	10,74	10,87	10,96	11,02	11,07	11,11	11,14
	20 % - за	1,73	2,53	3,36	4,27	5,22	6,03	6,71	7,39	8,12
	20 % - до	10,16	10,48	10,68	10,81	10,9	10,96	11,01	11,05	11,08
	30 % - за	1,64	2,4	3,19	3,87	4,55	5,26	5,99	6,74	7,53
	30 % - до	6,47	6,63	6,73	6,79	6,83	6,86	6,88	6,9	6,91
	40 % - за	1,93	2,64	3,38	4,17	4,99	5,83	6,71	7,61	8,57
	40 % - до	4,75	4,85	4,93	4,98	5,01	5,04	5,05	5,07	5,08
	50 % - за	1,78	2,48	3,2	3,98	4,78	5,61	6,47	7,35	8,28
	50 % - до	3,37	3,39	3,45	3,5	3,52	3,54	3,56	3,57	3,58
	60 % - за	2,53	3,16	3,8	4,48	5,18	5,91	6,65	7,41	8,22
	60 % - до	6,1	6,17	6,33	6,43	6,51	6,56	6,6	6,63	6,66

Продовження таблиці Ф.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
вул. Я. Мудрого	0 % - за	2,21	3,28	4,41	5,64	6,95	8,31	9,75	11,26	12,63
	0 % - до	13,85	14,29	14,58	14,76	14,89	14,97	15,04	15,1	15,14
	10 % - за	2,98	4,5	6,12	7,94	9,88	11,73	13,49	15,32	17,33
	10 % - до	10,93	11,28	11,52	11,68	11,79	11,86	11,92	11,97	12
	20 % - за	2,99	4,55	6,23	7,88	9,63	11,5	13,49	15,59	17,88
	20 % - до	6,79	6,97	7,09	7,16	7,21	7,24	7,27	7,29	7,31
	30 % - за	3,44	5,26	7,24	9,2	11,29	13,54	15,97	18,51	21,34
	30 % - до	7,23	7,42	7,56	7,65	7,71	7,75	7,79	7,81	7,83
	40 % - за	2,23	3,08	3,97	4,94	5,95	7	8,1	9,23	10,45
	40 % - до	4,82	4,92	5	5,06	5,09	5,12	5,14	5,15	5,16
	50 % - за	2,29	3,19	4,13	5,15	6,21	7,33	8,49	9,7	10,99
	50 % - до	4,81	4,91	5	5,05	5,08	5,11	5,13	5,14	5,15
	60 % - за	3,33	4,91	6,63	8,58	10,67	12,92	15,34	17,89	20,72
	60 % - до	3,52	3,49	3,56	3,61	3,65	3,67	3,69	3,7	3,71

Додаток X

Визначені значення часу затримки виїзду МТЗ з зупиночного пункту в програмі Vissim

Таблиця X.1 - Час затримки виїзду МТЗ після передислокації зупиночного пункту

Серії дослідів	Адреса зупинок							
	вул. Пушкінська, 50/52	вул. Пушкінська, 74А	вул. Пушкінська, 49	вул. Пушкінська, 28	вул. Сумська 80	вул. Сумська 43Б	вул. Сумська 48	вул. Сумська 15
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	4	3	3	19	5	9	11	3
2	4	4	2	19	6	7	10	4
3	4	5	2	18	5	8	11	5
4	3	4	2	23	7	7	11	4
5	4	5	2	21	5	9	13	3
6	3	4	2	18	5	8	11	3
7	3	3	3	23	6	9	10	5
8	4	4	2	17	5	7	9	4
9	4	5	2	22	6	9	11	5
10	3	4	2	24	5	7	9	4
11	4	4	2	22	5	8	11	4
12	3	4	2	22	6	6	13	5
13	3	5	2	23	5	9	11	4
14	4	3	3	24	5	8	12	4
15	3	4	2	23	6	7	12	6
16	3	5	2	19	6	9	11	4
17	3	5	2	17	5	9	11	3
18	3	5	2	24	6	10	9	5

Продовження таблиці Х.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
19	4	3	2	19	6	9	12	4
20	4	5	2	19	5	7	12	5
21	3	5	2	17	5	8	10	4
22	4	4	2	20	5	8	10	5
23	3	4	2	18	5	10	11	4
24	4	3	2	23	7	8	11	4
25	2	4	2	23	5	7	10	4
26	4	4	2	17	7	9	9	3
27	3	5	2	19	5	9	10	4
28	4	4	2	22	6	7	11	3
29	4	4	2	18	7	9	10	4
30	4	5	2	22	6	10	12	4
Середнє значення	3,5	4,2	2,1	20,5	5,6	8,2	10,8	4,1

Додаток Ц

Розрахункові значення часу руху громадського транспорту в програмі Vissim

Таблиця Ц.1 - Часу руху громадського транспорту на вул. Сумська

Серії дослідів	Від центру міста		До центру міста	
	До переміщення зупинок, с	Після переміщення зупинок, с	До переміщення зупинок, с	Після переміщення зупинок, с
1	683	598	565	542
2	696	559	646	627
3	638	598	633	638
4	670	658	585	553
5	573	541	620	602
6	621	579	612	615
7	547	540	624	597
8	655	532	609	563
9	674	560	615	579
10	530	521	629	636
11	701	612	579	569
12	706	692	458	416
13	636	578	551	512
14	748	582	552	506
15	727	623	639	631
16	724	665	633	598
17	553	549	473	450
18	682	658	451	418
19	757	626	561	525
20	586	574	597	581
21	779	547	558	517
22	545	559	578	554
23	681	572	640	620
24	649	601	508	501
25	722	617	493	485
26	750	601	494	491
27	730	628	436	423
28	743	676	452	423
29	721	631	502	492
30	709	636	555	510
Середнє значення	671	597	562	539

Таблиця Ц.2 - Часу руху громадського транспорту на вул. Пушкінська

Серії дослідів	Від центру міста		До центру міста	
	До переміщення зупинок, с	Після переміщення зупинок, с	До переміщення зупинок, с	Після переміщення зупинок, с
1	436	467	411	355
2	538	465	346	339
3	634	469	406	384
4	632	577	404	373
5	593	548	390	352
6	539	473	351	344
7	498	480	514	443
8	556	485	379	359
9	568	460	414	398
10	459	465	431	427
11	490	477	408	389
12	465	446	431	393
13	610	571	428	397
14	629	576	421	383
15	458	480	447	440
16	568	542	460	430
17	486	442	500	457
18	513	479	492	451
19	632	454	465	457
20	498	455	477	474
21	435	465	489	454
22	494	442	484	474
23	539	485	368	348
24	467	458	412	375
25	563	451	414	388
26	574	452	356	335
27	453	431	353	322
28	515	452	453	430
29	617	546	479	449
30	439	464	499	458
Середнє значення	530	482	429	403

ДОДАТОК Ш

Акти впровадження результатів дослідження

УПРАВЛІННЯ РОЗВИТКУ
ТРАНСПОРТУ ТА ЗВ'ЯЗКУ
КІРОВОГРАДСЬКОЇ
МІСЬКОЇ РАДИ

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Начальник управління _____ Гонтарь О.А.
_____ 2012 р.



АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

Найменування пропозиції яка введена

Методика балансування сумарних місткостей транспортних районів з урахуванням динамічного характеру переміщення пасажирів

Ким запропоновано

Харківський національний автомобільно-дорожній університет (ХНАДУ), кафедра транспортних систем і логістики, автор – Колій О.С.

Де, коли, для яких цілей введено

Вказана методика була введена при виконанні робіт з розробки раціонального варіанту маршрутної мережі міста Кіровоград.

Напрямки, результати, ефективність введення

Методика балансування сумарних місткостей транспортних районів дозволила урівноважити місткості прибуття та відправлення пасажирів в пікові та міжпікові періоди функціонування маршрутної мережі міста Кіровоград та розрахувати чотири матриці пасажирських кореспонденцій для кожного з характерних періодів доби. Побудована на основі розрахованих матриць кореспонденцій раціональна маршрутна мережа міста Кіровоград дозволи-

ла скоротити середній час поїздки пасажирів в транспортному засобі з 9,25 хв. до 9,01 хв. та час перевезення пасажирів (без врахування часу підходу до зупиночного пункту) з 10,25 хв. до 10,17 хв. При цьому загальний пробіг всіх транспортних засобів на маршрутах скоротився з 194933 км до 147813 км.

Висновки, зауваження, пропозиції

Використання методики дозволяє підвищити точність розрахунку матриці кореспонденцій за рахунок адекватного обліку пасажирів, які виконують свої поїздки через межу характерних періодів доби.

ДЕПАРТАМЕНТ житлового
господарства та інфраструктури,
управління транспорту
та зв'язку «МР»



В. о. директора департаменту

"26" _____ 2014 р.

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

Найменування пропозиції, яка введена

Методика визначення часу затримки громадського транспорту при виїзді з зупиночного пункту.

Ким запропоновано

Харківський національний автомобільно-дорожній університет (ХНАДУ), кафедра транспортних систем і логістики, автор – Колій О.С.

Де, коли, для яких цілей введено

Вказана методика була використана для підвищення ефективності функціонування маршрутної мережі міста Львова.

Напрямки, результати, ефективність впровадження

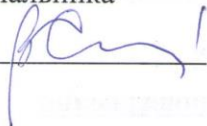
Дана методика дозволяє визначити достовірні значення часу затримки виїзду громадського транспорту з зупиночного пункту та на підставі отриманих даних провести моделювання розташування зупиночного пункту відносно регульованого перехрестя. Впровадження такого підходу до визначення положення зупиночного пункту громадського транспорту дасть змогу підвищити якість обслуговування пасажирів в м. Львові.

Висновки, зауваження, пропозиції

Використання методики дозволяє визначати раціональне розміщення зупиночних пункту відносно перехресть на транспортній мережі, яке дасть змогу скоротити затримки виїзду громадського транспорту з зупиночного пункту.

Заступник начальника

управління



Вілюра О.Г.

"26" 05 2014 р.

ВІДДІЛ ЛОГІСТИКИ ТА ЗВ'ЯЗКУ
СУМСЬКОЇ МІСЬКОЇ РАДИ

В.о. начальника відділу логістики та зв'язку Г.П.Гризодуб
"04" 2013 р.



АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

Найменування пропозиції, яка впроваджена

Методика балансування сумарних місткостей транспортних районів з прибуття та відправлення пасажирів.

Ким запропоновано

Харківський національний автомобільно-дорожній університет (ХНАДУ), кафедра транспортних систем і логістики, автор – Колій О.С.

Де, коли, для яких цілей впроваджено

Вказана методика була впроваджена при виконанні робіт з розробки заходів щодо коригування схеми руху міського маршрутного пасажирського транспорту міста Суми.

Напрямки, результати, ефективність впровадження

Методика балансування сумарних місткостей транспортних районів дозволила урівноважити місткості прибуття та відправлення пасажирів. На підставі одержаних збалансованих місткостей транспортних районів було розраховано матрицю пасажирських кореспонденцій, яка відображає попит населення міста Суми на поїздки. В результаті використання даної матриці та подальшого розрахунку показників функціонування маршрутної мережі міста Суми, було розроблено заходи щодо коригування схеми руху міського маршрутного пасажирського транспорту. Впровадження розроблених заходів дозволило скоротити середню відстань поїздки з 5,98 до 5,92 км та середній час поїздки з 17,89 до 17,73 хв.

Висновки, зауваження, пропозиції

Використання методики балансування місткостей транспортних районів дозволяє підвищити точність розрахунку матриці кореспонденцій та як наслідок побудувати більш адекватну модель функціонування маршрутної мережі міста Суми.

Головний спеціаліст
відділу логістики та зв'язку

М.П.Гіценко

"04" 04 2013 р.