

Харківський національний автомобільно-дорожній університет
Міністерства освіти і науки України

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

Пашкевич Світлана Михайлівна

УДК 656.072

ДИСЕРТАЦІЯ

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ РОЗТАШУВАННЯ МІЖМІСЬКОЇ АВТОСТАНЦІЇ
НА РОЗПОДІЛ МІСЬКИХ ПАСАЖИРОПОТОКІВ

275 – Транспортні технології (за видами)

27 – Транспорт

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії

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


С.М. Пашкевич

Науковий керівник Любий Євген Володимирович, к.т.н., доцент

Харків – 2024

АНОТАЦІЯ

Пашкевич С.М. Дослідження впливу розташування міжміської автостанції на розподіл міських пасажиропотоків. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 275.03 «Транспортні технології (на автомобільному транспорті)». – Харківський національний автомобільно-дорожній університет, МОН України, Харків, 2024.

Дисертаційна робота присвячена вирішенню науково-прикладної задачі аналітичного опису закономірностей у відстанях пересувань міського населення до та з міжміського транспортно-пересадочного вузла (ТПВ) – автостанції (АС) – та подальшої оцінки впливу її локації на розподіл пасажиропотоків міською територією.

Для цього був проведений аналіз існуючих досліджень функціонування ТПВ у містах і методів визначення створюваного ними міського транспортного попиту. В результаті було встановлено, що на сьогоднішній день немає конкретизованих рекомендацій щодо оцінки впливу локації міжміських АС на пересування населення у міській транспортній системі (ТС). Також за підсумками вивчення літературних джерел був зроблений висновок про те, що пряме застосування найбільш розповсюджених моделей розрахунку кореспонденцій для опису породжуваних АС пересувань буде занадто ресурсномістким та у більшості випадків неприйнятним через те, що масштаби цих пересувань є істотно меншими у порівнянні з тими, для яких розроблялись класичні моделі. Через це перевагу було віддано інтервальному підходу до розрахунку матриці пасажирських кореспонденцій, заснованому на використанні фактичних характеристик пересувань пасажирів. У сукупності поточна ситуація у дослідженнях роботи ТПВ як об'єктів міської інфраструктури вказала на актуальність як вивчення специфіки генерації та поглинання пересувань містян, пов'язаних з користуванням міжміським ТПВ, так і вирішення задачі кількісної оцінки впливу місця розташування АС в плані міста на розподіл міських пасажиропотоків.

Для вирішення поставлених завдань було проведене аналітичне моделювання відстані міських пересувань до та з АС. З цією метою були висунуті дві гіпотези щодо закономірностей розташування місць генерації і поглинання пересувань міськими видами транспорту, спричинених добиранням населення до АС та у зворотному напрямку, адже координати цих місць безумовно впливають на закон розподілу дальності пересувань. Перша з них передбачала двомірну нормальність, а друга – рівномірність розподілу координат вказаних місць територією міста.

При проробці першої гіпотези були отримані аналітичні вирази для опису розподілу відстаней пересувань пасажирів до і з АС при різних варіантах її розташування на території міста та різних практично можливих радіусах зони її впливу. Отримані вирази вказали на вагомий роль параметру стандартного відхилення координат точок генерації і поглинання пересувань у теоретичному розподілі досліджуваних відстаней.

Гіпотеза про рівномірний розподіл місць генерації і тяжіння міських пересувань була пророблена як у певному сенсі протилежна нормальному розсіюванню транспортних генераторів і дозволила вивести альтернативні вирази для опису розподілу відстаней пересувань з міста до АС і у зворотному напрямку. В отриманій у рамках даної гіпотези теоретичній щільності розподілу відстаней наявна точка розриву першого роду і, відповідно, невеликий злам у безперервній функції розподілу. Це не є критичним і не применшує цінності сформованого виразу щільності ймовірності, адже навряд чи якась значуща частина реальних значень досліджуваної випадкової величини чітко співпаде зі згаданою точкою і виявиться неврахованою.

Отримані аналітичні вирази для опису розподілу дальності міських пересувань до та з АС забезпечують транспортних планувальників інструментом для моделювання міського транспортного попиту, що створюється користувачами міжміських ТПВ, адже можуть бути використані як функції складності шляху пересування при обчисленні матриці кореспонденцій.

В ході теоретичних досліджень також було встановлено, що для оцінки впливу зміни місця розташування ТПВ на стан та розподіл міського транспортного попиту доцільно використовувати такі показники, як відстань Васерштайна, різниця у

транспортній роботі та пасажиро-годинах по реалізації матриць кореспонденцій, середня відстань пересування містом, пасажиропотоки на завантажених ділянках маршрутної мережі громадського транспорту, а також пасажирообмін зупинок, розташованих на напрямках пересувань до ТПВ. Даний перелік показників дозволить не тільки кількісно, а і графічно оцінити потенційні наслідки релокації АС для міської ТС. Перевагою перелічених показників є їх зрозумілість, відносна простота використання та, водночас, цікавість для різних сторін перевізного процесу.

Для перевірки придатності застосування отриманих аналітичних виразів для закону розподілу відстаней пересувань на практиці були проведені відповідні експериментальні дослідження. З цією метою було організоване та проведене вибіркове опитування пасажирів міжміських маршрутів на трьох автостанціях м. Рівне – автостанції «Рівне», автостанції «Чайка» та пункті відправки автобусів «Залізничний». За результатами опитування були зібрані дані від 809 респондентів, 626 з яких користувались громадським транспортом при пересуванні до та з автостанцій. Це вказало на домінуючу роль цього виду транспорту у добираннях, пов'язаних із потребою міжміської поїздки, і тому подальші зусилля у дослідженні питань релокації транспортно-пересадочного вузла були сфокусовані саме на цих пересуваннях.

У підсумку, опитування дозволило зібрати дані про відстані більш ніж 3 % добових пересувань до та з автостанцій м. Рівне. В ході експериментальних досліджень була зроблена перевірка відповідності емпіричного розподілу цих відстаней теоретичному, отриманому в рамках гіпотези про рівномірність розташування на території міста точок відправлень і прибуттів пасажирів, яка не дала ствердних результатів. Це засвідчило недоцільність подальшого розгляду рівномірного розподілу стосовно даних, отриманих у м. Рівне, що не означає неможливості застосування даного розподілу в інших містах.

В той же час, в ході експериментальних досліджень була встановлена можливість опису емпіричного розподілу зафіксованих відстаней теоретичним, отриманим в рамках гіпотези про двомірну нормальність розташування на території міста місць відправлень і прибуттів користувачів ТПВ. Це вказало на схожість характе-

ристик міських частин міжміських пересувань з характеристиками власне міських пересувань і, відповідно, закономірностей у розташуванні точок їх генерації та поглинання.

Важливо відмітити, що придатність зазначеного теоретичного розподілу для опису фактичних даних дає можливість його застосування при моделюванні попиту на пересування до та з автостанцій у м. Рівне. Дана можливість була використана при розробці моделі маршрутної мережі громадського транспорту м. Рівне, необхідної для кількісної оцінки впливу релокації або будівництва ТПВ на розподіл міських пасажиропотоків, показники пересувань населення і роботи системи громадського транспорту.

Для отримання такої оцінки було виконане дослідження потенційних наслідків перенесення автостанції «Рівне» на східну околицю міста, передбачене генеральним планом міста. В результаті було встановлено, що реалізація цього заходу приведе до зростання пасажиропотоків вздовж вул. Київської на ділянці між існуючим і новим місцем розташування автостанції та зростання пасажирообміну зупинок в околі запланованої локації ТПВ. Поряд із цим, розглянута релокація автостанції може призвести до погіршення якості обслуговування пасажирів, котрі добираються громадським транспортом до неї та у зворотному напрямку через ймовірне суттєве збільшення середнього часу пересування – до 66,8 %, відстані пересування – до 76,6%, частки пересувань з пересадками – до 18,9 %, кількості пасажирогодин, котрі витрачаються на пересування – до 66,7 %, транспортної роботи громадського транспорту по забезпеченню досліджених пересувань – до 90,8 %.

В додаток до цього, значення відстані Васерштайна, яка при порівнянні використаних матриць кореспонденцій виявилась рівною 1112,39 пас-год, підтверджує суттєвість додаткової роботи громадського транспорту по забезпеченню пересувань до нового місця розташування автостанції.

За результатами проведених досліджень були сформовані практичні рекомендації для прийняття рішень щодо розташування АС на території міста. Вони мають на меті допомогти органам місцевого самоврядування, міським та транспортним планувальникам належним чином зібрати дані і спланувати заходи по забезпе-

ченню швидкого, зручного та комфортного добирання міського населення до та з АС, кількісно оцінити їх та врахувати інтереси всіх учасників транспортного процесу.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в тому, що *вперше* отримані аналітичні вирази для опису розподілу відстаней міських пересувань пасажирів до та з міжміської автостанції, які, на відміну від існуючих, виведені виходячи із закономірностей у розташуванні місць транспортного тягіння на території міста і відбивають ймовірнісні характеристики попиту на пасажирські пересування до автостанції і у зворотному напрямку.

Отримали подальший розвиток підходи до оцінки впливу місця розташування міжміської автостанції на розподіл міських пасажиропотоків і показники роботи системи громадського транспорту за рахунок використання фактичних закономірностей у відстанях пересувань при визначенні станів транспортного попиту і порівняння останніх за допомогою метрики структурної схожості матриць кореспонденцій. На відміну від існуючих підходів, така оцінка дозволяє врахувати специфіку генерації та поглинання пересувань містян, пов'язаних із потребою користування міжміським ТПВ, а також кількісно і структурно охарактеризувати різницю у кореспонденціях.

Практичне значення результатів дослідження полягає у використанні отриманих закономірностей у відстанях пересувань пасажирів до та з міжміської автостанції при розрахунку матриць кореспонденцій і розробці транспортної моделі громадського транспорту м. Рівне, а також кількісній оцінці ймовірних наслідків релокації ТПВ на прикладі однієї із автостанцій міста.

Ключові слова: транспортно-пересадочний вузол, автостанція, розподіл відстаней пересувань, функція розселення, пасажиропотік, транспортний попит, матриця кореспонденцій, громадський транспорт, транспортна система, транспортна модель.

Список публікацій здобувача

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

1. Пашкевич С. М., Кристопчук М. Є. Закономірності формування потоків

пасажирів в маршрутних мережах малих міст. *Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті*. 2017. № 2(9). С. 100–106. DOI: 10.36910/automash.v2i9. URL: <https://eforum.lntu.edu.ua/index.php/jurnal-mbf/issue/view/24>.

2. Пашкевич С. М., Кристопчук М. Є. Аналіз параметрів функціонування об'єктів транспортної інфраструктури на формування транспортних та пасажирських потоків у містах. *Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті*. 2018. № 1(10). С. 66–72. DOI: 10.36910/automash.v1i10. URL: <https://eforum.lntu.edu.ua/index.php/jurnal-mbf/issue/view/23>.

3. Хітров І. О., Сорока В. С., Кристопчук М. Є., Пашкевич С. М. Модель формування площі транспортного обслуговування маршрутів пасажирського сполучення. *Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті*. 2019. № 2(13). С. 173–184. DOI: 10.36910/automash.v2i13.101.

4. Хітров І. О., Кристопчук М. Є., Пашкевич С. М. Моделювання параметрів функціонування зупиночних пунктів громадського пасажирського транспорту. *Вісник машинобудування та транспорту*. 2019. Т. 10, № 2(2019). С. 134–140. DOI: <https://doi.org/10.31649/2413-4503-2019-10-2-134-140>.

5. Krystopchuk M., Pashkevych S., Khitrov I., Tkhoruk Y. Formation and Distribution Flows of External Transport in the City. *Reliability and Statistics in Transportation and Communication «RelStat 2019»*: Selected Papers from the 19th International Conference RelStat'19 (Riga, 16–19 October 2019). Lecture Notes in Networks and Systems (ISSN 2367-3370, E-ISSN 2367-3389). Springer, Cham, 2020. Vol. 117. P. 141–150. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-44610-9_15.

6. Nykonchuk V., Krystopchuk M., Pashkevych S. Functioning of transport-interchange nodes in the city transport system. *Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті*. 2022. № 2 (19). С. 16–24. DOI: <https://doi.org/10.36910/automash.v2i19.899>.

7. Пашкевич С. М., Макарічев О. В., Свічинський С. В., Козак С. В. Аналітичний опис розподілу дальності міських пересувань до міжміського автовокзалу. *Вісник Херсонського національного технічного університету*. 2023. № 4(87). С. 100–109. DOI: <https://doi.org/10.35546/kntu2078-4481.2023.4.12>.

8. Пашкевич С. М., Свічинський С. В. Оцінювання впливу зміни місця розташування міжміської автостанції на пасажиропотоки міського громадського транспорту. *Вісник Харківського національного автомобільно-дорожнього університету*. 2024. № 104. С. 119–129. DOI: <https://doi.org/10.30977/BUL.2219-5548.2024.104.1.119>.

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

9. Пашкевич С. М., Кристопчук М. Є. Управління громадським пасажирським транспортом в малих містах // *Децентралізація влади, проведення реформ в Україні. Сучасний стан та проблеми підготовки кадрів для об'єднаних територіальних громад* : матеріали I міжнар. наук.-метод. конф., Рівне, 20 жовт. 2017 р. Рівне : НУВГП, 2017. С. 175.

10. Пашкевич С. М., Кристопчук М. Є. Особливості функціонування системи пасажирського громадського транспорту малих міст // *Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту* : зб. наук. пр. X міжнар. наук.-практ. конф., Вінниця, 23–25 жовт. 2017 р. Вінниця : ВНТУ, 2017. С. 154.

11. Кристопчук М., Пашкевич С. Формування місць розташування транспортно-пересадочних вузлів // *Проблеми з транспортними потоками та напрямки їх розв'язання* : тези доп. III всеукр. наук.-теор. конф., Львів, 28–30 берез. 2019 р. Львів : НУ «Львівська політехніка», 2019. С. 75–76.

12. Пашкевич С. М., Денисенко О. В. Закономірності впливу місць розташування транспортно-пересадочних вузлів на формування транспортних та пасажирських потоків. *Інноваційні технології розвитку машинобудування та ефективного функціонування транспортних систем* : матеріали II міжнар. наук.-практ. інтернет конф., Рівне, 25–27 берез. 2020 р. Рівне : НУВГП, 2020. С. 69–73.

13. Пашкевич С. М., Денисенко О. В., Левкович А. А., Ружанський П. Формування транспортних та пасажирських потоків зовнішнього транспорту у містах // *Підвищення надійності машин і обладнання* : матеріали міжнар. наук.-практ. інтернет конф., Кропивницький, 15–17 квіт. 2020 р. Кропивницький : ЦНТУ, 2020. С. 217–220.

14. Кристопчук М. Є., Хітров І. О., Пашкевич С. М. Оцінка чинників вибору

способу пересування учасниками транспортного процесу // *Науково-прикладні аспекти автомобільної і транспортно-дорожньої галузей* : матеріали VI міжнар. наук.-техн. інтернет-конф., Луцьк, 26–27 трав. 2020 р. Луцьк : ЛНТУ, 2020. С. 83–85.

15. Никончук В. М., Пашкевич С. М. Організація дорожнього руху на основі оцінки транспортного попиту до центрів масового тяжіння за параметрами їх розміщення на урбанізованих територіях // *Інноваційні технології розвитку машинобудування та ефективного функціонування транспортних систем*: матеріали III міжнар. наук.-техн. інтернет-конф., Рівне, 19–20 жовт. 2022 р. Рівне : НУВГП, 2022. С. 210–214.

16. Пашкевич С. М., Свічинський С. В. Сучасні методи оцінки різниці у матрицях кореспонденцій однакової розмірності // *Перспективи розвитку машинобудування та транспорту – 2023*: доп. III міжнар. наук.-техн. конф., м. Вінниця, 1–3 черв. 2023 р. Вінниця : ВНТУ, 2023. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/prmt/pmrt2023/paper/view/18211/15062>.

Наукові праці, які додатково відображають наукові результати дисертації:

17. Свічинський С. В., Пашкевич С. М. Функція розселення як основа для визначення попиту міського населення на транспортні пересування. *Автошляховик України*. 2023. Окремий випуск 277'2023: зб. тез доп. міжнар. наук.-практ. конф. «Перспективи розвитку автомобільного транспорту та інфраструктури», м. Київ, 5–7 груд. 2023 р. С. 143–145. DOI: 10.33868/0365-8392-2023-277.

ABSTRACT

Pashkevych S. Research of the influence of an intercity bus station location on the distribution of urban passenger flows. – Qualifying scientific work on the rights of the manuscript.

Thesis for obtaining the degree of doctor of philosophy in the specialty 275.03 «Transport Technologies (in Road Transport)». – Kharkiv National Automobile and Highway University, Ministry of Education and Science of Ukraine, Kharkiv, 2024.

The thesis is devoted to the solution of the scientific and applied problem of analytical description of the regularities in the lengths of urban population trips to and from an

intercity transport hub – a bus station – and further assessment of the impact of its location on the distribution of urban passenger flows.

For this purpose, an analysis of existing studies on the transport hubs' operation in cities as well as on the methods for estimating the transport demand they generate was carried out. As a result, it was found that currently, there are no specific recommendations for assessing the impact of the intercity bus station location on the trip patterns in urban transport system. In addition, the literature review concluded that the direct application of the most common transport demand models to estimate the number of trips generated by a bus station would be too resource-consuming and in most cases – unacceptable due to the fact that the scale of these movements is significantly lower than that for which the classical models were developed. For this reason, an interval approach to calculating the trip matrix based on the use of actual passenger trip parameters was preferred. Taken together, the described situation in the study of the operation of a transport hub as an urban infrastructure facility has indicated the relevance of studying both the specifics of the urban trip generation and attraction associated with the use of intercity bus station as well as the problem of quantifying the impact of the station location in the city layout on urban passenger flows.

To solve these problems, analytical modelling of urban travel distances to and from the bus station was performed. For this purpose, two hypotheses regarding the regularities in the coordinates of generators and attractors of urban trips to and from the bus station were put forward, since these coordinates certainly affect the trip length distribution. The first hypothesis suggested bivariate normality of the coordinates of transport attractors in the city, and the second one assumed uniform distribution of attractors across the city territory.

When developing the first hypothesis, analytical formulas to describe the distribution of travel distances to and from the bus station under different station's location in the city and different radii of its influence zone were obtained. The obtained formulas indicate a significant role of the standard deviation of the coordinates of the trip generators and attractors in the studied theoretical trip length distribution.

The hypothesis of a uniform distribution of urban trip generators and attractors was developed as, in a sense, the opposite of the normal spread of trip anchors and allowed for obtaining alternative formulas to represent the distribution of trip distances from the urban area to the bus station and in backward direction. In the distance probability density obtained under this hypothesis, there exists a little jump discontinuity at one point in the continuous distribution function. This is not critical and does not diminish the value of the obtained probability density formula, because it is unlikely that any significant share of the real values of the studied random variable will coincide with the mentioned point and will be unaccounted for.

The obtained analytical formulas for the distribution of distances of urban trips to and from the bus station provide transport planners with a tool for modelling transport demand generated by the users of intercity transport hubs. These formulas can be used as a deterrence function when distributing trips in the origin-destination matrix.

During theoretical studies, it was also found that in order to assess the influence of changing the location of a transport hub on the state and distribution of urban transport demand, it is reasonable to use such indicators as the Wasserstein distance, the difference in passenger-kilometres and passenger-hours, the average trip distance, the values of passenger flows on the busiest sections of the public transport network, and the passenger turnover at stops located on the directions of heaviest passenger flows to the transport hub. These indicators will allow for quantifying and assessing graphically the potential impact of the station relocation on the urban transport system. The advantage of the listed indicators is their clarity, relative ease of use and, at the same time, interest from different parties of the transportation process.

To verify the obtained formulas for practical use, experimental studies of the empirical trip length distributions were conducted. For this purpose, a sample survey of intercity passengers was organised and conducted at three bus stations in the city of Rivne—Bus Station “Rivne”, Bus Station “Chaika” and Bus Departure Point “Zaliznychnyi”. The survey resulted in the collection of data from 809 respondents, 626 of whom used public transport to get to and from the bus stations. This indicated the prevailing role of this mode in urban trips caused by the need for intercity travelling. Therefore, further efforts

in the research of the transport hub relocation issues were focused on public transport trips.

In summary, the survey allowed for collecting data on the distances of more than 3 % of daily trips by public transport to and from bus stations in Rivne. During the experimental studies, the empirical distribution of these distances was checked for conformity with the theoretical distribution obtained under the hypothesis of uniform spread of trip generators and attractors in the city, and this check did not yield positive results. This showed the inexpediency of further consideration of a uniform distribution for the city of Rivne, which does not mean that this distribution cannot be applied in other cities.

At the same time, the experimental studies showed the possibility of describing the empirical distribution of recorded distances with the theoretical one obtained under the hypothesis of bivariate normality of the coordinates of the points in the urban area where the trips of the transport hub users are generated and attracted. This indicated the similarity of the characteristics of urban sections of intercity trips with the characteristics of urban trips per se as well as the patterns in the locations of their generation and attraction.

It is also important to note that the suitability of this theoretical distribution for the description of actual data makes it possible to use it in the modelling of demand for trips to and from bus stations in Rivne. This possibility was used during the development of the Rivne public transport model which was necessary to quantify the influence of relocation or construction of a transport hub on the distribution of urban passenger flows, population trip parameters and the indicators of public transport system operation.

To obtain the example of the quantitative estimate of hub relocation, a study of the potential influence of relocation of the bus station “Rivne” to the eastern city outskirts, as suggested in the Master plan, was carried out. As a result, it was found that this measure can cause the increase in passenger flows on the section of Kyivska Street between the existing and new location of the bus station as well as the increase in passenger turnover of the stops around the planned location. At the same time, the considered bus station relocation can cause the decrease in the quality of service for passengers travelling to and from the bus station by public transport due to probable significant increase in the average travel time – up to 66.8 %, travel distance – up to 76.6 %, the number of transfers –

up to 18.9 %, the number of passenger-hours spent on travel – up to 66.7 %, and the passenger-kilometres made by public transport to ensure the trips under study – up to 90.8 %.

In addition, during the comparison of all trip matrices used in modelling, the Wasserstein distance turned out to be equal 1112,39 passenger-hours, that confirms the significance of additional needs for public transport operation to ensure the trips to the new location of the bus station.

Based on the results of the research, practical recommendations for making decisions on the location of a bus station in the city were developed. They are intended to help local governments, and urban and transport planners to properly collect data and plan measures to provide the urban population with the opportunities for fast, convenient and comfortable trips to and from the station, quantitatively assess these measures and take into account the interests of all transport process parties.

The scientific novelty of the obtained results is as follows: for the first time, analytical formulas for the distribution of distances of urban passenger trips to and from the intercity bus station, which, in contrast to known ones, are derived from the regularities in the location of transport attractors in a city and reflect the probabilistic characteristics of the demand for travelling to the bus station and in opposite direction, were obtained.

The approaches to assessing the impact of the location of an intercity bus station on the state of transport demand and the distribution of urban passenger flows have been further developed due to the use of actual patterns in travel distances during determining the states of transport demand and comparing the latter using the metric of structural similarity of trip matrices. In contrast to known approaches, this allows taking into account the specifics of the generation and attraction of urban population trips to the intercity transport hub.

The practical significance of the research results consists in the use of the obtained distribution of the lengths of the trips to and from the intercity bus station in calculating the origin-destination matrix and developing the public transport model, as well as quantifying the probable consequences of the transport hub relocation by the example of the bus station in Rivne.

Keywords: transport hub, bus station, trip length distribution, urban passenger flows, transport demand, trip matrix, public transport, transport system, transport model.

List of candidate's publications

Scientific papers in which the main scientific results of the thesis are published:

1. Pashkevych S., Krystopchuk M. Regulatory formation of passenger flows in route networks of small cities. *Advances in Mechanical Engineering and Transport*. 2017. № 2(9). P. 100–106. DOI: 10.36910/automash.v2i9. URL: <https://eforum.lntu.edu.ua/index.php/jurnal-mbf/issue/view/24>.

2. Pashkevych S., Krystopchuk M. Analysis of the parameters of the functioning of transport infrastructure facilities on the formation of transport and passenger flows in cities. *Advances in Mechanical Engineering and Transport*. 2018. № 1(10). P. 66–72. DOI: 10.36910/automash.v1i10. URL: <https://eforum.lntu.edu.ua/index.php/jurnal-mbf/issue/view/23>.

3. Khitrov I., Soroka V., Krystopchuk M., Pashkevych S. Model forming area of transport service routes of passenger traffic. *Advances in Mechanical Engineering and Transport*. 2019. № 2(13). P. 173–184. DOI: 10.36910/automash.v2i13.101.

4. Khitrov I., Krystopchuk M., Pashkevych S. Simulation of parameters of functioning of public passenger stopping points. *Journal of Mechanical Engineering and Transport*. 2019. Vol. 10, № 2(2019). P. 134–140. DOI: <https://doi.org/10.31649/2413-4503-2019-10-2-134-140>.

5. Krystopchuk M., Pashkevych S., Khitrov I., Tkhoruk Y. Formation and Distribution Flows of External Transport in the City. *Reliability and Statistics in Transportation and Communication «RelStat 2019»*: Selected Papers from the 19th International Conference RelStat'19 (Riga, 16–19 October 2019). Lecture Notes in Networks and Systems (ISSN 2367-3370, E-ISSN 2367-3389). Springer, Cham, 2020. Vol. 117. P. 141–150. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-44610-9_15.

6. Nykonchuk V., Krystopchuk M., Pashkevych S. Functioning of transport-interchange nodes in the city transport system. *Advances in Mechanical Engineering and Transport*. 2022. № 2 (19). P. 16–24. DOI: <https://doi.org/10.36910/automash.v2i19.899>.

7. Pashkevych S. M., Makarichev O. V., Svichynskyi S. V., Kozak S. V. Analytical

description of the trip length distribution for urban trips to intercity bus station. *Visnyk of Kherson National Technical University*. 2023. № 4(87). P. 100–109. DOI: <https://doi.org/10.35546/kntu2078-4481.2023.4.12>.

8. Pashkevych S., Svichynskiy S. Assessment of the Impact of Intercity Bus Station Relocation on Passenger Flows in Urban Public Transport. *Bulletin of Kharkiv National Automobile and Highway University*. 2024. № 104. P. 119–129. DOI: <https://doi.org/10.30977/BUL.2219-5548.2024.104.1.119>.

Scientific works certifying the testing of the dissertation materials:

9. Pashkevych S., Krystopchuk M. Public transport management in small cities // *Decentralisation of power and reforms in Ukraine. Current state and problems of personnel training for amalgamated territorial communities* : proceedings of the I Int. sc. and method. conf., Rivne, 20 October 2017. Rivne : NUWEE, 2017. P. 175.

10. Pashkevych S., Krystopchuk M. Features of the public transport system functioning in small cities // *Modern technologies and prospects of development of motor transport* : proceedings of the X Int. sc. and pract. conf., Vinnytsia, 23-25 October 2017. Vinnytsia : VNTU, 2017. P. 154–155.

11. Krystopchuk M., Pashkevych S. Formation of location of multimodal passenger transport hub // *Problems in traffic flows and the ways to solve them* : proceedings of the III All-Ukrainian sc. and theory conf., Lviv, 28–30 March 2019. Lviv : LPNU, 2019. P. 75–76.

12. Pashkevych S., Denysenko O. Regularities of the influence of location of transport and transfer units on the formation of transport and passenger flows // *Innovative technologies of machine-building development and efficient functioning of transport systems* : proceedings of the II Int. sc. and pract. internet-conf., Rivne, 25–27 March 2020. Rivne : NUWEE, 2020. P. 69–73.

13. Pashkevych S., Denysenko O., Levkovich A., Róžański P. Formation of intercity transport and passenger flows in cities // *Increase of machine and equipment reliability* : proceedings of the Int. sc. and pract. conf., Kropyvnytskyi, 15–17 April 2020. Kropyvnytskyi : CUNTU, 2020. P. 217–220.

14. Krystopchuk M., Khitrov I., Pashkevych S. Assessment of the factors choice of

movement participants in the transport process // *Scientific and applied aspects of the automotive and road transport industries* : proceedings of the VI Int. sc. and tech. internet-conf., Lutsk, 26–27 June 2020. Lutsk : LNTU, 2020. P. 83–85.

15. Nykonchuk V., Pashkevych S. Traffic management on the basis on estimation of transport demand to the centers of mass gravity by the parameters of their location on urbanized territories // *Innovative technologies of machine-building development and efficient functioning of transport systems*: proceedings of the III Int. sc. and tech. internet-conf., Rivne, 19–20 October 2022 p. Rivne : NUWEE, 2022. P. 210–214.

16. Pashkevych S., Svichynskyi S. Modern methods for estimating the difference in trip matrices of the same dimension // *Prospects for the development of mechanical engineering and transport – 2023*: proceedings of the III Int. sc. and tech. conf., Vinnytsia, 1–3 June 2023. Vinnytsia : VNTU, 2023. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/prmt/pmrt2023/paper/viewFile/18211/15062>.

Scientific works which additionally reflect the scientific results of the dissertation:

17. Svichynskyi S., Pashkevych S. Trip length distribution function as the basis for determining the demand for urban transport trips. *Avtoshliakhovyk Ukrayiny*. 2023. Special issue 277'2023: Proceedings of the Int. sc. and pract. conf. «Prospects for the development of road transport and infrastructure», Kyiv, 5–7 December 2023. P. 143–145. DOI: 10.33868/0365-8392-2023-277.

ЗМІСТ

| | |
|---|----|
| Перелік умовних скорочень | 20 |
| Вступ | 21 |
| Розділ 1 Огляд сучасного стану досліджень впливу місця розташування центрів тяжіння на транспортну систему міст | 30 |
| 1.1 Аналіз існуючих досліджень функціонування міжміських автостанцій у містах та підходів до визначення місць їх розташування | 30 |
| 1.2 Огляд методів прогнозування попиту на пасажирські пересування та моделювання пасажиропотоків у містах | 40 |
| 1.3 Аналіз методів оцінки різниці у матрицях пасажирських кореспонденцій однакової розмірності | 56 |
| 1.4 Постановка, мета та задачі дослідження | 61 |
| Висновки по першому розділу | 64 |
| Розділ 2 Теоретичні передумови визначення міського транспортного попиту, що генерується міжміськими автостанціями | 66 |
| 2.1 Аналітичне моделювання дальності міських пересувань до та з автостанції за умови нормального розподілу місць відправлення та прибуття пасажирів міською територією | 67 |
| 2.1.1 Визначення розподілу дальності міських пересувань до та з автостанції, розташованої у центрі міста | 68 |
| 2.1.2 Визначення розподілу дальності міських пересувань до та з автостанції, наближеної до центру міста | 70 |
| 2.1.3 Визначення розподілу дальності міських пересувань до та з автостанції, віддаленої від центру міста | 87 |
| 2.2 Аналітичне моделювання дальності міських пересувань до та з автостанції за умови рівномірного розподілу місць відправлення та прибуття пасажирів міською територією | 91 |

| | |
|---|-----|
| 2.3 Обґрунтування оцінних показників для порівняння станів матриці пасажирських кореспонденцій при зміні місця розташування автостанції | 105 |
| Висновки по другому розділу | 108 |
| Розділ 3 Експериментальні дослідження пересувань з міської території до міжміської автостанції та у зворотному напрямку | 111 |
| 3.1 Результати опитування пасажирів міжміських маршрутів | 112 |
| 3.2 Перевірка робочих гіпотез дослідження | 121 |
| 3.2.1 Перевірка відповідності відстаней пересувань до та з автостанцій теоретичному розподілу, отриманому в рамках гіпотези про нормальність розташування місць відправлень і прибуттів на міській території | 122 |
| 3.2.2 Перевірка відповідності відстаней пересувань до та з автостанцій теоретичному розподілу, отриманому в рамках гіпотези про рівномірність розташування місць відправлень і прибуттів на міській території | 128 |
| 3.3 Формування транспортної моделі м. Рівне | 133 |
| Висновки по третьому розділу | 152 |
| Розділ 4 Оцінка впливу місця розташування автостанції на транспортну систему міста | 154 |
| 4.1 Оцінка впливу розташування міжміської автостанції на території міста на пасажиропотоки громадського транспорту | 154 |
| 4.2 Розробка практичних рекомендацій для прийняття рішень щодо розташування автостанції на території міста | 161 |
| Висновки по четвертому розділу | 163 |
| Висновки | 165 |
| Список використаних джерел | 168 |
| Додаток А Матриця відстаней пересувань між транспортними районами міста Рівне | 186 |
| Додаток Б Матриці кореспонденцій до та з існуючих автостанцій міста Рівне, розраховані з використанням розподілу відстаней пересувань населення | 187 |
| Додаток В Проміжний стан попиту на пересування до та з існуючих автостанцій міста Рівне | 194 |

| | |
|--|-----|
| Додаток Г Пасажиропотоки громадського транспорту, утворювані пересуваннями населення до та з існуючих автостанцій міста Рівне..... | 195 |
| Додаток Д Співвідношення між пасажиропотоками до та з автостанцій при їх існуючому розташуванні і провізними можливостями громадського транспорту міста Рівне..... | 198 |
| Додаток Е Пасажирообмін зупинок громадського транспорту, утворюваний при пересуваннях до та з існуючих автостанцій міста Рівне..... | 201 |
| Додаток Ж Матриці кореспонденцій до та з автостанцій міста при зміні місця розташування АС «Рівне» | 204 |
| Додаток И Пасажиропотоки громадського транспорту, утворювані пересуваннями населення до та з автостанцій міста при зміні місця розташування АС «Рівне» | 207 |
| Додаток К Пасажирообмін зупинок громадського транспорту, утворюваний при пересуваннях до та з автостанцій міста при зміні місця розташування АС «Рівне»..... | 210 |
| Додаток Л Співвідношення між пасажиропотоками до та з автостанцій при зміні місця розташування АС «Рівне» і провізними можливостями громадського транспорту міста..... | 213 |
| Додаток М Матриця витрат часу на пересування між транспортними районами міста Рівне..... | 216 |
| Додаток Н Акти впровадження результатів дослідження..... | 217 |
| Додаток П Список публікацій за темою дисертації та відомості про апробацію результатів дисертації..... | 222 |

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

| | | |
|------|---|--|
| АС | – | автостанція |
| ВВ | – | випадкова величина |
| ВДМ | – | вулично-дорожня мережа |
| ГІС | – | геоінформаційна система |
| ГТ | – | громадський транспорт |
| ЗП | – | зупиночний пункт |
| ІТ | – | індивідуальний транспорт |
| МК | – | матриця кореспонденцій |
| ММ | – | маршрутна мережа |
| МПК | – | матриця пасажирських кореспонденцій |
| ТЗ | – | транспортний засіб |
| ТП | – | транспортний потік |
| ТПВ | – | транспортно-пересадочний вузол |
| ТР | – | транспортний район |
| ТС | – | транспортна система |
| ABDM | – | Activity Based Demand Models (моделі попиту, засновані на людських активностях) |
| DDM | – | Direct Demand Models (моделі безпосереднього попиту) |
| FSTM | – | Four-Stage Transport Model (чотирьохетапна транспортна модель) |
| LOS | – | Level of Service (рівень обслуговування) |
| STDM | – | Simplified Transport Demand Models (спрощені моделі транспортного попиту) |
| TCDM | – | Trip Chaining Demand Models (моделі попиту, засновані на ланцюгах пересувань) |

ВСТУП

Актуальність теми. Міжміські автостанції є одним із видів пасажирських транспортних вузлів, серед основних функцій яких є забезпечення пересадок пасажирів із внутрішньоміського на міжміський транспорт. Навіть у середніх містах з населенням від 150 тисяч мешканців вони стають досить великими пунктами взаємодії видів транспорту, генеруючи значний обсяг відправлень і прибуттів людей для міського пасажирського транспорту. Це робить їх вплив на розподіл транспортних і пасажирських потоків територією міста цілком відчутним, що узгоджується із тенденцією останніх років до використання місця розташування АС як інструменту управління зазначеними потоками.

В процесі формування попиту міського населення на пересування до подібних міжміських транспортних вузлів слід враховувати таку їх особливість, як відносно рівномірний розподіл обсягів генерації та поглинання пасажирів упродовж доби. Це серйозно вирізняється з-поміж більшості інших місць тяжіння у місті, які мають яскраво виражені пікові періоди навантажень, і чинить вплив на міські потоки транспорту і пасажирів, що ним користуються. Більша рівномірність пасажиропотоків у цьому випадку зумовлена розкладом руху на міжміських маршрутах, для яких конкретне місто є лише одним із багатьох пунктів на шляху прямування. В той же час, перевезення пасажирів на приміських маршрутах, котрі також часто обслуговуються АС, є ближчими за своєю нерівномірністю до внутрішньоміських перевезень, що підвищує загальну нерівномірність обсягів генерації та поглинання пасажиропотоків міжміськими транспортними вузлами впродовж доби, і вивчення даного явища потребує проведення відповідних обстежень у кожному конкретному випадку.

Зміну місця розташування таких вузлів на території міста, як захід по управлінню транспортними і пасажирськими потоками до них, найлегше реалізувати для АС, які до того ж є найпоширенішим видом станцій як в Україні, так і у всьому світі. Таке широке поширення АС зумовлене властивістю автомобільного транспорту,

котра полягає у використанні загальнодоступної автодорожньої мережі країн для міжміських маршрутних перевезень пасажирів.

Широке розповсюдження АС і відносна простота їх створення або перенесення до практично будь-якої частини міста роблять завдання визначення ступеня впливу місця розташування міжміської автостанції на території значного міста на розподіл пасажиропотоків у міській транспортній системі актуальним.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Завдання визначення місця розташування автостанції на території міста та пов'язаного з нею впливу на навантаження міської транспортної мережі відповідає Національній транспортній стратегії України на період до 2030 року, схваленої розпорядженням Кабінету Міністрів України від 30 травня 2018 р. № 430-р, Стратегії сталого розвитку України до 2030 року, розробленої за підтримки Програми розвитку ООН в Україні та Глобального екологічного фонду в рамках проекту «Інтеграція положень Конвенцій Ріо в національну політику України», Указу Президента України від 30.09.2019 № 722/2019 «Про Цілі сталого розвитку України на період до 2030 року», цілям стійкого розвитку транспортних систем, затвердженим резолюцією Генеральної Асамблеї ООН від 25.09.2015 № 70/1 «Перетворення нашого світу: Порядок денний в області стійкого розвитку на період до 2030 року», проекту ООН SD21 «Стійкий розвиток в 21 столітті», а також Стратегії розвитку Рівненської територіальної громади на період до 2027 року (затверджена розпорядженням рівненського міського голови від 03.03.2021 № 245-р) і Стратегії розвитку Рівного на період до 2040 року (затверджена рішенням Рівненської міської ради від 20.10.2020 р. № 8134).

Отримані у роботі результати були використані під час виконання: науково-дослідної роботи (НДР) за договором від 09.07.2021 р. № 20 «Дослідження рівня задоволеності громадським транспортом, транспортної поведінки мешканців міста Рівне та формування пасажиропотоків у громадському транспорті», відповідальний виконавець; НДР за договором № 298 «Розробка рекомендацій щодо зміни схем та графіків руху громадського транспорту міста Рівне», відповідальний виконавець (наказ по Національному університету водного господарства та природокористу-

вання (НУВГП) від 05.01.2022 Н №-1); НДР за договором № 4-796 «Дослідження рівня задоволеності громадським транспортом, транспортної поведінки мешканців міста Рівне та формування пасажиропотоків у громадському транспорті» (частина 2 – Дослідження транспортної поведінки мешканців міста Рівне)», відповідальний виконавець (наказ по НУВГП від 05.01.2022 Н №-1); НДР за договором № 4-819 «Вивчення попиту населення на перевезення пасажирів громадським транспортом загального користування м. Рівне», відповідальний виконавець (наказ по НУВГП від 11.05.2023 Н №-26); НДР за договором № 6-21 «Дослідження транспортних потоків та визначення інтенсивності руху різних видів транспорту вулично-дорожньої мережі м. Рівне», відповідальний виконавець (наказ по НУВГП від 16.08.2023 Н №-68).

Мета і задачі дослідження. Метою дослідження є визначення та кількісна оцінка впливу місця розташування міжміської автостанції на території міста на розподіл пасажиропотоків у міській транспортній системі. Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

- проаналізувати існуючі дослідження функціонування транспортно-пересадочних вузлів у містах і методів оцінки транспортного попиту;
- визначити аналітичні вирази для опису розподілу відстаней пересувань пасажирів до та з автостанції в залежності від закономірностей у розташуванні місць транспортного тяжіння на території міста;
- сформулювати перелік показників оцінки впливу зміни місця розташування автостанції на міський транспортний попит;
- визначити закономірності у відстанях пересувань населення з території міста до міжміської автостанції та у зворотному напрямку;
- оцінити з використанням транспортної моделі вплив місця розташування міжміської автостанції на розподіл міських пасажиропотоків;
- розробити практичні рекомендації для прийняття рішень щодо раціонального розташування автостанції на території міста.

Об'єкт дослідження – процес пересувань пасажирів до та з автостанції на території міста.

Предмет дослідження – показники транспортного обслуговування населення та функціонування транспортної системи міста, залежні від розташування автостанції.

Методи дослідження. Аналітичні вирази для опису розподілу відстаней міських пересування пасажирів до та з міжміської автостанції були отримані з використанням гіпотетичного методу, ідеалізації, формалізації, методів тригонометрії та теорії ймовірностей. При визначенні емпіричних значень відстаней пересування населення до та з автостанцій були застосовані спостереження і вимірювання. Для визначення закономірностей у значеннях цих відстаней були використані методи теорії ймовірностей і математичної статистики. Модель для прогнозування річного обсягу відправлень пасажирів автобусами у міжміському сполученні була побудована із використанням регресійного аналізу. Транспортна модель для оцінки впливу зміни місця розташування транспортно-пересадочного вузла на розподіл міських пасажиропотоків, показники пересувань населення і роботи системи громадського транспорту були отримані із застосуванням математичного моделювання у програмі VISUM.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в тому, що *вперше* отримані аналітичні вирази для опису розподілу відстаней міських пересувань пасажирів до та з міжміської автостанції, які, на відміну від існуючих, виведені виходячи із закономірностей у розташуванні місць транспортного тягіння на території міста і відбивають ймовірнісні характеристики попиту на пасажирські пересування до автостанції і у зворотному напрямку.

Отримали подальший розвиток підходи до оцінки впливу місця розташування міжміської автостанції на розподіл міських пасажиропотоків і показники роботи системи громадського транспорту за рахунок використання фактичних закономірностей у відстанях пересувань при визначенні станів транспортного попиту і порівняння останніх за допомогою метрик структурної схожості матриць кореспонденцій. На відміну від існуючих підходів, така оцінка дозволяє врахувати специфіку генерації та поглинання пересувань містян, пов'язаних із потребою користування міжміським транспортно-пересадочним вузлом, а також кількісно і структурно

охарактеризувати різницю у кореспонденціях.

Практичне значення результатів дослідження полягає у використанні отриманих закономірностей у відстанях пересувань пасажирів до та з міжміської автостанції при розрахунку матриць кореспонденцій і розробці транспортної моделі громадського транспорту, а також кількісній оцінці ймовірних наслідків релокації транспортно-пересадочного вузла на прикладі однієї із автостанцій м. Рівне.

Створена в рамках виконання роботи транспортна модель м. Рівне була використана при виконанні науково-дослідницької роботи (НДР) «Моделювання та оцінка комплексної схеми організації дорожнього руху в місті Рівне», № держреєстрації 0116U006996. Підсумки розрахунків у транспортній моделі та розроблені практичні рекомендації для прийняття рішень щодо розташування автостанції на території міста були прийняті до уваги Відділом забезпечення діяльності транспорту Департаменту інфраструктури та благоустрою Рівненської міської ради. Результати обчислень з використанням регресійної моделі прогнозування обсягу відправлень пасажирів автобусами у міжміському сполученні були враховані у діяльності Командитного товариства «РІВНЕ-ПАС» при плануванні роботи автостанції «Рівне». Результати досліджень також були використані при підготовці здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти, що навчаються у навчально-науковому механічному інституті Національного університету водного господарства та природокористування (м. Рівне, Україна) за спеціальністю 275.03 Транспортні технології (на автомобільному транспорті).

Особистий внесок здобувача. Всі положення та результати дисертаційної роботи, які виносяться на захист, отримані автором самостійно та наведені у роботах [1-17]. У наукових працях, опублікованих у співавторстві, особистий внесок здобувача полягає в наступному: проаналізовані існуючі дослідження функціонування міжміських транспортно-пересадочних вузлів [2, 5, 6, 7, 11-13], методи прогнозування транспортного попиту та пасажиропотоків [1-3, 9, 10, 17], а також варіанти оцінки різниці у матрицях пасажирських кореспонденцій [8, 16]; виконано аналітичне моделювання дальності міських пересувань до та з автостанції [7]; зібрано фактичні відстані міських пересувань населення до автостанцій та у зворот-

ному напрямку, визначено закономірності у їх значеннях, розроблена транспортна модель і на прикладі м. Рівне надана кількісна оцінка впливу зміни місця розташування міжміської автостанції на пасажиропотоки, показники пересувань населення і роботи системи міського громадського транспорту [8]; виявлено проблемні питання у роботі громадського транспорту, пов'язані із релокацією пунктів генерації і поглинання пасажирських пересувань [1, 2, 4, 6, 8-10, 12, 15]; розроблено практичні рекомендації для прийняття рішень щодо розташування автостанції на території міста [5, 6, 8, 14].

Особистий внесок співавторів в опубліковані наукові праці. У роботах [1, 2, 9] особистий внесок Кристопчака М.Є. полягає у зборі даних на місцях спостереження за пасажирськими потоками, вивченні специфіки маршрутних мереж малих міст, розробці практичних рекомендацій щодо оптимізації маршрутних мереж для підвищення ефективності пасажирських перевезень.

У роботах [3-6] особистий внесок Хітрова І.О. полягає у розробці теоретичних основ моделювання площі транспортного обслуговування маршрутів пасажирського сполучення, визначенні ключових параметрів та змінних, які впливають на транспортне обслуговування зазначеними маршрутами, розробці методології моделювання, включаючи математичні формули та алгоритми, які лягли в основу моделі. Особистий внесок Кристопчака М.Є. полягає у практичній реалізації розробленої моделі, включаючи розробку програмного забезпечення для моделювання площі транспортного обслуговування.

У роботі [3] особистий внесок Сороки В.С. полягає у зборі та аналізі даних, необхідних для побудови моделі, проведенні детального аналізу транспортних потоків та потреб пасажирів на різних маршрутах.

У роботі [5] особистий внесок Тхорука Є.І. полягає у валідації зібраних даних та перевірці їх на відповідність реальним умовам.

У роботі [6] особистий внесок Никончук В.М. полягає у проведенні емпіричних досліджень та обробці зібраних даних.

У роботі [7] особистий внесок Макарічева О.В. полягає у рецензуванні математичного апарату виведення аналітичних виразів функції розподілу відстаней пе-

ресувань з міської території до автовокзалу та у зворотному напрямку, Свічинського С.В. – у вкладі в аналіз підходів до визначення попиту на міські пересування, пов'язані з міжміським ТПВ, а також аналіз поділу автостанцій за класами, Козак С.В. – у аналізі факторів впливу на транспортну привабливість міжміських та приміських ТПВ.

У роботі [8] особистий внесок Свічинського С.В. полягає у рецензуванні розробленої транспортної моделі громадського транспорту м. Рівне, вкладі в аналіз підходів до моделювання транспортного попиту.

У роботі [10] особистий внесок Кристопчука М.Є. полягає у розгляді моделі визначення показників функціонування маршрутної мережі, яка пов'язує закономірність зміни функції тяжіння, провізні спроможності маршрутів і попит на пересування, проведенні аналізу причинно-наслідкових факторів формування корисності міського пасажирського транспорту.

У роботі [11] особистий внесок Кристопчука М.Є. полягає у розгляді моделі визначення раціонального коефіцієнта динамічного заповнення салонів транспортних засобів, що враховує виконану транспортну роботу як на окремому маршруті, так і по місту в цілому.

У роботах [12, 13] особистий внесок Денисенка О.В. полягає у розгляді моделі функціонування окремих маршрутів в системі міського пасажирського транспорту, яка враховує значення удосконаленої зворотньоступеневої функції тяжіння, а також детерміновано варіативні обсяги відправлення та прибуття як змінні.

У роботі [13] особистий внесок Левковича А.А. полягає у визначенні закономірності зміни коефіцієнтів користування транспортом залежно від параметрів міста, Ружанського П. – у визначенні закономірності зміни коефіцієнтів користування транспортом залежно від параметрів транспортної і маршрутної мереж.

У роботі [14] особистий внесок Кристопчука М.Є. полягає у визначенні впливу економічної складової життя населення на перелік факторів вибору способу пересування, Хітрова І.О. – у дослідженні зміни кількості транспортних засобів потрібної місткості залежно від зміни попиту на перевезення.

У роботі [15] особистий внесок Никончук В.М. полягає у формалізації скла-

дових визначення раціонального коефіцієнта динамічного використання транспортних засобів у моделі системи міського пасажирського транспорту.

У роботі [16] особистий внесок Свічинського С.В. полягає у аналізі показників, котрі застосовуються для порівняння матриць кореспонденцій в рамках інтервальної концепції визначення транспортного попиту.

У роботі [17] особистий внесок Свічинського С.В. полягає у визначенні місця функції розселення у моделюванні попиту міського населення на пересування та висуванні гіпотези про нормальність розсіювання місць зародження і поглинання поїздок індивідуальним транспортом на території міста.

Апробація результатів дисертації. Матеріали та результати дисертаційної роботи доповідалися, обговорювалися та були схвалені на:

– I міжнародній науково-методичній конференції «Децентралізація влади, проведення реформ в Україні. Сучасний стан та проблеми підготовки кадрів для об'єднаних територіальних громад» (НУВГП, м. Рівне, 2017 р.);

– X міжнародній науково-практичній конференції «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту» (ВНТУ, м. Вінниця, 2017 р.);

– III всеукраїнській науково-теоретичній конференції «Проблеми з транспортними потоками та напрямки їх розв'язання» (НУ «Львівська політехніка», м. Львів, 2019 р.);

– 19 міжнародній мультидисциплінарній конференції «Reliability and Statistics in Transportation and Communication (RelStat'2019)» (Інститут транспорту та телекомунікацій, м. Рига, 2019 р.);

– II міжнародній науково-практичній інтернет-конференції «Інноваційні технології розвитку машинобудування та ефективного функціонування транспортних систем» (НУВГП, м. Рівне, 2020 р.);

– міжнародній науково-практичній інтернет-конференції «Підвищення надійності машин і обладнання» (ЦНТУ, м. Кропивницький, 2020 р.);

– VI міжнародній науково-технічній інтернет-конференції «Науково-прикладні аспекти автомобільної і транспортно-дорожньої галузей» (ЛНТУ, м. Луцьк, 2020 р.);

– III міжнародній науково-технічній інтернет-конференції «Інноваційні технології розвитку машинобудування та ефективного функціонування транспортних систем» (НУВГП, м. Рівне, 2022 р.);

– III міжнародній науково-технічній конференції «Перспективи розвитку машинобудування та транспорту – 2023» (ВНТУ, м. Вінниця, 2023 р.);

– міжнародній науково-практичній конференції «Перспективи розвитку автомобільного транспорту та інфраструктури» (ДП «ДержавтотрансНДІпроект», м. Київ, 2023 р.).

Публікації. За матеріалами дисертаційної роботи опубліковано 17 наукових праць, з яких 7 статей у наукових фахових виданнях України, 1 публікація у закордонному виданні, проіндексованому у базі даних Scopus, 8 тез у збірниках матеріалів вітчизняних та міжнародних конференцій, 1 публікація у спеціалізованому фаховому виданні України.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Обсяг основного тексту дисертаційної роботи становить 141 сторінка, 37 рисунків та 19 таблиць, 12 додатків на 39 сторінках, список використаних джерел включає 155 найменувань, розміщених на 18 сторінках.

РОЗДІЛ 1

ОГЛЯД СУЧАСНОГО СТАНУ ДОСЛІДЖЕНЬ ВПЛИВУ МІСЦЯ РОЗТАШУВАННЯ ЦЕНТРІВ ТЯЖІННЯ НА ТРАНСПОРТНУ СИСТЕМУ МІСТ

Протягом останніх років у багатьох містах України зросла увага органів місцевого самоврядування до питань сталої міської мобільності. В цьому контексті серед шляхів зниження навантаження на вулично-дорожню мережу (ВДМ), особливо у центральних ділових частинах міст, і покращення екологічної ситуації на міській території розглядаються відведення потоків індивідуального транспорту (ІТ) містян та міжміських (у т.ч. транзитних) транспортних потоків (ТП) від центральної частини на периферію міста [18-21] за рахунок планування будівництва нових автостанцій у відповідних місцях або ж перенесення існуючих [22]. Відповідно до сучасних принципів транспортного планування та через доволі велику вартість реалізації подібних заходів, вони потребують ретельної попередньої оцінки їх впливу на міську ТС та, зокрема, на пересування містян до та з АС.

З огляду на це, доцільним є аналіз відомих способів визначення місць розташування міжміських АС на території міст, існуючих підходів до моделювання попиту міського населення на пересування до та з автостанцій і, відповідно, оцінки різниці у станах попиту при порівнянні альтернативних місць їх розташування.

1.1 Аналіз існуючих досліджень функціонування міжміських автостанцій у містах та підходів до визначення місць їх розташування

За своїм функціональним призначенням міжміські автостанції відносяться до ТПВ, адже вони, окрім іншого, забезпечують комфортну пересадку між зовнішнім та внутрішнім міським транспортом. Згідно з ДБН Б.2.2-12:2019 «Планування та забудова територій», до їх складу слід включати місця для очікування пасажирів,

стоянки таксі, перехоплюючі стоянки транспортних засобів (ТЗ), місця тимчасового зберігання автомобілів, велостоянки тощо [23]. Технічні параметри даних елементів інфраструктури ТПВ слід визначати, спираючись на величину пересадочних пасажиропотоків і пасажирообмін зупиночних пунктів (ЗП) у ТПВ з урахуванням рухомості населення міста. Поряд із цим, при розміщенні ТПВ також потрібно передбачати рішення щодо формування взаємозв'язків з маршрутною мережею (ММ) міського громадського транспорту (ГТ) [18, 24].

Схоже визначення є і у американському Керівництві щодо провізних можливостей громадського транспорту та якості обслуговування (Transit Capacity and Quality of Service Manual – TCQSM), де терміном, найбільш близьким до ТПВ, є інтермодальний термінал (intermodal terminal), під яким розуміється станція чи термінал, що забезпечує ключові пересадки між видами транспорту, серед яких можуть бути міські та міжміські автобуси, легкорейковий транспорт, метрополітен, міська, приміська і міжміська залізниця. У TCQSM також зазначається, що у подібних ТПВ концентруються значні пасажиропотоки [25].

Це визначає необхідність прогнозування попиту міського населення на пересування, що створює потребу аналізу відповідних підходів до його оцінки. При цьому відповідно до мети даного дослідження окрему увагу варто приділити методам встановлення тієї величини попиту, котра відповідає переміщенням містом до та з ТПВ.

На сьогоднішній день існує велика кількість досліджень процесу перевезень пасажирів, який реалізується за участі ТПВ. Наприклад, у дисертації [26] розглядаються процеси взаємодії у міських ТПВ, в яких приймають участь пасажирів і маршрутні ТЗ. Моделювання попиту на поїздки, що починаються або продовжуються у ТПВ, відбувається із використанням двоетапної процедури, котра враховує кількісні і часові параметри процесів, що відбуваються у вузлі: прибуття пасажирів до ТПВ представляється найпростішим потоком; приймаються до уваги ймовірні пересадки між маршрутними ТЗ при транзитних поїздках; при розподілі пасажирів між ТЗ різних маршрутів враховуються параметри вхідного потоку маршрутних ТЗ та час їх перебування у вузлі, котрий залежить від інтервалу руху і включає час те-

хнологічного та сервісного простоїв. Перший етап процедури передбачає визначення кількості пасажирів, що накопичуються у ТПВ протягом певного періоду часу. На другому етапі здійснюється їх розподіл між маршрутними ТЗ. Відповідно, результати роботи [26] є корисними скоріше на рівні мікромоделювання роботи ТПВ, аніж на рівні моделювання пасажиропотоків у міській ТС.

У роботі [27], яка присвячена питанням організації приміських пасажирських перевезень, відзначається важлива роль автостанцій як елемента інфраструктури приміської ММ, котрий забезпечує обслуговування пасажирів при поїздках автобусними маршрутами загального користування та покликаний створити умови для своєчасної та зручної пересадки на вузлових зупинках. В роботі наведений існуючий поділ автостанцій за класами [28], для котрих зазначено орієнтовну добову кількість відправлень автобусів, але не приділено увагу прогнозуванню обсягу пересувань міського населення, котре буде користуватися даними автобусами. Питання моделювання транспортного попиту тут розглянуті узагальнено та стосуються визначення загальної кількості пересувань приміськими маршрутами. Для прогнозування пересувань пропонується використовувати рухомість населення залежно від дальності поїздок та мети, щільність населення у населених пунктах області, функцію розселення та гравітаційну модель розрахунку матриць кореспонденцій (МК). Як функцію розселення пропонується використовувати [27]:

– показниковий розподіл чисельності населення у населених пунктах залежно від їх віддалення від певного центру тяжіння

$$f(t) = \lambda \cdot e^{-\lambda \cdot t}, \quad (1.1)$$

де λ – параметр розподілу;

t – час пересування до певного центру тяжіння;

– розподіл щільності населення, що проживає в межах площі обслуговування приміського маршруту, залежно від віддалення від певного центру тяжіння

$$z(\omega) = \sum_{g=1}^G z_g \cdot \frac{b_g}{2} \cdot \exp \left[- \left| \frac{x - l_g}{w_g} \right| \right], \quad (1.2)$$

де ω – координата, в якій визначається щільність населення (точка на маршруті, котра знаходиться на деякій відстані від початку маршруту у центрі тяжіння);

G – кількість населених пунктів на приміському маршруті;

z_g – щільність населення в g -му населеному пункті на приміському маршруті;

b_i – коефіцієнт, що враховує охоплення території на g -й ділянці приміського маршруту;

l_g – відстань g -го населеного пункту від певного центру тяжіння;

w_g – калібрувальний коефіцієнт, значення якого залежить від розміру зони впливу центру тяжіння (наприклад, обласного центру) [27].

Що стосується розрахунку кореспонденцій, то для цього у [27] пропонується використовувати модифіковану гравітаційну модель виду

$$h_{ij} = k_{ij} \frac{(N_i + dN_i) \cdot (N_j + dN_j)}{l_{ij}^2}, \quad (1.3)$$

де k_{ij} – калібрувальний коефіцієнт;

N_i, N_j – чисельність населення у транспортних районах (ТР) i та j ;

dN_i, dN_j – зміна кількості жителів у районах i та j , спричинена дією множини факторів, котрі впливають на транспортний попит, зокрема рівнем добробуту і якістю транспортних послуг;

l_{ij} – відстань між ТР i та j .

При всьому цьому даний підхід до прогнозування пересувань приміськими маршрутами не дає оцінки впливу цих пересувань на міські ТП.

Дослідженню функціонування ТПВ, через які проходять приміські та міжміські маршрути, а також їх впливу на ТС міста, присвячена робота [29]. У ній презе-

нтовано підхід до визначення «притягуючої здатності ТР», яка вважається вихідною інформацією для визначення міської МК ГТ:

$$ATTR_u = P_u \cdot k_{attu} = P_u \cdot \frac{R_{ETHu}}{\sum_{u=1}^s R_{ETHu}}, \quad (1.4)$$

де P_u – максимальна завантаженість u -го ТПВ, котра визначається максимальною кількістю пасажирів, що відправляються із вузла протягом доби, пас./добу;

k_{attu} – балансуєчий множник для u -го ТПВ, значення якого залежить від кількості відправлень ТЗ з ТПВ протягом доби, кількості годин роботи ТПВ протягом доби, кількості можливих напрямків руху з ТПВ, кількості альтернативних ТПВ для здійснення певного пересування, відсоткового розподілу відправлень ТЗ з вузла за доступними для поїздок з міста напрямками;

R_{ETHi} – рейтингова оцінка u -го ТПВ, яка визначається його привабливістю та вимірюється у балах за шкалою від 1 до 9, де найвищій привабливості відповідає максимальний бал;

s – кількість приміських та міжміських ТПВ у місті (у [29] розглядаються лише пересування людей у межах країни) [29].

Дані дослідження отримали розвиток у роботах [30, 31] та дисертації [32], в результаті чого на основі опитування користувачів приміських та міжміських автобусних і залізничних станцій було розраховано коефіцієнти мультиноміальних логіт-моделей вибору ТПВ та виду міського транспорту для пересування до нього. При цьому для оцінки кількості пересувань міського населення до та з ТПВ запропоновано використовувати характеристики їх функціонування при визначенні місткостей міських ТР з відправлення та прибуття пасажирів та гравітаційну модель розрахунку МК. Питанню доцільності застосування останньої увага буде приділена у наступному підрозділі.

У статті [33] розгляд питання визначення попиту на міські пересування, пов'язані з ТПВ зовнішнього транспорту, обмежується визначенням загальної кількості

кості пасажирів, що пересаджуються на ГТ міста. Розрахунок відбувається на основі середньої кількості пасажирів, що вивозяться із ТПВ транспортними засобами ГТ, кількості зупинок ГТ у ТПВ та їх пропускної спроможності:

$$N_{\text{міськ}} = \bar{N}_{\text{авт}} \cdot m_a \cdot z_a + \bar{N}_T \cdot m_T \cdot z_T + \bar{N}_{\text{тр}} \cdot m_{\text{тр}} \cdot z_{\text{тр}} + \bar{N}_M \cdot z_M, \quad (1.5)$$

де $\bar{N}_{\text{авт}}$, \bar{N}_T , $\bar{N}_{\text{тр}}$, \bar{N}_M – середня кількість пасажирів, що вивозяться одним автобусом, тролейбусом, трамваєм та составом метрополітену відповідно;

m_a , m_T , $m_{\text{тр}}$ – відповідно кількість автобусних, тролейбусних та трамвайних ЗП, розташованих у ТПВ;

z_a , z_T , $z_{\text{тр}}$, z_M – пропускна спроможність одного автобусного, тролейбусного трамвайного ЗП та станції метрополітену відповідно [33].

Праця [34] декларує підхід до визначення попиту на перевезення у транспортних вузлах на основі регресійних залежностей, котрі враховують вплив таких факторів, як рівень інфляції, дохід на одну особу, чисельність населення, внутрішній валовий продукт і обсяги будівництва, сільськогосподарського та промислового виробництва. В той же час, зі змісту роботи важко встановити аналітичні залежності, котрі пропонується використовувати для прогнозування транспортного попиту.

У роботі [35] стверджується, що при визначенні потенційного транспортного попиту при плануванні роботи ТПВ більш перспективним є «моделювання поведінкового попиту» із використанням математичного апарату теорії корисності.

Питанням взаємодії ТПВ з об'єктами міської транспортної інфраструктури та їх розміщення на території міста присвячені роботи [36, 37]. У публікації [36] для встановлення зон взаємного впливу транспортних об'єктів та його кількісної оцінки запропоновано застосовувати діаграму Вороного та триангуляцію Делоне. Стаття [37] присвячена визначенню підходів до рішення задач розташування ТПВ і прогнозу обумовлених ним потоків транспорту та пасажирів. Тут усереднені характеристики руху пасажирських потоків пропонується визначати на основі розподілу кореспонденцій за гравітаційною моделлю, а транспортних – спираючись на рівно-

важний розподіл. При цьому місця розташування ТПВ пропонується оцінювати за допомогою комплексних моделей, але без конкретизації їх можливостей та ступеня деталізації.

Що стосується результатів досліджень, опублікованих у іноземних виданнях, то вони здебільшого присвячені вивченню факторів впливу на привабливість міжміських та приміських ТПВ та у меншому ступені торкаються задач визначення попиту на міські поїздки до таких вузлів. Так, у роботі [38] стверджується, що в теперішній час відсутній стандарт, який би визначав зручність розташування міжміських АС, а пов'язані з цим рішення приймаються на основі просторової доступності ТПВ. З огляду на це, до оцінки локації АС автори [38] пропонують застосувати поняття рівня обслуговування – Level of Service, LOS – з наступною градацією:

- LOS A (дуже близько) та LOS B (близько) – АС розташована у 2-кілометровій доступності для пасажирів;
- LOS C (скоріше близько) – АС розташована у доступності (2,1-4) км;
- LOS D (дещо далеко) – АС розташована у доступності (4,1-12) км;
- LOS E (далеко) – АС розташована у доступності (12,1-20) км;
- LOS F (дуже далеко) – АС розташована далі радіусу 20-кілометрової доступності.

Більш наближеною до встановлення попиту на міські пересування до ТПВ є робота [39], де викладений трьохетапний підхід до визначення розташування вузла, який включає:

- використання бази даних геоінформаційної системи (ГІС) для встановлення набору потенційних місць розташування терміналу;
- застосування оптимізаційного алгоритму, що враховує кількість потрібних терміналів, відстань між ними та довжину маршрутів, для пошуку оптимального рішення щодо розташування ТПВ;
- оцінка знайденого рішення за критеріями доступності ТПВ, впливу на навколишнє середовище, топографії, наявної інфраструктури та послуг, видів землекористування, водовідведення, типу та складу ґрунтів, погодних умов.

Перший з перелічених етапів передбачає визначення кількості мешканців мі-

ста, які матимуть доступ до ТПВ, на основі даних про транспортну мережу, інформації з планів міського розвитку та статистичної звітності. При цьому методика визначення цієї кількості мешканців не наводиться, а оптимізаційний алгоритм, що потрібно застосувати на другому етапі, описаний скоріше формально, чого недостатньо для практичного застосування [39].

Питань попиту містян на послуги ТПВ також торкаються роботи [40-42]. У книзі [40] зазначається, що попит на поїздки до ТПВ є чутливим до швидкості видів транспорту, котрими можна туди дістатися. Робота [41] містить цілий перелік факторів, котрі, на думку її авторів, мають значний вплив на поїздки до та з ТПВ і включають дохід пасажирів, їх стать, час очікування при поїздки, час та вартість самої поїздки, рівень комфорту у салоні ТЗ та доступність різних видів транспорту для пересування до ТПВ. Аналізуючи результати дисертації [42], до цих факторів також можна додати належність пасажирів до національних меншин, низьку кількість приватних автомобілів у домогосподарстві та наявність власного житла. Окрім цього, автор дисертації також зазначає, що міжміськими АС користуються здебільшого особи з низьким рівнем доходів та складнощами знаходження альтернатив виконанню міжміських автобусних поїздок, через що вони є скоріше вимушеними пасажирами, ніж пасажирами, які зробили свідомий вибір щодо виконання таких поїздок [42]. При всьому цьому жодна з робіт не описує способів визначення впливу місця розташування ТПВ на міські пересування.

Окрім вищенаведених, є категорія досліджень, котрі присвячені питанням розташування ТПВ на міській території. По більшій частині вони присвячені вивченню факторів, які варто враховувати при прийнятті рішення щодо розміщення ТПВ в контексті їх розгляду як об'єктів землекористування. Так, у [43] виділяються чотири аспекти впливу на розташування АС:

- транспортні витрати учасників перевізного процесу;
- вплив на економіку агломерації, тобто яким чином вплине розташування ТПВ на доступність транспортних послуг і на види економічної діяльності, які стануть можливими внаслідок розташування ТПВ;
- економія за рахунок ущільнення видів економічної активності (розширення

переліку послуг, доступних на певній території);

– вигоди від сумісного розташування ТПВ поряд з іншими інфраструктурними об'єктами, внаслідок чого можливим є збільшення кількості користувачів як ТПВ, так і поруч розташованого бізнесу.

У статті [44] зазначається, що розташування АС повинне оцінюватися з урахуванням впливу на землекористування міських територій, навколишнє середовище, обслуговування пасажирів і організацію роботи ТЗ. Кожен з цих аспектів може бути досліджений за багатьма факторами, серед яких найважливішими вважаються доступ до головних вулиць, мережі ГТ, міської інфраструктури, сумісність із об'єктами навколо, відповідність міським планам, забезпечення можливості розвитку територій у майбутньому, вплив на навколишнє середовище [44].

Даючи певні орієнтири міським планувальникам щодо критеріїв оцінки потенційних місць розташування АС, роботи [43, 44] не дають конкретних вказівок щодо визначення впливу цих об'єктів на розподіл міських пасажиропотоків.

В інших роботах висловлюються певні міркування та описується узагальнення досвіду щодо місць, найбільш придатних для розташування міжміських та приміських ТПВ з огляду на специфіку їх роботи [45-49]. Результати робіт [45-47] дають зрозуміти, що приміські та міжміські ТПВ характеризуються обслуговуванням пасажирів «за розкладом» (з відносно невеликою частотою відправлень ТЗ), аніж «за інтервалом руху», як у міських ТС, що потрібно враховувати при моделюванні попиту на їх послуги. Також у роботах [25, 47] звертається увага на необхідність забезпечувати пропускну спроможність різних конструктивних елементів ТПВ. Для цього належить створювати належну кількість платформ для автобусів [47], облаштовувати такі входи до терміналу, які би засвоювали потік пасажирів як до, так і з нього, а також при евакуації. Поряд із цим потрібно гарантувати комфортний пасажирообмін між зонами терміналу [25]. Вочевидь, для виконання цих вимог потрібен відповідний простір, що підтверджується у праці [48], де говориться, що міжміські автобусні термінали зазвичай розташовують за межами завантажених рухом міських центрів у місцях, віддалених від житлових районів, де є достатньо місця для майданчиків для автобусів і будівель для пасажирів. При цьому для забезпе-

чення зв'язку терміналів із містом належить створювати відповідні транспортні зв'язки, в т.ч. з центральною частиною міста [48, 49]. Стосовно приміських ТПВ у [48] зазначається, що їх припустимо розташовувати навколо центральної зони міста, де інтенсивність дорожнього руху є невисокою та наявний легкий доступ до основних міських магістралей.

При всьому цьому роботи [45-49] не дають чіткого уявлення про зміни у міських потоках пасажирів, спричинені розташуванням нового або переміщенням існуючої АС до рекомендованих місць.

В додаток до викладеного варто зазначити, що як вітчизняні, так і зарубіжні дослідники погоджуються з тим, що рішення про місце розташування міжміських та приміських станцій є доволі важливим для міста. Воно впливає на ефективність роботи ТС різних видів міського транспорту, функціонування ВДМ, рівень транспортного обслуговування населення, розподіл пасажирських і транспортних потоків [20, 21, 50]. Належним чином розташований ТПВ відкриває можливості для кращої інтеграції взаємодіючих у ньому видів транспорту [51] і забезпечення безперешкодної мультимодальної мобільності населення [52]. Однак у дослідженнях, присвячених питанням локації та раціоналізації роботи ТПВ, в т.ч. тих, що обслуговують різні види транспорту [53, 54], відсутні конкретні рекомендації та кількісні оцінки впливу розташування вузлів на міську ТС і пересування містян та гостей міста у ній. Лише у працях [47, 53] вказується, що при вивченні питань обслуговування населення доцільним є проведення інтерв'ю та інших обстежень безпосередньо у ТПВ.

Підбиваючи підсумок під проведеним аналізом, можна стверджувати, що задача кількісної оцінки впливу місця розташування міжміської АС в плані міста на міські пасажиропотоки залишається на сьогоднішній день без належної уваги. Для її якісного вирішення потрібно проаналізувати методи прогнозування попиту на пересування міського населення і дослідити специфіку генерації та поглинання пересувань містян до міжміського ТПВ. Подібне дослідження з урахуванням потреби моделювання транспортного попиту, який би відбивав пересування, пов'язані з ТПВ як елементом міської інфраструктури, потребуватиме фактичної інформації

про відповідні пасажиропотоки. Для її збору необхідно буде провести натурні обстеження у ТПВ, а також зібрати відповідні статистичні дані.

1.2 Огляд методів прогнозування попиту на пасажирські пересування та моделювання пасажиропотоків у містах

У теперішній час можна виділити п'ять основних груп моделей прогнозування транспортного попиту та створюваних ним пасажиропотоків [47, 55]:

- моделі, засновані на представленні попиту у вигляді ланцюгів пересувань (Trip Chaining Demand Models, TCDM);
- моделі, у яких попит на пересування представляється як наслідок певної діяльності людей (Activity Based Demand Models, ABDM);
- класична чотирьохетапна транспортна модель (Four-Stage Transport Model, FSTM);
- моделі безпосереднього попиту (Direct Demand Models, DDM);
- спрощені моделі транспортного попиту (Simplified Transport Demand Models, STDM).

У TCDM пересування людини протягом певного періоду часу (наприклад, доби) розглядається як сукупність послідовних пов'язаних поїздок, які складним чином впливають одна на одну та утворюють так званий «ланцюг» [47, 56, 57]. Для моделювання такого «ланцюга» у літературі запропонована невелика кількість моделей, котрі не мають стандартизованої математичної структури [58, 59]. Серед них найбільш схожою на традиційні підходи до моделювання транспортного попиту є модель, заснована на концепції основного виду діяльності або основного пункту призначення (primary activity чи primary destination) [59]. Згідно з результатами експериментальних досліджень вид діяльності, який користувач транспорту вважає основним при здійсненні пересування, визначається досить обмеженою кількістю факторів, до яких відносяться [47, 57, 59]:

- важливість мети пересування. Тут зазвичай найбільшу важливість мають робочі та навчальні поїздки, далі – побутові поїздки, далі – поїздки з іншою метою;
- тривалість діяльності – серед видів діяльності однакової важливості основним буде той, який займає найбільше часу;
- відстань від помешкання – серед видів діяльності однакової важливості і тривалості основним буде той, який є найбільш віддаленим від місця проживання.

Наприклад, для пересування, яке складається із двох поїздок, математична модель у спрощеному вигляді може бути записана як

$$d_{od,d_2}^i[s_1h_1m_1s_2h_2m_2h_3m_3] = n^i[o] \cdot p^i[x = 1 / os_1h_1](SE, T) \times \\ \times p^i[d_1 / os_1h_1](SE, T) \cdot p^i[s_2h_2 / osh_1d_1](SE, T) \cdot p^i[d_2 / os_1h_1d_1s_2h_2](SE, T) \times, \quad (1.6) \\ \times p^i[h_3 / os_1h_1d_1s_2h_2d_2](SE, T) \cdot p^i[m_1m_2m_3 / os_1h_1d_1s_2h_2d_2h_3](SE, T)$$

де $d_{od,d_2}^i[s_1h_1m_1s_2h_2m_2h_3m_3]$ – середня кількість пересувань з місця відправлення o , що здійснюються особами класу i і складаються з поїздки за основним видом діяльності s_1 , котрий реалізується у місці d_1 протягом періоду h_1 , поїздки за другорядним видом діяльності s_2 , котрий реалізується у місці d_2 протягом періоду h_2 , та повернення до помешкання у часовий період h_3 . Дані поїздки реалізуються на видах транспорту m_1, m_2, m_3 відповідно;

$p^i[x = 1 / os_1h_1](SE, T)$ – модель, котра відбиває ймовірність того, що особа класу i , яка проживає у місці (ТР) o , зробить пересування, пов'язане з основним видом діяльності s_1 у період h_1 ;

$p^i[d_1 / os_1h_1](SE, T)$ – модель вибору основного пункту призначення, яка визначає ймовірність того, що пересування за основним видом діяльності s_1 , здійснене у період h_1 особами класу i з району o , матимуть основний пункт призначення у районі d_1 ;

$p^i[s_2h_2 / osh_1d_1](SE, T)$ – модель типу поїздки, яка визначає ймовірність здійснення пересування за другорядною метою s_2 у період h_2 особами класу i , котрі вирішили зробити поїздку, перебуваючи у районі d_1 у період h_1 ;

$p^i[d_2 / os_1h_1d_1s_2h_2](SE, T)$ – модель вибору другорядного пункту призначення, яка визначає ймовірність вибору району d_2 для виконання виду діяльності s_2 у період h_2 особою, що здійснила пересування за основною метою s_1 , реалізованою у районі d_1 у період h_1 ;

$p^i[h_3 / os_1h_1d_1s_2h_2d_2](SE, T)$ – модель розподілу часу пересування до помешкання, яка дає ймовірність повернення додому у період h_3 , залежну від всіх елементів, що визначають ланцюг $(os_1h_1d_1s_2h_2d_2)$;

$p^i[m_1m_2m_3 / os_1h_1d_1s_2h_2d_2h_3](SE, T)$ – модель вибору послідовності видів транспорту для повного набору поїздок, що складають пересування.

SE – вектор соціально-економічних атрибутів;

T – вектор атрибутів рівня обслуговування [47].

Моделі TCDM на сьогоднішній день є мало розповсюдженими через слабкий інтерес до них внаслідок складного математичного апарату, котрого потребує велика складність модельованого процесу. Окрім цього, вони залишають поза увагою фактори, що визначають формування певних ланцюгів поїздок, а також прогнозують вибір лише серед наперед заданого набору ланцюгів.

Для подолання цих недоліків були розроблені ABDM-моделі, котрі передбачають ретельний розгляд саме видів діяльності, якими займається особа або домогосподарство та які створюють попит на послуги транспорту [60]. Моделі даної групи дають можливість зрозуміти та спрогнозувати як формування ланцюгів поїздок, так і вибір серед них. ABDM дезагреговано розглядають домогосподарство та окремих осіб, з яких воно складається, як суб'єктів прийняття рішень про певну діяльність і пересування, з нею пов'язані. Для моделювання планів (шаблонів) діяльності та транспортної поведінки використовується математичний апарат економетрики, теорії корисності, теорії ймовірностей, математичної статистики,

комп'ютерної ймовірнісної симуляції із застосуванням певної логіки та правил для відбиття протоколів дій домогосподарств [47, 61]. Основними модулями ABDM є симулятори довгострокових та середньострокових рішень населення та домогосподарств, а також симулятор (типового) дня окремої особи (person-day simulator). Зв'язки цих модулів між собою та з іншими елементами транспортної моделі можна зобразити графічно, рис. 1.1.

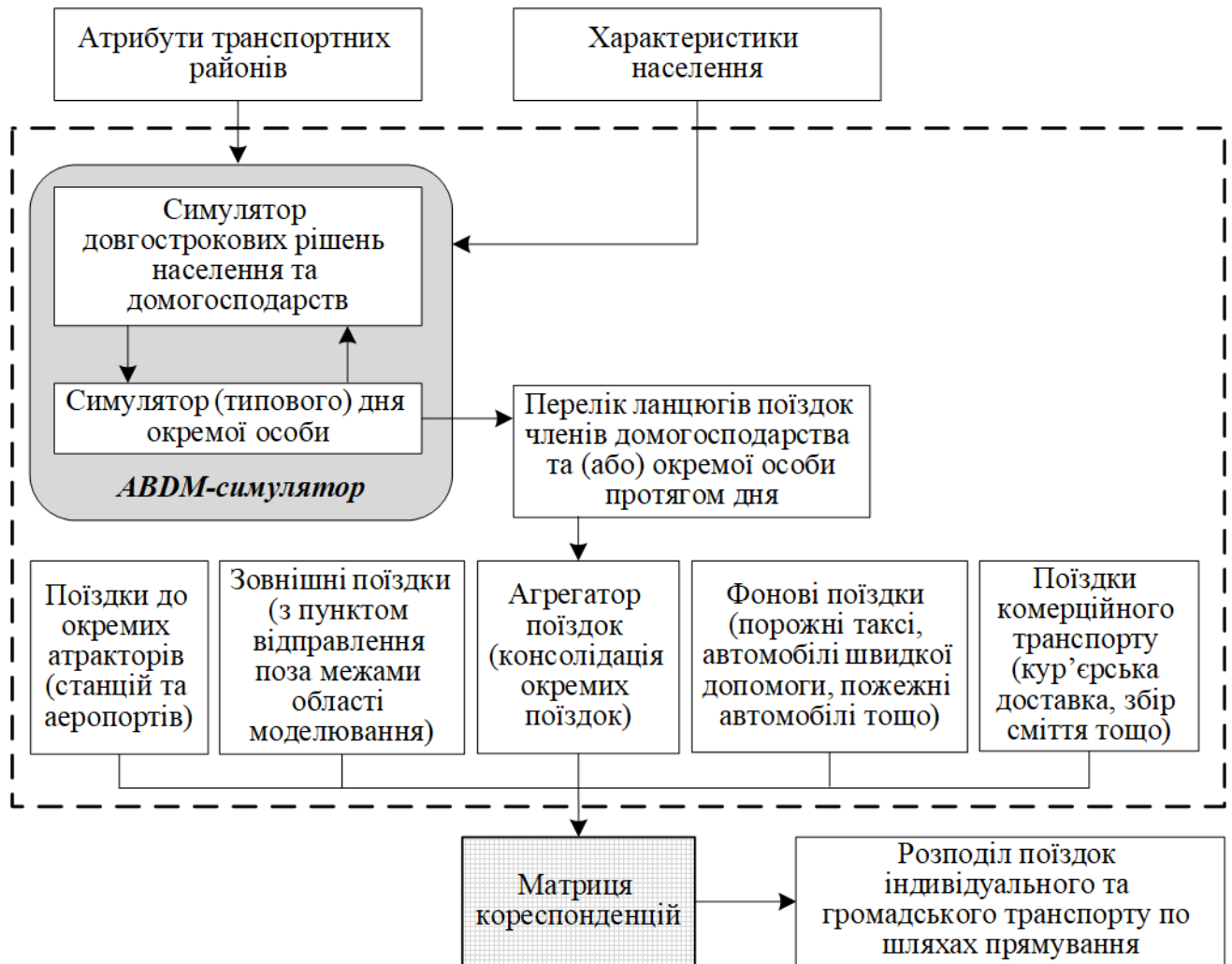


Рисунок 1.1 – Модуль ABDM та їх місце у транспортній моделі

(адаптовано з джерел [55, 62])

Часто, але не завжди, у блоці ABDM «Симулятор довгострокових рішень населення та домогосподарств» місця проживання, роботи та навчання вважаються заданими [47]. Глибокий розгляд тригерів транспортного попиту тягне за собою значні труднощі у зборі даних та валідації моделі – окрім традиційних транспорт-

них обстежень для отримання даних про генерацію і поглинання поїздок, час пересувань та використані види транспорту, можуть знадобитися дані детального обстеження заявлених переваг (Stated Preference Survey) та діяльності домогосподарств.

Практика свідчить про застосування ABDM стосовно окремих домогосподарств або їх невеликих груп в області моделювання з наступним агрегуванням результатів потребує дуже детальної інформації про домогосподарства та осіб, які їх складають [47]. Через це застосування ABDM для моделювання пересувань до та з міського ТПВ є суттєво ускладненим, особливо з урахуванням українських реалій дефіциту фінансування транспортних обстежень та обмеженого доступу до даних про активність (в т.ч. пересування) населення. До того ж з огляду на рис. 1.1 такі поїздки у ABDM зазвичай виступають як другорядні та для включення в модель очікуються зі стороннього джерела інформації. Це вказує на обґрунтованість розгляду задачі прогнозування пов'язаних з ТПВ міських пересувань як окремої, для рішення якої доцільно застосувати більш прості моделі.

Класична чотирьохетапна транспортна модель, котру на сьогоднішній день можна вважати найбільш розповсюдженою у світі, передбачає моделювання попиту шляхом виконання розрахунків за чотири етапами, взаємозв'язок між якими представлений на рис. 1.2.

Перший етап FSTM, який називається генерацією пересувань (Trip Generation), покликаний дати оцінку загальної кількості відправлень та прибуттів з та до ТР у досліджуваній області. Для його виконання зазвичай використовуються доволі прості регресійні моделі (часто – лінійні) та коефіцієнти росту, отримані на основі даних демографічної та соціально-економічної статистики з урахуванням поточних та планованих змін у землекористуванні, роботі підприємств, системі управління дорожнім рухом, технологіях перевезень, парку ТЗ, а також обмежень або стимулів розвитку видів транспорту [55, 63].

Другий етап FSTM, який називається розподілом пересувань (Trip Distribution), присвячений розрахунку МК. На сьогоднішній день для цього існує велика кількість напрацювань, найбільш відомими серед яких є:

- методи коефіцієнтів росту;
- гравітаційна модель;
- ентропійна модель;
- модель зустрічних можливостей.



Рисунок 1.2 – Класична чотирьохетапна транспортна модель
(адаптовано з роботи [55])

Сенс методів коефіцієнтів росту полягає у пропорційній зміні існуючої МК для її застосування при описі стану ТС у майбутньому. Найбільш простим серед методів даного виду є метод єдиного коефіцієнта росту:

$$H_{ij} = \iota \cdot h_{ij}, \quad (1.7)$$

де h_{ij} – величина кореспонденції між ТР i та j у існуючій МК, пас.;

ι – коефіцієнт росту для модельованого об'єкту.

Трохи складнішим є метод Фратара [55, 64], який передбачає використання

для кожного ТР власних коефіцієнтів:

$$H_{ij} = h_{ij} \cdot \tau_i \cdot \Gamma_j \cdot B_i \cdot B_j, \quad (1.8)$$

де τ_i, Γ_j – коефіцієнти росту кореспонденцій для ТР i та j ;

B_i, B_j – балансувальні коефіцієнти.

До переваг подібних методів можна віднести їх зрозумілість та простоту, а до недоліків – необхідність наявності початкової (поточної) матриці пасажирських кореспонденцій (МПК) та значна залежність від її точності, можливість застосування лише до замкнених ТС (в яких транспортна пропозиція та транспортні тарифи залишаються незмінними).

Гравітаційна модель заснована на використанні аналогії між процесами пересувань пасажирів між ТР і законом гравітаційної взаємодії між тілами. Відповідно, в даній моделі вважається, що чим більша місткість ТР з відправлення та прибуття пасажирів і чим ближче вони один до одного, тим більша кількість пересувань буде виконуватись між ними [65, 66]. Одним із перших дану модель почав застосовувати І. Лоурі у наступному вигляді [67, 68]:

$$h_{ij} = \frac{D_i A_j}{c_{ij}^2} \quad (1.9)$$

де D_i – місткість i -го ТР по відправленню пасажирів, пас.;

A_j – місткість j -го ТР по прибуттю пасажирів, пас.;

c_{ij} – складність пересування між районами i та j , котра може бути представлена відстанню, часом, іншою характеристикою пересування або їх комбінацією.

Згодом вона набула певних модифікацій і зараз одним із відомих виразів для її запису є

$$h_{ij} = \gamma \frac{D_i A_j}{c_{ij}^2} \quad \text{при} \quad \begin{cases} h_{ij} > 0; \\ \sum_{j=1}^{N_{TP}} h_{ij} = D_i; \\ \sum_{i=1}^{N_{TP}} h_{ij} = A_j, \end{cases} \quad (1.10)$$

де γ – калібрувальний коефіцієнт;

N_{TP} – кількість ТР у досліджуваній області, од.

Розрахунок за (1.10) потребує ітераційної процедури, під час якої на кожній ітерації обчислюються калібрувальні коефіцієнти γ доти, доки не будуть виконані наведені у системі рівнянь обмеження. Таке калібрування може суттєво змінити початково розраховані кореспонденції, що породжує питання про відповідність МК, отриманої за гравітаційною моделлю, дійсним пересуванням населення, оскільки різниця між розрахунковими і реальними (чи відкаліброваними) кореспонденціями може бути дуже значною [69]. Як мета калібрування також може виступати забезпечення відповідності МК встановленій функції розселення населення, адже кореспонденції у матриці можна розглядати як частоти виконання пересувань певної дальності [70, 71]. Це наближує МК до реального стану транспортного попиту, але не виключає недосконалості первинно розрахованої за гравітаційною моделлю матриці.

Гравітаційна модель (1.10) може бути модифікована за рахунок заміни c_{ij}^2 функцією тяжіння $f(c_{ij})$. Таку функцію визначають, спираючись на дані про вплив певних факторів на формування переваг населення при виборі сполучень i - j , або на розподіл дальностей пересування пасажирів, котрий у вітчизняній науці носить назву функції розселення [71]. Вид $f(c_{ij})$ може бути лінійним, ступеневим, експоненційним, гіперболічним та таким, що відповідає щільності ймовірності певних законів розподілу випадкових величин [55, 71].

Дана модель потребує відносно малих трудовитрат для розрахунку МК, однак їй властивий перелік недоліків. До них можна віднести наступні: потреба у ка-

лібруванні моделі, котра породжує необхідність проведення подекуди відчутної кількості натурних обстежень пересувань людей; сумнівна аналогія закону всесвітнього тяжіння з поведінкою пасажирів при виконанні пересувань; слабе обґрунтування застосування відстані між ТР як «опору» шляху пересування між ними.

Значного поширення також отримала ентропійна модель розрахунку МК. Вона побудована на проведенні аналогії між процесами пересувань пасажирів у ТС та термодинамічними процесами [55, 72]. При використанні даної моделі розподіл кореспонденцій між клітинками МПК робиться згідно з принципом максимізації ентропії системи

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n h_{ij} \ln(h_{ij}^{-1}) \rightarrow \max \quad \text{при} \quad \begin{cases} h_{ij} \geq 0; \\ \sum_{j=1}^{N_{TP}} h_{ij} = D_i; \\ \sum_{i=1}^{N_{TP}} h_{ij} = A_j; \\ \sum_{i=1}^{N_{TP}} \sum_{j=1}^{N_{TP}} c_{ij} h_{ij} = C, \end{cases} \quad (1.11)$$

де C – повні транспортні витрати при виконанні всіх пересувань у досліджуваній області за певний період аналізу.

Перевагами даної моделі є порівняно простий розрахунок та зрозумілість критерію оптимізації, яким є зменшення загальних витрат часу на реалізацію усіх кореспонденцій у матриці [72, 73]. Недоліками моделі є можливість її застосування лише до замкнених ТС та сумнівна аналогія між термодинамічними і транспортними процесами.

Модель зустрічних можливостей (Intervening Opportunities Model) в тому вигляді, в якому вона є відомою на сьогоднішній день, була запропонована М. Шнайдером [55]. Її математичний запис такий:

$$h_{ij}^m = D_i \frac{[\exp(-px_{m-1}) \cdot \exp(-px_m)]}{[1 - \exp(-px_o)]}, \quad (1.12)$$

де h_{ij}^m – кількість пересувань з i -го ТР до j -го ТР, які реалізуються по шляху, на котрому існує m альтернативних пунктів, де пасажир може задовольнити свою мету пересування. Дані пункти розглядаються як «можливості» закінчити пересування, що і дало назву моделі;

p – ймовірність того, що потреба пасажирів у пересуванні задовольняється єдиною можливістю (пунктом призначення);

x_{m-1}, x_m – накопичена кількість альтернативних можливостей завершення пересування при прямуванні до пункту m ;

O – загальна кількість можливостей завершення пересувань [55].

В основу моделі зустрічних можливостей закладене припущення про те, що виконання пересувань до певного пункту призначення залежить не стільки від відстані до нього, скільки від наявності «можливості» для досягнення мети пересування. Такі можливості впорядковуються за ознакою зростання відстані від пункту відправлення. Чим далі знаходиться потенційний пункт призначення, тим більшою є накопичена кількість можливостей при прямуванні до нього і, відповідно, ймовірність завершення пересування [55, 74].

Недоліком моделі зустрічних можливостей є припущення про рівномірність розподілу по досліджуваній території можливостей досягнення мети пересування, а також зв'язок моделі із відстанню як фактором, котрий впливає на величину кореспонденцій [55].

Третій етап FSTM, який називається поділом за видами транспорту (Modal Split), призначений відтворити частки функціонуючих у досліджуваній області видів транспорту у реалізації поїздок. Для вирішення цієї задачі найчастіше застосовуються моделі дискретного вибору (МДВ) [55], до яких відносяться мультиноміальна логіт-модель (Multinomial Logit Model), ієрархічна логіт-модель (Nested Logit Model), мультиноміальна пробіт-модель (Multinomial Probit Model), змішана логіт-модель (Mixed Logit Model). З їх використанням обчислюють ймовірність вибору того чи іншого виду транспорту при здійсненні пересувань. В основу розробки даних моделей лягла теорія корисності, згідно з якою кожен пасажир обирає шлях

пересування з наявного кола можливих та прийнятних альтернатив на основі їх привабливості та соціально-економічних характеристик [55, 75, 76]. Альтернативи даним моделям практично відсутні за винятком регресійної моделі, представленої в роботі [77].

При відсутності можливостей або ресурсів для оцінки параметрів цих моделей визначити частки видів транспорту в загальній кількості пересувань можна за допомогою доволі простих натурних обстежень, таких як, наприклад, підрахунок кількості автомобілів або пасажирів ГТ, котрі прямують певними ділянками транспортної мережі [55].

Останній, четвертий етап FSTM, який називається розподілом за маршрутами прямування (Assignment), слугує для моделювання розподілу пересувань за шляхами (трасами) їх здійснення. Для вирішення цієї задачі застосовуються різні методи стосовно індивідуального та громадського транспорту. До найбільш поширених методів, які застосовують до потоків ГТ, відносяться детерміністичний, рівноважний та стохастичний розподіли, які оперують величиною вартості часу (Value of Time). У випадку пасажиропотоків на ГТ користуються розподілами, заснованими на МДВ та понятті узагальненої вартості пересування (Generalized Cost of Traveling). Математичне представлення цих методів є доволі складним та в певних моментах збігається із апаратом МДВ [47, 55]. Варто зазначити, що на сьогоднішній день відсутні конкретні та загальноприйняті вказівки по налаштуванню параметрів цих розподілів, і основною метою такого налаштування зазвичай виступає відповідність фактичним (підрахованим) інтенсивностям руху транспорту або величинам пасажиропотоків.

На відміну від чотирьохетапного підходу до оцінки потреб населення у пересуваннях, моделі безпосереднього попиту дозволяють поєднати перші три перелічені етапи – генерацію поїздок, їх розподіл між парами ТР та між видами транспорту – у одному математичному виразі. Дані моделі бувають [55]:

- повністю безпосередніми – дають оцінку попиту на певний вид транспорту за визначеними напрямками пересувань з поділом за категоріями пасажирів;
- квазі-безпосередніми – передбачають певне розмежування між етапами ви-

бору виду транспорту та розрахунку матриць кореспонденцій.

У більшості випадків DDM є мультиплікативними та тісно пов'язаними з загальними економетричними моделями, оскільки спираються на соціально-економічні характеристики ТР. Окрім цього, вони враховують LOS-характеристики видів транспорту, доступних для здійснення пересувань між ТР [78].

Одним із відомих прикладів DDM є модель, запропонована Корпорацією системного аналізу та досліджень (Systems Analysis and Research Corporation, SACR), яку у спрощеному вигляді можна записати виразом

$$T_{ijk} = \zeta \cdot Y_{ik} \cdot Z_{jk} \cdot \prod_{m \neq k} L_{ijm}, \quad (1.13)$$

в якому

$$Y_{ik} = P_i^{\theta_{k1}} \cdot I_i^{\theta_{k2}}, \quad (1.14)$$

$$Z_{jk} = P_j^{\theta_{k1}} \cdot I_j^{\theta_{k2}}, \quad (1.15)$$

$$L_{ijm} = (t_{ij}^m)^{\alpha_{km}^1} (c_{ij}^m)^{\alpha_{km}^2}, \quad (1.16)$$

де T_{ijk} – кількість пересувань між ТР i та j , що виконуються на k -му виді транспорту;

P_i, P_j – кількість населення у ТР i та j ;

I_i, I_j – дохід населення у ТР i та j ;

t_{ij}^m – час поїздки між ТР i та j з використанням виду транспорту m ;

c_{ij}^m – вартість поїздки між ТР i та j з використанням виду транспорту m ;

ζ – параметр масштабу, характерний для виду пересувань, що розглядаються;

θ_{k1}, θ_{k2} – параметри моделі, які відбивають еластичність транспортного попиту

по відношенню до кількості населення та доходу населення відповідно;

$\alpha_{km}^1, \alpha_{km}^2$ – параметри моделі, які відбивають еластичність транспортного попиту

по відношенню до часу та вартості пересування відповідно [55, 79].

Будучи привабливими з огляду на можливість охоплення одразу трьох етапів моделювання попиту, врахування характеристик видів транспорту, доступних для виконання поїздок, і соціально-економічних атрибутів, DDM мають суттєві недоліки. Один з них – це потреба отримання великої кількості параметрів на основі фактичної інформації, інший – більша придатність моделей для застосування щодо міжміських пересувань [55, 80, 81], аніж пересувань у межах міста.

Вищеописані моделі прогнозування транспортного попиту подекуди потребують доволі значних фінансових, трудових та часових витрат для оцінки та налаштування їх параметрів. Для зменшення потреб у перелічених ресурсах була розроблена окрема група спрощених моделей транспортного попиту – STDM. Моделі даної групи є особливо привабливими для країн, що розвиваються, адже у них поряд із відчутними змінами у міській забудові та кількості населення часто спостерігається брак коштів на масштабні натурні обстеження. STDM побудовані на застосуванні недорогих (або відносно недорогих) методів оцінки поточних МПК та їх екстраполяцію на майбутнє [55].

До STDM відносяться:

- моделі еластичності – такі, які описують зміни у транспортному попиті залежно від змін у цінах на паливо, дорожніх зборах, рівні автомобілізації населення тощо [82, 83];
- ідеалізовані моделі, котрі більш якісно описують транспортний попит та здатні врахувати вплив на нього транспортної політики, котра може включати, наприклад, обмеження у паркуванні на певних міських територіях [84, 85];
- методи ескізного планування – розроблені для інформаційного забезпечення прийняття рішень в умовах обмежених даних та полягають у обґрунтованому застосуванні вже існуючих моделей та їх параметрів до нових об'єктів (наприклад, застосування моделі прогнозування попиту, розробленої у одному місті чи регіоні, до іншого схожого міста або регіону) [86, 87];
- методи моделювання з «поворотною точкою» (Pivot-Point Models) – призначені для прогнозування транспортного попиту на основі знань про поточний по-

пит на пересування у певному напрямку, часток видів транспорту у пересуваннях та передбачуваних змін у характеристиках пересувань (наприклад, у відстані, часі, вартості тощо) [88]. Для прогнозування потрібна відома функція попиту, яка зазвичай представляється моделлю дискретного вибору [89, 90];

- моделі зростаючого (інкрементного) попиту;
- моделі оцінки попиту на основі обстеження інтенсивності руху або пасажиропотоків на ділянках ВДМ [55].

Моделі інкрементного попиту призначені для прогнозування попиту на пересування певним видом транспорту в залежності від змін у транспортних тарифах, часі очікування, тривалості пересування та ін. Прикладом такої моделі може служити наступна:

$$T = T_0 + \frac{E_Y \cdot T_0 \cdot (Y - Y_0)}{Y_0}, \quad (1.17)$$

де T – прогнозована кількість пересувань у розглядуваному напрямку;

T_0 – поточна кількість пересувань у розглядуваному напрямку;

E_Y – еластичність попиту по відношенню до параметрів пересувань;

Y_0 – поточне значення параметру пересування;

Y – прогнозоване значення параметру пересування [55].

Моделі оцінки попиту на основі обстежень інтенсивності руху або пасажиропотоків є привабливими за рахунок того, що спираються на результати відносно дешевого та простого в організації і реалізації підрахунку кількості автомобілів або пасажирів, котрі прямують ділянками ВДМ. Результати підрахунку представляють собою реалізацію попиту, що міститься у клітинках МК, і основною задачею розглядуваних моделей є оцінка стану МК, що відповідає даним обстеження. Розповсюдженим варіантом вирішення цієї задачі є попередній розрахунок матриці за однією із синтетичних моделей – наприклад, гравітаційною чи ентропійною – із наступним калібруванням з метою досягнення відповідності результатам підрахунку.

Для калібрування спираються на умову

$$V_a = \sum_{ij} T_{ij} \cdot p_{ij}^a, \quad (1.18)$$

де V_a – кількість автомобілів або пасажирів, котрі за результатами підрахунків скористалися ділянкою a . Дана кількість являє собою суму кореспонденцій між ТР i та j , які зробили свій внесок у величину V_a ;

T_{ij} – кількість пересувань між ТР i та j ,

p_{ij}^a – частка пересувань між ТР i та j , шлях яких проходить ділянкою a ,

$$0 \leq p_{ij}^a \leq 1 \text{ [47, 55].}$$

Величину p_{ij}^a можна отримати за допомогою різних способів моделювання розподілу кореспонденцій за шляхами прямування, наприклад, із застосуванням [47, 55]:

– розподілу за принципом «все або нічого» (All-or-Nothing Assignment), при якому p_{ij}^a може приймати лише значення 0 або 1;

– рівноважного (Equilibrium Assignment) чи стохастичного розподілу (Stochastic Assignment), при якому p_{ij}^a може приймати будь яке значення у проміжку від 0 до 1.

При цьому в ході калібрування використовують практику прийнятності певної похибки у обчисленнях ε_a – розрахункове навантаження на ділянку транспортної мережі визначають як $V'_a = V_a + \varepsilon_a$. Величину ε_a приймають з огляду на мету моделювання і в транспортних розрахунках припустимим є її значення, котрі не перевищують 25 % від V_a [91].

Зрозуміло, що матриць кореспонденцій, котрі відповідатимуть одному й тому самому переліку V_a , може бути більше однієї через те, що результатів підрахунків практично завжди менше, ніж кількості клітинок у реальних МК (кількості пар «район відправлення – район призначення»). Це не слід розглядати як недолік,

адже, по-перше, метою моделювання є опис основних, найбільш важливих властивостей об'єкту дослідження, і, по-друге, така ситуація відповідає інтервальній концепції визначення транспортного попиту [92]. Згідно з цією концепцією попит на пересування можна описувати не одною, а багатьма МПК, кожна з яких відбиває один з можливих станів попиту. Дані стани знаходяться у визначених межах, котрі відповідають мінімальній і максимальній транспортній роботі по реалізації матриць. Підґрунтям такого представлення попиту виступає той факт, що переважна більшість пасажирів може користуватися різними шляхами пересування на роботу, що характеризується ймовірністю вибору того чи іншого шляху, а також ймовірнісні процеси формування транспортних зв'язків (в т.ч. вибору місць роботи, навчання, задоволення культурно-побутових та рекреаційних потреб тощо) [71, 92-94].

Таким чином, STDM, по суті, можна вважати спрощеним та менш ресурсно-містким шляхом реалізації класичного чотирьохетапного підходу до моделювання транспортного попиту.

За результатами проведеного аналізу методів прогнозування попиту на пасажирські пересування у містах можна зробити висновок, що у переважній їх більшості найзначущим компонентом моделювання є визначення МПК. При цьому розподіл кореспонденцій з матриці по ділянках транспортної мережі повинен відтворювати дійсні пересування населення за рахунок відповідності фактичним пасажиропотокам, функції розселення тощо. Відповідно, чим менше розбіжності із зазначеними характеристиками пересувань містян, тим менша потреба у калібруванні матриці та налаштуванні моделей розподілу пасажиропотоків.

Оскільки найбільш розповсюджені моделі розрахунку кореспонденцій призначені для опису пересувань людей у масштабах, більших за породжувані АС як об'єктом міської інфраструктури, їх пряме застосування для моделювання останніх є проблематичним через невиправдані витрати ресурсів. В додаток до цього, пересування, пов'язані з міжміською АС, навряд чи будуть цілком підпорядковуватись закономірностям, на яких побудована найбільш розповсюджена у світі гравітаційна модель, адже залежність потреби виконання пересувань до подібних ТПВ від відстані під'їзду до них є доволі сумнівною.

З огляду на це, в даній дисертаційній роботі для моделювання міських пересувань до та з міжміської АС доцільно обрати інтервальний підхід до розрахунку МПК на основі фактичних характеристик пересувань пасажирів. Характеристики пересувань містян можна отримати, організувавши відповідне обстеження на станції (станціях). Це дозволить підвищити точність розрахунку МПК та забезпечити більшу відповідність дійсним пересуванням населення, а також врахувати випадковість у формуванні транспортного попиту.

1.3 Аналіз методів оцінки різниці у матрицях пасажирських кореспонденцій однакової розмірності

З точки зору формалізації потреб населення у пересуваннях міським транспортом зміна місця розташування міжміської АС при інших фіксованих умовах роботи ТС означає відповідну зміну місткостей з відправлення та прибуття пасажирів для пари ТР: одного – де є поточне розташування станції, та другого – куди її планується передислокувати. У моделі попиту на міські пересування ця зміна впливатиме на два рядки і два стовпці МПК, що відбивають пересування до існуючого та нового місця дислокації АС та у зворотному напрямку. В інших рядках та стовпцях зміни у значеннях кореспонденцій не відбуватимуться, адже потреби міських жителів у міжміських пересуваннях навряд чи будуть відчутно змінені під впливом такого фактору, як розташування АС.

Відповідно, дослідження впливу зміни локації міжміського ТПВ на міську ТС або розгляд альтернатив для такої локації потребують аналізу методів оцінки відповідних змін у МПК. З огляду на фіксованість інших умов функціонування ТС, інтерес представляють методи порівняння матриць однакової розмірності. Аналіз літературних джерел, присвячених питанням застосування таких методів, дозволив виявити ряд показників схожості МК, які можна об'єднати у дві групи:

- метрики чисельної схожості матриць, які вважаються традиційними і до яких відносяться дисперсійна похибка (Mean Square Error, MSE) [95], середньоквадратична похибка (Root Mean Square Error, RMSE) [96-98], нормалізована середньоквадратична похибка (Normalised Root Mean Square Error, RMSN) [99, 100], абсолютна різниця у кореспонденціях [92, 94], коефіцієнт середньої абсолютної похибки (Mean Absolute Error Ratio, MAER) [101], відсоткова середня абсолютна похибка (Mean Absolute Percent Error, MAPE) [102, 103], максимальна можлива абсолютна похибка (Maximum Possible Absolute Error, MPAE) [104], відносна похибка (Relative Error, RE) [105], відхилення у сумарному попиті (Total Demand Deviation, TDD) [106], R-квадрат [107], міра згоди Тейла (Goodness of Theil's Fit) [108], міра ентропії (Entropy Measure, E) [109], відхилення значень кореспонденцій [92];

- метрики структурної схожості матриць, яких на сьогоднішній день розроблено відносно небагато. До них відносяться індекс структурної схожості (Structural Similarity Index, SSIM) [110], середній індекс структурної схожості (Mean Structural Similarity Index, MSSIM) [111, 112], індекс географічної структурної схожості (Geographical Structural Similarity Index, GSSI) [113], відстань Васерштайна (Wasserstein Distance) [114] та відстань Левенштайна (Generalized Levenshtein Distance, GLD) [115], в т.ч. нормалізована (Normalized Levenshtein Distance, NLD) [116, 117], різниця у транспортній роботі по реалізації матриць кореспонденцій [71, 92].

Мірами, які знайшли застосування на практиці, є середньоквадратична похибка, міра згоди Тейла, міра ентропії, індекси структурної та географічної структурної схожості, а також відстань Васерштайна [118, 119].

Середньоквадратична похибка розраховується як

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{J} \cdot \sum_{i,j \in J} (h_{ij} - h'_{ij})^2}, \quad (1.19)$$

де h_{ij}, h'_{ij} – значення кореспонденції між парою ТР ij у базовій та порівнюваній МПК відповідно;

J – загальна кількість пар ТР у МК (загальна кількість клітинок

МПК) [120, 121].

Міра згоди Тейла обчислюється наступним чином [120]:

$$GU = \sqrt{\frac{\sum_{i,j \in J} (h_{ij} - h'_{ij})^2}{J}} / \left(\sqrt{\frac{\sum_{i,j \in J} h_{ij}^2}{J}} + \sqrt{\frac{\sum_{i,j \in J} h'_{ij}{}^2}{J}} \right). \quad (1.20)$$

Міра ентропії визначається як [120]

$$E = \sum_{i,j \in J} \left(h_{ij} \cdot \log \left(\frac{h_{ij}}{h'_{ij}} \right) - h_{ij} + h'_{ij} \right). \quad (1.21)$$

Дані метрики покликані оцінити різницю лише у чисельних значеннях кореспонденцій і не враховують структурні зміни у розподілі кореспонденцій всередині рядків (стовпців) матриць, тобто коли у рядках (стовпцях) міняються ТР з найбільшою кількістю прибуттів (відправлень).

Для врахування таких змін застосовуються метрики структурної схожості, котрі враховують як чисельну, так і структурну різницю у порівнюваних МК. Належний до цих метрик індекс структурної схожості застосовується до так званих «локальних вікон» (local windows) порівнюваних матриць, котрі являють собою частину МК (субматрицю) розмірністю $r \times c$ [120, 122], і рахується наступним чином:

$$SSIM = \frac{(2 \cdot \mu \cdot \mu' + C_1) \cdot (2 \cdot COV + C_2)}{(\mu^2 + \mu'^2 + C_1) \cdot (\zeta^2 + \zeta'^2 + C_2)}, \quad (1.22)$$

де μ, μ' – середнє значення кореспонденцій у досліджуваному локальному вікні у базовій та порівнюваній МПК відповідно;

COV – коваріація кореспонденцій, що містяться у локальному вікні матриць;

ζ, ζ' – стандартне відхилення значень кореспонденцій у досліджуваному лока-

льному вікні у базовій та порівнюваній МПК відповідно;

C_1, C_2, C_3 – константи, котрі застосовуються у випадку близькості середніх значень μ, μ' або стандартних відхилень ς, ς' до 0. При цьому загальноприйнятим припущенням є те, що $C_3 = C_2 / 2$. Стосовно конкретних значень цих констант варто зазначити, що на сьогодні нема чітких рекомендацій з цього приводу, але в той же час у роботі [110] є пропозиція приймати $C_1 = 10^{-10}$ і $C_2 = 10^{-2}$.

Середній індекс структурної схожості застосовується при порівнянні декількох вікон, у яких містяться \hat{J} клітинок з кореспонденціями $\hat{i}\hat{j}$ [118, 120], та обчислюється як

$$MSSIM = \frac{1}{\hat{J}} \sum_{\hat{i}, \hat{j} \in \hat{J}} SSIM. \quad (1.23)$$

Значення SSIM та MSSIM залежать від розміру обраних локальних вікон, і тому коректність результатів порівняння МК визначається коректністю вибору частин матриць для порівняння.

Індекс географічної структурної схожості GSSI є розвитком міри MSSIM та покликаний ліквідувати її недолік, котрий полягає у тому, що суміжні клітинки у вікні матриці можуть відповідати територіально рознесеним ТР. Це веде до небажаного включення у порівняння тих кореспонденцій, які не мають відношення до міських територій, на котрих досліджуються зміни. Ідея GSSI полягає в тому, щоб обирати вікна матриці, спираючись на територіальну близькість ТР [120, 121].

Відстань Васерштайна представляє собою мінімум витрат часу на реалізацію кореспонденцій, пов'язаних із такими змінами цих кореспонденцій в одній матриці, щоб вона стала повністю відповідна іншій матриці:

$$WD = \min \left(\sum_{\tau, \xi} v_{\tau}^{\xi} \cdot t(\tau, \xi) \right), \quad v_{\tau}^{\gamma} \geq 0, \quad t(\tau, \xi) = t(\tau_o, \xi_o) + t(\tau_d, \xi_d). \quad (1.24)$$

де $t(\tau, \xi)$ – середній час пересування, котрий необхідно витратити, щоб перемістити кореспонденції з клітинки МК $\tau(\tau_o, \tau_d)$, що розташована на перетині пари ТР τ_o і τ_d , до клітинки $\xi(\xi_o, \xi_d)$, розташованої на іншому перетині ТР ξ_o та ξ_d ;

v_{τ}^{ξ} – кількість кореспонденцій, що переміщуються між клітинками τ і ξ [114, 120].

Відстань Левенштайна являю собою сумарну кількість операцій перестановки, котрі необхідно виконати для отримання однієї матриці з іншої [116]. Стосовно нормування цієї відстані, то воно може здійснюватися на суму кореспонденцій, над якими виконуються операції [117]. Дана метрика, будучи первинно розробленою для оцінки схожості рядків тексту у лінгвістиці з метою виявлення плагіату, не набула широкого застосування у дослідженнях транспортного попиту [120].

Окремо варто зазначити пару мір, що використовуються в рамках інтервальної концепції визначення станів МПК [71, 92-94], котрі дають оцінку відмінностей між модельованими матрицями:

– відхилення значень кореспонденцій, котре можна віднести до метрик чисельної схожості:

$$\Delta H = \sqrt{\sum_{i,j} (h_{ij} - h'_{ij})^2}; \quad (1.25)$$

– різниця у транспортній роботі по реалізації матриць, котру можна віднести до метрики структурної схожості:

$$\Delta PK = \sum_{i,j} h_{ij} \cdot l_{ij} - \sum_{i,j} h'_{ij} \cdot l_{ij}. \quad (1.26)$$

Також в контексті оцінки різниці у МК однакової розмірності можуть бути застосовані загальновідомі критерії згоди, котрі зазвичай використовуються для оцінки відповідності емпіричного розподілу випадкової величини теоретичному – критерій Колмогорова-Смирнова, хі-квадрат Пірсона та ін. [123, 124]. В цьому ви-

падку, маючи МПК та матрицю відстаней між ТР, можна отримати масиви відстаней пересувань населення, адже кожне значення кореспонденції являє собою кількість пересувань певної відстані [71]. Побудувавши розподіли цих відстаней (функції розселення [70, 71]), їх можна порівняти між собою.

За результатами проведеного аналізу можна зробити висновок, що для оцінки впливу зміни місця розташування міжміського ТПВ на модель попиту на пересування у міській ТС найбільш інформативними виглядають такі метрики, як відстань Васерштайна та різниця у транспортній роботі по реалізації МПК. В той же час, придатність їх застосування на практиці у початковому або модифікованому вигляді потребує експериментальної перевірки.

1.4 Постановка, мета та задачі дослідження

Питання оцінки впливу локації міжміської АС на стан міського транспортного попиту має дві істотні складові, котрі відносяться до різних рівнів його моделювання. Перша з них стосується змін у показниках транспортного обслуговування населення та функціонування ТС міста, друга – змін у МК, спричинених переміщенням ТПВ, оскільки воно впливає на місткості ТР та, відповідно, значення кореспонденцій у матриці.

Як було підсумовано у попередньому підрозділі, для оцінки змін у МК доцільно використати відстань Васерштайна і різницю у транспортній роботі по реалізації МПК. Дані метрики спроможні дати загальну – на рівні розглядуваної ТС в цілому – оцінку ступеню впливу місця розташування АС на розподіл пасажиропотоків у міських видах транспорту. Задля наглядної демонстрації можливих змін у реалізації транспортного попиту вона потребує доповнення додатковими характеристиками пересувань населення і роботи міської ТС. Зазначені характеристики будуть найбільш зрозумілими і корисними, якщо будуть отримані на прикладі конкретного міста, і виявляться такими, які можна використати для:

- розробки практичних рекомендацій щодо раціонального варіанта розміщення АС на території міста;
- отримання придатних до широкого використання закономірностей впливу локації ТПВ на розподіл попиту на пересування у міському пасажирському транспорті.

Зазначені закономірності можуть бути отримані при дослідженні координат місць генерації та поглинання пересувань, зумовлених потребами прямування на АС та у зворотному напрямку. Для встановлення характеристик цих координат як випадкових величин можна спертись на результати, отримані у роботі [70]. У ній була доведена можливість застосування двомірного нормального розподілу із середнім значенням абсцис і ординат у географічному центрі міста для опису розташування зупинок міського ГТ, але його релевантність для координат точок генерації і поглинання пересувань до та з АС потребує перевірки через відмінність відповідного транспортного попиту від виключно міського.

В той же час варто розуміти, що зазвичай містяни рідко виконують пересування на АС з місць прикладання праці, котрі концентруються в околі міського центру, а частіше здійснюють такі переміщення з місць проживання. Аналогічне твердження не викликає протиріч і стосовно пересувань гостей міста, котрі орендують житло. Через це логічно також припустити, що місця генерації та поглинання пересувань до та з АС можуть бути розсіяні по міській території більш рівномірно, ніж це передбачене нормальним розподілом.

Координати розташування цих місць безумовно впливають на закон розподілу дальності зазначених пересувань, і, таким чином, для встановлення останнього доцільно розглянути дві гіпотези:

- в рамках першої перевірити придатність використання двомірного нормального розподілу для опису координат точок відправлень і прибуттів пасажирів;
- в рамках другої дослідити можливість застосування рівномірного розподілу для опису розташування точок тяжіння на міській території. Перевірка даної гіпотези представляє додатковий інтерес, адже такий розподіл можна сприймати як

крайній (екстремальний) варіант досліджуваної закономірності, при якому точки тяжіння мають однакову щільність по всій території міста.

Визначення, теоретичне і експериментальне обґрунтування одного з цих гіпотетичних розподілів забезпечить транспортних інженерів новими знаннями про процеси, що супроводжують зміну локації ТПВ на міській території, та дасть змогу ухвалювати обґрунтовані рішення на стадіях розроблення поточних і стратегічних планів розвитку міст.

Оскільки міжміські поїздки здійснюються окремими людьми далеко не щодня, єдиним практично можливим способом виявлення закономірностей у розміщенні пунктів їх відправлення і прибуття у місті є опитування пасажирів на АС, спрямоване на отримання розподілу дальності міських пересувань до (зі) станції. Даний розподіл можна буде використати для інтервального моделювання транспортного попиту з урахуванням статистичних даних АС по відправленню та прибуттю пасажирів. Окрім цього, в ході опитування доцільно зібрати інформацію про використаний при добиранні на станцію вид транспорту, адже це дасть уявлення про модальність відповідних поїздок та дозволить сфокусувати увагу на тому виді транспорту, який матиме найбільшу питому вагу. Гіпотетично ним може виявитись ГТ через відносно невеликий (порівняно із західними країнами) рівень автомобілізації населення та слабку розвиненість паркувальної інфраструктури поряд з українськими АС, але подібна гіпотеза потребує перевірки фактичними даними.

З огляду на викладене, як окремі показники, що відбивають вплив місця розташування міжміської АС на розподіл пасажиропотоків у місті, доцільно використати пасажиропотоки на найбільш завантажених ділянках ВДМ і найбільш змінену кількість відправлень та прибуттів пасажирів на кількох обґрунтовано обраних ЗП ГТ. Одним із найбільш зручних інструментів отримання таких показників є транспортна модель міста, розроблена у сучасному спеціалізованому програмному забезпеченні.

Викладені положення разом з проведеним оглядом літературних та інтернет-джерел дозволили визначити мету дисертаційної роботи, якою є визначення та кількісна оцінка впливу місця розташування міжміської АС на території міста на

розподіл пасажиропотоків у міській ТС. При цьому об'єктом дослідження виступає процес пересувань міського населення до та з АС, а предметом – показники транспортного обслуговування населення та функціонування ТС, залежні від розташування автостанції.

Для досягнення поставленої мети, окрім вже проведеного аналізу досліджень функціонування ТПВ у містах та методів оцінки транспортного попиту, необхідно вирішити наступні задачі:

- визначити аналітичні вирази для опису розподілу відстаней пересувань пасажирів до та з автостанції в залежності від закономірностей у розташуванні місць транспортного тяжіння на території міста;
- сформулювати перелік показників оцінки впливу зміни місця розташування автостанції на міський транспортний попит;
- визначити закономірності у відстанях пересувань населення з території міста до міжміської автостанції та у зворотному напрямку;
- оцінити з використанням транспортної моделі вплив місця розташування міжміської автостанції на розподіл міських пасажиропотоків;
- розробити практичні рекомендації для прийняття рішень щодо раціонального розташування автостанції на території міста.

Висновки по першому розділу

1. Існуючі дослідження, присвячені питанням розміщення і функціонування ТПВ, не надають конкретних рекомендацій та оцінок впливу локації міжміських автостанцій на пересування населення у міській ТС. Це робить задачу кількісної оцінки впливу місця розташування станції в плані міста на міські пасажиропотоки актуальною. Для її вирішення потрібно дослідити специфіку генерації та поглинання пересувань містян, пов'язаних з користуванням міжміським ТПВ. Подібне дослідження вимагатиме фактичної інформації про відповідні пасажиропотоки. Для її

збору необхідним є проведення натурних обстежень на автостанціях, а також збір статистичних даних про їх роботу.

2. Пряме застосування найбільш розповсюджених моделей розрахунку кореспонденцій для опису породжуваних АС пересувань є занадто ресурсомістким та неприйнятним через те, що масштаби цих пересувань є істотно меншими у порівнянні із тими, для яких були розроблені класичні моделі. В додаток до цього, малоймовірно, що пересування, пов'язані з міжміською АС, будуть повністю узгоджуватись із закономірностями, на яких побудована найбільш поширена у світі гравітаційна модель, адже відстань під'їзду до ТПВ подібного виду навряд чи матиме той самий вплив на реалізацію потреб виконання пересувань. Це вимагає застосування більш універсального та гнучкого інструменту для моделювання попиту на пересування, пов'язані з прямуванням на ТПВ та у зворотному напрямку.

3. Для моделювання попиту населення на міські пересування до та з міжміських АС доцільно обрати інтервальний підхід до розрахунку МПК, заснований на використанні фактичних характеристик пересувань пасажирів. Це дозволить забезпечити більшу відповідність дійсним пересуванням населення, підвищити точність розрахунку МПК, зменшити ресурсомісткість її отримання і врахувати випадковість формування кореспонденцій.

4. Для оцінки впливу зміни місця розташування міжміської АС на модель попиту на пересування у міській ТС найбільш інформативними виглядають такі метрики, як відстань Васерштайна і різниця у транспортній роботі по реалізації МПК. В той же час, придатність їх застосування на практиці у початковому або модифікованому вигляді потребує експериментальної перевірки.

Основні результати проведених досліджень в рамках цього розділу опубліковані в роботах [1-3, 5-7, 9-13, 16, 17].

РОЗДІЛ 2

ТЕОРЕТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ ВИЗНАЧЕННЯ МІСЬКОГО ТРАНСПОРТНОГО ПОПИТУ, ЩО ГЕНЕРУЄТЬСЯ МІЖМІСЬКИМИ АВТОСТАНЦІЯМИ

Встановлення придатних до загального застосування закономірностей впливу місця розташування міжміської АС в місті на розподіл попиту на пересування міськими видами транспорту потребує знання характеристик розміщення точок генерації і поглинання пасажиропотоків. Розташування даних точок – місць відправлення і прибуття користувачів станцій – задає дальності пересувань зазначених користувачів міською територією. Ці дальності є випадковою величиною, адже є результатом реалізації транспортного попиту, котрий при розгляді на міському рівні формується під впливом великої кількості факторів і від цього може вважатися випадковим. Дане твердження прослідковується у багатьох сучасних дослідженнях, присвячених моделюванню транспортного попиту. У них часто розглядається розподіл відстані або часу пересувань або як самостійний об'єкт, котрий іноді зветься функцією розселення, або як складова моделі розподілу кореспонденцій у однойменних матрицях. Ця складова є дуже корисною, а подекуди незамінною у транспортному моделюванні, адже, будучи ймовірнісною характеристикою пересувань, дає можливість врахувати випадковість транспортного попиту при його моделюванні. Перевагою зазначеного розподілу є те, що його можна описати аналітично та перевірити на конкретних прикладах.

Теоретичне обґрунтування та експериментальне підтвердження закономірностей у дальності пересувань пасажирів на АС і у зворотному напрямку забезпечить осіб, що приймають рішення, інформацією про можливі наслідки зміни місця розташування ТПВ на території міста для ТС. Це, у свою чергу, розширить можливості якісного транспортного планування на різні часові періоди.

2.1 Аналітичне моделювання дальності міських пересувань до та з автостанції за умови нормального розподілу місць відправлення та прибуття пасажирів міською територією

При постановці задач дослідження у підрозділі 1.4 зазначалось, що розміщення точок генерації та поглинання суто внутрішньоміських пересувань ГТ добре описується нормальним розподілом кожної з горизонтальних координат таких точок [71]. Ці самі закономірності, поза всяким сумнівом, можуть бути поширені й на ІТ [70, 125, 126], але тільки в тому самому випадку пересувань на території міста, котрі не представляють собою добирання, пов'язане із потребою міжміської поїздки. В той же час, при дослідженні попиту на пересування людей з міста до АС та у зворотному напрямку гіпотеза про нормальність розподілу місць тяжіння по території міста також виглядає достатньо логічною, адже:

- такий попит є випадковим для дослідників і знаходиться під впливом багатьох факторів, що відповідає передумовам застосування нормального розподілу випадкових величин;
- розповсюдженою практикою є сумісне обслуговування автостанціями міжміських та приміських маршрутів, а пасажиропотоки на останніх є досить схожими за своєю нерівномірністю та, ймовірно, місцями генерації до міських;
- до експериментальної перевірки не можна виключати можливість схожості характеристик міських частин міжміських пересувань з характеристиками власне міських пересувань.

Таким чином, на першому етапі формування теоретичних передумов визначення міського транспортного попиту, викликаного міжміськими ТПВ, можна дослідити закономірності розподілу дальності пересування з міста до АС та у зворотному напрямку за умови нормальності розподілу місць генерації та поглинання пасажиропотоків по території міста. У такому випадку міську територію можна представити декартовою площиною XOY та висунути гіпотезу, що щільність розподілу

точок генерації по ній має круговий нормальний розподіл (зрізаний межами міста) із щільністю

$$f(x_{coord}, y_{coord}) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp\left[-\frac{(x_{coord}^2 + y_{coord}^2)}{2\sigma^2}\right], \quad (2.1)$$

де (x_{coord}, y_{coord}) – координати (абсциси та ординати) точок генерації (поглинання) на міській території;

σ – середньоквадратичне відхилення координат точок на міській території.

Для аналітичного опису розподілу дальності пересування з міста до ТПВ та у зворотному напрямку найпростішим є випадок розташування АС у центрі розсіювання пунктів генерації. Що стосується випадків локації станції на певному віддаленні від міського центру, то вони є більш складними для аналітичного моделювання через різні можливі розміри та конфігурації зони впливу досліджуваного ТПВ.

2.1.1 Визначення розподілу дальності міських пересувань до та з автостанції, розташованої у центрі міста

При розташуванні АС у центрі розсіювання пунктів генерації пересувань ймовірність здійснення пересувань певної відстані до та зі станції із зоною впливу, площу якої можна представити фігурою A на згаданій площині XOY , складатиме

$$P(A) = \iint_A \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp\left[-\frac{(x_{coord}^2 + y_{coord}^2)}{2\sigma^2}\right] dx_{coord} dy_{coord}. \quad (2.2)$$

Тепер для зручності подальших перетворень доцільно перейти до представлення розглядуваних точок та пересувань із та до них у полярній системі коорди-

нат. Нехай полярна вісь у такій системі співпадає із додатною піввіссю OX та перехід від декартової системи координат до полярної здійснюється по формулах

$$\begin{cases} x_{coord} = \rho \cos \varphi; \\ y_{coord} = \rho \sin \varphi. \end{cases} \quad (2.3)$$

де ρ – радіальна координата точки у полярній системі – відстань від початку координат (полюса) до точки;

φ – кутова координата (полярний кут) точки у полярній системі.

Після підстановки (2.3) у (2.1) щільність кругового нормального розподілу на площині у полярній системі координат матиме вид

$$f(x_{coord}, y_{coord}) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp\left[-\frac{\rho^2}{2\sigma^2}\right], \quad dx_{coord} dy_{coord} = \rho d\varphi d\rho. \quad (2.4)$$

Відповідно, ймовірність знаходження якоїсь точки генерації у певній фігурі A на площині з круговим нормальним розподілом у полярній системі координат дорівнюватиме

$$P(A) = \iint_A \frac{\rho}{2\pi\sigma^2} \exp\left[-\frac{\rho^2}{2\sigma^2}\right] d\varphi d\rho. \quad (2.5)$$

Нехай фігура A є зоною впливу АС, яка має форму круга радіусу R із центром у початку координат:

$$A = \{(x_{coord}, y_{coord}) : x_{coord}^2 + y_{coord}^2 \leq R\}, \quad (2.6)$$

або у полярній системі координат

$$A = \{(\rho, \varphi) : \rho \leq R, 0 \leq \varphi < 2\pi\}. \quad (2.7)$$

Це відповідає випадку розташування АС у географічному центрі міста і не виключає можливості того, що зона впливу станції повністю покриватиме міську територію, умовно представлену кругом радіусу R . Тоді функція розподілу відстаней пересувань із території міста до АС і у зворотному напрямку матиме вид

$$\begin{aligned}
 P(A) &= \frac{1}{2\pi\sigma^2} \int_0^{2\pi} d\varphi \int_0^R \rho \cdot \exp\left[-\frac{\rho^2}{2\sigma^2}\right] d\rho = \left. \begin{array}{l} \rho = \sigma t \\ d\rho = \sigma dt \\ 0 \leq t \leq \frac{R}{\sigma} \end{array} \right| = \frac{2\pi}{2\pi\sigma^2} \int_0^{\frac{R}{\sigma}} \sigma \cdot t \cdot \exp\left(-\frac{t^2}{2}\right) \cdot \sigma dt = \\
 &= \int_0^{\frac{R}{\sigma}} t \cdot \exp\left(-\frac{t^2}{2}\right) dt = \left. \begin{array}{l} u = \frac{t^2}{2} \\ du = t dt \\ 0 \leq u \leq \frac{R^2}{2\sigma^2} \end{array} \right| = \int_0^{\frac{R^2}{2\sigma^2}} \exp(-u) du = 1 - \exp\left(-\frac{R^2}{2\sigma^2}\right). \quad (2.8)
 \end{aligned}$$

Отримана залежність є простою, інтуїтивно зрозумілою і дозволяє відстежити роль стандартного відхилення у ній – воно визначає частину розподілу, яка відноситься до території у межах міста і, відповідно, за ними. Це є цікавим фактом для експериментальної перевірки висунутої на початку підрозділу 2.1 гіпотези, оскільки вагомий неврахований хвіст розподілу може викликати сумніви в її правдоподібності.

2.1.2 Визначення розподілу дальності міських пересувань до та з автостанції, наближеної до центру міста

Більш складним випадком для аналітичного опису розподілу відстаней досліджуваних пересувань є такий, при якому АС розташована не у центрі міста, але має

зону впливу, що знаходиться у межах території міста. Така зона впливу може мати площу меншу або рівну площі міської території. У полярній системі координат даний випадок можна дослідити наступним чином.

Нехай точка O є центром круга, яким умовно представляється територія міста і в якому точки відправлення і прибуття розподілені нормально, а центр тяжіння – автостанція – позначений точкою O_1 , яка лежить на полярній осі. Відстань між цими двома точками можна позначити через d (рис. 2.1):

$$|OO_1| = d. \quad (2.9)$$

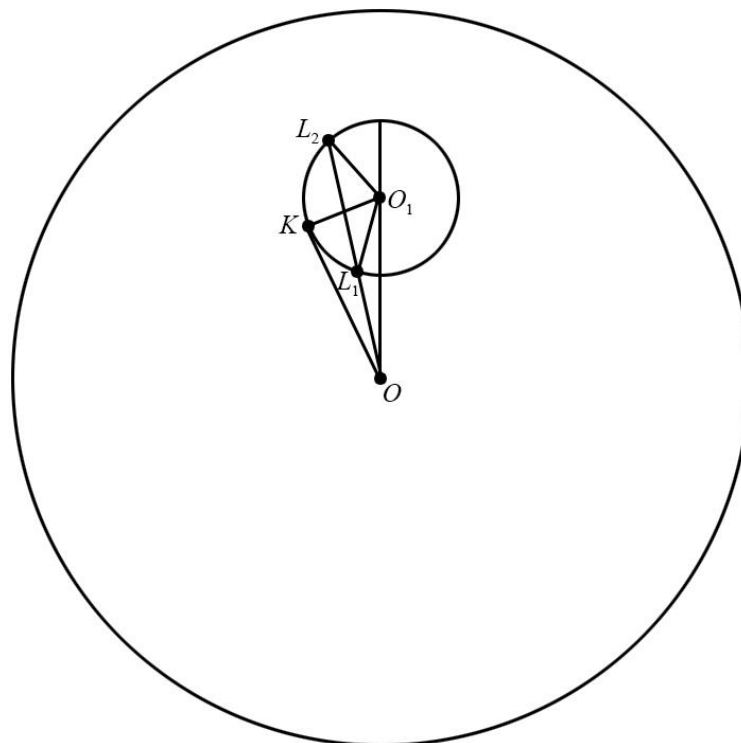


Рисунок 2.1 – Схематичне зображення розташування автостанції
наближеної до центру міста із коловою зоною впливу, радіус
якої є меншим за половину радіуса міста

Далі треба накреслити умовну зону впливу АС – окружність із центром у точці O_1 радіусу x – і розглянути дві можливі ситуації: перша полягає у тому, що автостанція наближена до центру міста, і для неї

$$0 < d < \frac{R}{2}; \quad (2.10)$$

друга – у тому, що АС віддалена від центру міста, і для неї

$$\frac{R}{2} \leq d < R. \quad (2.11)$$

Спочатку доцільно дослідити першу ситуацію, відбиту у формулі (2.10). У ній можливі три конфігурації зони впливу АС:

– перша конфігурація – це коли

$$0 < x < d, \quad (2.12)$$

що схематично можна зобразити за допомогою рис. 2.1;

– друга конфігурація – коли

$$d \leq x < R - d, \quad (2.13)$$

що схематично можна зобразити за допомогою рис. 2.2;

– третя конфігурація – коли

$$R - d \leq x < R + d, \quad (2.14)$$

що схематично можна зобразити за допомогою рис. 2.3.

У першій конфігурації (рис. 2.1) круг із центром у точці O_1 та радіусом x розташований усередині круга радіусу R . Пересування населення у даному випадку можна розглядати як такі, котрі тяжіють до (з) точки O_1 (автостанції) з відстані (на відстань), що не більша за x .

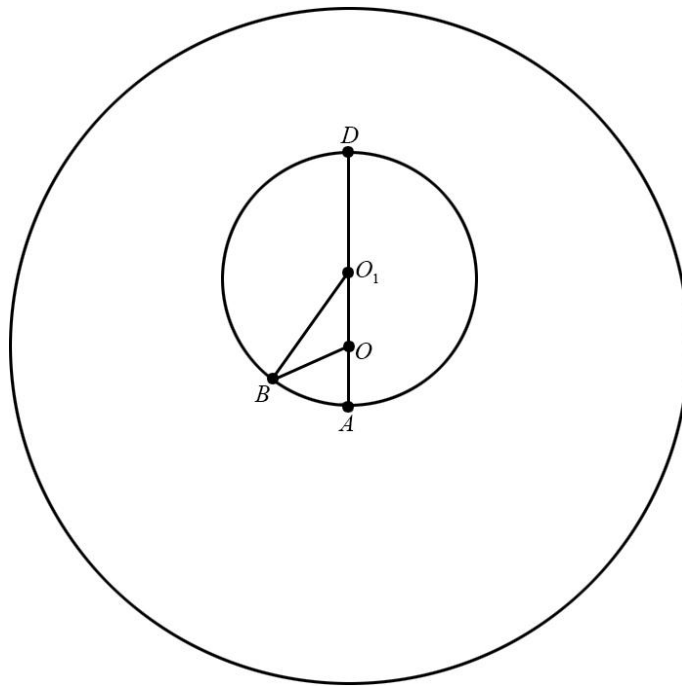


Рисунок 2.2 – Схематичне зображення розташування автостанції
наближеної до центру міста із коловою зоною впливу,
що не виходить за межі міської території і радіус якої
приймає значення впритул до радіусу міста

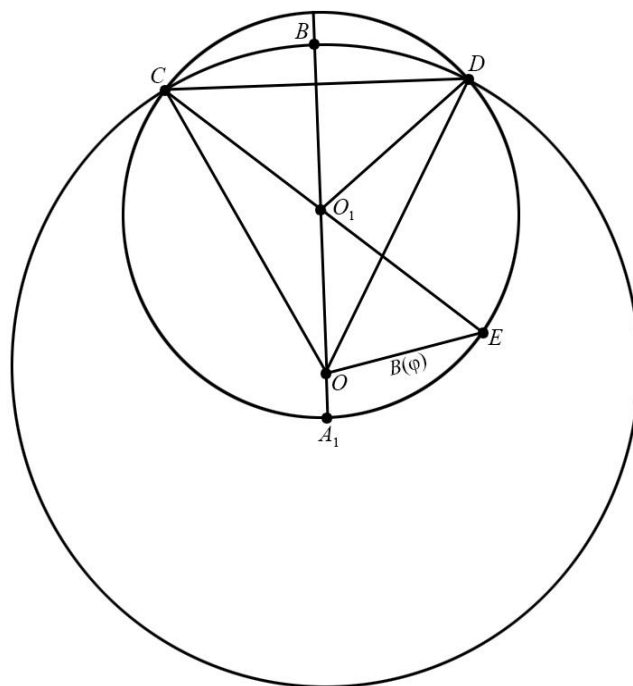


Рисунок 2.3 – Схематичне зображення розташування автостанції
наближеної до центру міста із коловою зоною впливу, що
виходить за межі міської території та радіус якої може
бути більшим за радіус міста

Для того, щоб знайти ймовірність здійснення пересування такої відстані у межах зазначеного круга, необхідно записати подвійний інтеграл. Для його зведення до повторного інтегралу необхідно знайти межі зміни полярного кута та полярного радіуса у цьому крузі із центром у точці O_1 та радіусом x . Задля цього з точки O потрібно провести дотичну OK (K – точка дотику) до межі даного круга – кола із центром у точці O_1 та радіусом x , рис. 2.1.

Далі величину кута O_1OK у радіанах можна позначити як φ_{\max} та у прямокутному трикутнику O_1KO знайти синус даного кута як відношення довжини протилежного йому катета до довжини гіпотенузи:

$$\sin \varphi_{\max} = \frac{|O_1K|}{|OO_1|} = \frac{x}{d}. \quad (2.15)$$

Звідси

$$\varphi_{\max} = \arcsin\left(\frac{x}{d}\right). \quad (2.16)$$

Таким чином, у крузі з центром в точці O_1 радіуса x полярний кут змінюється у межах від $-\varphi_{\max}$ до φ_{\max} , тобто $-\varphi_{\max} \leq \varphi \leq \varphi_{\max}$.

Поточний промінь із точки O всередині кута O_1OK перетне межу круга – коло із центром в точці O_1 радіуса x – послідовно в точках L_1 і L_2 (рис. 2.1). Для визначення меж інтегрування полярного радіуса у шуканому повторному інтегралі необхідно знайти довжини відрізків OL_1 і OL_2 (рис. 2.1).

Нехай кут O_1OL_1 (рис. 2.1) рівний φ – поточному куту. Величину кута OL_1O_1 (рис. 2.1) можна позначити через δ . Оскільки сума внутрішніх кутів трикутника дорівнює π , кут OO_1L_1 (рис. 2.1) рівний у радіанах величині $(\pi - \varphi - \delta)$ і по формулі приведення $\sin(\pi - \varphi - \delta) = \sin(\varphi + \delta)$.

З теореми синусів для трикутника OO_1L_1 (рис. 2.1)

$$\frac{\sin(\pi - \varphi - \delta)}{|OL_1|} = \frac{\sin \varphi}{x} = \frac{\sin \delta}{d} \quad (2.17)$$

або

$$\frac{\sin(\varphi + \delta)}{|OL_1|} = \frac{\sin \varphi}{x} = \frac{\sin \delta}{d}. \quad (2.18)$$

Звідси

$$\sin \delta = \frac{d \sin \varphi}{x} \quad (2.19)$$

і

$$|OL_1| = \frac{x \sin(\varphi + \delta)}{\sin \varphi} = \frac{x(\sin \varphi \cos \delta + \cos \varphi \sin \delta)}{\sin \varphi}. \quad (2.20)$$

У дану формулу доцільно підставити вираз (2.19), а також

$$\cos \delta = -\sqrt{1 - \sin^2 \delta} = -\sqrt{1 - \left(\frac{d \sin \varphi}{x}\right)^2}, \quad (2.21)$$

адже за побудовою кут OL_1O_1 , тобто δ , є тупим і його косинус є від'ємним числом.

Таким чином виходить, що

$$\begin{aligned} |OL_1| &= \frac{x(\sin \varphi \cos \delta + \cos \varphi \sin \delta)}{\sin \varphi} = \\ &= \frac{x \left(\sin \varphi \cdot \left[-\sqrt{1 - \left(\frac{d \sin \varphi}{x}\right)^2} \right] + \cos \varphi \cdot \left(\frac{d \sin \varphi}{x}\right) \right)}{\sin \varphi} = \end{aligned} \quad (2.22)$$

$$= x \left(-\sqrt{1 - \left(\frac{d \sin \varphi}{x}\right)^2} + \cos \varphi \left(\frac{d}{x}\right) \right) = -\sqrt{x^2 - (d \sin \varphi)^2} + d \cos \varphi. \quad (2.22)$$

І остаточно,

$$|OL_1| = \rho_1(\varphi) = d \cos \varphi - \sqrt{x^2 - (d \sin \varphi)^2}. \quad (2.23)$$

Далі, виходячи із прямокутного трикутника O_1OK (рис. 2.1) і теореми Піфагора, можна записати, що

$$|OK|^2 = |OO_1|^2 - |O_1K|^2 = d^2 - x^2. \quad (2.24)$$

Із відомої теореми планіметрії квадрат довжини відрізка дотичної до кола рівний добутку довжин відрізків січної

$$|OK|^2 = |OL_1| \cdot |OL_2|. \quad (2.25)$$

Із двох останніх рівностей

$$|OL_2| = \frac{|OK|^2}{|OL_1|} = \frac{d^2 - x^2}{|OL_1|}, \quad (2.26)$$

де $|OL_1| = \rho_1(\varphi) = d \cos \varphi - \sqrt{x^2 - (d \sin \varphi)^2}$ – це отримана раніше нижня межа зміни полярного радіуса.

Відповідно,

$$|OL_2| = \frac{|OK|^2}{|OL_1|} = \frac{d^2 - x^2}{|OL_1|} = \frac{d^2 - x^2}{\rho_1(\varphi)} = \frac{d^2 - x^2}{d \cos \varphi - \sqrt{x^2 - (d \sin \varphi)^2}} = \rho_2(\varphi) \quad (2.27)$$

є верхньою межею зміни полярного радіуса.

У результаті ймовірність здійснення пересування до АС – точки O_1 – з відстані, що не більша за радіус зони її впливу x , коли $0 < x < d$, рівна

$$\begin{aligned} F(x) &= \left[1 - \exp\left(-\frac{R^2}{2\sigma^2}\right) \right]^{-1} \int_{-\varphi_{\max}}^{\varphi_{\max}} d\varphi \int_{\rho_1(\varphi)}^{\rho_2(\varphi)} \frac{\rho}{2\pi\sigma^2} \exp\left[-\frac{\rho^2}{2\sigma^2}\right] d\rho = \\ &= 2 \left[1 - \exp\left(-\frac{R^2}{2\sigma^2}\right) \right]^{-1} \int_0^{\varphi_{\max}} d\varphi \int_{\rho_1(\varphi)}^{\rho_2(\varphi)} \frac{\rho}{2\pi\sigma^2} \exp\left[-\frac{\rho^2}{2\sigma^2}\right] d\rho = \\ &= \left[1 - \exp\left(-\frac{R^2}{2\sigma^2}\right) \right]^{-1} \int_0^{\varphi_{\max}} d\varphi \int_{\rho_1(\varphi)}^{\rho_2(\varphi)} \frac{\rho}{\pi\sigma^2} \exp\left[-\frac{\rho^2}{2\sigma^2}\right] d\rho, \end{aligned} \quad (2.28)$$

або

$$\begin{aligned} F(x) &= k \int_0^{\varphi_{\max}} d\varphi \int_{\rho_1(\varphi)}^{\rho_2(\varphi)} \frac{\rho}{\pi\sigma^2} \exp\left[-\frac{\rho^2}{2\sigma^2}\right] d\rho = \left. \begin{aligned} u &= \frac{\rho^2}{2\sigma^2} \\ du &= \frac{\rho}{\sigma^2} d\rho \\ u_1(\varphi) &= \frac{\rho_1^2(\varphi)}{2\sigma^2} \\ u_2(\varphi) &= \frac{\rho_2^2(\varphi)}{2\sigma^2} \end{aligned} \right| = \\ &= k \int_0^{\varphi_{\max}} d\varphi \int_{u_1(\varphi)}^{u_2(\varphi)} \frac{1}{\pi} \exp[-u] du = \frac{k}{\pi} \int_0^{\varphi_{\max}} \left\{ \exp[-u_1(\varphi)] - \exp[-u_2(\varphi)] \right\} d\varphi = \\ &= \frac{k}{\pi} \int_0^{\varphi_{\max}} \left\{ \exp\left[-\frac{\rho_1^2(\varphi)}{2\sigma^2}\right] - \exp\left[-\frac{\rho_2^2(\varphi)}{2\sigma^2}\right] \right\} d\varphi, \end{aligned} \quad (2.29)$$

$$\text{де } k = \left[1 - \exp\left(-\frac{R^2}{2\sigma^2}\right) \right]^{-1}.$$

В результаті, при $0 < x < d < \frac{R}{2}$

$$F(x) = \frac{\left[1 - \exp\left(-\frac{R^2}{2\sigma^2}\right)\right]^{-1}}{\pi} \int_0^{\varphi_{\max}} \left\{ \exp\left[-\frac{\rho_1^2(\varphi)}{2\sigma^2}\right] - \exp\left[-\frac{\rho_2^2(\varphi)}{2\sigma^2}\right] \right\} d\varphi, \quad (2.30)$$

де $\varphi_{\max} = \arcsin\left(\frac{x}{d}\right)$ – вираз (2.16);

$$\rho_1(\varphi) = d \cos \varphi - \sqrt{x^2 - (d \sin \varphi)^2} \quad \text{– вираз (2.23);}$$

$$\rho_2(\varphi) = \frac{d^2 - x^2}{d \cos \varphi - \sqrt{x^2 - (d \sin \varphi)^2}} \quad \text{– вираз (2.27).}$$

У другій конфігурації, що відбита на рис. 2.2 і відповідає умові (2.13), а саме $d \leq x < R - d$ при $0 < d < \frac{R}{2}$, зона впливу АС також являтиме собою круг із центром у точці O_1 (локація АС) та радіусом x , розташований усередині круга радіусу R (умовно представленої території міста), оскільки за перелічених умов $d < \frac{R}{2} < R - d$. Як і при попередній конфігурації, для знаходження ймовірності здійснення пересування до центру тяжіння O_1 (автостанції) з відстані, що не більша за x , необхідно записати подвійний інтеграл і звести його до повторного інтегралу, для чого знайти межі зміни полярного кута та полярного радіусу у цьому крузі із центром у точці O_1 та радіусом x . З цією метою треба продовжити відрізок OO_1 та отримати на колі із центром у точці O_1 і радіусом x точку D за точкою O_1 та точку A за точкою O . У такому випадку довжина відрізка OO_1 дорівнюватиме d ($|OO_1| = d$), довжина відрізка O_1B дорівнюватиме x ($|O_1B| = x$), а довжину відрізка OB можна позначити через $y(t)$, тобто $|OB| = y(t)$.

Після цього на дузі, що спирається на діаметр AD окружності радіусу x , треба обрати точку B та позначити кут AOB через t , кут OO_1B – через α , кут O_1BO – че-

рез β . Оскільки зовнішній кут трикутника дорівнює сумі внутрішніх кутів, не суміжних з ним,

$$t = \alpha + \beta \quad (2.31)$$

і

$$\alpha = t - \beta. \quad (2.32)$$

За теоремою синусів у трикутнику OO_1B (див. рис. 2.2)

$$\frac{x}{\sin(\pi - \alpha - \beta)} = \frac{d}{\sin \beta} = \frac{y(t)}{\sin \alpha}. \quad (2.33)$$

Із формул приведення

$$\sin(\pi - \alpha - \beta) = \sin(\alpha + \beta) = \sin t, \quad (2.34)$$

звідки

$$\frac{x}{\sin t} = \frac{d}{\sin \beta} = \frac{y(t)}{\sin \alpha}, \quad (2.35)$$

і

$$\sin \beta = \frac{d \sin t}{x}. \quad (2.36)$$

Згідно з основною тригонометричною тотожністю

$$(\cos\beta)^2 = 1 - (\sin\beta)^2 = 1 - \left(\frac{d \sin t}{x}\right)^2 \quad (2.37)$$

та оскільки кут β є гострим,

$$\cos\beta = \sqrt{1 - (\sin\beta)^2} = \sqrt{1 - \left(\frac{d \sin t}{x}\right)^2}. \quad (2.38)$$

Далі,

$$\begin{aligned} \sin\alpha &= \sin(t - \beta) = \sin t \cdot \cos\beta - \sin\beta \cdot \cos t = \\ &= \sin t \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{d \sin t}{x}\right)^2} - \frac{d \sin t}{x} \cdot \cos t. \end{aligned} \quad (2.39)$$

Тоді з виразу (2.35) витікає, що

$$\begin{aligned} y(t) &= \frac{x \sin\alpha}{\sin t} = \frac{x \left\{ \sin t \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{d \sin t}{x}\right)^2} - \frac{d \sin t}{x} \cdot \cos t \right\}}{\sin t} = \\ &= x \left\{ \sqrt{1 - \left(\frac{d \sin t}{x}\right)^2} - \frac{d}{x} \cdot \cos t \right\} = \sqrt{x^2 - (d \sin t)^2} - d \cos t. \end{aligned} \quad (2.40)$$

У результаті ймовірність потрапляння у круг і центром в точці O_1 (рис. 2.2) радіусу x рівна

$$\begin{aligned} F(x) &= 2k \int_0^\pi d\varphi \int_0^{y(t)} \frac{\rho}{2\pi\sigma^2} \exp\left[-\frac{\rho^2}{2\sigma^2}\right] d\rho = k \int_0^\pi d\varphi \int_0^{y(t)} \frac{\rho}{\pi\sigma^2} \exp\left[-\frac{\rho^2}{2\sigma^2}\right] d\rho = \\ &= \left. \begin{array}{l} u = \rho^2/2\sigma^2 \\ du = \frac{\rho}{\sigma^2} d\rho \\ u_1(t) = 0 \\ u_2(t) = y(t)/2\sigma^2 \end{array} \right| = k \int_0^\pi d\varphi \int_{u_1(t)}^{u_2(t)} \frac{1}{\pi} \exp[-u] du = \frac{k}{\pi} \int_0^\pi \left\{ \exp[-u_1(t)] - \exp[-u_2(t)] \right\} dt = \end{aligned} \quad (2.41)$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{k}{\pi} \int_0^{\pi} \left\{ \exp[0] - \exp\left[-\frac{y^2(t)}{2\sigma^2}\right] \right\} dt = \frac{k}{\pi} \int_0^{\pi} \left\{ 1 - \exp\left[-\frac{y^2(t)}{2\sigma^2}\right] \right\} dt = \\
&= \frac{k}{\pi} \int_0^{\pi} \left\{ 1 - \exp\left[-\frac{\{\sqrt{x^2 - (d \sin t)^2} - d \cos t\}^2}{2\sigma^2}\right] \right\} dt.
\end{aligned} \tag{2.41}$$

У підсумку ймовірність здійснення пересування до АС – точки O_1 – з відстані, що не більша за радіус зони його впливу x , коли $d \leq x < R - d$, рівна

$$F(x) = \frac{k}{\pi} \int_0^{\pi} \left\{ 1 - \exp\left[-\frac{(\sqrt{x^2 - (d \sin t)^2} - d \cos t)^2}{2\sigma^2}\right] \right\} dt. \tag{2.42}$$

Для першої ситуації, відбитої у виразі (2.10), залишилося розглянути третю конфігурацію зони впливу АС, представлену нерівністю (2.14), тобто коли $R - d < x < R + d$, та проілюстровану рис. 2.3. У такому випадку зона впливу АС (радіусом, не більшим за x), розташованої у місті, територія якого умовно представлена кругом радіусу R , являтиме собою фігуру у перетині двох кругів – радіусом R (із центром в точці O) та радіусом x (з центром в точці O_1). Ця фігура складається із сектора $CBDO$, що спирається на центральний кут, рівний подвоєному куту O_1OD (рис. 2.3), величину котрого можна позначити через α . Ймовірність виконання пересувань до АС із території, обмеженої згаданим сектором, складає

$$\begin{aligned}
P_1 &= \frac{k}{2\pi\sigma^2} \int_{-\alpha}^{\alpha} d\varphi \int_0^R \rho \exp\left[-\frac{\rho^2}{2\sigma^2}\right] d\rho = \left. \begin{array}{l} \rho = \sigma t \\ d\rho = \sigma dt \\ 0 \leq t \leq \frac{R}{\sigma} \end{array} \right| = \\
&= k \frac{2\alpha}{2\pi\sigma^2} \int_0^{\frac{R}{\sigma}} \sigma t \exp\left(-\frac{t^2}{2}\right) \sigma dt = k \frac{\alpha}{\pi} \int_0^{\frac{R}{\sigma}} t \exp\left(-\frac{t^2}{2}\right) dt =
\end{aligned} \tag{2.43}$$

$$\left. \begin{array}{l} u = \frac{t^2}{2} \\ du = t dt \\ 0 \leq u \leq \frac{R^2}{2\sigma^2} \end{array} \right| = k \frac{\alpha}{\pi} \int_0^{\frac{R^2}{2\sigma^2}} \exp(-u) du = k \frac{\alpha}{\pi} \left[1 - \exp\left(-\frac{R^2}{2\sigma^2}\right) \right] = \frac{\alpha}{\pi}, \quad (2.43)$$

оскільки, як було вказано раніше, $k = \left[1 - \exp\left(-\frac{R^2}{2\sigma^2}\right) \right]^{-1}$.

Для визначення ймовірності здійснення пересувань із всієї зони впливу АС, представленій перетином двох кругів (радіусом R та радіусом x , рис. 2.3), залишилось проінтегрувати по фігурі OCA_1D і знайти ймовірність

$$P_2 = k \int_{\alpha}^{2\pi-\alpha} d\varphi \int_0^{B(\varphi)} \frac{\rho}{2\pi\sigma^2} \exp\left[-\frac{\rho^2}{2\sigma^2}\right] d\rho. \quad (2.44)$$

Область зміни полярного кута у цій фігурі в силу симетрії відносно полярної осі є проміжком від α до $(2\pi - \alpha)$. Через симетрію межі інтегрування можна поставити від α до π , а інтеграл подвоїти (рис. 2.3). В результаті

$$\begin{aligned} P_2 &= k \int_{\alpha}^{2\pi-\alpha} d\varphi \int_0^{B(\varphi)} \frac{\rho}{2\pi\sigma^2} \exp\left[-\frac{\rho^2}{2\sigma^2}\right] d\rho = 2k \int_{\alpha}^{\pi} d\varphi \int_0^{B(\varphi)} \frac{\rho}{2\pi\sigma^2} \exp\left[-\frac{\rho^2}{2\sigma^2}\right] d\rho = \\ &= k \int_{\alpha}^{\pi} d\varphi \int_0^{B(\varphi)} \frac{\rho}{\pi\sigma^2} \exp\left[-\frac{\rho^2}{2\sigma^2}\right] d\rho = \left. \begin{array}{l} u = \frac{\rho^2}{2\sigma^2} \\ du = \frac{\rho}{\sigma^2} d\rho \\ u_1(\varphi) = 0 \\ u_2(\varphi) = \frac{B^2(\varphi)}{2\sigma^2} \end{array} \right| = k \int_{\alpha}^{\pi} d\varphi \int_{u_1(\varphi)}^{u_2(\varphi)} \frac{1}{\pi} \exp[-u] du = \quad (2.45) \\ &= \frac{k}{\pi} \int_{\alpha}^{\pi} \left\{ \exp[-u_1(\varphi)] - \exp[-u_2(\varphi)] \right\} d\varphi = \frac{k}{\pi} \int_{\alpha}^{\pi} \left\{ \exp[0] - \exp\left[-\frac{B^2(\varphi)}{2\sigma^2}\right] \right\} d\varphi = \end{aligned}$$

$$= \frac{k}{\pi} \int_{\alpha}^{\pi} \left\{ 1 - \exp \left[-\frac{B^2(\varphi)}{2\sigma^2} \right] \right\} d\varphi. \quad (2.45)$$

Кут, який є рівним α , лежить проти сторони O_1D , котра дорівнює величині x у трикутнику O_1OD (рис. 2.3) зі сторонами довжиною d, x, R . За теоремою косинусів

$$x^2 = d^2 + R^2 - 2Rd \cos \alpha. \quad (2.46)$$

Звідси

$$\cos \alpha = \frac{d^2 + R^2 - x^2}{2Rd}, \quad (2.47)$$

а

$$\alpha = \arccos \frac{d^2 + R^2 - x^2}{2Rd}. \quad (2.48)$$

Залишається в залежності від поточного кута φ , що змінюється у межах $\alpha \leq \varphi \leq \pi$, знайти відстань $B(\varphi) = |OE|$. Для цього величину кута O_1EO можна позначити через β , і тоді за теоремою синусів у трикутнику O_1OE (рис. 2.3)

$$\frac{x}{\sin \varphi} = \frac{d}{\sin \beta} = \frac{B(\varphi)}{\sin(\pi - \beta - \varphi)}, \quad (2.49)$$

або

$$\frac{x}{\sin \varphi} = \frac{d}{\sin \beta} = \frac{B(\varphi)}{\sin(\varphi + \beta)}, \quad (2.50)$$

Звідси

$$\sin \beta = \frac{d \sin \varphi}{x}. \quad (2.51)$$

Із формул тригонометрії для гострого кута β

$$\cos \beta = \sqrt{1 - \sin^2 \beta} = \sqrt{1 - \left(\frac{d \sin \varphi}{x}\right)^2}. \quad (2.52)$$

Тому завдяки формулі для синуса різниці та підстановці виразів для синуса і косинуса гострого кута β

$$\sin(\varphi + \beta) = \sin \varphi \cos \beta + \cos \varphi \sin \beta = \sin \varphi \sqrt{1 - \left(\frac{d \sin \varphi}{x}\right)^2} + \cos \varphi \left(\frac{d \sin \varphi}{x}\right). \quad (2.53)$$

Виходячи із виразу (2.50),

$$\begin{aligned} B(\varphi) &= \frac{d \cdot \sin(\varphi + \beta)}{\sin \beta} = \frac{d \left\{ \sin \varphi \sqrt{1 - \left(\frac{d \sin \varphi}{x}\right)^2} + \cos \varphi \left(\frac{d \sin \varphi}{x}\right) \right\}}{\frac{d \sin \varphi}{x}} = \\ &= x \sqrt{1 - \left(\frac{d \sin \varphi}{x}\right)^2} + d \cos \varphi = \sqrt{x^2 - (d \sin \varphi)^2} + d \cos \varphi \end{aligned} \quad (2.54)$$

Таким чином, при $R - d < x < R + d$

$$F(x) = P_1 + P_2 = \frac{\alpha}{\pi} + \frac{k}{\pi} \int_{\alpha}^{\pi} \left\{ 1 - \exp \left[-\frac{B^2(\varphi)}{2\sigma^2} \right] \right\} d\varphi, \quad (2.55)$$

$$\text{де } \alpha = \arccos \frac{d^2 + R^2 - x^2}{2Rd};$$

$$k = \left[1 - \exp\left(-\frac{R^2}{2\sigma^2}\right) \right]^{-1};$$

$$B(\varphi) = \sqrt{x^2 - (d \sin \varphi)^2} + d \cos \varphi.$$

При $x = R - d$

$$\alpha = \arccos \frac{d^2 + R^2 - x^2}{2Rd} = \arccos \frac{d^2 + R^2 - (R - d)^2}{2Rd} = \arccos 1 = 0. \quad (2.56)$$

У такому випадку

$$F(R - d) = \frac{0}{\pi} + \frac{k}{\pi} \int_0^\pi \left\{ 1 - \exp\left[-\frac{B^2(\varphi)}{2\sigma^2}\right] \right\} d\varphi = \frac{k}{\pi} \int_0^\pi \left\{ 1 - \exp\left[-\frac{B^2(\varphi)}{2\sigma^2}\right] \right\} d\varphi, \quad (2.57)$$

з чого видно, що значення функції розподілу відстані пересування до АС із зони його впливу при її другій (вираз (2.13) і рис. 2.2) та третій (вираз (2.14) і рис. 2.3) конфігураціях першої ситуації, відбитої у виразі (2.10), співпадають у точці $x = R - d$. Так відбувається тому, що дана точка є правою межею у нерівності (2.13) і при досягненні верхньої межі інтегрування у виразі (2.41), котра дорівнює π , чисельник ступеня експоненти буде дорівнювати $y^2(t) = \{\sqrt{x^2 - (d \sin t)^2} - d \cos t\}^2 = \{\sqrt{x^2 - (d \sin t)^2} + d\}^2$, оскільки $\cos(t = \pi) = -1$. Дана рівність, у свою чергу, співпадає з чисельником експоненти у виразі (2.57) при його розгляді у нижній межі інтегрування – коли $\varphi = 0$ і $B^2(\varphi) = \{\sqrt{x^2 - (d \sin \varphi)^2} + d \cos \varphi\}^2 = \{\sqrt{x^2 - (d \sin \varphi)^2} + d\}^2$, оскільки $\cos(\varphi = 0) = 1$. До цього варто додати те, що вираз (2.57) отриманий для конфігурації зони впливу АС, коли точка $x = R - d$ є лівою межею у нерівності (2.14), що означає відсутність роз-

риву (безперервність) функції розподілу відстані пересування до АС у розглядуваній точці.

При $x = R + d$

$$\alpha = \arccos \frac{d^2 + R^2 - x^2}{2Rd} = \arccos \frac{d^2 + R^2 - (R + d)^2}{2Rd} = \arccos(-1) = \pi \quad (2.58)$$

і

$$F(R + d) = P_1 + P_2 = \frac{\pi}{\pi} + \frac{k}{\pi} \int_{\pi}^{\pi} \left\{ 1 - \exp \left[-\frac{B^2(\varphi)}{2\sigma^2} \right] \right\} d\varphi = 1 + 0 = 1. \quad (2.59)$$

У кінцевому підсумку, шуканий ймовірнісний розподіл відстані пересування до АС із зони її впливу і у зворотному напрямку, що відповідає відбитій виразом (2.10) ситуації, матиме вигляд

$$F(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 0 \\ \frac{k}{\pi} \int_0^{\varphi_{\max}} \left\{ \exp \left[-\frac{\rho_1^2(\varphi)}{2\sigma^2} \right] - \exp \left[-\frac{\rho_2^2(\varphi)}{2\sigma^2} \right] \right\} d\varphi, & 0 < x < d; \\ \frac{k}{\pi} \int_0^{\pi} \left\{ 1 - \exp \left[-\frac{\left\{ \sqrt{x^2 - (d \sin t)^2} - d \cos t \right\}^2}{2\sigma^2} \right] \right\} dt, & d < x \leq R - d; \\ \frac{\alpha}{\pi} + \frac{k}{\pi} \int_{\alpha}^{\pi} \left\{ 1 - \exp \left[-\frac{B^2(\varphi)}{2\sigma^2} \right] \right\} d\varphi, & R - d < x < R + d; \\ 1, & x \geq R + d, \end{cases} \quad (2.60)$$

$$\text{де } k = \left[1 - \exp \left(-\frac{R^2}{2\sigma^2} \right) \right]^{-1};$$

$$\varphi_{\max} = \arcsin \left(\frac{x}{d} \right);$$

$$\rho_1(\varphi) = d \cos \varphi - \sqrt{x^2 - (d \sin \varphi)^2};$$

$$\rho_2(\varphi) = \frac{d^2 - x^2}{d \cos \varphi - \sqrt{x^2 - (d \sin \varphi)^2}};$$

$$\alpha = \arccos \frac{d^2 + R^2 - x^2}{2Rd};$$

$$B(\varphi) = \sqrt{x^2 - (d \sin \varphi)^2} + d \cos \varphi.$$

Дана залежність дозволяє охарактеризувати відстані пересувань населення при наближеному до центру міста ТПВ із зоною впливу будь-якого практично можливого радіусу. Як і у попередньому пункті, наведений вираз відбиває використану при його отриманні гіпотезу про двомірну нормальність розташування місць відправлень і прибуттів пасажирів на території міста і вагому роль параметру середньоквадратичного відхилення σ у розподілі відстаней досліджуваних пересувань.

2.1.3 Визначення розподілу дальності міських пересувань до та з автостанції, віддаленої від центру міста

Тепер можна розглянути другу ситуацію накреслення зони впливу АС, представлену за посередництвом виразу (2.11). При ній можливі дві конфігурації зони впливу:

– перша – коли

$$0 < x < R - d, \quad (2.61)$$

що схематично зображено на рис. 2.4;

– друга – коли

$$R - d \leq x < R + d, \quad (2.62)$$

що схематично зображено на рис. 2.5.

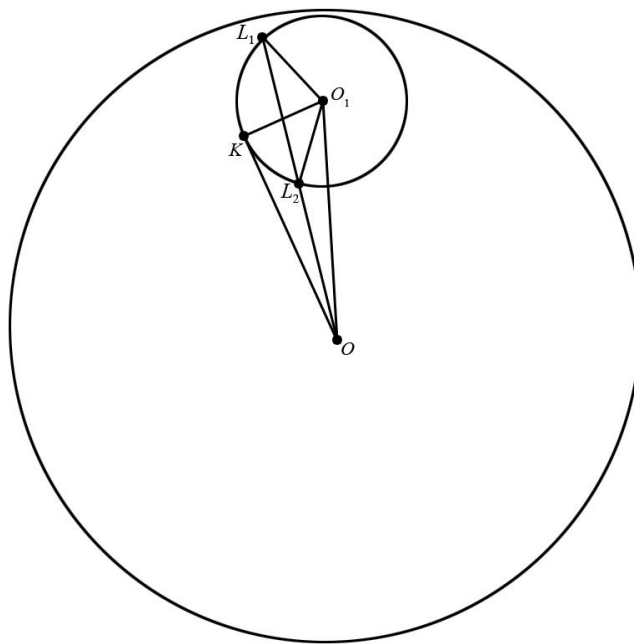


Рисунок 2.4 – Схематичне зображення розташування автостанції віддаленої від центру міста із коловою зоною впливу, що не виходить за межі міської території і радіус якої приймає значення впритул до половини радіусу міста

Для конфігурації, представленій на рис. 2.4, зона впливу АС буде розташована у межах території міста – у межах круга радіусу R – і пересування населення до та зі станції (точки O_1) можна розглядати як такі, котрі тяжіють з відстані (на відстань), що не більша за x . Дана конфігурація принципово схожа на першу конфігурацію зони впливу АС, наближеної до центру міста, адже якщо порівняти рис. 2.1 та рис. 2.4, то різниця між ними полягає лише у розташуванні зони впливу по відношенню до міського центру. Відповідно, для визначення ймовірності здійснення пересування до АС з відстані, що знаходиться в межах зони його впливу, можна застосувати той самий математичний апарат, котрий відбитий формулами (2.15) – (2.29). У підсумку функція розподілу відстаней пересувань при конфігурації зони впливу, зображеній на рис. 2.4, прийме вигляд виразу (2.30). В той же час треба пам'ятати, що для застосування даного виразу стосовно конфігурації, відбитої нерівністю (2.61) і рис. 2.4, потрібно дотримуватись діапазонів зміни значень x та d , тобто $0 < x < R - d$ при $\frac{R}{2} \leq d < R$.

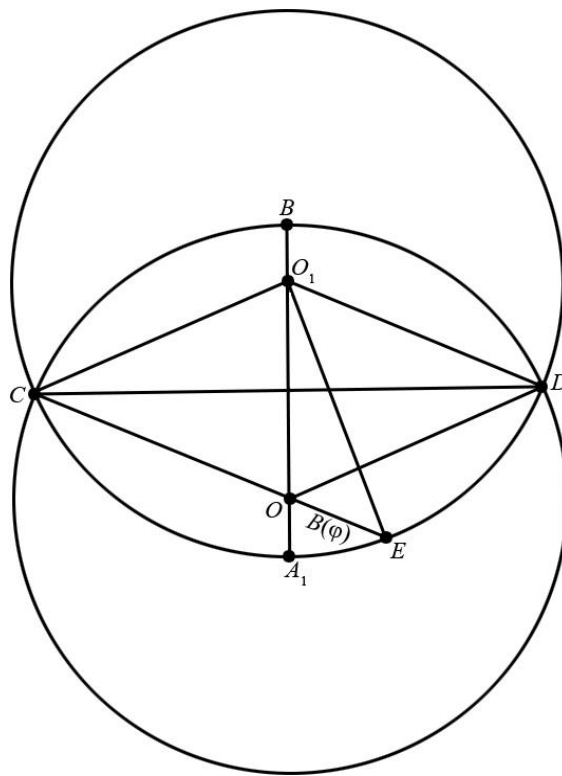


Рисунок 2.5 – Схематичне зображення розташування автостанції віддаленої від центру міста із коловою зоною впливу, що виходить за межі міської території та радіус якої може бути більшим за радіус міста

Тепер залишилось розглянути конфігурацію, представлену на рис. 2.5, тобто коли $R - d \leq x < R + d$. При ній зона впливу AC у межах круга радіусу R , з якої пересування тяжіють до (з) точки O_1 з не більшої (на не більшу) за x відстані (рис. 2.5), являє собою перетин двох кругів – радіусу R (з центром в точці O) та радіусу x (з центром в точці O_1). Дана конфігурація по суті тотожна третій конфігурації зони впливу AC, наближеної до центру міста, адже якщо порівняти рис. 2.3 та рис. 2.5, то різниця між ними полягає лише у зміщенні зони впливу по відношенню до міського центру. Відповідно, для визначення ймовірності здійснення пересування до AC з відстані, що знаходиться в межах зони її впливу, можна застосувати математичний апарат, відбитий формулами (2.43) – (2.59). У підсумку функція розподілу відстаней пересувань при конфігурації зони впливу, зображеній на рис. 2.5, прийме вигляд виразу (2.55). Тут важливо мати на увазі, що для застосування дано-

го виразу стосовно конфігурації, відбитої нерівністю (2.62) і рис. 2.5, потрібно дотримуватись діапазонів зміни значень x та d , тобто $R-d \leq x < R+d$ при $\frac{R}{2} \leq d < R$.

У підсумку, ймовірнісний розподіл відстані пересування до АС і у зворотному напрямку із зони її впливу, що відповідає відбитій виразом (2.11) ситуації, матиме наступний вид:

$$F(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 0 \\ \frac{k}{\pi} \int_0^{\varphi_{\max}} \left\{ \exp\left[-\frac{\rho_1^2(\varphi)}{2\sigma^2}\right] - \exp\left[-\frac{\rho_2^2(\varphi)}{2\sigma^2}\right] \right\} d\varphi, & 0 < x < R-d; \\ \frac{\alpha}{\pi} + \frac{k}{\pi} \int_{\alpha}^{\pi} \left\{ 1 - \exp\left[-\frac{B^2(\varphi)}{2\sigma^2}\right] \right\} d\varphi, & R-d < x < R+d; \\ 1, & x \geq R+d, \end{cases} \quad (2.63)$$

$$\text{де } k = \left[1 - \exp\left(-\frac{R^2}{2\sigma^2}\right) \right]^{-1};$$

$$\varphi_{\max} = \arcsin\left(\frac{x}{d}\right);$$

$$\rho_1(\varphi) = d \cos \varphi - \sqrt{x^2 - (d \sin \varphi)^2};$$

$$\rho_2(\varphi) = \frac{d^2 - x^2}{d \cos \varphi - \sqrt{x^2 - (d \sin \varphi)^2}};$$

$$\alpha = \arccos \frac{d^2 + R^2 - x^2}{2Rd};$$

$$B(\varphi) = \sqrt{x^2 - (d \sin \varphi)^2} + d \cos \varphi.$$

Підсумовуючи результати математичних перетворень, наведених у пунктах 2.1.1 – 2.1.3, можна твердити про отримання виразів функції розподілу дальності міських пересувань до та з АС у рамках гіпотези про двомірну нормальність розташування місць відправлення і прибуття пасажирів на міській території – цими виразами є формули (2.8), (2.60) та (2.63). Щільність розподілу, що відповідає кож-

ній із наведених функцій, може бути отримана із застосуванням сучасних програмних продуктів з класу систем комп'ютерної алгебри і технічних обчислень [127].

Незважаючи на свій складний вигляд, отримані вирази надають можливість експериментальної перевірки ступеню відповідності між емпіричним і теоретичним розподілами і, відповідно, перевірки гіпотези, на якій вони побудовані.

2.2 Аналітичне моделювання дальності міських пересувань до та з автостанції за умови рівномірного розподілу місць відправлення та прибуття пасажирів міською територією

Гіпотезою, що є альтернативною до розглянутого у попередньому підрозділі випадку двомірного нормального розподілу місць генерації та тяжіння міських пересувань до міжміського ТПВ, є рівномірний розподіл цих місць територією міст. Розгляд даного розподілу при дослідженні дальності пересування з міста до АС та у зворотному напрямку представляє науковий інтерес, адже його можна розцінювати як «протилежність» нормальному розсіюванню транспортних генераторів, а також по причині специфіки попиту на міські види транспорту, спричиненого добиранням до та зі станції. Тут можна припустити, що подібний попит зазвичай зароджується у місцях проживання та поглинається ними, адже:

– поточну готельну і паркувальну інфраструктуру при українських АС та рівень цін на користування нею складно вважати зручними та (або) доступними пересічному громадянину;

– з побутових та практичних міркувань більшість людей все ж таки віддасть перевагу відправленню у міжміську поїздку саме з помешкання. Те ж саме можна твердити і про повернення з міжміської поїздки.

При всьому цьому варто мати на увазі, що розподіл місць проживання по території міст у більшості випадків буде відрізнятися від розподілу сконцентрованих

у міських центрах місць прикладання праці потенційно значно більшою рівномірністю.

Для дослідження дальності пересування з міста до АС та у зворотному напрямку за умови рівномірного розподілу місць тяжіння можна, як і у попередньому підрозділі:

- схематично зобразити міську територію у формі круга радіуса R із центром у точці O ;
- розташування АС позначити точкою O_1 ;
- відстань між цими двома точками – позначити через d ($d = |OO_1|$).

Далі можна окреслити окружність із центром у точці O_1 радіусом x , зобразивши таким чином умовну зону впливу АС. Якщо $0 < x \leq R - d$, то зона впливу станції всередині круга радіуса R (умовно представленої території міста), із якої пересування населення притягуються до (генеруються з) центру O_1 з відстані (на відстань) не більшої за x , являє собою круг радіусу x , рис. 2.6, площею

$$S(x) = \pi x^2. \quad (2.64)$$

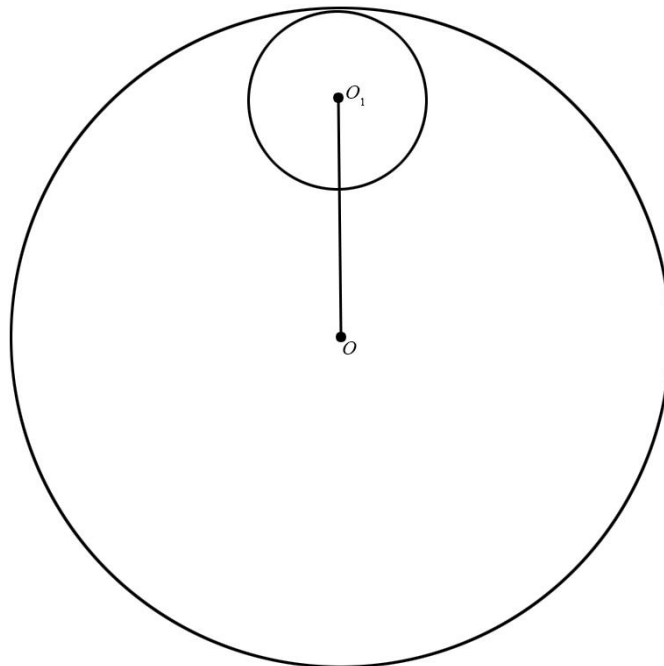


Рисунок 2.6 – Схематичне зображення колової зони впливу, автостанції, що знаходиться в межах території міста і радіус якої не перевищує радіусу міста

Ця величина з точністю до коефіцієнта як множника визначатиме величину шуканої функції розподілу ймовірностей

$$F(x) = kS(x) = k\pi x^2. \quad (2.65)$$

Якщо ж $x \geq R + d$, то зона впливу АС являтиме собою увесь круг радіусу R (всю територію міста) і площі

$$S(x) = \pi R^2, \quad (2.66)$$

яка з точністю до коефіцієнта як множника визначатиме величину шуканої функції розподілу

$$F(x) = kS(x) = k\pi R^2. \quad (2.67)$$

Виходячи із тієї властивості функції розподілу ймовірностей, що $F(+\infty) = 1$, можна знайти нормувальний коефіцієнт k у вигляді

$$k = \frac{1}{\pi R^2} \quad (2.68)$$

так, щоби при $x \geq R + d$ шукана величина функції розподілу ймовірностей дорівнювала $F(x) = 1$.

Тепер залишилось вирішити задачу, коли $R - d < x < R + d$. При таких межах значень x зона впливу АС являтиме собою фігуру площі $S(x)$ у перетині двох кругів, рис. 2.7 – радіусом R (із центром в точці O) та радіусом x (з центром в точці O_1). Ця фігура складається із двох сегментів, рис. 2.7, що спираються на хорду CD . Точки C і D отримані у перетині відповідних кіл – радіусу R і радіусу x .

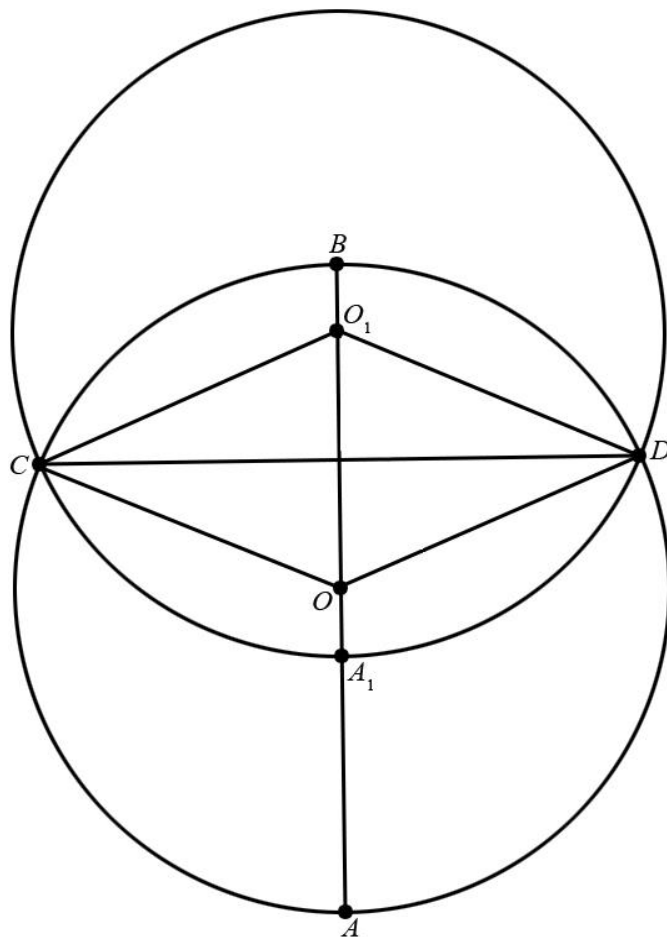


Рисунок 2.7 – Схематичне зображення колової зони впливу автостанції, котра частково виходить за межі міської території (автостанція знаходиться на відстані від центру міста)

Перший сегмент CDB – для круга радіусу R (рис. 2.7). Для зручності його площа буде позначена як $S_1(x)$. Межею даного сегмента є дуга CBD для центрального кута $\gamma = 2\alpha$, де α – це кут BOD , або O_1OD в однойменному трикутнику.

Другий сегмент CDA_1 – для круга радіусу x (рис. 2.7). Його площа буде позначена як $S_2(x)$. Межею даного сегмента є дуга CA_1D для центрального кута $\gamma_1 = 2\alpha_1$, де α_1 – це кут AO_1D , або OO_1D в однойменному трикутнику.

Далі можна обчислити площі цих сегментів, починаючи з другого. Для цього знадобиться кут CO_1D , рівний $\gamma_1 = 2\alpha_1$, або його половина – кут α_1 . Кут α_1 лежить проти сторони OD величиною R у трикутнику OO_1D (рис. 2.7) зі сторонами довжиною d, x, R , і за теоремою косинусів

$$R^2 = d^2 + x^2 - 2xd \cos \alpha_1. \quad (2.69)$$

Звідси

$$\cos \alpha_1 = \frac{d^2 + x^2 - R^2}{2xd}, \quad (2.70)$$

а

$$\alpha_1 = \arccos \frac{d^2 + x^2 - R^2}{2xd}. \quad (2.71)$$

Площа сектора CA_1DO , всередині кута γ_1 дорівнює $\frac{x^2\gamma_1}{2}$. Площа сегменту CDA_1 , що відсікається із круга хордою CD , котра спирається на кут $\gamma_1 = 2\alpha_1$, дорівнює різниці площі сектора CA_1DO_1 і величини $x \sin \alpha_1 x \cos \alpha_1 = \frac{x^2 \sin \gamma_1}{2}$, яка при гострому куті α_1 співпадає з площею трикутника O_1CD , де точка O_1 є центром круга радіусу x :

$$\begin{aligned} S_2(x) &= \frac{x^2\gamma_1}{2} - \frac{x^2 \sin \gamma_1}{2} = \frac{x^2 2\alpha_1}{2} - \frac{x^2 \sin 2\alpha_1}{2} = x^2\alpha_1 - \frac{x^2 \sin 2\alpha_1}{2} = \\ &= x^2\alpha_1 - \frac{x^2 2 \sin \alpha_1 \cos \alpha_1}{2} = x^2\alpha_1 - x^2 \sin \alpha_1 \cos \alpha_1 = \\ &= x^2\alpha_1 - x^2 \frac{d^2 + x^2 - R^2}{2xd} \sin \alpha_1 = x^2\alpha_1 - x \left(\frac{d^2 + x^2 - R^2}{2d} \right) \sin \alpha_1, \end{aligned} \quad (2.72)$$

де α_1 визначається виразом (2.71).

Повністю аналогічно визначається площа сегменту CDB . У цьому випадку знадобиться кут COD , рівний $\gamma = 2\alpha$, або його половина – кут α . Кут α лежить проти сторони O_1D величиною x у трикутнику OO_1D (рис. 2.7) зі сторонами довжиною d, x, R . За теоремою косинусів

$$x^2 = d^2 + R^2 - 2Rd \cos \alpha. \quad (2.73)$$

Звідси

$$\cos \alpha = \frac{d^2 + R^2 - x^2}{2Rd}, \quad (2.74)$$

і

$$\alpha = \arccos \frac{d^2 + R^2 - x^2}{2Rd}. \quad (2.75)$$

Площа сектора $CBDO$ всередині кута γ дорівнює $\frac{R^2\gamma}{2}$. Площа сегменту CDB , що відсікається із круга хордою CD , котра спирається на кут $\gamma = 2\alpha$, дорівнює різниці площі сектора $CBDO$ і величини $R \sin \alpha R \cos \alpha = \frac{R^2 \sin \gamma}{2}$, яка при гострому куті α співпадає з площею трикутника OCD , де точка O є центром круга радіусу R :

$$\begin{aligned} S_1(x) &= \frac{R^2\gamma}{2} - \frac{R^2 \sin \gamma}{2} = \frac{R^2 2\alpha}{2} - \frac{R^2 \sin 2\alpha}{2} = \alpha R^2 - \frac{R^2 \sin 2\alpha}{2} = \\ &= R^2 \alpha - \frac{R^2 2 \sin \alpha \cos \alpha}{2} = R^2 \alpha - R^2 \sin \alpha \cos \alpha = \\ &= R^2 \alpha - R^2 \frac{d^2 + R^2 - x^2}{2Rd} \sin \alpha = \alpha R^2 - R \left(\frac{d^2 + R^2 - x^2}{2d} \right) \sin \alpha, \end{aligned} \quad (2.76)$$

де α визначається виразом (2.75).

У результаті

$$S(x) = S_1(x) + S_2(x) = \alpha R^2 - R \left(\frac{d^2 + R^2 - x^2}{2d} \right) \sin \alpha +, \quad (2.77)$$

$$+\alpha_1 x^2 - x \left(\frac{d^2 + x^2 - R^2}{2d} \right) \sin \alpha_1, \quad (2.77)$$

$$\text{де } \alpha = \arccos \frac{d^2 + R^2 - x^2}{2Rd};$$

$$\alpha_1 = \arccos \frac{d^2 + x^2 - R^2}{2xd}.$$

Таким чином, шуканий ймовірнісний розподіл при $R - d < x < R + d$ має вид

$$F(x) = kS(x) = \frac{S(x)}{\pi R^2}, \quad (2.78)$$

$$\text{де } S(x) = \alpha R^2 + \alpha_1 x^2 - R \left(\frac{d^2 + R^2 - x^2}{2d} \right) \sin \alpha - x \left(\frac{d^2 + x^2 - R^2}{2d} \right) \sin \alpha_1.$$

У підсумку, якщо зібрати воедино результати, отримані для різних проміжків (меж) значень x , шукана функція розподілу дальності пересування з міста до АС та у зворотному напрямку за умови рівномірного розподілу місць тяжіння по міській території прийме вигляд

$$F(x) = \begin{cases} 0, & x < 0; \\ \frac{x^2}{R^2}, & 0 \leq x \leq R - d; \\ \frac{S(x)}{\pi R^2}, & R - d < x < R + d; \\ 1, & x \geq R + d, \end{cases} \quad (2.79)$$

$$\text{де } S(x) = \alpha R^2 + \alpha_1 x^2 - R \left(\frac{d^2 + R^2 - x^2}{2d} \right) \sin \alpha - x \left(\frac{d^2 + x^2 - R^2}{2d} \right) \sin \alpha_1;$$

$$\alpha = \arccos \frac{d^2 + R^2 - x^2}{2Rd};$$

$$\alpha_1 = \arccos \frac{d^2 + x^2 - R^2}{2xd}.$$

Дана функція дає можливість одержання щільності шуканого ймовірнісного розподілу як її похідної по x , тобто $S'(x)$. Для цього спочатку треба знайти похідні допоміжних функцій

$$\begin{aligned} \alpha'(x) &= \frac{d}{dx} \left[\arccos \left(\frac{d^2 + R^2 - x^2}{2Rd} \right) \right] = - \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{d^2 + R^2 - x^2}{2Rd} \right)^2}} \left(- \frac{2x}{2Rd} \right) = \\ &= \frac{x}{Rd} \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{d^2 + R^2 - x^2}{2Rd} \right)^2}} \end{aligned} \quad (2.80)$$

i

$$\begin{aligned} \alpha'_1(x) &= \frac{d}{dx} \left(\arccos \left(\frac{d^2 + x^2 - R^2}{2xd} \right) \right) = - \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{d^2 + x^2 - R^2}{2xd} \right)^2}} \frac{d}{dx} \left(\frac{d^2 + x^2 - R^2}{2xd} \right) = \\ &= - \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{d^2 + x^2 - R^2}{2xd} \right)^2}} \left[\frac{1}{2d} + \left(\frac{d^2 - R^2}{2d} \right) \left(- \frac{1}{x^2} \right) \right] = \\ &= - \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{d^2 + x^2 - R^2}{2xd} \right)^2}} \left[\frac{1}{2d} + \left(\frac{R^2 - d^2}{2dx^2} \right) \right]. \end{aligned} \quad (2.81)$$

Далі

$$[\sin \alpha(x)]' = \cos[\alpha(x)] \alpha'(x) = \cos \left[\arccos \left(\frac{d^2 + R^2 - x^2}{2Rd} \right) \right] \alpha'(x) = \quad (2.82)$$

$$= \left(\frac{d^2 + R^2 - x^2}{2Rd} \right) \alpha'(x) \quad (2.82)$$

i

$$\begin{aligned} [\sin \alpha_1(x)]' &= \cos[\alpha_1(x)] \alpha_1'(x) = \cos \left[\arccos \left(\frac{d^2 + x^2 - R^2}{2xd} \right) \right] \alpha_1'(x) = \\ &= \left(\frac{d^2 + x^2 - R^2}{2xd} \right) \alpha_1'(x), \end{aligned} \quad (2.83)$$

а також

$$\begin{aligned} \frac{d}{dx} \left[x \left(\frac{d^2 + x^2 - R^2}{2d} \right) \right] &= \left(\frac{d^2 + x^2 - R^2}{2d} \right) + x \frac{2x}{2d} = \\ &= \frac{d^2 + x^2 - R^2}{2d} + \frac{x^2}{d} = \frac{d^2 + 3x^2 - R^2}{2d}. \end{aligned} \quad (2.84)$$

Після того, як виконані всі підготовчі операції, можна знайти похідну $S'(x)$:

$$\begin{aligned} S'(x) &= \frac{d}{dx} \left\{ \begin{aligned} &\alpha(x)R^2 - R \left(\frac{d^2 + R^2 - x^2}{2d} \right) \sin \alpha(x) + x^2 \alpha_1(x) - \\ &- x \left(\frac{d^2 + x^2 - R^2}{2d} \right) \sin \alpha_1(x) \end{aligned} \right\} = \\ &= \alpha'(x)R^2 + \frac{xR}{d} \sin \alpha(x) - R \left(\frac{d^2 + R^2 - x^2}{2d} \right) \alpha'(x) \cos \alpha(x) + \\ &+ 2x\alpha_1(x) + x^2 \alpha_1'(x) - \left(\frac{d^2 + 3x^2 - R^2}{2d} \right) \sin \alpha_1(x) - \\ &- x \left(\frac{d^2 + x^2 - R^2}{2d} \right) \alpha_1'(x) \cos \alpha_1(x). \end{aligned} \quad (2.85)$$

З урахуванням того, що

$$\cos \alpha(x) = \cos \left[\arccos \left(\frac{d^2 + R^2 - x^2}{2Rd} \right) \right] = \left(\frac{d^2 + R^2 - x^2}{2Rd} \right) \quad (2.86)$$

і

$$\cos \alpha_1(x) = \cos \left[\arccos \left(\frac{d^2 + x^2 - R^2}{2xd} \right) \right] = \left(\frac{d^2 + x^2 - R^2}{2xd} \right) \quad (2.87)$$

ВИХОДИТЬ, ЩО

$$\begin{aligned} S'(x) = & \frac{x}{Rd} \frac{R^2}{\sqrt{1 - \left(\frac{d^2 + R^2 - x^2}{2Rd} \right)^2}} + \frac{xR}{d} \sin \left[\arccos \left(\frac{d^2 + R^2 - x^2}{2Rd} \right) \right] - \\ & - R \left(\frac{d^2 + R^2 - x^2}{2d} \right) \frac{x}{Rd} \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{d^2 + R^2 - x^2}{2Rd} \right)^2}} \left(\frac{d^2 + R^2 - x^2}{2Rd} \right) + \\ & + 2x \cdot \arccos \left(\frac{d^2 + x^2 - R^2}{2xd} \right) - x^2 \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{d^2 + x^2 - R^2}{2xd} \right)^2}} \left[\frac{1}{2d} + \left(\frac{R^2 - d^2}{2dx^2} \right) \right] - \\ & - \left(\frac{d^2 + 3x^2 - R^2}{2d} \right) \sin \left[\arccos \left(\frac{d^2 + x^2 - R^2}{2xd} \right) \right] - \\ & - x \left(\frac{d^2 + x^2 - R^2}{2d} \right) \left\{ - \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{d^2 + x^2 - R^2}{2xd} \right)^2}} \left[\frac{1}{2d} + \left(\frac{R^2 - d^2}{2dx^2} \right) \right] \right\} \left(\frac{d^2 + x^2 - R^2}{2xd} \right) \end{aligned} \quad (2.88)$$

або

$$\begin{aligned}
S'(x) = & \frac{xR}{d} \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{d^2 + R^2 - x^2}{2Rd}\right)^2}} + \frac{xR}{d} \sin \left[\arccos \left(\frac{d^2 + R^2 - x^2}{2Rd} \right) \right] - \\
& - R^2 \left(\frac{d^2 + R^2 - x^2}{2Rd} \right)^2 \frac{x}{Rd} \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{d^2 + R^2 - x^2}{2Rd}\right)^2}} + \\
& + 2x \cdot \arccos \left(\frac{d^2 + x^2 - R^2}{2xd} \right) - x^2 \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{d^2 + x^2 - R^2}{2xd}\right)^2}} \left[\frac{1}{2d} + \left(\frac{R^2 - d^2}{2dx^2} \right) \right] - \\
& - \left(\frac{d^2 + 3x^2 - R^2}{2d} \right) \sin \left[\arccos \left(\frac{d^2 + x^2 - R^2}{2xd} \right) \right] + \\
& + x^2 \left(\frac{d^2 + x^2 - R^2}{2xd} \right)^2 \left[\frac{1}{2d} + \left(\frac{R^2 - d^2}{2dx^2} \right) \right].
\end{aligned} \tag{2.89}$$

Засновуючись на вищевикладеному, щільність розподілу дальності пересування з міста до АС можна записати як

$$f(x) = F'(x) = \begin{cases} 0, & x < 0; \\ \frac{2x}{R^2}, & 0 < x < R - d; \\ \frac{S'(x)}{\pi R^2}, & R - d < x < R + d; \\ 0, & x > R + d, \end{cases} \tag{2.90}$$

де

$$S'(x) = \frac{xR}{d} \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{d^2 + R^2 - x^2}{2Rd}\right)^2}} + \frac{xR}{d} \sin \left[\arccos \left(\frac{d^2 + R^2 - x^2}{2Rd} \right) \right] - \tag{2.91}$$

$$\begin{aligned}
& -R^2 \left(\frac{d^2 + R^2 - x^2}{2Rd} \right)^2 \frac{x}{Rd} \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{d^2 + R^2 - x^2}{2Rd} \right)^2}} + \\
& + 2x \cdot \arccos \left(\frac{d^2 + x^2 - R^2}{2xd} \right) - x^2 \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{d^2 + x^2 - R^2}{2xd} \right)^2}} \left[\frac{1}{2d} + \left(\frac{R^2 - d^2}{2dx^2} \right) \right] - \\
& - \left(\frac{d^2 + 3x^2 - R^2}{2d} \right) \sin \left[\arccos \left(\frac{d^2 + x^2 - R^2}{2xd} \right) \right] + \\
& + x^2 \left(\frac{d^2 + x^2 - R^2}{2xd} \right)^2 \left[\frac{1}{2d} + \left(\frac{R^2 - d^2}{2dx^2} \right) \right] = \\
& = \frac{xR}{d} \left\{ \frac{1 - \left(\frac{d^2 + R^2 - x^2}{2d} \right)^2}{\sqrt{1 - \left(\frac{d^2 + R^2 - x^2}{2Rd} \right)^2}} + \sin \left[\arccos \left(\frac{d^2 + R^2 - x^2}{2Rd} \right) \right] \right\} + \\
& + 2x \cdot \arccos \left(\frac{d^2 + x^2 - R^2}{2xd} \right) - x^2 \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{d^2 + x^2 - R^2}{2xd} \right)^2}} \left[\frac{1}{2d} + \left(\frac{R^2 - d^2}{2dx^2} \right) \right] - \\
& - \left(\frac{d^2 + 3x^2 - R^2}{2d} \right) \sin \left[\arccos \left(\frac{d^2 + x^2 - R^2}{2xd} \right) \right] + \\
& + x^2 \left(\frac{d^2 + x^2 - R^2}{2xd} \right)^2 \left[\frac{1}{2d} + \left(\frac{R^2 - d^2}{2dx^2} \right) \right].
\end{aligned} \tag{2.91}$$

Якщо продовжити процес винесення спільних множників у доданках за дужки, то можна отримати

$$S'(x) = \frac{xR}{d} \left\{ \frac{1 - \left(\frac{d^2 + R^2 - x^2}{2d} \right)^2}{\sqrt{1 - \left(\frac{d^2 + R^2 - x^2}{2Rd} \right)^2}} + \sin \left[\arccos \left(\frac{d^2 + R^2 - x^2}{2Rd} \right) \right] \right\} + \tag{2.92}$$

$$\begin{aligned}
& + 2x \cdot \arccos\left(\frac{d^2 + x^2 - R^2}{2xd}\right) - x^2 \left[\frac{1}{2d} + \left(\frac{R^2 - d^2}{2dx^2}\right) \right] \left[\frac{1 - \left(\frac{d^2 + x^2 - R^2}{2xd}\right)^2}{\sqrt{1 - \left(\frac{d^2 + x^2 - R^2}{2xd}\right)^2}} \right] - \\
& - \left(\frac{d^2 + 3x^2 - R^2}{2d}\right) \sin \left[\arccos\left(\frac{d^2 + x^2 - R^2}{2xd}\right) \right] + \\
& + x^2 \left(\frac{d^2 + x^2 - R^2}{2xd}\right)^2 \left[\frac{1}{2d} + \left(\frac{R^2 - d^2}{2dx^2}\right) \right] = \\
& = \frac{xR}{d} \left\{ \frac{1 - \left(\frac{d^2 + R^2 - x^2}{2d}\right)^2}{\sqrt{1 - \left(\frac{d^2 + R^2 - x^2}{2Rd}\right)^2}} + \sin \left[\arccos\left(\frac{d^2 + R^2 - x^2}{2Rd}\right) \right] \right\} + \\
& + 2x \cdot \arccos\left(\frac{d^2 + x^2 - R^2}{2xd}\right) - x^2 \left[\frac{1}{2d} + \left(\frac{R^2 - d^2}{2dx^2}\right) \right] \sqrt{1 - \left(\frac{d^2 + x^2 - R^2}{2xd}\right)^2} - \\
& - \left(\frac{d^2 + 3x^2 - R^2}{2d}\right) \sin \left[\arccos\left(\frac{d^2 + x^2 - R^2}{2xd}\right) \right],
\end{aligned} \tag{2.92}$$

де використана рівність

$$\frac{1 - \left(\frac{d^2 + x^2 - R^2}{2xd}\right)^2}{\sqrt{1 - \left(\frac{d^2 + x^2 - R^2}{2xd}\right)^2}} = \sqrt{1 - \left(\frac{d^2 + x^2 - R^2}{2xd}\right)^2}. \tag{2.93}$$

Отже

$$S'(x) = \frac{xR}{d} \left\{ \frac{1 - \left(\frac{d^2 + R^2 - x^2}{2d}\right)^2}{\sqrt{1 - \left(\frac{d^2 + R^2 - x^2}{2Rd}\right)^2}} + \sin \left[\arccos\left(\frac{d^2 + R^2 - x^2}{2Rd}\right) \right] \right\} + \tag{2.94}$$

$$\begin{aligned}
& + 2x \cdot \arccos\left(\frac{d^2 + x^2 - R^2}{2xd}\right) - x^2 \left[\frac{1}{2d} + \left(\frac{R^2 - d^2}{2dx^2}\right) \right] \sqrt{1 - \left(\frac{d^2 + x^2 - R^2}{2xd}\right)^2} - \\
& - \left(\frac{d^2 + 3x^2 - R^2}{2d}\right) \sin\left[\arccos\left(\frac{d^2 + x^2 - R^2}{2xd}\right)\right].
\end{aligned} \tag{2.94}$$

Фіналізуючи виконані математичні перетворення, щільність розподілу дальності пересування з міста до АС і у зворотному напрямку за умови рівномірного розподілу місць тяжіння по міській території можна представити наступним чином:

$$f(x) = F'(x) = \begin{cases} 0, & x < 0; \\ \frac{2x}{R^2}, & 0 < x < R - d; \\ \frac{S'(x)}{\pi R^2}, & R - d < x < R + d; \\ 0, & x > R + d, \end{cases} \tag{2.95}$$

$$\begin{aligned}
\text{де } S'(x) = & \frac{xR}{d} \left\{ \sqrt{1 - \left(\frac{d^2 + R^2 - x^2}{2Rd}\right)^2} + \sin\left[\arccos\left(\frac{d^2 + R^2 - x^2}{2Rd}\right)\right] \right\} + \\
& + 2x \cdot \arccos\left(\frac{d^2 + x^2 - R^2}{2xd}\right) - x^2 \left[\frac{1}{2d} + \left(\frac{R^2 - d^2}{2dx^2}\right) \right] \sqrt{1 - \left(\frac{d^2 + x^2 - R^2}{2xd}\right)^2} - \\
& - \left(\frac{d^2 + 3x^2 - R^2}{2d}\right) \sin\left[\arccos\left(\frac{d^2 + x^2 - R^2}{2xd}\right)\right].
\end{aligned}$$

Для отриманої щільності характерно, що в точках виду $x = R - d$ спостерігається невеликий розрив першого роду і, відповідно, у безперервної функції розподілу ймовірностей наявний невеликий злам, пов'язаний з існуванням лівої та правої похідних, які трохи відрізняються одна від одної у подібних точках. Це створює певну неузгодженість із природою величини дальності пересування, адже її значення повинні мати ймовірність у кожній точці з області визначення, до якої відноситься і точка розриву. В той же час, з технічної точки зору дана неузгодженість не є критичною і не применшує цінності отриманого виразу щільності ймовірності,

адже сам вираз придатний для виконання експериментальних досліджень, при яких навряд чи якась значуща частина реальних значень випадкової величини чітко співпаде із описаною точкою і виявиться неврахованою.

Завершуючи теоретичні дослідження даного і попереднього підрозділів варто зазначити, що у разі спростування гіпотез про нормальність або рівномірність розподілу горизонтальних координат пунктів відправлення і тяжіння пасажирів міжміського сполучення слід використовувати інші відомі статистичні розподіли, придатні для опису координат пунктів відправлення і призначення пересувань, пов'язаних із прямуванням містом на АС і у зворотному напрямку.

2.3 Обґрунтування оцінних показників для порівняння станів матриці пасажирських кореспонденцій при зміні місця розташування автостанції

Результати досліджень у підрозділах 2.1 та 2.2 чітко дають зрозуміти, що функція розподілу дальності міських пересувань пасажирів до (з) міжміського ТПВ має різні вирази за різного розташування ТПВ, конфігурації зони його впливу та її розмірів. Це вказує на відчутний вплив локації АС на пересування населення міськими видами транспорту, а отже і на МК, якою ці пересування описуються. Таким чином, при розгляді альтернатив для місць розміщення ТПВ у місті виникає потреба порівняння відповідних станів МПК. З цією метою потрібно обрати найбільш інформативні показники, котрі дозволять кількісно охарактеризувати наслідки ре-локації існуючої або створення нової автостанції.

Як узагальнені та водночас найбільш прості показники, що характеризують різницю у МПК за різного розміщення АС, можна використати загальноприйняті статистичні характеристики – різницю середніх значень кореспонденцій у порівнюваних матрицях і їх стандартних відхилень. Дані характеристики варто використовувати як на рівні всієї матриці загалом, так і на рівні окремих ТР, яких торкнулася зміна розміщення АС. Вони дадуть загальне уявлення про зміни у параметрах

міського транспортного попиту, і на цій основі можна буде зробити висновки про їх інформативність.

Для більш детального порівняння МПК, у котрій відбулися зміни через релокацію або створення АС, з «базовою» доцільним буде розрахунок:

- відстані Васерштайна;
- різниці у транспортній роботі по реалізації МПК.

Відстань Васерштайна буде показувати мінімальні витрати пасажиро-годин, котрі потягнуло би за собою таке переміщення кореспонденцій між клітинками базової МК, яке забезпечило би її повну відповідність матриці, що описує пересування населення після зміни місця розташування АС. Чим меншою буде ця відстань, тим менше ресурсів ТС потрібно витратити при переході до нового стану транспортного попиту.

Спосіб розрахунку відстані Васерштайна представлений формулою (1.24). Для її застосування потрібні:

- первинні і змінені значення кореспонденцій;
- розуміння процесу переміщення кореспонденцій з одних клітинок МПК у інші;
- матриця витрат часу на пересування між ТР.

Аналіз зазначеної формули вказав на те, що її обчислення можна виконати у три етапи:

- перший етап розрахунку є доволі простим і передбачає визначення абсолютної різниці між кореспонденціями у клітинках порівнюваних МК;
- другий етап є відчутно складнішим, адже передбачає встановлення того, переміщення кореспонденцій з яких та до яких клітинок приведе до перетворення базової матриці у результуючу при мінімумі витрат часу, створюваних таким переміщенням. Даний етап матиме підвищену складність при незмінних місткостях ТР з відправлення та прибуття у порівнюваних матрицях, адже передбачатиме, по суті, відшукування перерозподілів кореспонденцій по прямокутних контурах по типу тих, які робляться при оптимізації опорного плану у ході рішення транспортної задачі [128];

– на третьому, завершальному етапі переміщені кореспонденції потрібно помножити на час пересування між відповідними парами ТР та скласти отримані добутки.

Що стосується різниці у транспортній роботі по реалізації МПК, то вона розраховується по формулі (1.26) і потребує наявності:

- а) власне порівнюваних МК;
- б) відповідної їм матриці відстаней між ТР.

Розрахунок полягає у:

- а) обчисленні і наступному сумуванні поелементних добутків кореспонденцій з базової та результуючої МПК на відстані їх реалізації;
- б) визначенні різниці між отриманими сумарними значеннями транспортної роботи.

Даний показник дасть уявлення про загальні потреби у транспортній роботі для засвоєння міського транспортного попиту, утвореного діяльністю АС. Зменшення таких потреб буде означати зниження навантаження на ТС і витрат на її функціонування. Збільшення ж потреб у транспортній роботі не обов'язково означатиме суто негативні наслідки релокації, адже вона може мати інші позитивні впливи на ТС в цілому на кшталт підвищення швидкості міських ТП, зниження викидів шкідливих речовин з вихлопними газами моторизованих ТЗ та зменшення витрат часу на пересування містом.

Стосовно витрат часу всіх користувачів автостанцій, то для уточнення змін у них доцільним виглядає порівняння їх сукупних значень по аналогії з різницею у транспортній роботі:

$$\Delta PH = \sum_{i,j} h_{ij} \cdot t_{ij} - \sum_{i,j} h'_{ij} \cdot t_{ij}, \quad (2.96)$$

де t_{ij} – час пересування між парою ТР i та j .

В доповнення до вищезгаданих показників інформативним буде порівняння середньої відстані пересування містом до та після релокації АС. Розрахунок цієї ві-

дстані є можливим з використанням МПК та матриці відстаней між ТР, адже значення кореспонденцій по суті являють собою частоту пересувань певної відстані [71].

Застосування перелічених метрик є доцільним з тих причин, що вони є доволі зрозумілими, простими у використанні та в результаті дають значення технічних показників, важливих для всіх сторін транспортного процесу.

Окрім цього, згідно з сучасними підходами до представлення результатів технічного обґрунтування рішень у галузі ТС важливим є графічне відображення кількісних змін у них, адже саме воно є найбільш зрозумілим для осіб, що приймають рішення, та інших стейкхолдерів. Саме тому окремими показниками, що відображають вплив місця розташування міжміської АС на території міста на розподіл міських пасажиропотоків, мають бути:

- власне пасажиропотоки на найбільш завантажених ділянках ММ ГТ;
- кількість відправлень і прибуттів на кількох обґрунтовано обраних зупинках, розташованих на напрямках пересувань до станції.

Розрахунок обраних у даному підрозділі оцінних показників забезпечить транспортних інженерів, менеджерів і вчених-транспортників даними про зміни у міському транспортному попиті, спричинені зміною місця розташування ТПВ на території міста.

Висновки по другому розділу

1. Гіпотеза про двомірну нормальність розташування точок генерації і поглинання пересувань міськими видами транспорту, спричинених добиранням населення до та з АС, дозволила отримати аналітичні вирази для опису розподілу відстаней відповідних пересувань при різних варіантах розташування станції на території міста і різних практично можливих радіусах зони його впливу. Отримані вирази узгоджуються із використаною для їх виведення гіпотезою, показуючи вагому роль па-

раметра стандартного відхилення координат точок генерації і поглинання пересувань у теоретичному розподілі досліджуваних відстаней.

2. Гіпотеза про рівномірний розподіл місць генерації і тяжіння міських пересувань до і з міжміського ТПВ, котра була розглянута як у певному сенсі протилежна нормальному розсіюванню транспортних генераторів, дозволила отримати альтернативні вирази для опису розподілу відстаней пересувань з міста до АС і у зворотному напрямку. В отриманій у рамках даної гіпотези теоретичній щільності розподілу відстаней наявний невеликий розрив першого роду і, відповідно, у безперервної функції розподілу ймовірностей спостерігається невеликий злам. Це створює певну неузгодженість із сутністю величини дальності пересування, адже її значення повинні мати ймовірність у кожній точці з області визначення, до якої відноситься і точка розриву. В той же час, з технічної точки зору дана неузгодженість не є критичною і не применшує цінності отриманого виразу щільності ймовірності, адже навряд чи якась значуща частина реальних значень досліджуваної випадкової величини чітко співпаде із згаданою точкою і виявиться неврахованою.

3. Отримані аналітичні залежності для опису розподілу дальності міських пересувань до та з АС потребують експериментальної перевірки, для якої потрібно обрати конкретне середнє або велике місто із суттєвими обсягами відправлень міжміських пасажирів і можливістю проведення польових обстежень та збору статистичних даних. Підтвердження можливості практичного застосування встановлених залежностей забезпечить транспортних планувальників інструментом для моделювання міського транспортного попиту, що створюється користувачами міжміських ТПВ.

4. У разі спростування гіпотез про нормальність або рівномірність розподілу горизонтальних координат пунктів відправлення і призначення пересувань, пов'язаних із прямуюванням містом на АС і у зворотному напрямку, доцільним буде розгляд можливості використання інших відомих статистичних розподілів для опису координат зазначених пунктів.

5. Застосування таких показників, як відстань Васерштайна, різниця у транспортній роботі та пасажиро-годинах по реалізації МПК, а також порівняння серед-

ньої відстані пересування містом, пасажиропотоків на завантажених ділянках ММ ГТ, обсягів відправлень і прибуттів на зупинках, розташованих на напрямках пересувань до ТПВ, дозволить кількісно і графічно оцінити потенційні наслідки зміни місця розташування АС для ТС міста, обраного для експериментальних досліджень. Перелічені показники є доволі зрозумілими, відносно простими у використанні та водночас цікавими для різних сторін перевізного процесу. Кінцевий їх перелік доцільно визначити в ході або після експериментальних досліджень з огляду на спостережувану інформативність.

Основні результати проведених досліджень в рамках цього розділу опубліковані в роботах [7, 8].

РОЗДІЛ 3

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПЕРЕСУВАНЬ З МІСЬКОЇ ТЕРИТОРІЇ ДО МІЖМІСЬКОЇ АВТОСТАНЦІЇ ТА У ЗВОРОТНОМУ НАПРЯМКУ

Серед найбільш надійних джерел інформації для дослідження параметрів попиту на міські пересування до та з автостанцій є опитування пасажирів перед їх відправленням у міжміську поїздку або одразу після прибуття і висадки із автобуса по її завершенню. Будь-яка інформація, отримана таким чином, буде вибірковою, адже вкрай мало ймовірно, що вона охоплюватиме пересування населення з або до кожного ТР у місті. Однією із значущих причин цьому є суттєва різниця між кількістю міського населення і обсягами відправлень та прибуттів відправлень та прибуттів пасажирів, що рухаються у міжміському сполученні. Через це прагнення визначити безпосередньо в ході обстеження обсяг генерації та поглинання міських частин міжміських поїздок для кожного окремого ТР виглядає нераціональним – при подібному підході обсяг вибірки із пасажирів на АС має бути розподілений між ТР із наступним суцільним обстеженням усіх рейсів ГТ і пересувань ІТ, котрі мають кінцевим пунктом автостанцію, задля отримання характеристик як мінімум одного пересування із кожного ТР. Навіть якщо виходити зі стандартних вимог математичної статистики до прийнятної точності визначення середнього значення будь-якої кількісної характеристики пересування по кожному ТР, потрібно буде зробити сотні опитувань.

З огляду на це, цілком раціональним виглядає організація вибіркового опитування, яке б дало можливість оцінити розподіл величини дальності міських пересувань до та зі станції. Даний розподіл дозволить прогнозувати ймовірність виникнення пересування будь-якої практично можливої відстані. Експериментальне дослідження такого розподілу дасть можливість перевірити висунуті у другому розділі гіпотези про закономірності у розташуванні на міській території пунктів відправлення і прибуття пасажирів.

Як об'єкт проведення таких досліджень доцільно обрати середнє або велике місто із значущими обсягами міжміських відправлень пасажирів задля: 1) забезпечення достатнього обсягу вибірки із міжміських пасажирів; 2) можливості розповсюдження його результатів на аналогічні об'єкти, де можуть виникати питання щодо релокації існуючих або будівництва нових АС.

Стосовно ж відповідей на питання про доцільність релокації АС, її будівництва у певному місці, а також впливу подібних заходів на розподіл міських пасажиропотоків, то їх можна отримати із застосуванням сучасного інструменту для прийняття рішень у транспортному плануванні – транспортної моделі міста.

3.1 Результати опитування пасажирів міжміських маршрутів

Для дослідження характеристик пересувань міського населення до міжміської АС та у зворотному напрямку було обрано м. Рівне, яке є обласним центром Рівненської області на заході України. Станом на 01.01.2022 чисельність населення у ньому складала 243,9 тис. осіб [129], і таким чином воно відноситься до середніх міст [23]. Площа міста складає 58 км² [130]. З транспортної точки зору місто можна вважати територіально компактним. Його розташування на березі річки Устя і Басівкутського водосховища має обмежувачий вплив на розвиток ВДМ. У місті є три значущі пункти відправлення автобусів міжміських маршрутів:

- АС «Рівне», розташована за адресою вул. Київська, 40;
- АС «Чайка», розташована за адресою вул. Василя Червонія, 16б;
- пункт відправки автобусів «Залізничний» (надалі йменованій п. Залізничний), розташований за адресою вул. Небесної Сотні, 34.

Наявність подібних інфраструктурних об'єктів поряд із чисельністю населення міста не залишають сумнівів щодо значущих обсягів відправлень і прибуттів пасажирів міжміських маршрутів та, відповідно, міських пересувань, які передують або завершують міжміські поїздки.

Для дослідження характеристик міських частин міжміських пересувань на кожній із перелічених АС у період з 23.04.2021 по 19.05.2021 і з 01.10.2021 по 27.10.2021 було проведено опитування пасажирів, що прибувають та відправляються із міста. Дані періоди були обрані як такі, протягом котрих життєдіяльність міста можна охарактеризувати як типову – таку, на яку не впливають масові відпустки населення, канікули у школярів та студентів, довготривалі свята, погіршення погодних умов тощо. У опитуванні було задіяно два обліковці, які збирали дані з 07:00 до 19:00. Ці години перетинаються зі значною частиною часу роботи міського ГТ, що забезпечило можливість визначення часток пасажирів, котрі виконують міську частину міжміського пересування індивідуальним та громадським транспортом. Також зазначені години були обрані з міркувань безпеки як такі, що відповідають світлій порі доби.

Первинною інформацією, яку фіксували обліковці, було наступне:

- АС, на якій проводилось опитування;
- час початку опитування кожного пасажирів;
- причина перебування на АС – від'їзд у міжміську поїздку або завершення міжміської поїздки;
- при від'їзді у міжміську поїздку – адреса відправлення пасажирів з території міста на АС;
- при завершенні міжміської поїздки – адреса прибуття пасажирів на території міста;
- вид транспорту, використаний для пересування по території міста – індивідуальний чи громадський.

Оскільки основною метою опитування було встановлення характеристик відстаней міських пересувань до та з АС, виникла потреба визначення мінімального обсягу вибірки із міжміських пасажирів. Задля цього були зібрані дані про добову кількість відправлень міжміських рейсів з АС «Рівне», АС «Чайка» та п. Залізничного, місткість рухомого складу, який виконує дані рейси, а також регулярність їх виконання [131-133]. Результати збору цих даних наведено у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Характеристика відправлень міжміських автобусів з АС міста Рівне

| Автостанція | Добова кількість міжміських рейсів | Місткість рухомого складу, пас. | Середній коефіцієнт регулярності виконання рейсів, % |
|----------------|------------------------------------|---------------------------------|--|
| АС «Рівне» | 206 | 20-65 | 78,9 |
| АС «Чайка» | 136 | 18-40 | 83,7 |
| п. Залізничний | 23 | 18-40 | 83,6 |
| Всього | 365 | - | - |

Зібрана інформація дозволила встановити зважену по коефіцієнту регулярності руху добову кількість пасажиромісць, котрі надаються на АС для здійснення міжміських поїздок:

$$c_s = \sum_r n_r \cdot e_r, \quad (3.1)$$

де c_s – добова кількість пасажиромісць, котрі надаються на s -й АС для здійснення поїздок у міжміському сполученні;

n_r – місткість автобуса, котрий виконує r -й рейс згідно з розкладом;

e_r – регулярність виконання r -го рейсу згідно з розкладом.

Результати розрахунків за наведеною формулою наведені у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Добова кількість пасажиромісць, котрі надаються на АС для здійснення міжміських поїздок

| Автостанція | Кількість пасажиромісць, доступних на міжміський рейсах | |
|-------------|---|-------------|
| | абсолютна, пас./добу | відносна, % |
| 1 | 2 | 3 |
| АС «Рівне» | 4150 | 57 |

Закінчення таблиці 3.2

| 1 | 2 | 3 |
|----------------|------|-----|
| АС «Чайка» | 2703 | 37 |
| п. Залізничний | 456 | 6 |
| Всього | 7309 | 100 |

Дана інформація стала вихідною для оцінки кількості пасажирів, котрі відправляються з кожної АС міста протягом доби, за формулою

$$q_s = \left(\frac{V_{Rivnenska\ obl.}}{365} \cdot \frac{P_{Rivne}}{P_{Rivnenska\ obl.}} \right) \cdot \frac{c_s}{\sum_s c_s}, \quad (3.2)$$

де q_s – добова кількість пасажирів, котрі відправляються з s -ї АС міста, пас.;

$V_{Rivnenska\ obl.}$ – річний обсяг відправлення пасажирів автобусами у міжміському сполученні у Рівненській області, пас.;

P_{Rivne} – чисельність населення м. Рівне, 243,9 тис. осіб [129];

$P_{Rivnenska\ obl.}$ – чисельність населення Рівненської області, 1141,8 осіб [134].

Таку оцінку можна вважати прийнятною в рамках даної дисертаційної роботи, адже закладене у формулу (3.2) припущення про пропорційність обсягів відправлень міжміських пасажирів чисельності населення міста виглядає цілком логічним з наступних причин:

– міське населення може частіше виконувати міжміські поїздки з огляду на більшу ділову активність, що в певному ступені урівноважується більшою кількістю причин міжміської мобільності у сільського населення – воно у багатьох випадках вимушене робити поїздки на лікування, навчання (стосується здебільшого студентів), з метою оформлення документів у державних установах, дозвілля, – адже у сільській місцевості суттєво менше локально доступних населенню об'єктів охоро-

ни здоров'я, надання освітніх і адміністративних послуг, організації розважальних та рекреаційних заходів;

– існуючі дослідження, присвячені визначенню та порівнянню рухомості міських та сільських жителів, хоча і є малочисельними, але вказують на те, що обидві групи населення виконують сумірну середньорічну кількість пересувань автобусами на одну особу на рік – різниця складе в середньому 20 %. При цьому середня різниця у загальній рухомості всіма видами транспорту дорівнює 4,7 % [135].

Для отримання величини $V_{Rivnenska\ obl.}$ станом на 2024 рік були використані дані Державної служби статистики України щодо відправлення пасажирів автобусами у міжміському сполученні у Рівненській області за період з 2000 по 2021 рік [136, 137], рисунок 3.1.

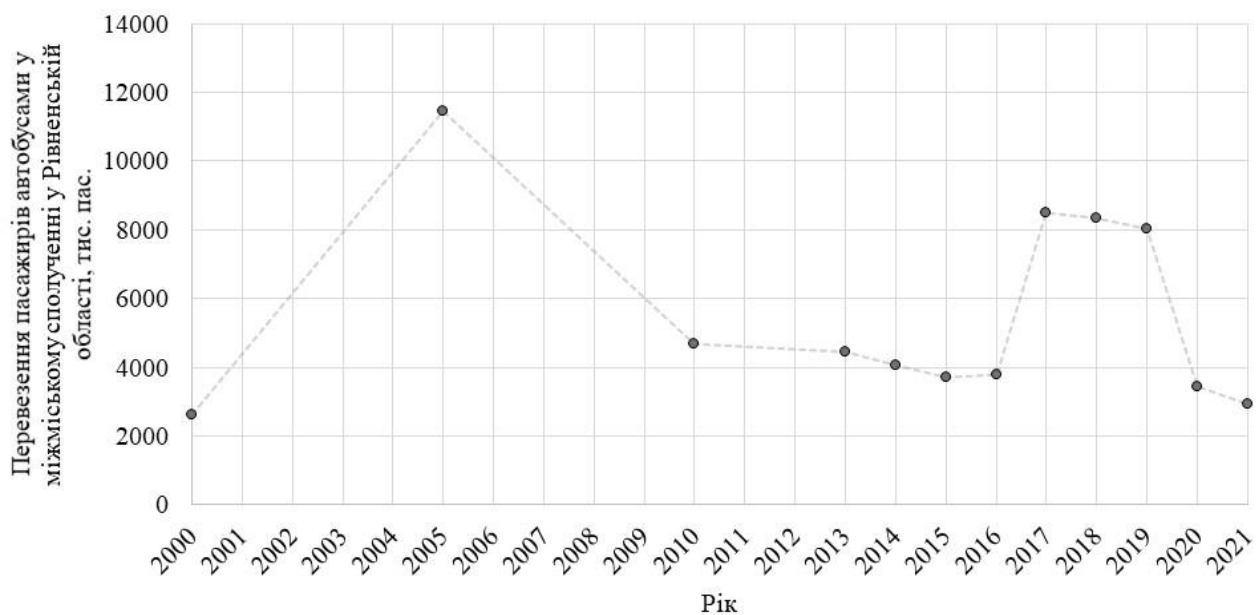


Рисунок 3.1 – Динаміка зміни обсягів відправлень пасажирів автобусами у міжміському сполученні у Рівненській області протягом 2000-2021 рр.

Ці дані послужили основою для побудови регресійної моделі для прогнозування обсягу $V_{Rivnenska\ obl.}$ на 2024 рік. Перед застосуванням регресійного аналізу до обсягів відправлень пасажирів міжміськими автобусними маршрутами було застосовано згладжування за допомогою простої ковзної середньої по трьом значенням,

зміщеної вправо до останнього значення вікна усереднення. Таке згладжування дозволило:

- виділити основну тенденцію;
- усереднити дані за період 2000-2010 рр., для якого характерні істотні пробили у даних, та водночас зберегти і зробити більш вагомими дані останніх років;
- дещо пом'якшити вплив недоліків звітності приватних підприємств-перевізників, адже її необов'язковість згідно із законодавством, діючим на момент написання роботи, і фактична відсутність контролю за достовірністю надаваної інформації призводить до певного викривлення реальної ситуації з обсягами перевезень.

Отримана лінія ковзної середньої наведена на рисунку 3.2.

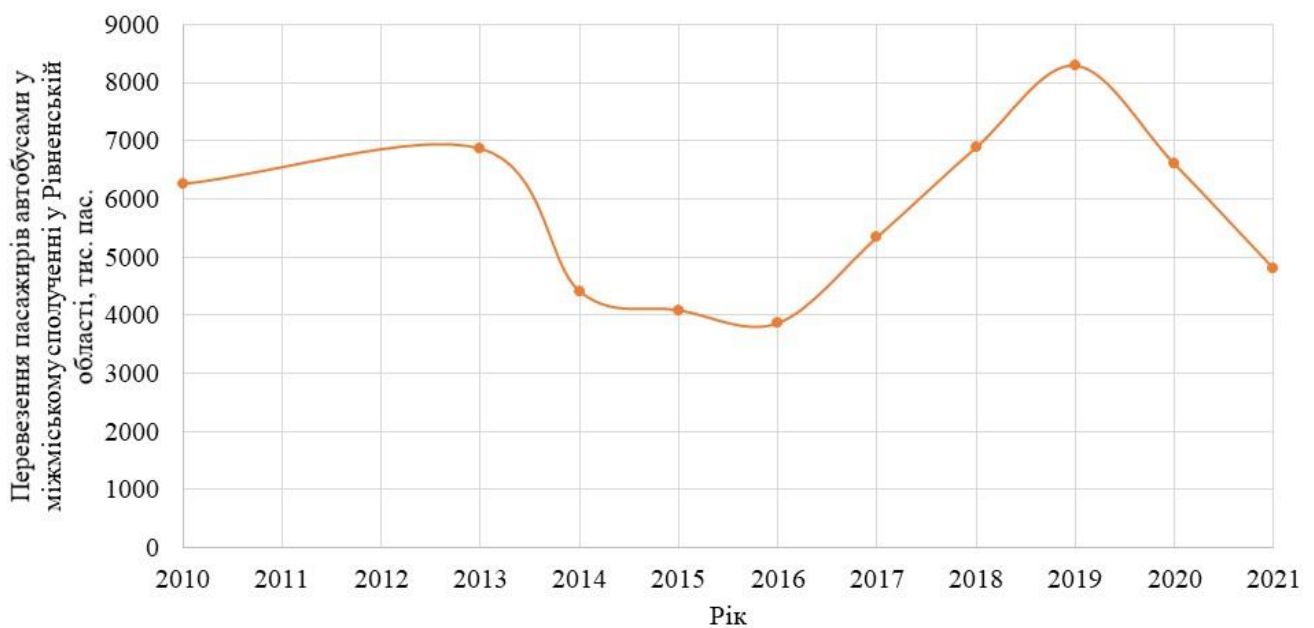


Рисунок 3.2 – Результати згладжування даних державної статистики щодо обсягів відправлень пасажирів автобусами у міжміському сполученні у Рівненській області

Регресійний аналіз отриманих таким чином даних дозволив отримати модель прогнозування обсягу перевезень $V_{Rivnenska\ obl.}$ наступного виду:

$$V_{Rivnenska\ obl.} = 34,45069 \cdot y^2 - 0,03419 \cdot y^3 + 8,48508 \cdot 10^{-6} \cdot y^4, \quad (3.3)$$

де y – рік, для якого виконується прогнозування.

Наведена регресійна модель має задовільні статистичні характеристики, що підтверджується даними таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Статистична характеристика регресійної моделі прогнозування обсягу перевезень пасажирів автобусами у міжміському сполученні у Рівненській області

| Показник моделі | Значення |
|------------------------------------|----------|
| Множинний коефіцієнт кореляції R | 0,975 |
| R -квадрат | 0,950 |
| Нормований R -квадрат | 0,793 |
| Стандартна помилка | 1575,853 |
| Кількість спостережень | 10 |
| Інформаційна здатність моделі | 0,00017 |

З використанням отриманої моделі була надана оцінка величини $V_{Rivnenska\ obl.}$ на 2024 рік, яка склала 8207,25 тис. пас. Далі, користуючись формулою (3.2), для кожної із розглянутих АС міста була визначена добова кількість відправлень пасажирів у міжміському сполученні, таблиця 3.4.

Таблиця 3.4 – Оцінка добової кількості пасажирів, котрі відправляються міжміськими автобусами з автостанцій міста Рівне

| Автостанція | Добова кількість пасажирів, котрі відправляються з АС у міжміському сполученні, пас. |
|----------------|--|
| АС «Рівне» | 2725 |
| АС «Чайка» | 1775 |
| п. Залізничний | 300 |
| Всього | 4800 |

Спираючись на рекомендації керівництва [138] щодо проведення обстежень пересувань міського населення, за орієнтир був взятий мінімальний обсяг вибірки у 3 % від генеральної сукупності. Такий обсяг можна вважати припустимим, адже керівництво [138] містить рекомендований рівень покриття обстеження для отримання характеристик пересувань усіх груп населення за всіма можливими цілями, а в даній роботі потрібно визначити характеристики вже визначеної однієї категорії пересувань – до та з міжміських ТПВ. Відповідно, обсяг вибірки для дослідження їх відстаней буде найбільшим для АС «Рівне» та повинен складати 81 респондент.

З метою забезпечення більш ґрунтовної оцінки розподілу відстаней пересувань до та з АС було прийнято рішення проводити опитування доти, доки не буде зібрано дані про 100 пересувань ГТ. Такий обсяг дасть можливість водночас оцінити частки ІТ та ГТ у міських пересуваннях, генерованих міжміськими ТПВ, та перевірити припущення про те, що більша частина пасажирів дістається АС саме за допомогою ГТ. До того ж, сто значень випадкової величини вже є достатніми для застосування найбільш відомих критеріїв згоди при перевірці відповідності емпіричного розподілу випадкової величини теоретичному [139].

У підсумку, за результатами опитування були отримані дані від 809 пасажирів-користувачів АС. Їх розподіл за напрямком та видом транспорту, використаним для пересування, наведений у таблицях 3.5 та 3.6.

Таблиця 3.5 – Розподіл опитаних пасажирів за напрямком та видом транспорту, використаним для пересування

| Автостанція | Кількість пасажирів, що прибувають на АС з міста | | | Кількість пасажирів, що прямують з АС до міста | | |
|----------------|---|----|--------|---|----|--------|
| | ГТ | ІТ | всього | ГТ | ІТ | всього |
| АС «Рівне» | 104 | 38 | 142 | 108 | 40 | 148 |
| АС «Чайка» | 102 | 29 | 131 | 104 | 30 | 134 |
| п. Залізничний | 103 | 21 | 124 | 105 | 25 | 130 |
| Загалом | 309 | 88 | 397 | 317 | 95 | 412 |

Таблиця 3.6 – Відсоткове співвідношення опитаних пасажирів за видом транспорту, використаним для пересування

| Автостанція | Кількість пасажирів, прибуваючих на АС з міста | | Кількість пасажирів, що прямують з АС до міста | |
|----------------|--|------|--|------|
| | ГТ | ІТ | ГТ | ІТ |
| АС «Рівне» | 73,2 | 26,8 | 73,0 | 27,0 |
| АС «Чайка» | 77,9 | 22,1 | 77,6 | 22,4 |
| п. Залізничний | 83,1 | 16,9 | 80,8 | 19,2 |
| Загалом | 77,8 | 22,2 | 76,9 | 23,1 |

Як видно з наведених таблиць, частка пересувань до та з АС міським ГТ коливається у межах від 73,0 % до 83,1 %, що вказує на його основну роль у добираннях, пов'язаних із потребою здійснення міжміської поїздки. Через це подальші зусилля по дослідженню характеристик міських пересувань до та з АС доцільно сфокусувати саме на пересуваннях, які реалізуються ГТ.

Задля цього були сформовані окремі масиви із відстаней пересувань ГТ:

- з території міста до АС «Рівне»;
- з АС «Рівне» на територію міста;
- з території міста до АС «Чайка»;
- з АС «Чайка» на територію міста;
- з території міста до п. «Залізничний»;
- з п. «Залізничний» на територію міста.

Перевірка відповідності цих відстаней теоретичним законам розподілу, отриманим в результаті аналітичного моделювання у другому розділі даної дисертаційної роботи, створить основу для розрахунку МПК, котра відбиватиме досліджувані пересування.

3.2 Перевірка робочих гіпотез дослідження

З метою перевірки відповідності сформованих масивів відстаней теоретичним розподілам, встановленим у другому розділі роботи, спочатку потрібно встановити якій ситуації – представленій виразом (2.10) чи (2.11) – відповідає розташування автостанцій у м. Рівне. Для цього був визначений географічний центр міста як центр окружності, якою можна охопити переважну більшість міської території, – він знаходиться у південній частині майдану Незалежності в околі пам'ятника Т.Г. Шевченку. При цьому радіус зазначеної окружності виявився рівним $R = 6$ км.

Також варто мати на увазі те, що з кожної із вищезазначених АС відправляються міжміські автобуси по напрямках, котрі слабо перетинаються між собою. На цій основі можна зробити висновок, що зона впливу кожної із АС цілком може охоплювати всю міську територію, адже пасажери в певному ступені обмежені у виборі станції при потребі виконання поїздки за певним міжміським напрямком. Через це у переважній більшості випадків вони будуть користуватися послугами АС незалежно від її віддалення від помешкання, роботи або будь-якої іншої точки відправлення чи прибуття на міській території.

В результаті в рамках гіпотези про двомірний нормальний розподіл місць тяжіння по території міста отримані за підсумками опитувань відстані міських пересувань до та з АС треба перевіряти на відповідність розподілу (2.60), адже всі розглядувані АС:

- а) не співпадають із географічним центром міста;
- б) для них виконується умова (2.10), адже всі АС знаходяться від географічного центру на відстані, що менша за половину радіусу окружності, котрою умовно можна окреслити територію міста:

- 1) АС «Рівне» знаходиться на відстані $d = 2,21$ км від центру, що у випадку м. Рівне менше за $\frac{R}{2} = \frac{6}{2} = 3$ км;
- 2) АС «Чайка» – на відстані $d = 1,93$ км;
- 3) п. «Залізничний» – на відстані $d = 1,28$ км.

Стосовно гіпотези про рівномірність розподілу місць тяжіння по території міста, то для її перевірки треба робити оцінку відповідності зібраних відстаней міських пересувань функції розподілу (2.79), або ж щільності (2.95).

Обидві перевірки було вирішено зробити із застосуванням тесту Колмогорова-Смирнова оскільки він відноситься до точних критеріїв згоди [140], і це є актуальним, оскільки аналітичні вирази розподілів (2.60), (2.79) і (2.95) не збігаються з жодним з найбільш відомих теоретичних розподілів випадкових величин.

3.2.1 Перевірка відповідності відстаней пересувань до та з автостанцій теоретичному розподілу, отриманому в рамках гіпотези про нормальність розташування місць відправлень і прибуттів на міській території

З метою перевірки відповідності розподілу (2.60) зібрані відстані міських пересувань, як вже зазначалось, були зведені у окремі масиви за ознакою АС, на якій проводилось опитування, та за ознакою напрямку пересування – до або з АС. Це дозволяє дослідити специфіку попиту на послуги кожної із охоплених опитуванням АС м. Рівне і особливості генерації та поглинання пересувань.

Ступінь узгодження між емпіричним та теоретичним розподілами досліджуваних відстаней у всіх випадках оцінювалась у програмі MS Excel.

Результати побудови теоретичного та емпіричного розподілів відстаней пересувань до та з АС «Рівне» наведені на рисунках 3.3 і 3.4.

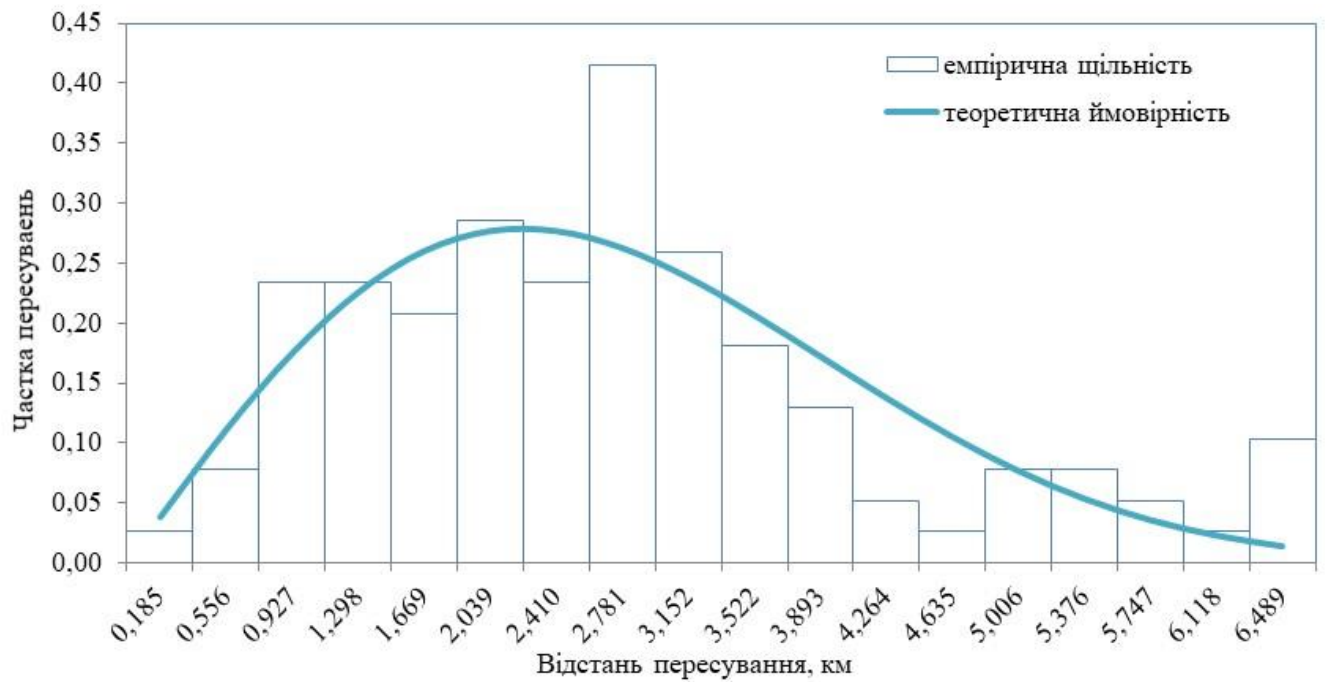


Рисунок 3.3 – Розподіл відстаней пересувань з території міста до АС «Рівне»

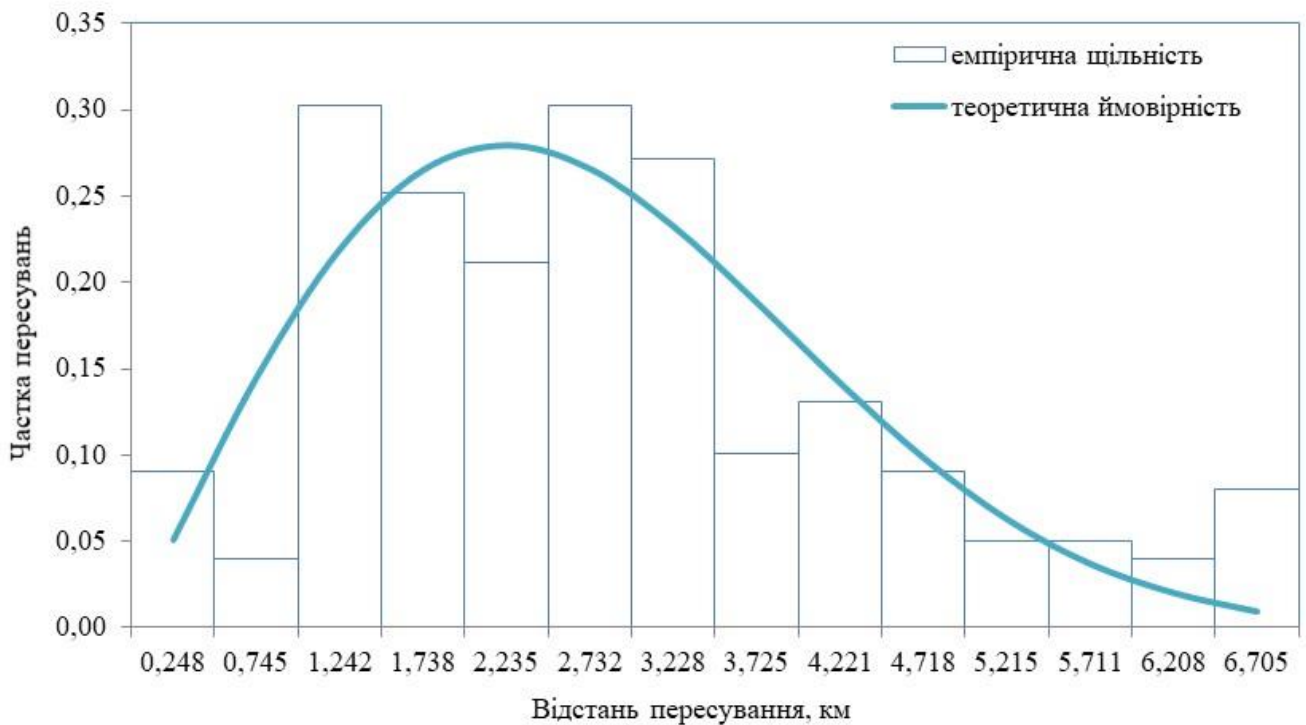


Рисунок 3.4 – Розподіл відстаней пересувань з АС «Рівне» на територію міста

Значення тесту Колмогорова-Смирнова наведені у таблиці 3.7.

Таблиця 3.7 – Оцінка відповідності між емпіричним і теоретичним розподілом відстаней пересувань до та з АС «Рівне» в рамках гіпотези про нормальність розташування місць тяжіння на міській території

| Напрямок пересування | Значення тесту Колмогорова-Смирнова | |
|----------------------|-------------------------------------|----------------------------------|
| | розрахункове | критичне (рівень значущості 5 %) |
| до АС «Рівне» | 0,048 | 0,309 |
| з АС «Рівне» | 0,053 | 0,349 |

Як видно з наведеної таблиці, розрахункове значення тесту Колмогорова-Смирнова не перевищує критичного, і тому гіпотеза про відповідність між емпіричним і теоретичним розподілом досліджуваних відстаней не спростовується на рівні значущості 5 %.

Емпіричний та теоретичний розподіли відстаней пересувань до та з АС «Чайка» представлені на рисунках 3.5 і 3.6. Значення тесту Колмогорова-Смирнова зведені до таблиці 3.8.

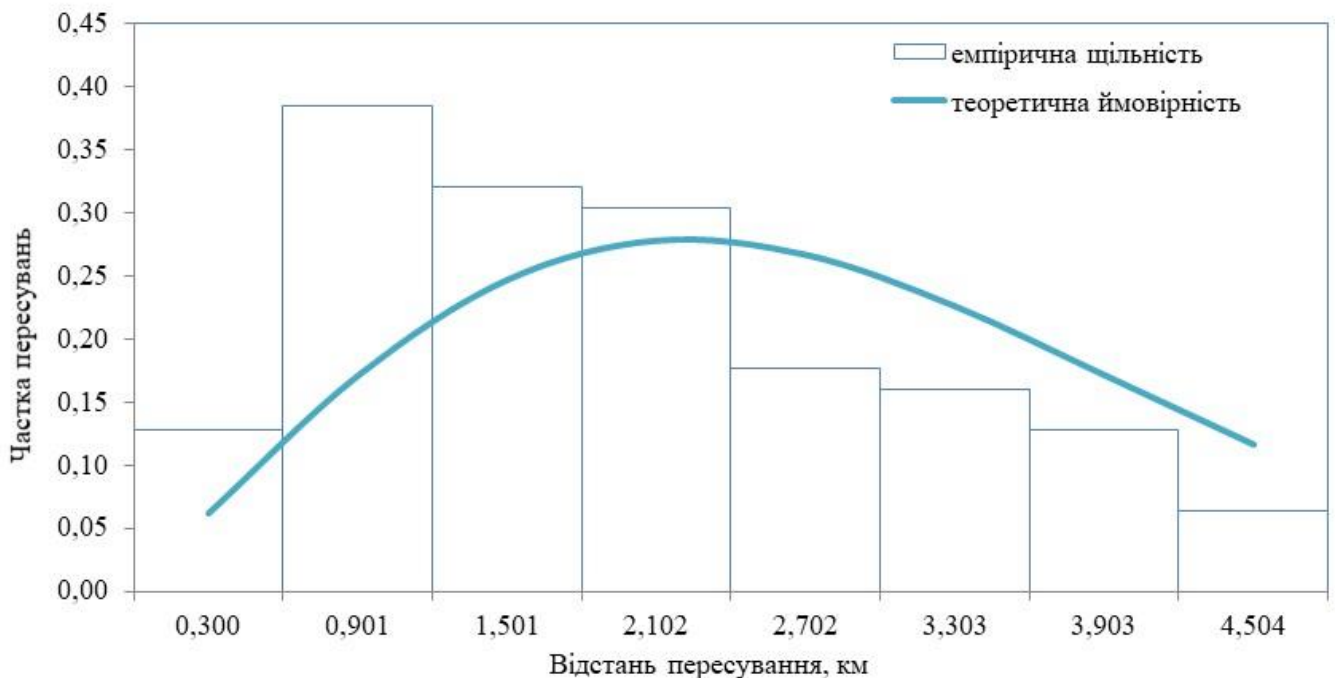


Рисунок 3.5 – Розподіл відстаней пересувань з території міста до АС «Чайка»

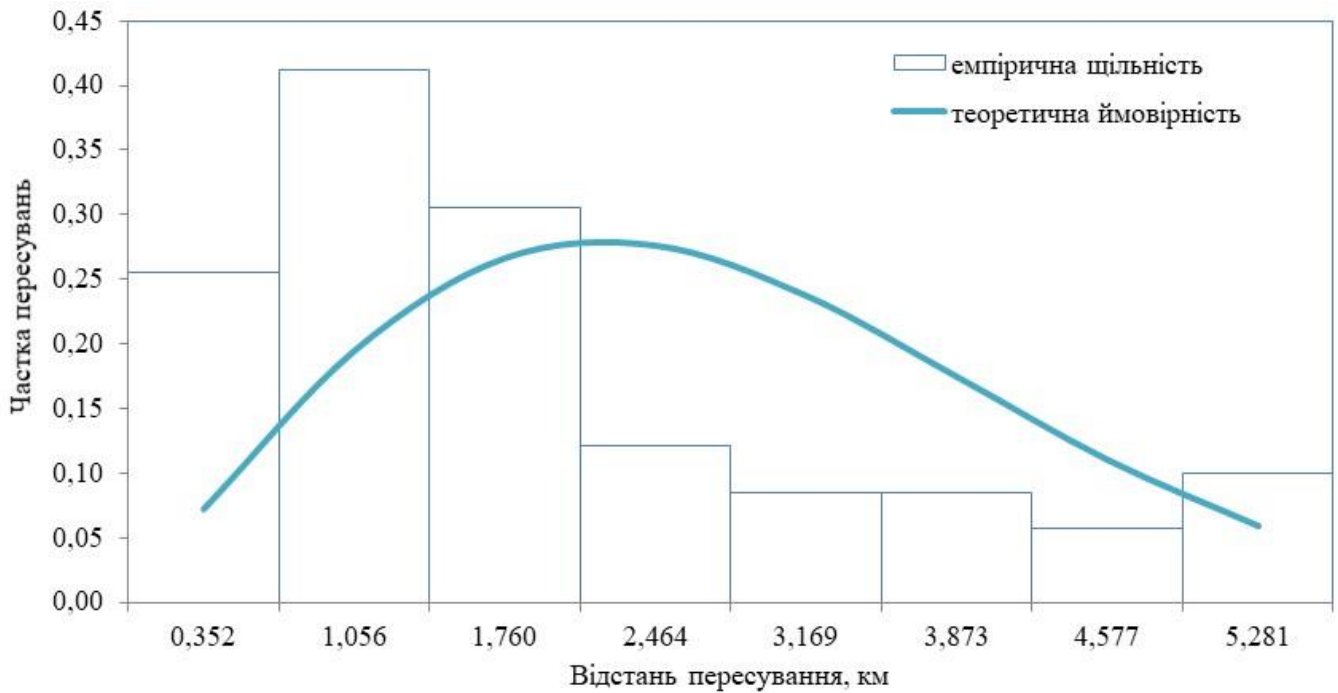


Рисунок 3.6 – Розподіл відстаней пересувань з АС «Чайка»
на територію міста

Таблиця 3.8 – Оцінка відповідності між емпіричним і теоретичним розподілом відстаней пересувань до та з АС «Чайка» в рамках гіпотези про нормальність розташування місць тяжіння на міській території

| Напрямок пересування | Значення тесту Колмогорова-Смирнова | |
|----------------------|-------------------------------------|----------------------------------|
| | розрахункове | критичне (рівень значущості 5 %) |
| до АС «Чайка» | 0,227 | 0,454 |
| з АС «Чайка» | 0,310 | 0,454 |

Дані приведеної таблиці свідчать про відповідність між розглядуваним емпіричним та теоретичним розподілом. Дана гіпотеза не відхиляється на рівні значущості 5 %.

Порівняння емпіричного розподілу відстаней пересувань до та з п. «Залізничний» із теоретичним наведено на рисунках 3.7 і 3.8.

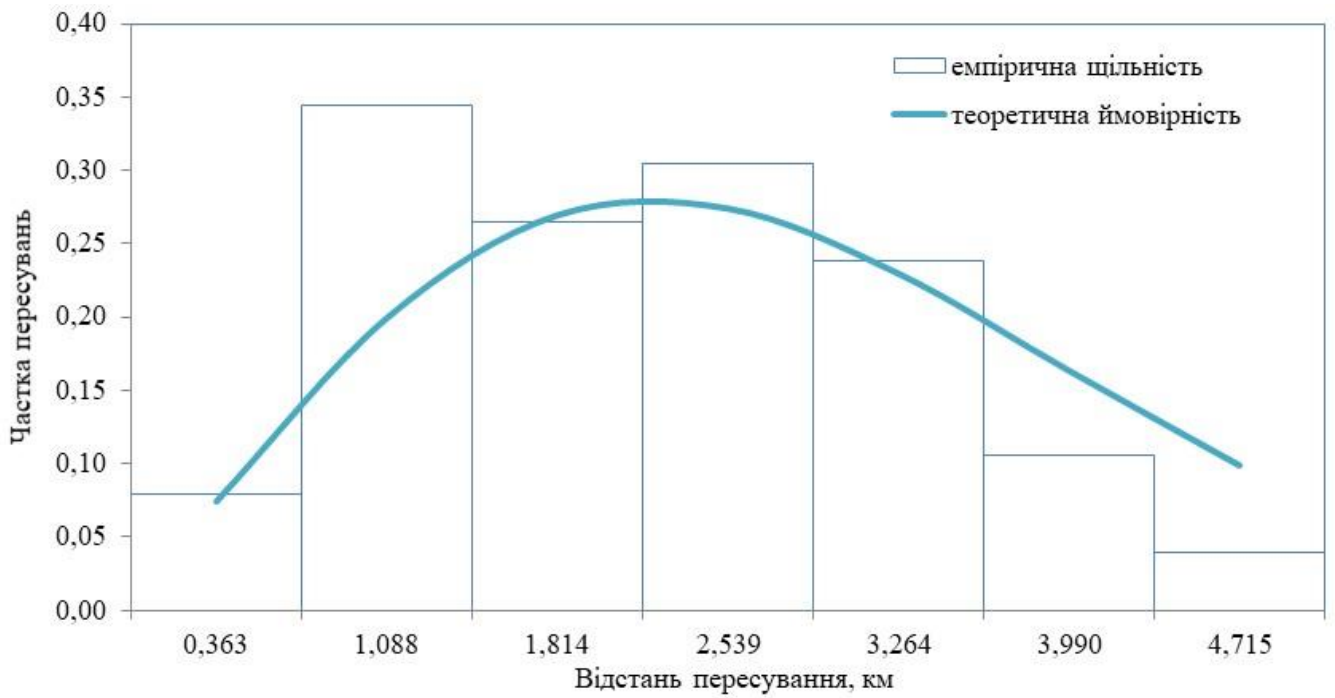


Рисунок 3.7 – Розподіл відстаней пересувань з території міста до пункту відправки автобусів «Залізничний»

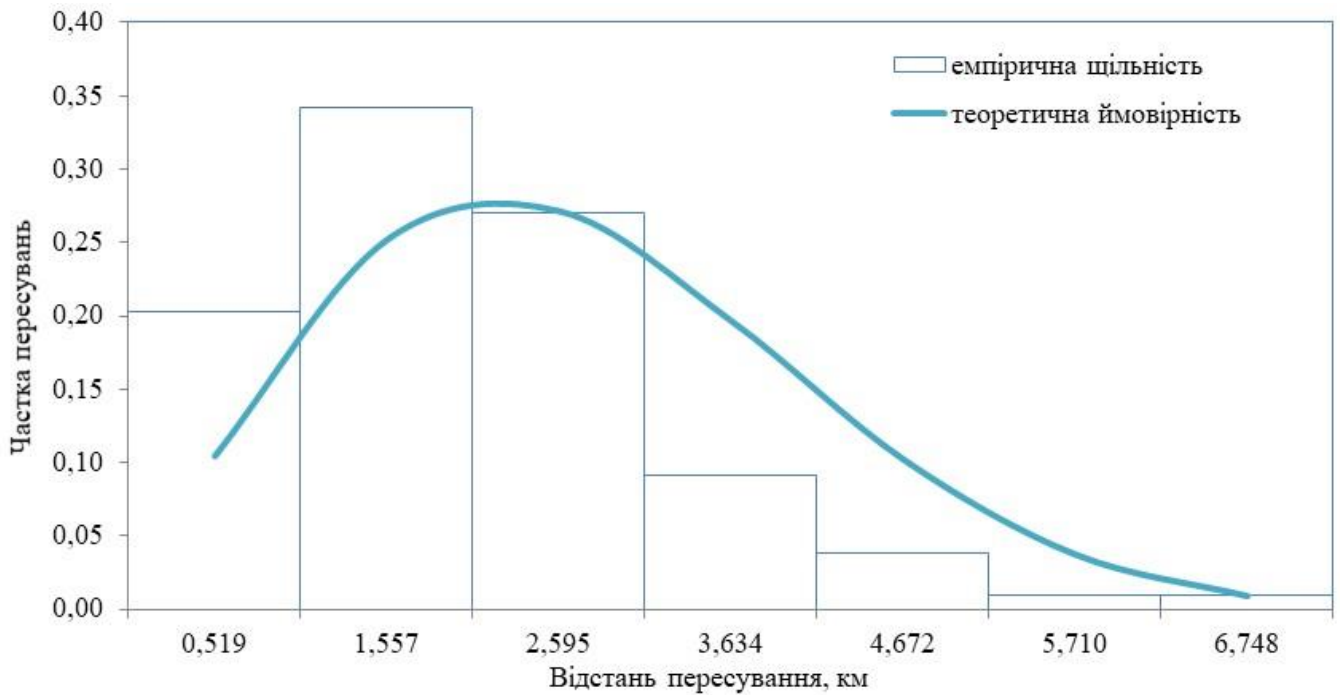


Рисунок 3.8 – Розподіл відстаней пересувань з пункту відправки автобусів «Залізничний» на територію міста

Значення тесту Колмогорова-Смирнова подані у таблиці 3.9.

Таблиця 3.9 – Оцінка відповідності між емпіричним і теоретичним розподілом відстаней пересувань до та з п. «Залізничний» в рамках гіпотези про нормальність розташування місць тяжіння на міській території

| Напрямок пересування | Значення тесту Колмогорова-Смирнова | |
|----------------------|-------------------------------------|----------------------------------|
| | розрахункове | критичне (рівень значущості 5 %) |
| до п. «Залізничний» | 0,136 | 0,483 |
| з п. «Залізничний» | 0,195 | 0,483 |

За даними представленої таблиці можна стверджувати, що досліджуваний емпіричний розподіл відстаней пересувань може бути описаний теоретичним, гіпотеза про що не спростовується на рівні значущості 5 %.

Отримані результати свідчать про можливість користування двома взаємопов'язаними гіпотезами. Одна полягає у можливості опису емпіричного розподілу відстаней пересувань, зумовлених потребами прямування до ТПВ та у зворотному напрямку, теоретичним розподілом (2.60), отриманим в рамках іншої, більш загальної гіпотези – про двомірний нормальний розподіл на території міста місць відправлень і прибуттів користувачів ТПВ.

Це свідчить про схожість характеристик міських частин міжміських пересувань з характеристиками власне міських пересувань, а також закономірностей у розташуванні відповідних точок їх генерації та поглинання. Окрім цього, результати досліджень у даному пункті підтверджують можливість використання розподілу (2.60) при моделюванні транспортного попиту, зокрема як функції складності шляху пересування.

3.2.2 Перевірка відповідності відстаней пересувань до та з автостанцій теоретичному розподілу, отриманому в рамках гіпотези про рівномірність розташування місць відправлень і прибуттів на міській території

Що стосується перевірки відповідності відстаней пересувань до та з АС теоретичному розподілу (2.94), отриманому в рамках гіпотези про рівномірність розташування місць відправлень і прибуттів на міській території, то вона була здійснена у порядку, викладеному в попередньому підрозділі:

- масиви відстаней розглядались окремо для кожної автостанції та напрямку пересування (до або з АС);
- узгодження між емпіричним та теоретичним розподілами відстаней пересувань оцінювалось у MS Excel;
- для оцінки рівня узгодження використовувався тест Колмогорова-Смирнова.

Побудовані теоретичний та емпіричний розподіли відстаней пересувань до та з АС «Рівне» наведені на рисунках 3.9 і 3.10, значення тесту Колмогорова-Смирнова – у таблиці 3.10.

Таблиця 3.10 – Оцінка відповідності між емпіричним і теоретичним розподілом відстаней пересувань до та з АС «Рівне» в рамках гіпотези про рівномірність розташування місць відправлень та прибуттів на міській території

| Напрямок пересування | Значення тесту Колмогорова-Смирнова | |
|----------------------|-------------------------------------|----------------------------------|
| | розрахункове | критичне (рівень значущості 5 %) |
| до АС «Рівне» | 0,394 | 0,454 |
| з АС «Рівне» | 0,441 | 0,454 |

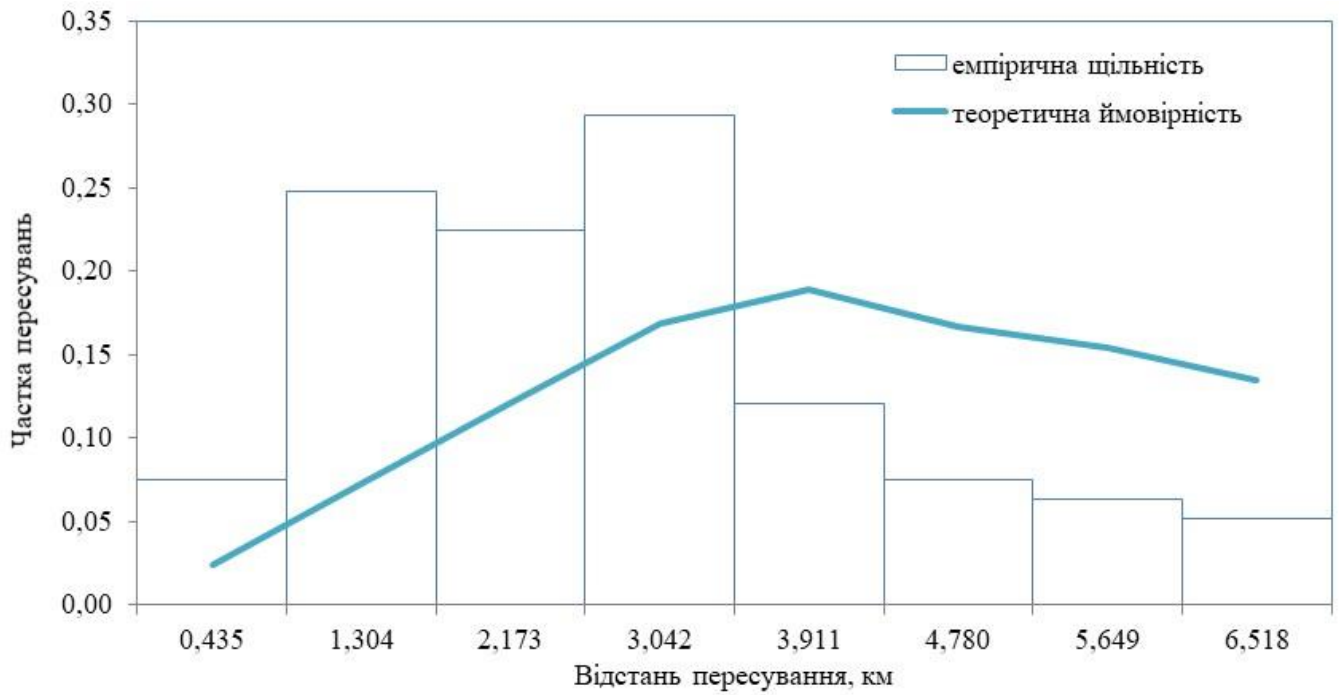


Рисунок 3.9 – Сумісний графік емпіричного розподілу відстаней пересувань з території міста до АС «Рівне» та теоретичного розподілу при рівномірному розташуванні місць тяжіння на міській території

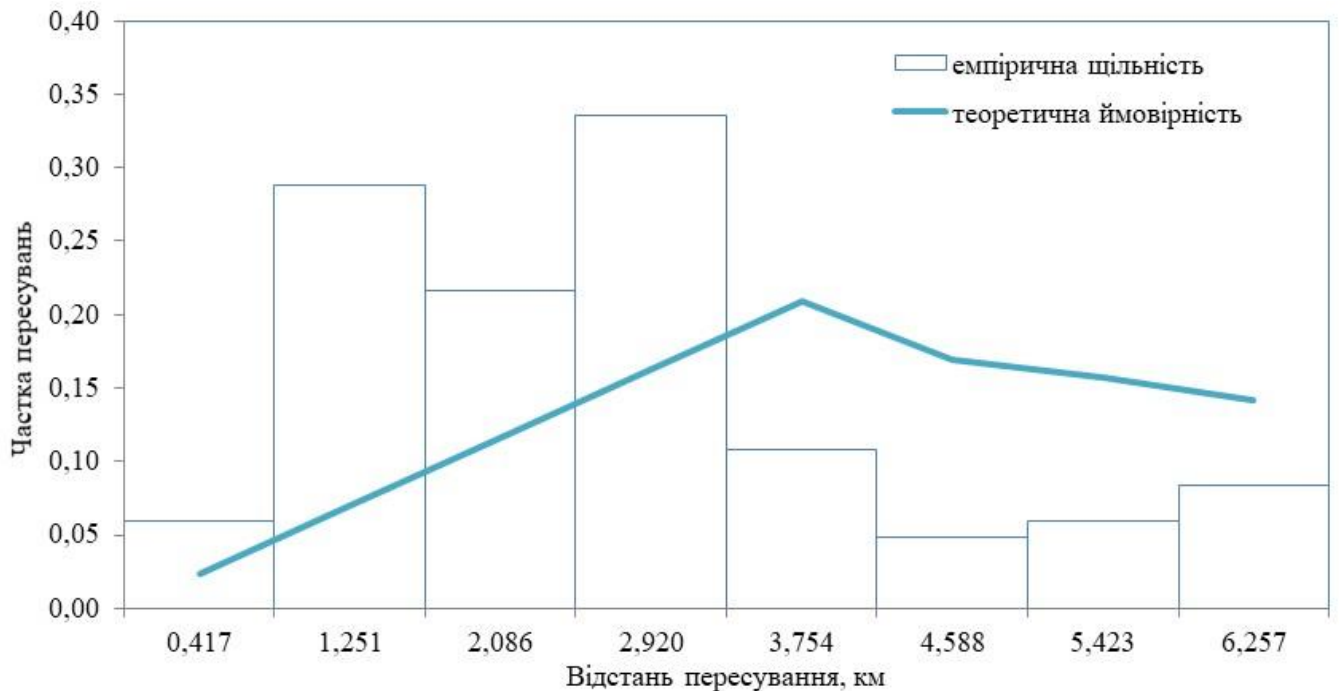


Рисунок 3.10 – Сумісний графік емпіричного розподілу пересувань з АС «Рівне» на територію міста та теоретичного розподілу при рівномірному розташуванні місць тяжіння на міській території

За результатами перевірки можна стверджувати, що відстані пересування до та з АС «Рівне» можна описати встановленим у підрозділі 2.2 теоретичним розподілом. Дана гіпотеза не спростовується на рівні значущості 5 %.

Графічне порівняння теоретичного та емпіричного розподілів відстаней пересувань до та з АС «Чайка» зображено на рисунках 3.11 і 3.12.

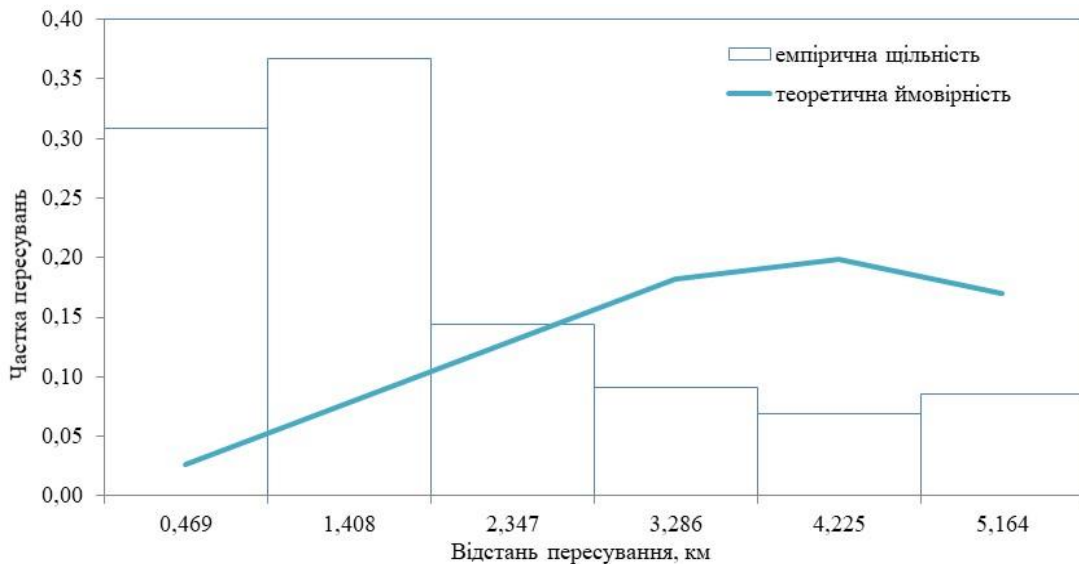


Рисунок 3.11 – Сумісний графік емпіричного розподілу відстаней пересувань з території міста до АС «Чайка» та теоретичного розподілу при рівномірному розташуванні місць тяжіння на міській території

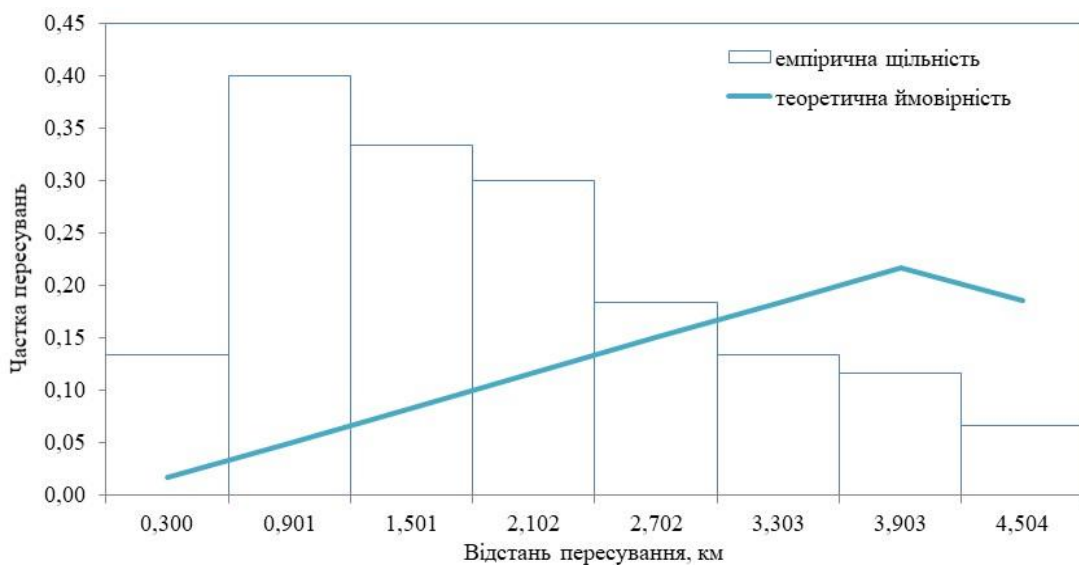


Рисунок 3.12 – Сумісний графік емпіричного розподілу пересувань з АС «Чайка» на територію міста та теоретичного розподілу при рівномірному розташуванні місць тяжіння на міській території

Значення тесту Колмогорова-Смирнова приведені у таблиці 3.11.

Таблиця 3.11 – Оцінка відповідності між емпіричним і теоретичним розподілом відстаней пересувань до та з АС «Чайка» в рамках гіпотези про рівномірність розташування місць відправлень та прибуттів на міській території

| Напрямок пересування | Значення тесту Колмогорова-Смирнова | |
|----------------------|-------------------------------------|----------------------------------|
| | розрахункове | критичне (рівень значущості 5 %) |
| до АС «Чайка» | 0,550 | 0,519 |
| з АС «Чайка» | 0,560 | 0,454 |

Дані наведеної таблиці говорять про те, що на рівні значущості 5 % гіпотезу про відповідність між емпіричним та теоретичним розподілом відстаней пересувань до та з АС «Чайка» слід відхилити.

Зіставлення теоретичного та емпіричного розподілів відстаней пересувань до та з п. «Залізничний» показане на рисунках 3.13 і 3.14, значення тесту Колмогорова-Смирнова наведені у таблиці 3.12.

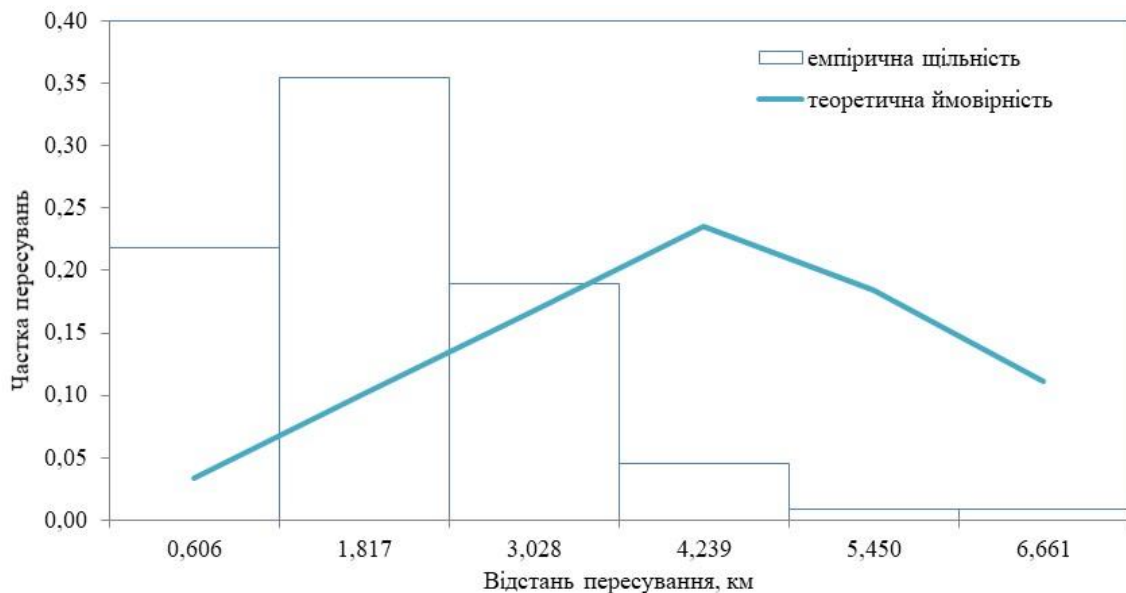


Рисунок 3.13 – Сумісний графік емпіричного розподілу відстаней пересувань з території міста до пункту відправки автобусів «Залізничний» та теоретичного розподілу при рівномірному розташуванні місць тяжіння на міській території

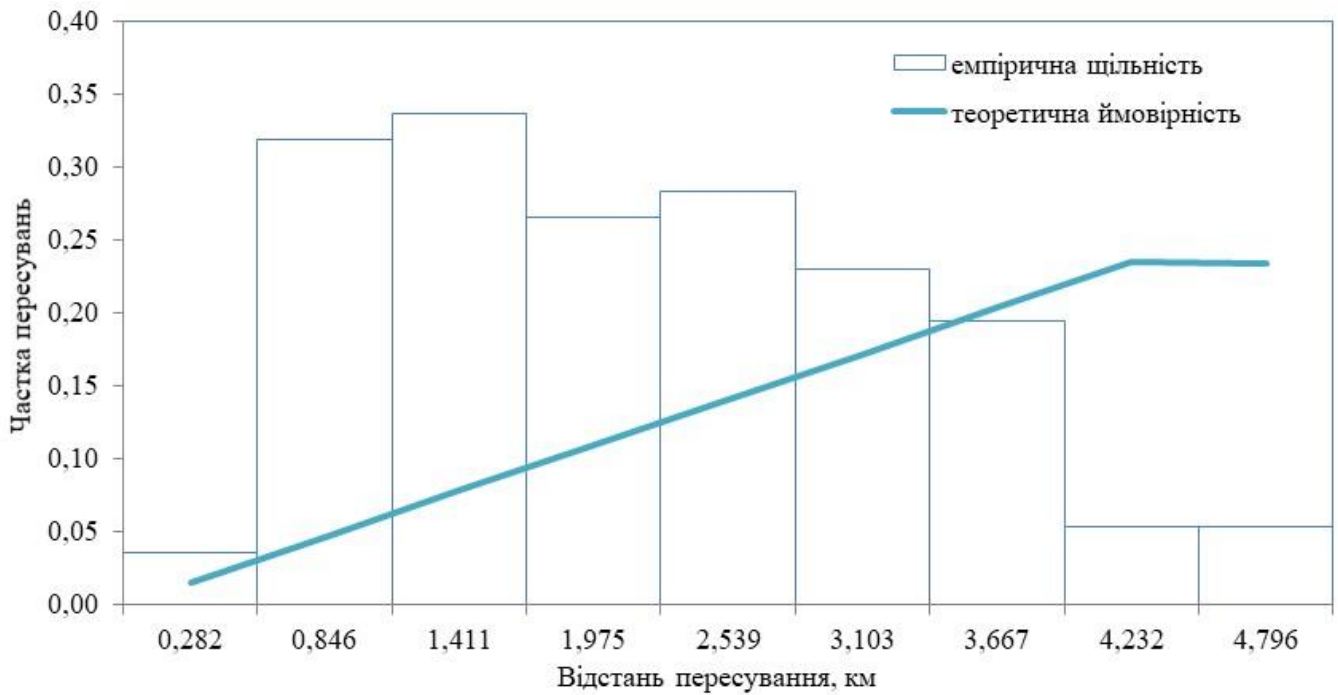


Рисунок 3.14 – Сумісний графік емпіричного розподілу відстаней пересувань з пункту відправки автобусів «Залізничний» на територію міста та теоретичного розподілу при рівномірному розташуванні місць тяжіння на міській території

Таблиця 3.12 – Оцінка відповідності між емпіричним і теоретичним розподілом відстаней пересувань до та з п. «Залізничний» в рамках гіпотези про рівномірність розташування місць відправлень та прибуттів на міській території

| Напрямок пересування | Значення тесту Колмогорова-Смирнова | |
|----------------------|-------------------------------------|----------------------------------|
| | розрахункове | критичне (рівень значущості 5 %) |
| до п. «Залізничний» | 0,558 | 0,519 |
| з п. «Залізничний» | 0,512 | 0,430 |

Інформація у таблиці 3.12 свідчить про те, що досліджуваний емпіричний розподіл відстаней пересувань має не випадкові розбіжності із теоретичним, і гіпотеза про відповідність між ними відхиляється на рівні значущості 5 %.

Згідно з отриманими результатами гіпотеза про відповідність емпіричного розподілу відстаней пересувань до та з ТПВ теоретичному, отриманому в рамках гіпотези про рівномірність розташування на території міста точок відправлень і

прибуттів пасажирів, підтверджується лише стосовно пересувань до АС «Рівне» та у зворотному напрямку. У випадку пересувань користувачів АС «Чайка» та пункту відправки автобусів «Залізничний» зазначена гіпотеза відхиляється навіть при поділі діапазону зафіксованих значень відстані на досить малу кількість інтервалів. В додаток до цього, візуальне порівняння побудованих емпіричних гістограм із теоретичними кривими вказує на досить суттєві розбіжності між ними. Це свідчить про недоцільність подальшого розгляду рівномірного розподілу як такого, котрим можна описати розташування місць генерації і поглинання міських пересувань користувачів ТПВ на території міста Рівне, але це не означає неможливості застосування даного розподілу в інших містах.

3.3 Формування транспортної моделі м. Рівне

Отримані у попередніх підрозділах результати відкривають можливість кількісної оцінки впливу розташування АС як об'єкту інфраструктури на функціонування міської ТС та розподіл потоків пасажирів транспортною мережею. При цьому можливою є оцінка ситуації не тільки для існуючого розташування станції, але і для потенційних місць її релокації або нового будівництва. Задля цього треба створити транспортну модель ГТ досліджуваного міста Рівне.

Розробка транспортної моделі м. Рівне потребує додаткового збору даних про транспортну пропозицію ГТ, яка являє собою його інфраструктуру і представляється трасами маршрутів всіх видів ГТ, рухомим складом та розкладами руху, ЗП тощо. Її моделювання зазвичай не викликає суттєвих складнощів і може бути виконане, спираючись на інформацію з відкритих джерел. Для м. Рівне такими джерелами виступили:

- а) офіційний портал Рівненської міської ради, на якому доступні:

1) інтерактивні карти міста [141], серед яких наявна карта ГТ м. Рівного, розташована на ресурсі Дозор Україна [142]. Карта містить дані про назви і траси маршрутів ГТ із розташуванням ЗП;

2) перелік укладених договорів з перевізниками [143] на обслуговування автобусних маршрутів ГТ [144], які, окрім свого прямого призначення, дають інформацію про моделі і кількість рухомого складу, що працює на маршрутах. Це, в свою чергу, дає змогу встановити місткість автобусів, задіяних у перевезеннях;

3) розклад руху автобусів на маршрутах [145];

б) офіційний сайт КП «Рівнеелектроавтотранс» Рівненської міської ради, на якому доступні:

1) траси тролейбусних маршрутів (схема руху тролейбусів) [146];

2) розклад руху тролейбусів на маршрутах [147].

Інформація із даних джерел була доповнена даними із широко використовуваного сервісу EasyWay [148], а також ресурсу «Міський електротранспорт» [149].

У даній дисертаційній роботі для створення моделі ТС ГТ м. Рівне був використаний німецький програмний продукт VISUM. В процесі моделювання ТС ГТ міста були виконані наступні роботи [76]:

- введені системи ГТ міста та швидкості руху ТЗ;
- введені вузли ВДМ;
- сформовані відрізки ВДМ;
- визначено вузли ВДМ, які є зупинками ГТ;
- введені траси маршрутів ГТ;
- вказаний тип ТЗ, які працюють на маршрутах, за допомогою таких елементів моделі, як «одиниці транспортних засобів» (призначені для моделювання окремих автобусів, тролейбусів тощо) та «секційності транспортних засобів» (поєднують в собі одну або більше «одиниць транспортних засобів» та забезпечують можливість моделювання складаних ТЗ);
- вказані розклади руху на маршрутах ГТ.

Як видно з наведеного переліку, створення ТС ГТ у VISUM розпочинається із

визначення систем транспорту, що функціонують у місті, та основних параметрів їх роботи. В системі ГТ м. Рівне взаємодіють наступні системи транспорту:

- система руху тролейбусів;
- система руху автобусів;
- система руху маршрутних таксі;
- система руху пішоходів.

Головним показником, який необхідно враховувати під час введення в модель системи транспорту, є швидкість сполучення на маршрутах. Для усіх систем транспорту її можна призначити у відповідності до Державних Будівельних Норм України [23] та з урахуванням стану рухомого складу, розміру міста і умов руху в ньому.

Основна задача, що покладена на ГТ – це задоволення потреб пасажирів у пересуваннях, і тому їх урахування при моделюванні ТС ГТ є обов’язковим. Процес пересування пасажирів по мережі описується за допомогою МПК, але для моделювання підходів пасажирів до зупинок відправлення, переходів між зупинками при виконанні пересадки, а також відходів від зупинок прибуття треба враховувати швидкість їх пішої ходьби, яка була прийнята рівною 4 км/год [150]. Показники швидкості руху, що було введено у програму VISUM, наведені у таблиці 3.13.

Таблиця 3.13 – Значення швидкості сполучення для систем транспорту в моделі ТС ГТ м. Рівне

| Система транспорту | Код системи транспорту у VISUM | Швидкість сполучення, км/год |
|--------------------|--------------------------------|------------------------------|
| Тролейбус | TL | 18 |
| Автобус | A | 18 |
| Маршрутне таксі | MT | 20 |
| Пішоходи | W | 4 |

Вихідними даними для моделювання ВДМ є карта м. Рівне. Для створення цифрової моделі транспортної мережі карта міста була використана як фонове зо-

браження. Одним із альтернативних варіантів завантаження карти, що може бути використана як фонове зображення, є карта із сервера <https://www.openstreetmap.org/>. Така карта є високодеталізованою та з достатньою точністю відбиває необхідні для моделювання елементи – вулиці і дороги, а також об’єкти міської інфраструктури. Зображення карти, котра була використана для моделювання ВДМ, наведене на рисунку 3.15.



Рисунок 3.15 – Карта м. Рівне, використана при розробці моделі ТС ГТ

На карту, імпортовану до програмного середовища VISUM, були нанесені вузли та відрізки. Вузли – це точкові об’єкти мережі у VISUM, які визначають просторове положення перехресть, зупинок ГТ та інших об’єктів, важливих для відтворення переміщень населення. Вони є початковими або кінцевими точками відрізків ВДМ.

Відрізки у VISUM з’єднують вузли і таким чином описують ділянки ВДМ. Відрізок – це спрямоване ребро, яке характеризується прямим і зворотним напрямком, котрі є самостійними об’єктами мережі.

Кожен із зазначених об’єктів мережі описується переліком атрибутів. Напри-

клад, відрізок характеризується довжиною, переліком допущених систем транспорту, пропускною спроможністю, допустимою швидкістю руху, можливими напрямками руху, завантаженістю. Моделювання ВДМ відбувалось шляхом поступового нанесення на карту вузлів та з'єднання їх відрізками. Таким чином була сформована основа для відтворення ММ міста. Всього на карту міста було нанесено 485 вузлів (рисунок 3.16) та 601 відрізок (рисунок 3.17).

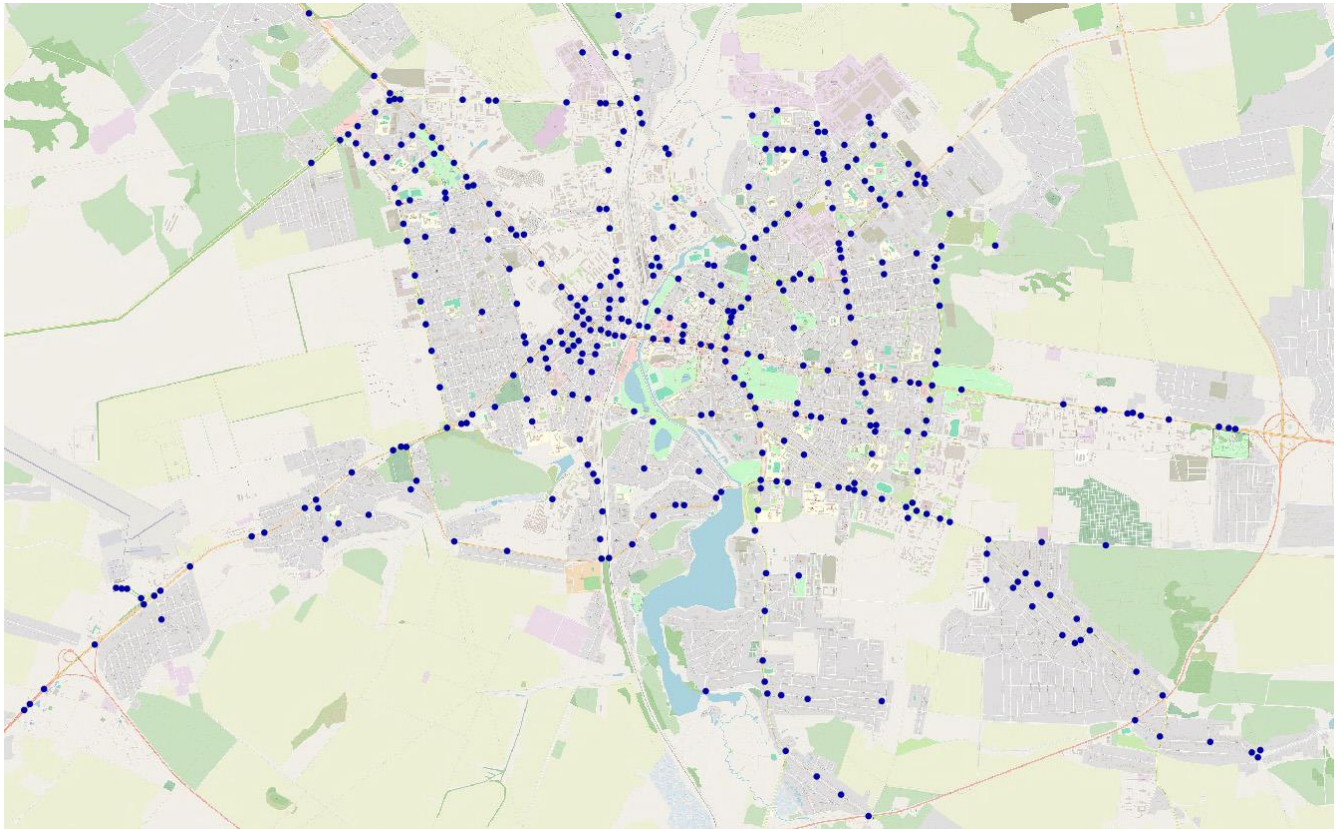


Рисунок 3.16 – Вузли ВДМ м. Рівне

В результаті загальна протяжність змодельованої ВДМ склала 130,4 км.

На наступному етапі у транспортну модель були внесені зупинки ГТ. Під зупинкою у даному випадку розуміється зона, котра може поєднувати декілька територіально наближених зупиночних пунктів, на яких можуть зупинятися маршрутні ТЗ для посадки і висадки пасажирів і які розташовані у прямому та зворотному напрямках на ділянці ВДМ.

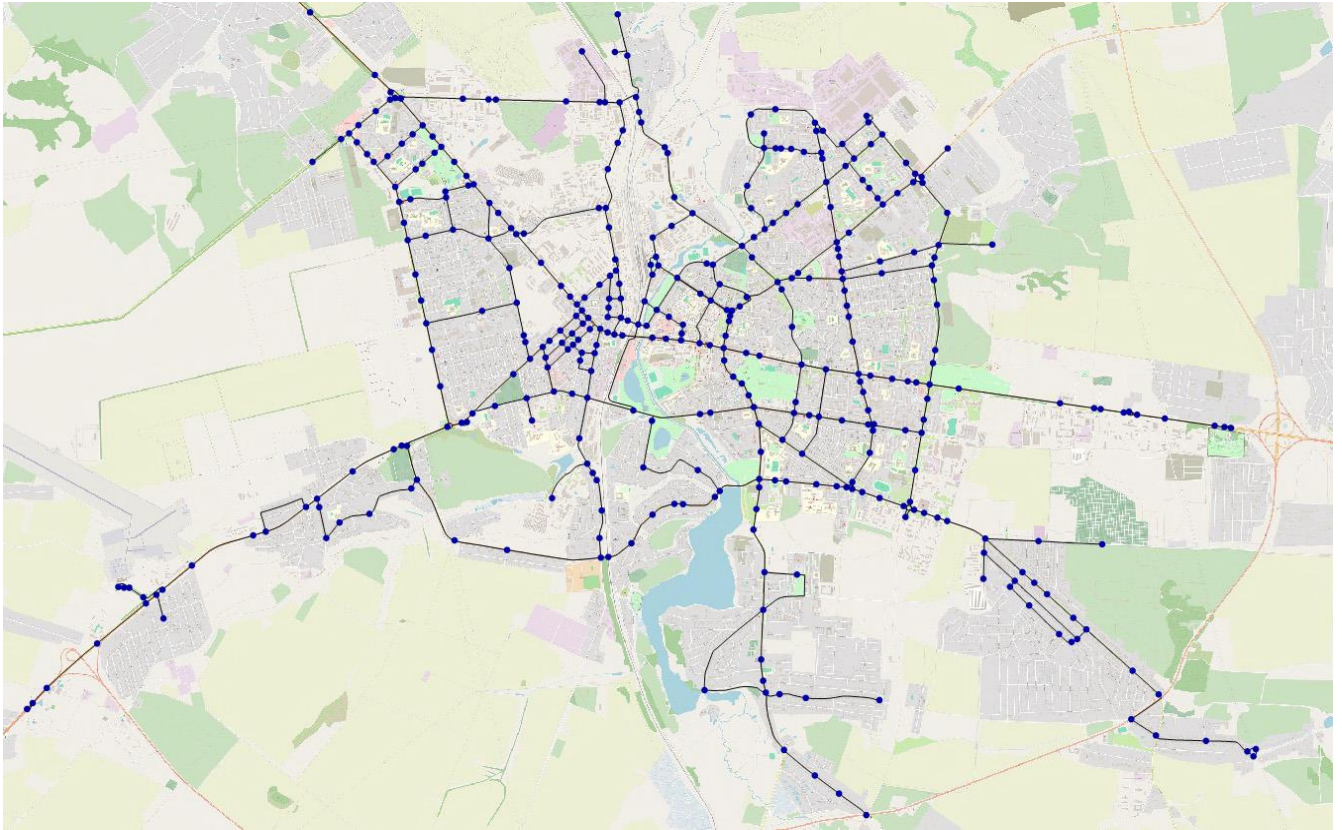
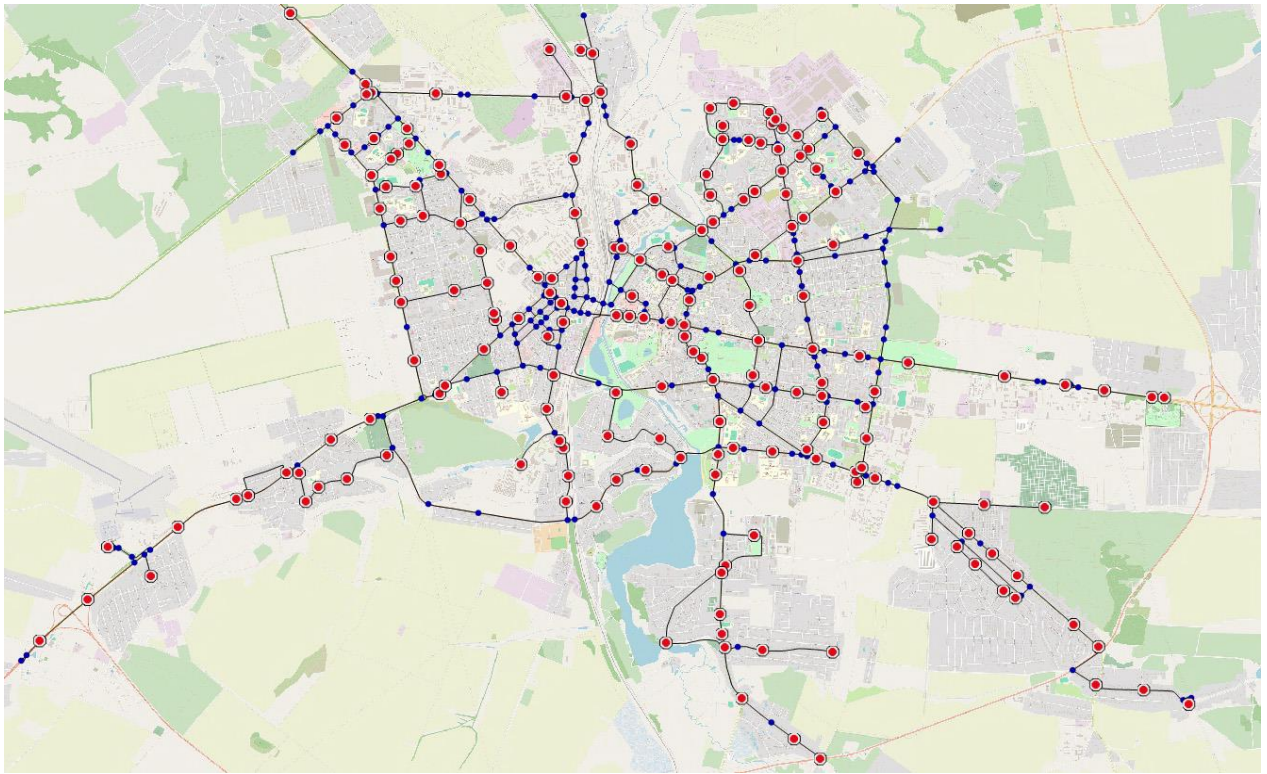


Рисунок 3.17 – Модель вулично-дорожньої мережі, по якій рухається ГТ у м. Рівне

Загальна кількість зупинок, внесених у модель, склала 198 од. Їх просторове розташування відбите на рисунку 3.18.

Наступним етапом моделювання стало введення маршрутів ГТ, а саме траси кожного маршруту із зупинками, які вони обслуговують, та розкладами руху рухомого складу.

Діюча ММ ГТ м. Рівне налічує 11 тролейбусних і 4 автобусних маршрути, рух на яких організований у звичайному режимі, та 16 автобусних маршрутів, перевезення на яких здійснюються у режимі маршрутного таксі. Кожен із маршрутів має прямий та зворотний напрямок, траси проходження яких були введенні у транспортну модель (рисунок 3.19).



Умовні позначення:

● – зупинки ГТ

Рисунок 3.18 – Просторове розташування зупинок ГТ міста Рівне

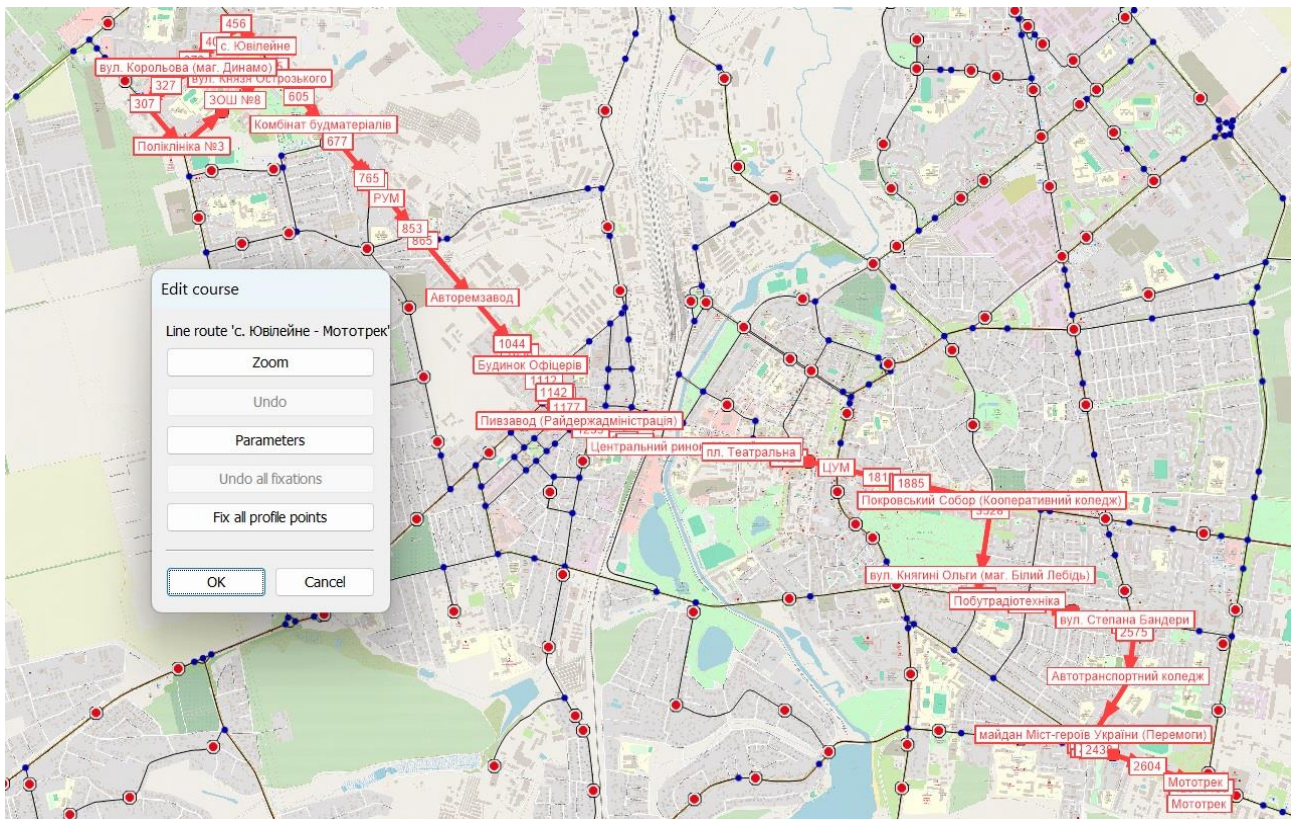


Рисунок 3.19 – Приклад введення траси тролейбусного маршруту №1

Перелік внесених у модель маршрутів та їх техніко-експлуатаційні характеристики наведено у таблиці 3.14.

Таблиця 3.14 – Техніко-експлуатаційні характеристики діючої ММ м. Рівне

| Маршрут | Напрямок руху | Довжина маршруту, км | Час сполучення на маршруті, год | Кількість зупинок, од. |
|----------------------|---------------|----------------------|---------------------------------|------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Тролейбусні маршрути | | | | |
| 1 | прямий | 9,73 | 0,54 | 20 |
| | зворотний | 9,87 | 0,55 | 21 |
| 2 | прямий | 8,74 | 0,49 | 15 |
| | зворотний | 8,45 | 0,47 | 15 |
| 3 | прямий | 5,49 | 0,31 | 12 |
| | зворотний | 5,74 | 0,32 | 9 |
| 4 | прямий | 5,68 | 0,32 | 12 |
| | зворотний | 6,00 | 0,33 | 12 |
| 4а | прямий | 5,68 | 0,32 | 12 |
| | зворотний | 6,13 | 0,34 | 12 |
| 7 | прямий | 7,69 | 0,43 | 16 |
| | зворотний | 7,71 | 0,43 | 14 |
| 9 | прямий | 4,97 | 0,28 | 13 |
| | зворотний | 4,93 | 0,27 | 11 |
| 9а | прямий | 5,10 | 0,28 | 13 |
| | зворотний | 4,93 | 0,27 | 11 |
| 10 | прямий | 8,17 | 0,45 | 14 |
| | зворотний | 9,86 | 0,55 | 20 |
| 11 | прямий | 13,32 | 0,74 | 25 |
| | зворотний | 9,56 | 0,53 | 18 |
| 12 | прямий | 9,26 | 0,52 | 19 |
| | зворотний | 13,81 | 0,77 | 23 |

Продовження таблиці 3.14

| Автобусні маршрути | | | | |
|--------------------|-----------|-------|------|----|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | прямий | 10,91 | 0,61 | 21 |
| | зворотний | 9,62 | 0,54 | 17 |
| 4 | прямий | 13,68 | 0,76 | 26 |
| | зворотний | 13,86 | 0,77 | 26 |
| 6 | прямий | 11,42 | 0,63 | 21 |
| | зворотний | 13,78 | 0,77 | 26 |
| 7 | прямий | 10,86 | 0,6 | 16 |
| | зворотний | 10,76 | 0,6 | 18 |
| Маршрутні таксі | | | | |
| 35 | прямий | 13,67 | 0,68 | 24 |
| | зворотний | 12,65 | 0,63 | 26 |
| 35a | прямий | 12,72 | 0,64 | 26 |
| | зворотний | 13,51 | 0,68 | 25 |
| 37 | прямий | 8,86 | 0,44 | 18 |
| | зворотний | 5,79 | 0,29 | 13 |
| 38 | прямий | 8,28 | 0,41 | 16 |
| | зворотний | 9,38 | 0,47 | 22 |
| 38a | прямий | 10,88 | 0,55 | 22 |
| | зворотний | 8,28 | 0,41 | 15 |
| 43 | прямий | 9,24 | 0,46 | 19 |
| | зворотний | 9,64 | 0,48 | 19 |
| 45 | прямий | 12,88 | 0,64 | 23 |
| | зворотний | 14,90 | 0,75 | 30 |
| 47 | прямий | 14,51 | 0,73 | 23 |
| | зворотний | 15,71 | 0,79 | 24 |
| 47a | прямий | 11,04 | 0,55 | 19 |
| | зворотний | 11,21 | 0,56 | 19 |
| 53 | прямий | 10,21 | 0,51 | 19 |
| | зворотний | 9,21 | 0,46 | 14 |
| 56 | прямий | 4,81 | 0,24 | 9 |
| | зворотний | 5,71 | 0,29 | 11 |

Закінчення таблиці 3.14

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|-----|-----------|-------|------|----|
| 57 | прямий | 7,73 | 0,39 | 20 |
| | зворотний | 8,59 | 0,43 | 18 |
| 61 | прямий | 11,97 | 0,6 | 23 |
| | зворотний | 10,40 | 0,52 | 21 |
| 61a | прямий | 13,50 | 0,68 | 23 |
| | зворотний | 11,93 | 0,6 | 21 |
| 64 | прямий | 10,98 | 0,55 | 19 |
| | зворотний | 10,94 | 0,55 | 20 |
| 66 | прямий | 10,64 | 0,53 | 20 |
| | зворотний | 10,11 | 0,51 | 19 |

Для кожного із маршрутів у моделі був введений розклад руху рухомого складу, рисунок 3.20.

| 143 vehicle journeys | | | | | | | | | |
|------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------|-----------|
| No | 11895 | 11896 | 11897 | 11898 | 11899 | 11900 | 11901 | | |
| Name | MT 57 | MT 57 | MT 57 | MT 57 | MT 57 | MT 57 | MT 57 | | |
| DirectionCode | > | > | > | > | > | > | > | | |
| FromTPProfileIdentifier | 1: 12341425 | 1: 12341425 | 1: 12341425 | 1: 12341425 | 1: 12341425 | 1: 12341425 | 1: 12341425 | | |
| Dep | 06:00:00 | 06:06:00 | 06:12:00 | 06:18:00 | 06:24:00 | 06:30:00 | 06:36:00 | | |
| Arr | 06:25:44 | 06:31:44 | 06:37:44 | 06:43:44 | 06:49:44 | 06:55:44 | 07:01:44 | | |
| ToTPProfileIdentifier | 18: 1897 | 18: 1897 | 18: 1897 | 18: 1897 | 18: 1897 | 18: 1897 | 18: 1897 | | |
| OperatorIdentifier | | | | | | | | | |
| CountVehJourneySections | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | |
| IsCoupled | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| ServTripPatNo | | 73 | 73 | 73 | 73 | 73 | 73 | | |
| LineRouteLineVehCombNo | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | | |
| 143 vehicle journey sections | | | | | | | | | |
| VehCombIdentifier | 6 MSB | 6 MSB | 6 MSB | 6 MSB | 6 MSB | 6 MSB | 6 MSB | | |
| ValidDaysIdentifier | 1 Ежедн. | 1 Ежедн. | 1 Ежедн. | 1 Ежедн. | 1 Ежедн. | 1 Ежедн. | 1 Ежедн. | | |
| FromTPProfileIdentifier | 1: 12341425 | 1: 12341425 | 1: 12341425 | 1: 12341425 | 1: 12341425 | 1: 12341425 | 1: 12341425 | | |
| Dep | 06:00:00 | 06:06:00 | 06:12:00 | 06:18:00 | 06:24:00 | 06:30:00 | 06:36:00 | | |
| Arr | 06:25:44 | 06:31:44 | 06:37:44 | 06:43:44 | 06:49:44 | 06:55:44 | 07:01:44 | | |
| ObjNo | ObjCode | ObjName | Arr / Dep | Arr / Dep | Arr / Dep | Arr / Dep | Arr / Dep | Arr / Dep | Arr / Dep |
| 12341425 | | | 06:00:00 | 06:06:00 | 06:12:00 | 06:18:00 | 06:24:00 | 06:30:00 | 06:36:00 |
| 12341438 | | vul. Kurchatova | 06:01:21 | 06:07:21 | 06:13:21 | 06:19:21 | 06:25:21 | 06:31:21 | 06:37:21 |
| 12341437 | | ATP 1728 | 06:03:37 | 06:09:37 | 06:15:37 | 06:21:37 | 06:27:37 | 06:33:37 | 06:39:37 |
| 3644 | | Mototrek | 06:04:17 | 06:10:17 | 06:16:17 | 06:22:17 | 06:28:17 | 06:34:17 | 06:40:17 |
| 12341471 | | | 06:05:21 | 06:11:21 | 06:17:21 | 06:23:21 | 06:29:21 | 06:35:21 | 06:41:21 |
| 2909 | | Radiozavod | 06:07:04 | 06:13:04 | 06:19:04 | 06:25:04 | 06:31:04 | 06:37:04 | 06:43:04 |
| 2782 | | Avtovokzal | 06:09:01 | 06:15:01 | 06:21:01 | 06:27:01 | 06:33:01 | 06:39:01 | 06:45:01 |
| 2460 | | ZOSh.№12 | 06:10:42 | 06:16:42 | 06:22:42 | 06:28:42 | 06:34:42 | 06:40:42 | 06:46:42 |
| 2385 | | Bulvar Khmelny | 06:12:39 | 06:18:39 | 06:24:39 | 06:30:39 | 06:36:39 | 06:42:39 | 06:48:39 |
| 2340 | | Dybiacha polik | 06:13:56 | 06:19:56 | 06:25:56 | 06:31:56 | 06:37:56 | 06:43:56 | 06:49:56 |
| 2303 | | TTs «Chaika» | 06:15:10 | 06:21:10 | 06:27:10 | 06:33:10 | 06:39:10 | 06:45:10 | 06:51:10 |

Рисунок 3.20 – Приклад введення розкладу руху для маршрутного таксі №57

В результаті моделювання у VISUM була отримана мережа тролейбусних маршрутів, мережа автобусних маршрутів та мережа маршрутів маршрутних таксі, які

наведені на рисунках 3.21-3.23 відповідно.

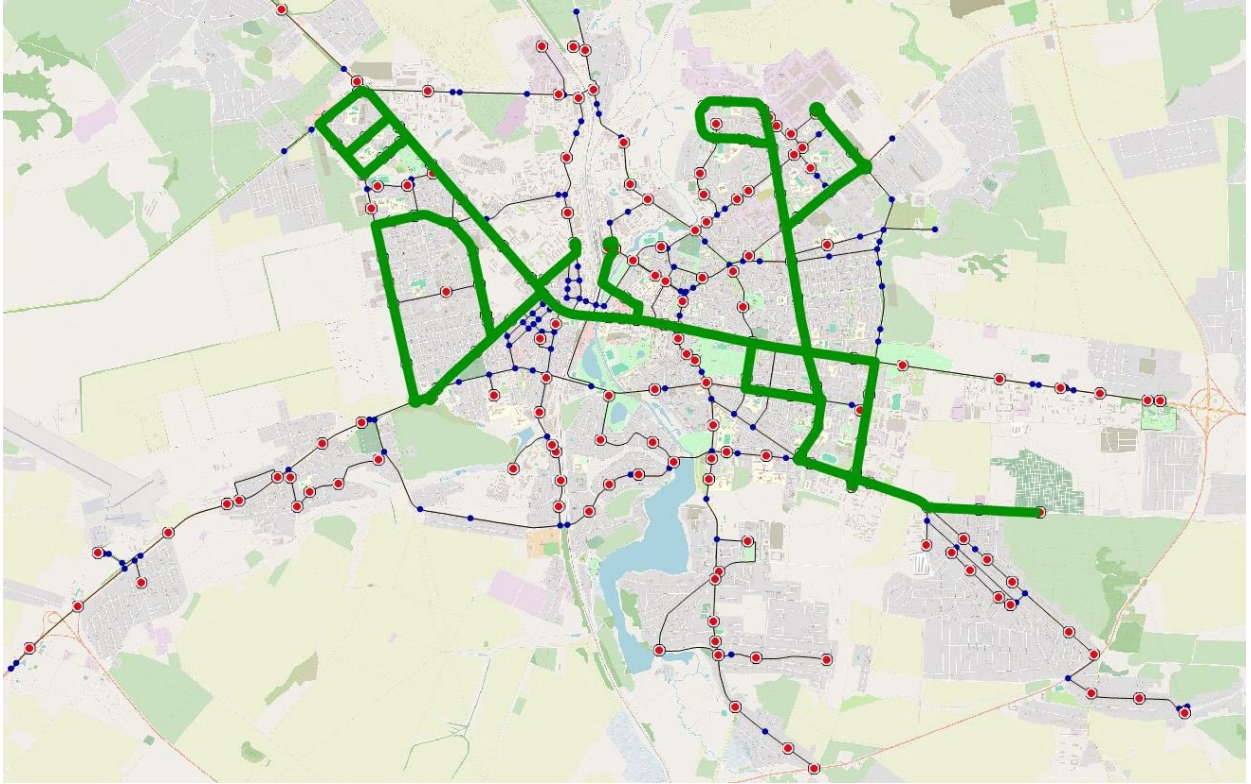


Рисунок 3.21 – Мережа тролейбусних маршрутів м. Рівне

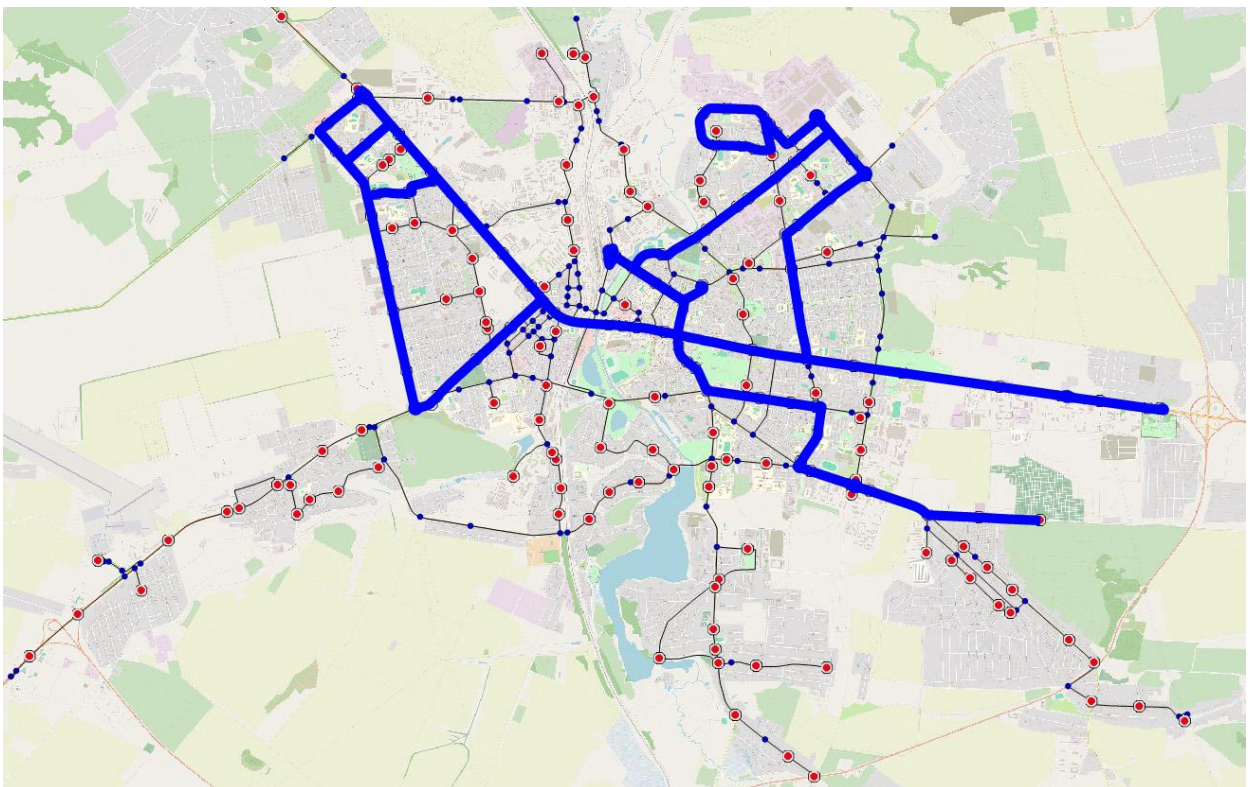


Рисунок 3.22 – Мережа автобусних маршрутів м. Рівне,
які працюють у звичайному режимі

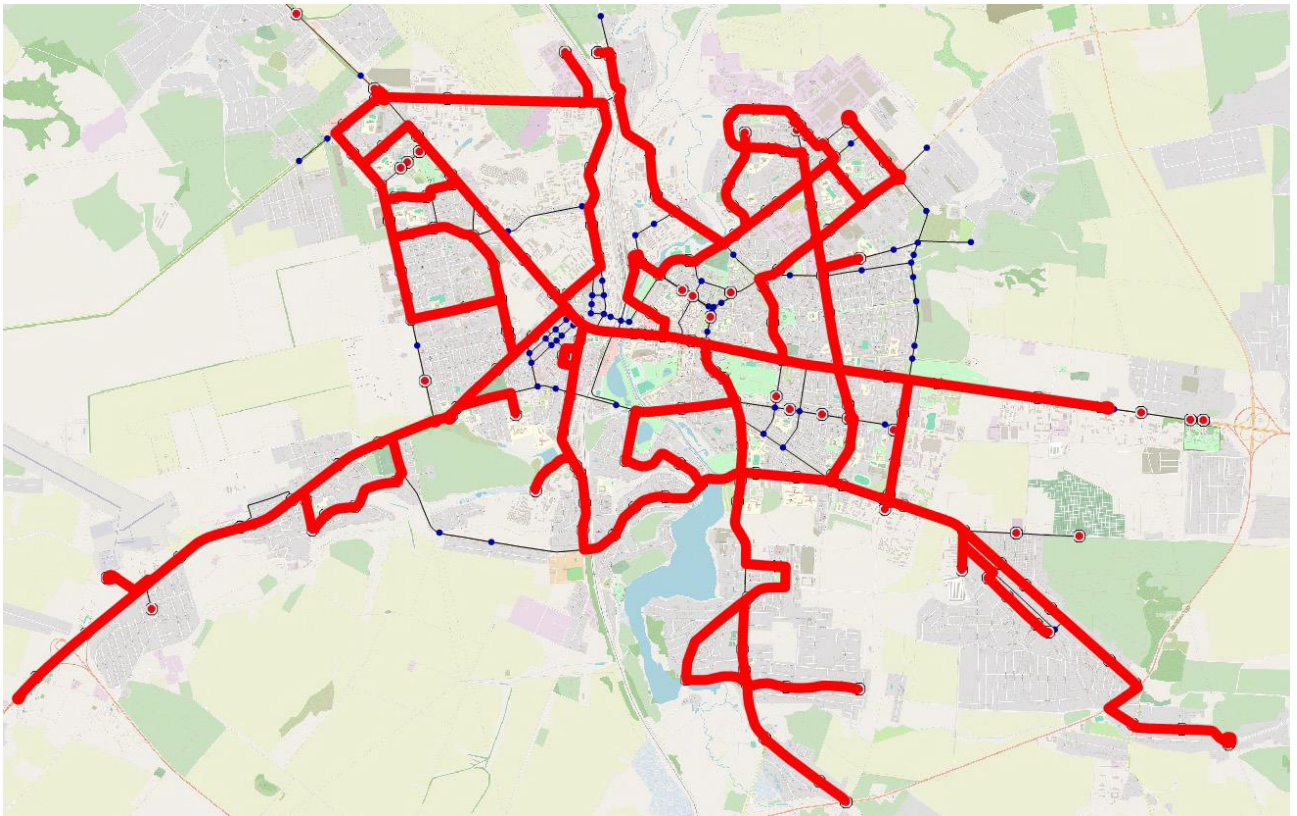


Рисунок 3.23 – Мережа маршрутних таксі м. Рівне

Що стосується моделі транспортного попиту, ключовим елементом якої є МПК, то для її отримання у даній дисертаційній роботі були використані добові обсяги відправлень пасажирів з АС м. Рівне (таблиця 3.4), дані щодо кількості виборців по виборчих дільницях міста та аналітичний вираз розподіл відстаней пересувань (2.60), можливість використання якого була експериментально підтверджена у пункті 3.2.1.

З метою розрахунку МПК територія міста Рівне була поділена на ТР, спираючись на межі виборчих дільниць, рисунок 3.24, та з урахуванням функціонального призначення міської території. В результаті були отримані 29 ТР, які представляють собою однорідні з транспортної точки зору, відносно обмежені елементи території міста, графічне зображення яких наведено на рисунку 3.25.

Для прив'язки потреб населення у пересуваннях (представлених МК) до моделі транспортної пропозиції були розставлені спеціальні об'єкти транспортної моделі у VISUM – примикання. Примикання умовно відбивають основні напрямки

піших пересувань між центром тяжіння ТР та вузлами ВДМ в обох напрямках (примикання джерела (зародження) і мети (призначення) пересування) [76].

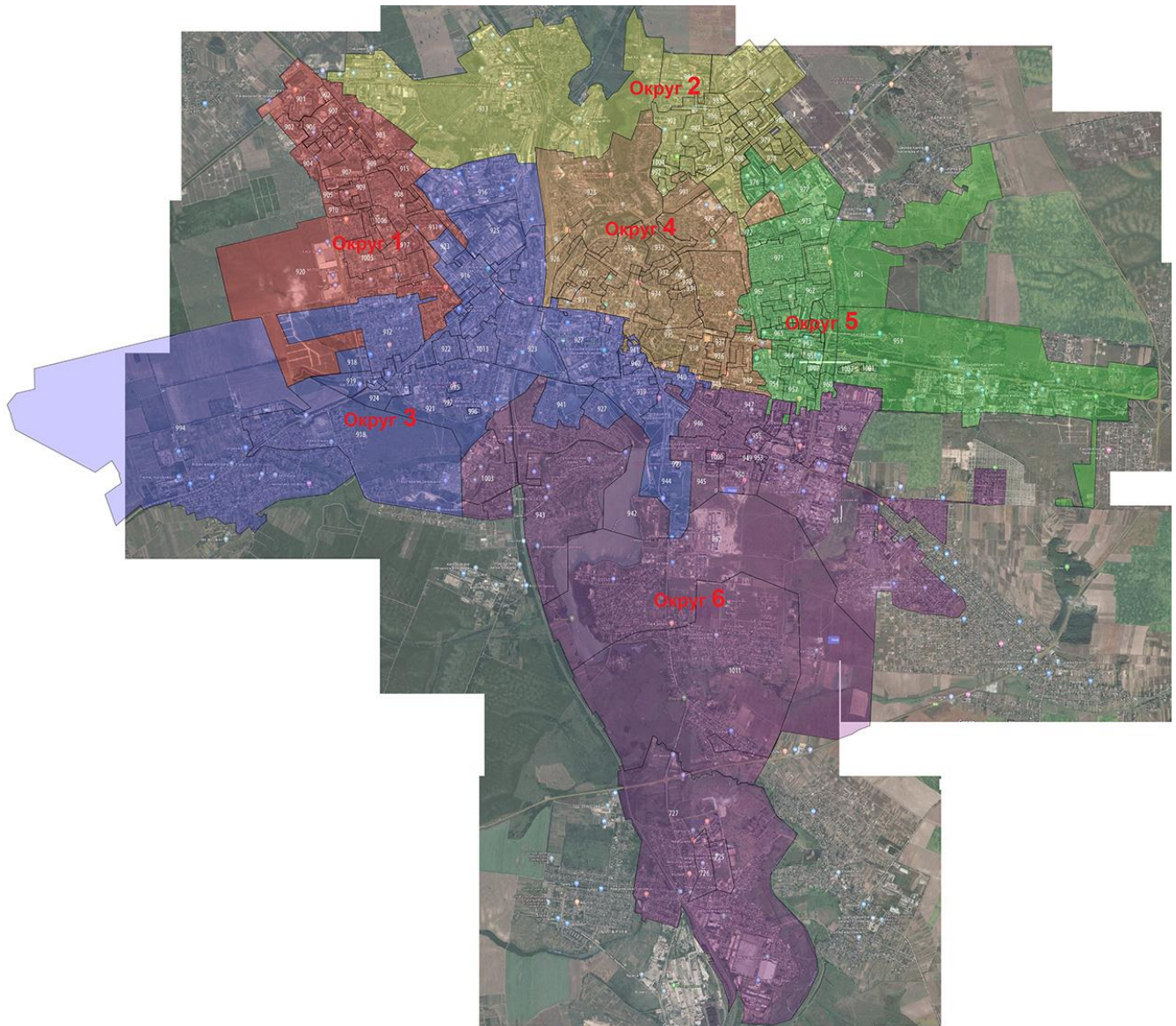


Рисунок 3.24 – Межі виборчих дільниць та округів міста Рівне [151]

Графічне зображення примикань наведено на рисунку 3.26.

Забезпечити надійний прогноз потреб населення у пересуваннях можна, користуючись фактичними даними, якими у даній роботі виступили кількість виборців по виборчих дільницях та добові обсяги відправлень пасажирів з АС міста.

Спираючись на кількість виборців та на визначені у попередньому підрозділі обсяги відправлень пасажирів з кожної із розглядуваних АС у м. Рівне, можна отримати оцінку пасажирогенеруючої та пасажиропоглинаючої здатності ТР.

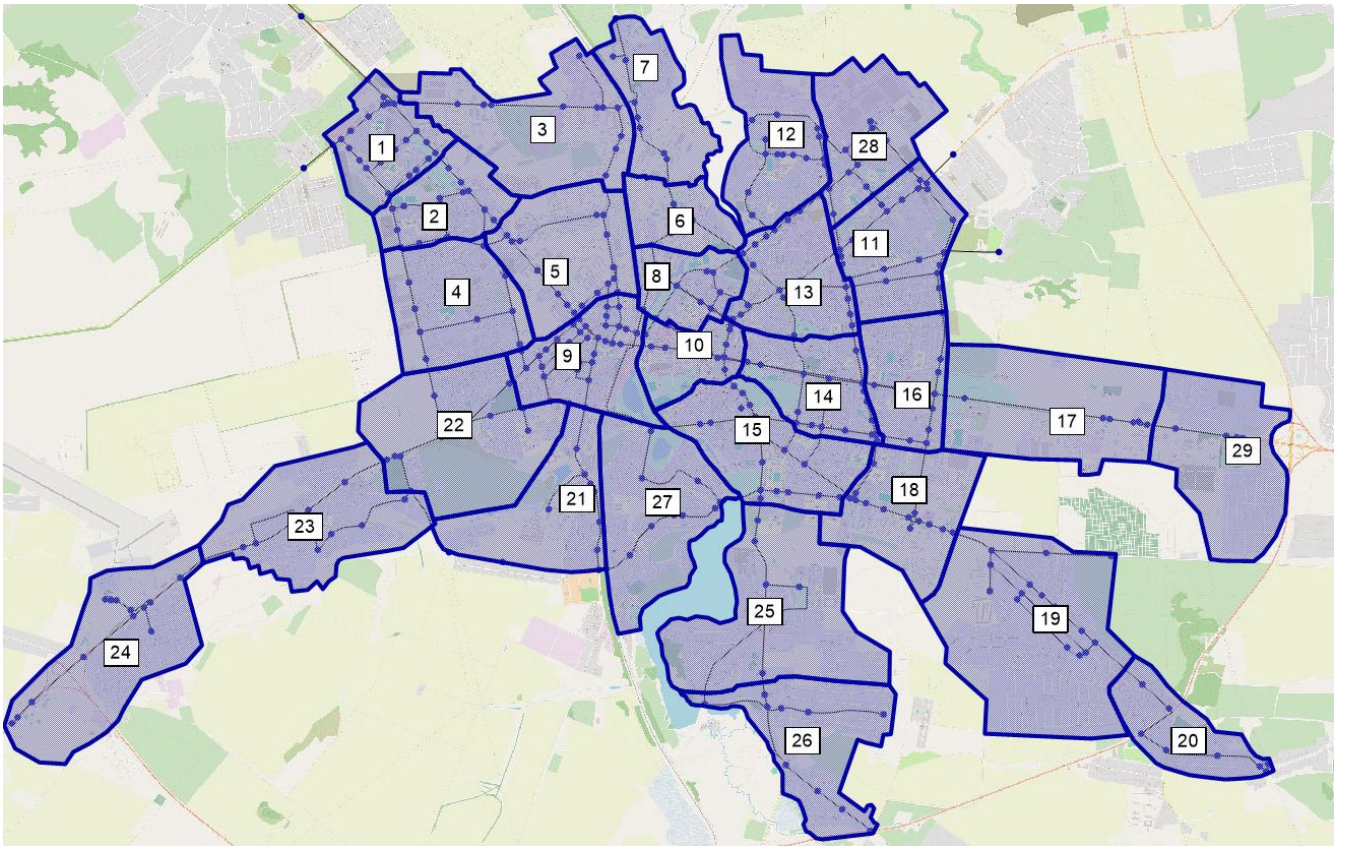


Рисунок 3.25 – Поділ території міста Рівне на транспортні райони

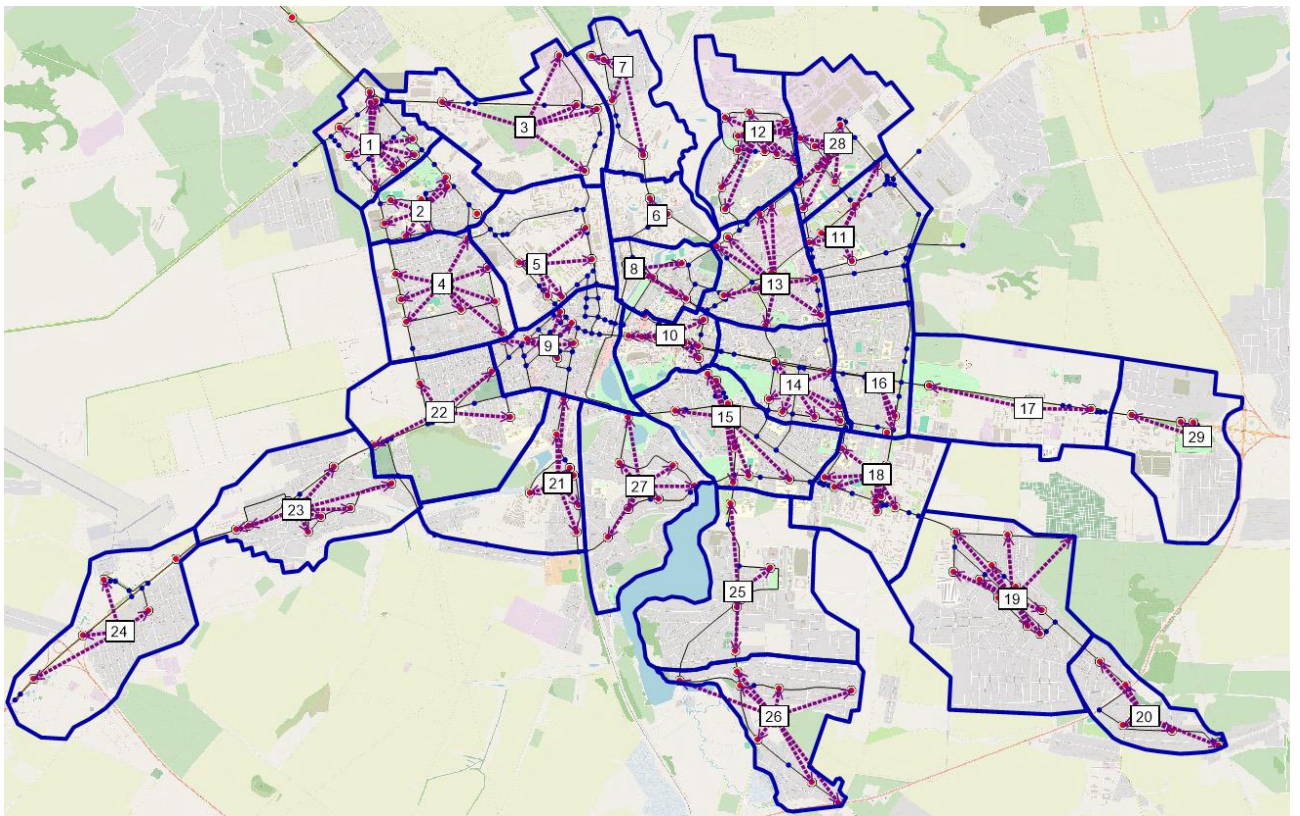


Рисунок 3.26 – Примикання від центрів транспортних районів до вузлів ВДМ м. Рівне

Для випадку пересувань до АС це можна зробити наступним чином:

а) обсяги ТР по прибуттю прийняти рівними обсягам відправлень пасажирів з АС у міжміському сполученні:

$$A_j = q_{s \in j}, \quad (3.4)$$

де A_j – місткість j -го ТР по прибуттю при наявності у ньому s -ї АС, пас./добу.

Оскільки у даному дослідженні розглядаються три АС міста, то це означає, що обсяги по прибуттю будуть ненульовими лише для трьох ТР – тих, де знаходяться АС:

- 1) АС «Рівне» – на території ТР 16;
- 2) АС «Чайка» – на території ТР 11;
- 3) п. Залізничний – на території ТР 8;

б) обсяги ТР по відправленню визначити як такі, що в сумі дорівнюють загальному обсягу відправлень пасажирів з АС у міжміському сполученні та є пропорційними кількості виборців по ТР:

$$D_i = \sum_s q_s \cdot \frac{v_i}{\sum_i v_i}, \quad (3.5)$$

де D_i – місткість i -го ТР по прибуттю, пас./добу;

v_i – кількість виборців, належних до i -го ТР. Величина v_i була визначена, спираючись на те, яка частка території виборчої дільниці з урахуванням наявної забудови знаходиться на території ТР.

Використовуючи такий підхід, були визначені місткості ТР по відправленню і прибуттю пасажирів при пересуваннях до АС міста, які наведені у таблиці 3.15.

Таблиця 3.15 – Місткості ТР, які характеризують пересуваннях до АС міста Рівне, пас./добу

| ТР | Місткість по відправленню | Місткість по прибуттю |
|----|---------------------------|-----------------------|
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | 252 | 0 |
| 2 | 289 | 0 |
| 3 | 32 | 0 |
| 4 | 216 | 0 |
| 5 | 132 | 0 |
| 6 | 40 | 0 |
| 7 | 16 | 0 |
| 8 | 128 | 300 |
| 9 | 146 | 0 |
| 10 | 73 | 0 |
| 11 | 278 | 1775 |
| 12 | 456 | 0 |
| 13 | 225 | 0 |
| 14 | 311 | 0 |
| 15 | 298 | 0 |
| 16 | 468 | 2725 |
| 17 | 52 | 0 |
| 18 | 219 | 0 |
| 19 | 22 | 0 |
| 20 | 22 | 0 |
| 21 | 90 | 0 |
| 22 | 179 | 0 |
| 23 | 74 | 0 |
| 24 | 19 | 0 |
| 25 | 102 | 0 |

Закінчення таблиці 3.15

| | | |
|--------|------|------|
| 1 | 2 | 3 |
| 26 | 186 | 0 |
| 27 | 118 | 0 |
| 28 | 352 | 0 |
| 29 | 5 | 0 |
| Всього | 4800 | 4800 |

Що стосується місткостей ТР для випадку пересувань з АС, то для їх визначення можна скористатись припущенням про те, що містяни, котрі повертаються на АС із міжміських поїздок, прямують у місто до місць їх відправлення у такі поїздки. У цьому випадку місткості ТР у таблиці 3.15 змінять свої ролі на протилежні – відправлення кількісно відповідатимуть прибуттям, а прибуття – відправленням, таблиця 3.16.

Таблиця 3.16 – Місткості ТР, які характеризують пересуваннях з АС міста Рівне, пас./добу

| ТР | Місткість по відправленню | Місткість по прибуттю |
|----|---------------------------|-----------------------|
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | 0 | 252 |
| 2 | 0 | 289 |
| 3 | 0 | 32 |
| 4 | 0 | 216 |
| 5 | 0 | 132 |
| 6 | 0 | 40 |
| 7 | 0 | 16 |
| 8 | 300 | 128 |
| 9 | 0 | 146 |
| 10 | 0 | 73 |

Закінчення таблиці 3.16

| 1 | 2 | 3 |
|--------|------|------|
| 11 | 1775 | 278 |
| 12 | 0 | 456 |
| 13 | 0 | 225 |
| 14 | 0 | 311 |
| 15 | 0 | 298 |
| 16 | 2725 | 468 |
| 17 | 0 | 52 |
| 18 | 0 | 219 |
| 19 | 0 | 22 |
| 20 | 0 | 22 |
| 21 | 0 | 90 |
| 22 | 0 | 179 |
| 23 | 0 | 74 |
| 24 | 0 | 19 |
| 25 | 0 | 102 |
| 26 | 0 | 186 |
| 27 | 0 | 118 |
| 28 | 0 | 352 |
| 29 | 0 | 5 |
| Всього | 4800 | 4800 |

Подібна ситуація у поєднанні із застосуванням будь-якої моделі розрахунку МПК з подвійним обмеженням на значення місткостей ТР (doubly-constrained model [55]) однозначно визначає матриці, що відбивають пересування до та з кожної окремої АС – одна з них являтиме собою таблицю із трьома заповненими стовпцями, а друга – трьома заповненими рядками. Для отримання єдиної (загальної) МК для усіх АС зазначені матриці достатньо скласти між собою поелементно.

В той же час, з огляду на випадковість транспортного попиту та доцільність застосування інтервального підходу до його моделювання, висновок про що був зроблений за підсумками першого розділу роботи, науковий і практичний інтерес представляє собою розрахунок ще декількох МПК, кореспонденції у яких будуть обчислені із застосуванням розподілу відстаней міських пересувань (2.60). Можливість його використання, зокрема як функції складності шляху пересування, була експериментально підтверджена у пункті 3.2.1.

Для розрахунку подібних МПК потрібно мати матрицю найкоротших відстаней між ТР та застосувати модель розрахунку з одинарним обмеженням на значення місткостей ТР (*singly-constrained model* [55]). У випадку пересувань до АС жорстким повинне бути обмеження лише на місткості по прибуттю, а у випадку пересувань з АС – лише на місткості по відправленню.

Матриця найкоротших відстаней між ТР була розрахована у програмі VISUM та наведена у додатку А. З її використанням були визначені ймовірності виконання пересувань до та з кожної АС (адже для кожної АС розподіл відстаней пересувань має свої параметри) і виконаний розподіл кореспонденцій між клітинками МПК. В результаті були отримані шість МК, що відбивають транспортний попит, пов'язаний із добираннями до АС м. Рівне та у зворотному напрямку. Дані МПК, а також загальна МК, яка являє собою їх суму, наведені у додатку Б.

Загальні МК, отримані з використанням моделей їх розрахунку з подвійним та одинарним обмеженням на значення місткостей ТР можна вважати «крайніми» станами попиту на пересування через суттєву відмінність у жорсткості зазначених обмежень. З огляду на це, інтерес представляє проміжний стан попиту, який можна отримати, визначивши МК, елементи якої будуть являти собою середнє арифметичне елементів двох вищезгаданих загальних матриць. Така МПК наведена у додатку В.

Отримані у такий спосіб матриці роблять можливою оцінку потоків користувачів АС у м. Рівне та показників їх обслуговування ГТ, що разом із показниками порівняння станів МПК дозволить отримати відповіді на питання про доцільність релокації АС і про вплив подібного заходу на роботу системи ГТ.

Висновки по третьому розділу

1. За результатами опитування пасажирів на АС м. Рівне були отримані дані від 809 респондентів, 626 з яких користувались ГТ при пересуванні до та з АС. Це вказує на домінуючу роль ГТ у добираннях, пов'язаних із потребою міжміської поїздки, і доцільність фокусування саме на цих пересуваннях при дослідженні питань релокації ТПВ.

2. Проведене опитування дозволило зібрати дані про відстані більш ніж 3 % добових пересувань ГТ до та з АС м. Рівне, чого достатньо для перевірки відповідності їх емпіричного розподілу теоретичним законам, отриманим в результаті аналітичного моделювання дальності добираць містом, пов'язаних із потребою міжміської поїздки.

3. Фактичний розподіл відстаней пересувань до та з АС відповідає теоретичному закону, отриманому на основі гіпотези про двомірну нормальність розташування на території міста місць відправлень і прибуттів користувачів ТПВ. Це вказує на: 1) можливість використання зазначеного теоретичного розподілу при моделюванні попиту на пересування до та з АС міста, зокрема як функції складності шляху пересування; 2) схожість характеристик міських частин міжміських пересувань з характеристиками буденних міських пересувань, а також закономірностей у розташуванні точок їх генерації та поглинання.

4. Перевірка відповідності емпіричного розподілу зафіксованих відстаней пересувань до та з ТПВ теоретичному, отриманому в рамках гіпотези про рівномірність розташування на території міста точок відправлень і прибуттів пасажирів, не дала ствердних результатів стосовно переміщень до (з) двох із трьох охоплених дослідженням АС. Це свідчить про недоцільність подальшого розгляду рівномірного розподілу як такого, котрим можна описати розташування на території м. Рівне місць генерації і поглинання міських пересувань користувачів ТПВ. В той же час, це не означає неможливості застосування даного розподілу в інших містах.

5. Розроблена модель ММ ГТ м. Рівне, будучи заснованою на фактичних даних, є придатною для кількісної оцінки впливу релокації або будівництва ТПВ на розподіл міських пасажиропотоків, показників пересувань населення і роботи системи ГТ.

Основні результати проведених досліджень в рамках цього розділу опубліковані в роботах [8].

РОЗДІЛ 4

ОЦІНКА ВПЛИВУ МІСЦЯ РОЗТАШУВАННЯ АВТОСТАНЦІЇ НА ТРАНСПОРТНУ СИСТЕМУ МІСТА

Найбільш загальну оцінку впливу місця розташування міжміської автостанції на розподіл попиту на пересування до неї та у зворотному напрямку можна отримати шляхом кількісного порівняння міських МК, що відбивають транспортний попит за різних варіантів розміщення АС. Для вирішення цієї задачі доцільно використовувати показники, обрані у підрозділі 2.3 даної роботи.

Для того, щоб доповнити та зробити зазначену оцінку більш зрозумілою і наглядною, її можна розширити за рахунок використання розробленої транспортної моделі ГТ м. Рівне. Підсумки оцінювання у транспортній моделі дозволять сформулювати та узагальнити рекомендації щодо прийняття рішень щодо розташування міжміського ТПВ на території міста.

4.1 Оцінка впливу розташування міжміської автостанції на території міста на пасажиропотоки громадського транспорту

Для вивчення впливу місця розташування міжміського ТПВ на роботу системи ГТ на початку були розраховані пасажиропотоки, котрі відповідають існуючим локаціям АС у м. Рівне, рисунок 4.1.

Для розрахунку пасажиропотоків на ГТ у VISUM доступні три процедури перерозподілу (assignment [76]). Перерозподіл передбачає обчислення навантаження на змодельовані об'єкти мережі – вузли, відрізки, зупинки, маршрути, – і показників якості транспортного обслуговування пасажирів. Процедури перерозподілу також дозволяють зробити аналіз відповідності між транспортним попитом і пропозицією.

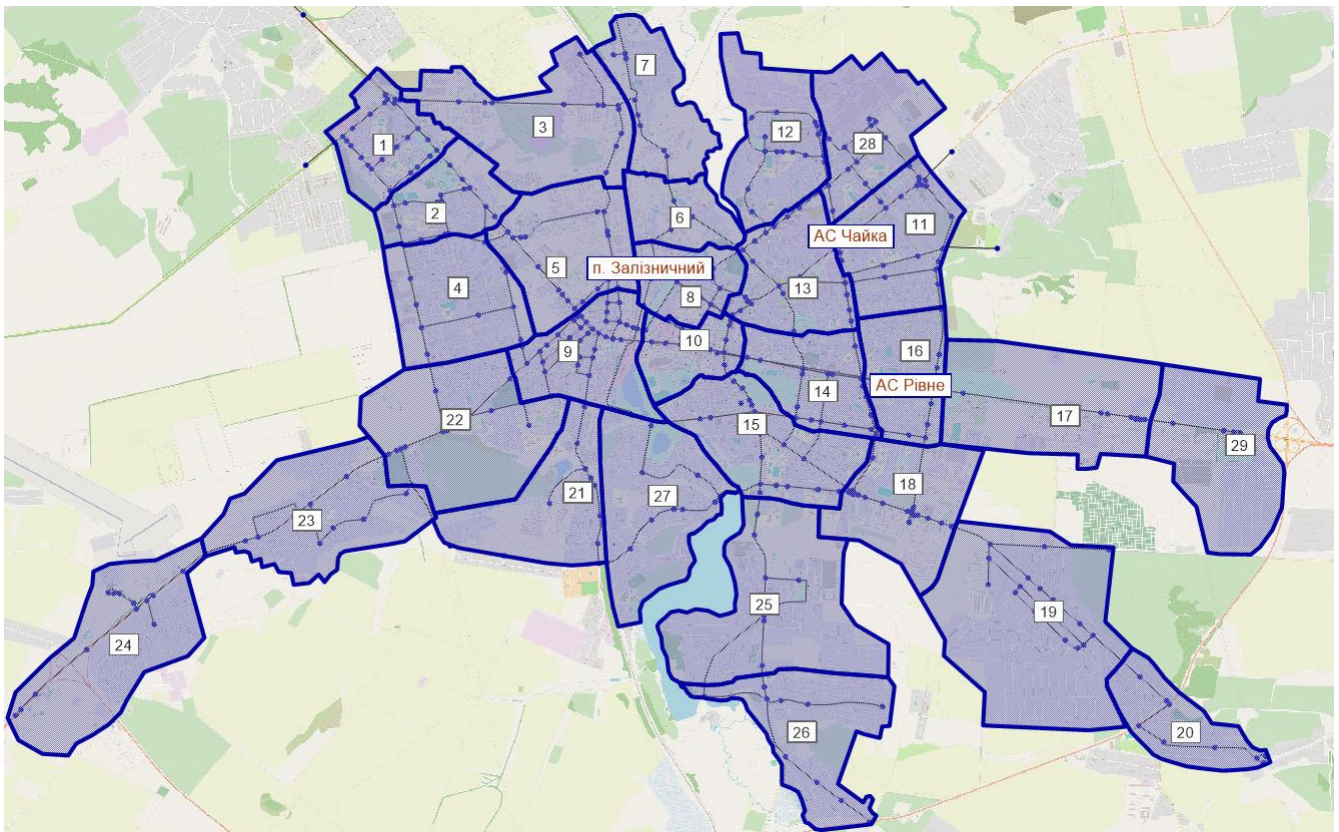


Рисунок 4.1 – Поточне розташування АС у м. Рівне

У даній дисертаційній роботі була використана процедура перерозподілу за інтервалом. Основою процедури є міркування про те, що пасажир ГТ у більшості випадків не має чіткого уявлення про час відправлення від ЗП ТЗ тих маршрутів, які підходять йому для здійснення поїздки. Час очікування, у тому числі на пересадку, зазвичай розглядається узагальнено, і відправлення ТЗ різних маршрутів сприймаються як незалежні (некоординовані). У такому випадку час очікування при першій посадці у ТЗ (на зупинці відправлення) і час очікування при пересадці приймаються рівними половині інтервалу руху ТЗ. Процедура добре підходить для планування роботи ГТ у містах, особливо якщо поточний стан ТС необхідно порівнювати зі сценаріями, для яких ще не існує точних розкладів руху [76].

В рамках даної процедури кожен маршрут описується трасою проходження, часом руху між зупинками та інтервалом руху ТЗ. Дана інформація наявна у профілі часу руху (time profile) на маршруті, і процедура працює саме на цьому рівні деталізації. Процедура перерозподілу за інтервалом включає три кроки розрахунку:

- розрахунок інтервалу руху відповідно до розкладу руху ТЗ на маршрутах;

- пошук і вибір маршруту для виконання пересувань – визначаються можливі шляхи між парою ТР, тобто маршрути, придатні для пересувань між ними;
- навантаження маршрутів – маршрути, знайдені в результаті пошуку, завантажуються попитом з МПК, тобто пасажирами, котрі його обирають.

Процедура перерозподілу за інтервалом характеризується наступними особливостями:

- у ході розрахунку визначаються не тільки найкращі маршрути, але й ті, які є достатньо привабливими;
- кількість пересадок та час пересування оцінюється з достатньою точністю, якщо всі маршрути мають відносно короткі інтервали руху ТЗ;
- при розрахунку складності шляхів пересування можна взяти до уваги вартість проїзду за умови опису у моделі тарифної системи ГТ;
- невеликі витрати часу на обчислення для більшості мереж ГТ з постійними інтервалами руху ТЗ на маршрутах.

Після виконання процедури перерозподілу із використанням кожної із розрахованих МПК були отримані пасажиропотоки користувачів АС м. Рівне, графічне зображення яких наведено у додатку Г. Щодо адекватності їх розрахунку варто зазначити, що її оцінка є значно утрудненою через практичну неможливість виокремити саме користувачів АС із загального пасажиропотоку на ГТ. В той же час можна твердити, що усі три картограми пасажиропотоків можуть розглядатися як потенційно реальні з двох причин:

- а) транспортний попит є випадковим і має варіацію, спричинену великою кількістю факторів;
- б) наявні провізні можливості ГТ безумовно здатні повністю забезпечити пересування населення до та з АС, що описуються буд-якою із розрахованих МПК, оскільки величина відповідного пасажиропотоку на ділянках ММ не перевищує 5,7 % від провізної спроможності ГТ (для 99,5 % ділянок – не вище 5 %, окрім тих, що безпосередньо прилягають до АС «Рівне»), додаток Д.

Також у результаті перерозподілу пасажиропотоків були отримані:

- пасажирообмін зупинок ГТ, графічне представлення якого наведено у додатку Е;

– показники якості транспортного обслуговування користувачів АС та функціонування системи ГТ, котрі зведені до таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Показники функціонування системи ГТ та якості транспортного обслуговування населення при пересуваннях до і з існуючих АС м. Рівне

| Показник | Значення при МК | | |
|--|--|--|----------|
| | розрахованій за моделлю з подвійним обмеженням | розрахованій за моделлю з одинарним обмеженням | середній |
| Середній час пересування, хв. | 31,52 | 23,50 | 27,35 |
| Середня відстань пересування, км | 4,69 | 2,78 | 3,69 |
| Коефіцієнт пересадочності | 1,045 | 1,003 | 1,023 |
| Пасажирогодини, витрачені на прямування до та з АС міста, пас-год. | 4648,40 | 3766,63 | 4207,52 |
| Транспортна робота ГТ по забезпеченню пересувань до та з АС міста, пас-км. | 36352,91 | 21225,83 | 28789,33 |

Перелічена інфографіка та кількісні показники є базовими – тими, які відбивають поточний стан об'єкта моделювання – в рамках задачі по оцінці впливу місця розташування міжміської АС на функціонування рівненської системи ГТ. З метою отримання прикладу вирішення цієї задачі було прийнято рішення про вивчення транспортних наслідків релокації АС «Рівне», тим паче що такий захід передбачений генеральним планом міста [152]. До того ж, його розгляд буде найбільш показовим стосовно змін у роботі ТС ГТ, оскільки зазначена АС є найбільшим міжміським ТПВ у місті.

Згідно з планами міської влади АС «Рівне» повинна бути перенесена на схід-

ну околицю міста – на в'їзд з боку Києва – та розташована практично навпроти Рівненського зоологічного парку загальнодержавного значення (вул. Київська, 110) [152, 153], рисунок 4.2. Відстань між поточним та пропонованим розташуванням АС складає приблизно 3,4 км.

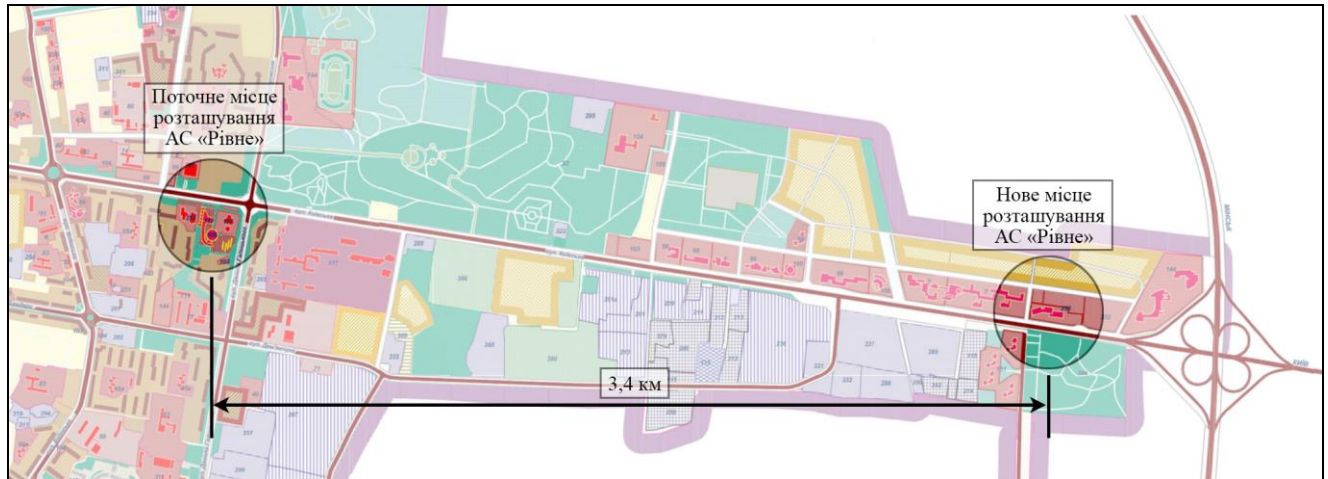


Рисунок 4.2 – Поточне та пропоноване місце розташування АС «Рівне» у місті (адаптовано з [152])

У транспортній моделі нова локація АС «Рівне» знаходиться у межах ТР 29, і тому для оцінки зміни місця розташування АС потрібно існуючі місткості по відправленню і прибуттю ТР 16 та кореспонденції у відповідних рядках та стовпчиках всіх розрахованих МПК потрібно перемістити до ТР 29. Сформовані таким чином МК наведені у додатку Ж.

Після цього була виконана процедура перерозподілу по інтервалу із новими станами транспортного попиту, в результаті чого були отримані оновлені:

- пасажиропотоки до та з усіх АС, додаток И;
- співвідношення між пасажиропотоками до та з АС і провізними можливостями ГТ, додаток К;
- пасажиробміни зупинок, додаток Л;
- показники якості транспортного обслуговування користувачів АС та функціонування системи ГТ міста, таблиця 4.2.

Таблиця 4.2 – Показники функціонування системи ГТ та якості транспортного обслуговування населення при пересуваннях до і з АС в умовах зміни місця розташування АС «Рівне»

| Показник | Значення при МК | | |
|--|--|--|----------|
| | розрахованій за моделлю з подвійним обмеженням | розрахованій за моделлю з одинарним обмеженням | середній |
| Середній час пересування, хв. | 46,23 | 39,20 | 42,70 |
| Середня відстань пересування, км | 6,70 | 4,91 | 5,80 |
| Коефіцієнт пересадочності | 1,241 | 1,192 | 1,216 |
| Пасажирогодини, витрачені на прямування до та з АС міста, пас-год. | 7222,23 | 6279,66 | 6782,79 |
| Транспортна робота ГТ по забезпеченню пересувань до та з АС міста, пас-км. | 56133,75 | 40492,66 | 48560,36 |

При співставленні пасажиропотоків, наведених на рисунках Г.1-Г.3 (додаток Г) і И.1-И.3 (додаток И) можна прослідкувати їх суттєве підвищення вздовж вул. Київської – від поточного до пропонованого у Генеральному плані місця розташування АС «Рівне». Порівняння даних пасажиропотоків із провізними можливостями ГТ на зазначеній ділянці вул. Київської (рисунки у додатках Д та Л) вказує на можливу нестачу останніх (із урахуванням існування повсякденних пересувань містян) і потребу в організації роботи більшої кількості рухомого складу на даній ділянці ВДМ.

Аналіз пасажирообміну ЗП до та після модельованої зміни локації АС «Рівне» (додатки Е та К) дозволяє зробити висновок про відчутне зростання кількості користувачів зупинок у районі Рівненського зоологічного парку і необхідність забезпечення їх належного облаштування, у тому числі з урахуванням потреб

користувачів станції.

Що стосується показників якості транспортного обслуговування та функціонування системи міського ГТ, то для проведення більш детального аналізу був розрахований ступінь їх зміни у відсотках по відношенню до поточного розташування АС, таблиця 4.3.

Таблиця 4.3 – Відносна зміна показників функціонування системи ГТ та якості транспортного обслуговування населення при релокації АС «Рівне»

| Показник | Відносна зміна показника при застосуванні матриці кореспонденцій | | |
|--|--|--|-----------|
| | розрахованої за моделлю з подвійним обмеженням | розрахованої за моделлю з одинарним обмеженням | середньої |
| Середній час пересування, хв. | + 46,7 % | + 66,8 % | + 56,1 % |
| Середня відстань пересування, км | + 42,9 % | + 76,6 % | + 57,2 % |
| Коефіцієнт пересадочності | + 18,8 % | + 18,8 % | + 18,9 % |
| Пасажирогодини, витрачені на прямування до та з АС міста, пас-год. | + 55,4 % | + 66,7 % | + 61,2 % |
| Транспортна робота ГТ по забезпеченню пересувань до та з АС міста, пас-км. | + 54,4 % | + 90,8 % | + 68,7 % |

Дані таблиці 4.3 вказують на суттєве погіршення якості обслуговування пасажирів, котрі добиратимуться до та з релокованої АС «Рівне» громадським транспортом, через ймовірне зростання:

- середнього часу пересування в межах (46-67) %;
- середньої відстані пересування – в межах (42-77) %;
- частки пересувань з пересадками – в межах (18-19) %;
- кількості пасажирогодин, котрі витрачаються на пересування – в межах (55-67) %;

– транспортної роботи ГТ по забезпеченню досліджуваних пересувань – в межах (54-91) %.

Це означає, що релокація АС «Рівне» без супутніх заходів по раціоналізації роботи міського ГТ негативно вплине на зручність добирання до неї. Для зваженого прийняття подібних рішень потрібен всебічний аналіз їх переваг і недоліків, у тому числі з урахуванням взаємного впливу руху міського та міжміського і транзитного транспорту, за допомогою інструментів на зразок сценарного планування (Scenario Planning), ретрополяції (Backcasting), дослідницького моделювання і аналізу (Exploratory Modelling and Analysis, EMA) [40] та аналізу витрат і вигод (Cost-Benefit Analysis, CBA) [154].

У завершення оцінки наслідків зміни місця розташування АС «Рівне» можна навести значення відстані Васерштайна, яка при порівнянні станів трьох МПК до та після релокації виявилось рівним 1112,39 пас-год. Матриця часу пересування між ТР, яка зробила можливою даний розрахунок, була розрахована у VISUM і наведена у додатку М. Однакове значення відстані Васерштайна пояснюється тим, що кореспонденції переміщувались у межах одного і того ж рядка (стосується відправлень з АС) або стовпця (стосується прибуттів на АС), а також рівністю сумарної кількості пересувань у порівнюваних матрицях. Дане значення відстані вказує на суттєвість мінімальної додаткової роботи ГТ по забезпеченню пересувань до нового місця розташування АС, оскільки наведені пасажиро-години складають 29,5 % від всіх годин, що при поточному розташуванні АС у м. Рівне витрачаються пасажирами для добирання до та з них.

4.2 Розробка практичних рекомендацій для прийняття рішень щодо розташування автостанції на території міста

За підсумками виконаних досліджень впливу розташування міжміської АС на розподіл міських пасажиропотоків на ГТ можна сформулювати наступні практичні

рекомендації і положення для осіб та органів, що приймають рішення стосовно розташування на території міста такого виду ТПВ:

- переміщення існуючого або будівництво нового міжміського ТПВ на території міста повинне супроводжуватись забезпеченням провізних спроможностей ГТ, достатніх для засвоєння як потоків користувачів АС, так і пасажирських потоків, утворюваних буденними пересуваннями містян;

- для забезпечення зручності добирання до та з релокованої АС доцільним є перегляд трас існуючих або введення нових маршрутів задля покриття якомога більшої міської території, скорочення часу пересування і забезпечення безпересадочних сполучень з АС, особливо для найбільших житлових масивів;

- зупиночні пункти ГТ при переміщеній АС та у зоні її впливу необхідно облаштовувати з урахуванням потреб користувачів станції. Це включає, але не обмежується забезпеченням розосередження ТЗ ГТ у зоні зупинок (встановленням покажчиків із номерами маршрутів, влаштування платформ для постановки ТЗ на посадку і висадку пасажирів), монтажем низьких бордюрів, тактильної плитки, інформаційних покажчиків про напрямок руху до АС, розміщенням інформаційних матеріалів із переліком і схемою маршрутів, що прямують через зупинки, та вказанням локації конкретної зупинки на міській території. Добрим джерелом інформації для якісного планування подібних робіт можуть стати публікації та керівництва по дизайну вулиць і ГТ на зразок тих, що видаються американською Національною асоціацією організаторів роботи міського транспорту (National Association of City Transportation Officials – NACTO [155]);

- рішення про релокацію АС в межах міської території повинне прийматись з урахуванням принципів сталої міської мобільності, які передбачають забезпечення безпеки пересувань всіх учасників транспортного процесу, зручність користування об'єктами транспортної інфраструктури та зниження впливу транспорту на навколишнє середовище;

- часто рішення щодо релокації існуючої або будівництва нової міжміської АС переслідує мету відведення міжміських і транзитних ТП від центральної частини на периферію міста задля зменшення викидів вихлопних газів великогабаритних

автобусів на міській території, зменшення їх впливу на міські ТП в очікуванні збільшення швидкості останніх та відповідного скорочення часу пересувань містян. Через це при прийнятті подібних рішень доцільним буде всебічний аналіз їх позитивних і негативних впливів як на міський, так і на міжміський і транзитний рух транспорту. Зручними інструментами для цього виглядають сценарне планування, дослідницьке моделювання і аналіз, ретрополяція та аналіз «витрати – вигоди»;

– перед прийняттям рішення про зміну місця розташування існуючого або будівництво нового міжміського ТПВ доцільно виконати моделювання роботи ТС для її існуючого та зміненого станів. Це дасть змогу кількісної та графічної оцінки наслідків заходів, планованих щодо ТПВ;

– практично придатними джерелами даних для транспортного моделювання, зазначеного у попередньому пункті, є натурні обстеження пересувань містян, опитування пасажирів на АС і державна статистика щодо роботи транспорту, які повинні регулярно збиратися та оновлюватися.

Висновки по четвертому розділу

1. Дослідження потенційних наслідків перенесення АС «Рівне» на східну околицю міста, передбачене генеральним планом, дозволило встановити, що подібний захід призведе до помітного зростання пасажиропотоків вздовж вул. Київської на ділянці між існуючим і новим місцем розташування АС і зростання пасажирообміну зупинок в околі запланованої локації.

2. Поряд із цим, розглянута релокація може призвести до погіршення якості обслуговування пасажирів, котрі добираються до та з АС громадським транспортом через ймовірне суттєве збільшення середнього часу пересування (до 66,8 %), відстані пересування (до 76,6 %), частки пересувань з пересадками (до 18,9 %), кількості пасажирогодин, котрі витрачаються на пересування (до 66,7 %), транспортної роботи ГТ по забезпеченню досліджених пересувань (до 90,8 %). В додаток до

цього, значення відстані Васерштайна, яке при порівнянні використаних МК виявилось рівним 1112,39 пас-год, підтверджує суттєвість додаткової роботи ГТ по забезпеченню пересувань до нового місця розташування АС, адже складає 29,5 % від всіх годин, що при поточному розташуванні АС у м. Рівне витрачаються пасажирами для добирання до та з них.

3. Сформовані практичні рекомендації для прийняття рішень щодо розташування автостанції на території міста мають на меті допомогти органам місцевого самоврядування, міським і транспортним планувальникам належним чином зібрати дані та спланувати заходи по забезпеченню швидкого, зручного та комфортного добирання міського населення до та зі станції, кількісно оцінити їх та врахувати інтереси інших учасників транспортного процесу.

Основні результати проведених досліджень в рамках цього розділу опубліковані в роботах [1, 2, 4-6, 8, 10-12, 14, 15].

ВИСНОВКИ

1. Існуючі дослідження, присвячені питанням розміщення і функціонування транспортно-пересадочних вузлів, не надають конкретних рекомендацій та оцінок впливу локації міжміських автостанцій на пересування населення у міській транспортній системі. Їх аналіз також дозволив зробити висновок про те, що пряме застосування найбільш розповсюджених моделей розрахунку кореспонденцій для опису породжуваних автостанцією пересувань є занадто ресурсомістким та неприйнятним через їх менші масштаби у порівнянні із тими, для яких були розроблені класичні моделі. Через це перевагу доцільно віддати більш універсальному та гнучкому інструменту моделювання попиту на пересування – інтервальному підходу до розрахунку матриці пасажирських кореспонденцій, заснованому на використанні фактичних характеристик пересувань пасажирів. У сукупності поточна ситуація у вивченні роботи транспортно-пересадочних вузлів як об'єктів міської інфраструктури вказує на актуальність як дослідження специфіки генерації та поглинання пересувань містян, пов'язаних з користуванням міжміською автостанцією, так і вирішення задачі кількісної оцінки впливу місця її розташування в плані міста на розподіл міських пасажиропотоків.

2. Висунуті в роботі гіпотези про двомірну нормальність або рівномірність розташування точок генерації і поглинання пересувань міськими видами транспорту, спричинених добиранням населення до автостанції та у зворотному напрямку, дозволили отримати аналітичні вирази для опису розподілу відстаней відповідних пересувань при різних варіантах розташування станції на території міста і різних практично можливих радіусах зони її впливу. Це забезпечує транспортних планувальників інструментом для моделювання міського транспортного попиту, що створюється користувачами міжміських транспортно-пересадочних вузлів.

3. Для оцінки впливу зміни місця розташування міжміської автостанції на модель попиту на пересування у міській транспортній системі найбільш інформативними є такі показники, як відстань Васерштайна, різниця у транспортній роботі

та пасажиро-годинах по реалізації матриці пасажирських кореспонденцій, середня відстань та час пересування містом, пасажиропотоки та пасажирообмін зупинок на завантажених ділянках маршрутної мережі громадського транспорту. Вони дозволяють кількісно і графічно оцінити потенційні наслідки зміни місця розташування станції для транспортної системи міста та є цікавими для різних сторін перевізного процесу.

4. Експериментальні дослідження зібраних у результаті опитувань відстаней пересувань до та з автостанцій м. Рівне дозволили встановити можливість опису їх емпіричного розподілу теоретичним, отриманим в рамках гіпотези про двомірну нормальність розташування на території міста місць відправлень і прибуттів користувачів транспортно-пересадочних вузлів. Це дає можливість використання зазначеного теоретичного розподілу при моделюванні попиту на пересування до та з автостанцій міста і вказує на схожість характеристик міських частин міжміських пересувань з характеристиками власне міських пересувань, а також закономірностей у розташуванні точок їх генерації та поглинання.

5. Дослідження потенційних наслідків перенесення АС «Рівне» на східну околицю міста, передбачене генеральним планом, дозволило встановити, що подібний захід призведе до помітного погіршення якості обслуговування пасажирів, котрі добиратимуться до та з автостанції громадським транспортом, через ймовірне суттєве збільшення середнього часу пересування – в межах (46,7-66,8) %, відстані пересування – в межах (42,9-76,6) %, частки пересувань з пересадками – в межах (18,8-18,9) %, кількості пасажирогодин, котрі витрачаються на пересування – в межах (55,4-66,7) %, транспортної роботи громадського транспорту по забезпеченню досліджених пересувань – в межах (54,4-90,8) %. В додаток до цього, відстань Ватерштайна, яка при порівнянні станів транспортного попиту до та після релокації автостанції виявилась рівною 1112,39 пас-год, підтверджує суттєвість додаткової роботи громадського транспорту по забезпеченню пересувань до нового місця розташування транспортно-пересадочного вузла, адже складає 29,5 % від всіх годин, що витрачаються пасажирями для добирання до та з автостанцій у м. Рівне при їх поточному розташуванні.

6. Розроблені практичні рекомендації для прийняття рішень щодо розташування автостанції на території міста мають за мету допомогти органам місцевого самоврядування, міським та транспортним планувальникам належним чином зібрати дані і спланувати заходи по забезпеченню швидкого, зручного та комфортного добирання міського населення до та зі станції, кількісно оцінити їх та врахувати інтереси інших учасників транспортного процесу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Пашкевич С. М., Кристопчук М. Є. Закономірності формування потоків пасажирів в маршрутних мережах малих міст. *Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті*. 2017. № 2(9). С. 100–106.
2. Пашкевич С. М., Кристопчук М. Є. Аналіз параметрів функціонування об'єктів транспортної інфраструктури на формування транспортних та пасажирських потоків у містах. *Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті*. 2018. № 1(10). С. 66–72.
3. Хітров І. О., Сорока В. С., Кристопчук М. Є., Пашкевич С. М. Модель формування площі транспортного обслуговування маршрутів пасажирського сполучення. *Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті*. 2019. № 2(13). С. 173–184. DOI: 10.36910/automash.v2i13.101.
4. Хітров І. О., Кристопчук М. Є., Пашкевич С. М. Моделювання параметрів функціонування зупиночних пунктів громадського пасажирського транспорту. *Вісник машинобудування та транспорту*. 2019. Т. 10, № 2(2019). С. 134–140. DOI: <https://doi.org/10.31649/2413-4503-2019-10-2-134-140>.
5. Krystopchuk M., Pashkevych S., Khitrov I., Tkhoruk Y. Formation and Distribution Flows of External Transport in the City. *Reliability and Statistics in Transportation and Communication «RelStat 2019»*: Selected Papers from the 19th International Conference RelStat'19 (Riga, 16-19 October 2019). Lecture Notes in Networks and Systems. Springer, Cham, 2020. Vol. 117. P. 141–150. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-44610-9_15.
6. Nykonchuk V., Krystopchuk M., Pashkevych S. Functioning of transport-interchange nodes in the city transport system. *Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті*. 2022. № 2 (19). С. 16–24. DOI: <https://doi.org/10.36910/automash.v2i19.899>.
7. Пашкевич С. М., Макарічев О. В., Свічинський С. В., Козак С. В. Аналітичний опис розподілу дальності міських пересувань до міжміського автовокзалу. *Ві-*

сник Херсонського національного технічного університету. 2023. № 4(87). С. 100–109. DOI: <https://doi.org/10.35546/kntu2078-4481.2023.4.12>.

8. Пашкевич С. М., Свічинський С. В. Оцінювання впливу зміни місця розташування міжміської автостанції на пасажиропотоки міського громадського транспорту. *Вісник Харківського національного автомобільно-дорожнього університету*. 2024. № 104. С. 119–129. DOI: <https://doi.org/10.30977/BUL.2219-5548.2024.104.1.119>.

9. Пашкевич С. М., Кристопчук М. Є. Управління громадським пасажирським транспортом в малих містах // *Децентралізація влади, проведення реформ в Україні. Сучасний стан та проблеми підготовки кадрів для об'єднаних територіальних громад* : матеріали І міжнар. наук.-метод. конф., Рівне, 20 жовт. 2017 р. Рівне : НУВГП, 2017. С. 175.

10. Пашкевич С. М., Кристопчук М. Є. Особливості функціонування системи пасажирського громадського транспорту малих міст // *Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту* : зб. наук. пр. X міжнар. наук.-практ. конф., Вінниця, 23-25 жовт. 2017 р. Вінниця: ВНТУ, 2017. С. 154.

11. Кристопчук М., Пашкевич С. Формування місць розташування транспортно-пересадочних вузлів // *Проблеми з транспортними потоками та напрямки їх розв'язання* : тези доп. III всеукр. наук.-теор. конф., Львів, 28–30 берез. 2019 р. Львів : НУ «Львівська політехніка», 2019. С. 75–76.

12. Пашкевич С. М., Денисенко О. В. Закономірності впливу місць розташування транспортно-пересадочних вузлів на формування транспортних та пасажирських потоків // *Інноваційні технології розвитку машинобудування та ефективного функціонування транспортних систем* : матеріали II міжнар. наук.-практ. інтернет конф., Рівне, 25–27 берез. 2020 р. Рівне: НУВГП, 2020. С. 69–73.

13. Пашкевич С. М., Денисенко О. В., Левкович А. А., Ружанський П. Формування транспортних та пасажирських потоків зовнішнього транспорту у містах // *Підвищення надійності машин і обладнання* : матеріали міжнар. наук.-практ. інтернет конф., Кропивницький, 15–17 квіт. 2020 р. Кропивницький : ЦНТУ, 2020. С. 217–220.

14. Кристопчук М. Є., Хітров І. О., Пашкевич С. М. Оцінка чинників вибору способу пересування учасниками транспортного процесу // *Науково-прикладні аспекти автомобільної і транспортно-дорожньої галузей* : матеріали VI міжнар. наук.-техн. інтернет-конф., Луцьк, 26–27 трав. 2020 р. Луцьк: ЛНТУ, 2020. С. 83–85.

15. Никончук В. М., Пашкевич С. М. Організація дорожнього руху на основі оцінки транспортного попиту до центрів масового тяжіння за параметрами їх розміщення на урбанізованих територіях // *Інноваційні технології розвитку машинобудування та ефективного функціонування транспортних систем*: матеріали III міжнар. наук.-техн. інтернет-конф., Рівне, 19–20 жовт. 2022 р. Рівне : НУВГП, 2022. С. 210–214.

16. Пашкевич С.М., Свічинський С.В. Сучасні методи оцінки різниці у матрицях кореспонденцій однакової розмірності // *Перспективи розвитку машинобудування та транспорту – 2023*: доп. III міжнар. наук.-техн. конф., м. Вінниця, 1-3 черв. 2023 р. Вінниця : ВНТУ, 2023. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/prmt/pmrt2023/paper/viewFile/18211/15062>.

17. Свічинський С. В., Пашкевич С. М. Функція розселення як основа для визначення попиту міського населення на транспортні пересування // *Автошляховик України*. 2023. Окремий випуск 277'2023: зб. тез доп. міжнар. наук.-практ. конф. «Перспективи розвитку автомобільного транспорту та інфраструктури», м. Київ, 5–7 груд. 2023 р. С. 143–145. DOI: 10.33868/0365-8392-2023-277.

18. Дульфан С. Б. Про доцільність влаштування перехоплюючих парковок у м. Харкові. *Комунальне господарство міст. Серія: Технічні науки та архітектура*. 2014. Вип. 116. С. 89–92. URL: <https://eprints.kname.edu.ua/39188/1/19.pdf>.

19. Дульфан С. Б. Закономірності впливу «перехоплюючих» парковок на формування транспортних потоків (на прикладі м. Харкова) : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.22.01. Харків, 2016. 25 с. URL: https://radats.kname.edu.ua/images/Files/aref_dulfan.pdf.

20. Дронова О., Боклаг Є. Вплив транспортної системи Києва на життя і мобільність його жителів. *Вісник Київського національного університету ім. Тараса Шевченка, Географія*. 2017. Вип. 2(67). С. 94–100. DOI: <http://doi.org/10.17721/1728->

2721.2017.66.14.

21. Крепка І. О., Марковський А. І. Класифікація пасажирських транспортних хабів. *Теорія та практика дизайну: зб. наук. пр. Архітектура та будівництво*. 2022. Вип. 26. С. 53-60. DOI: <https://doi.org/10.32782/2415-8151.2022.26.7>.

22. У великих містах будуть створюватися транспортно-пересадочні вузли для зручної та швидкої пересадки пасажирів між різними видами транспорту : Урядовий портал – Єдиний веб-портал органів виконавчої влади України. URL: <https://www.kmu.gov.ua/news/u-velikih-mistah-budut-stvoryuvatisya-transportno-peresadochni-vuzli-dlya-zruchnoyi-ta-shvidkoyi-peresadki-pasazhiriv-mizh-riznimi-vidami-transportu-lev-parchaladze> (дата звернення: 06.04.2023).

23. ДБН Б.2.2-12:2019. Планування та забудова територій. [введ. 2019-01-10]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2019. 185 с.

24. Бондар А. Транспортно-пересадочний вузол як елемент планувальної структури міста. *Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини*. 2016. Вип. 88. С. 91–99. URL: <http://gbdmm.knuba.edu.ua/article/view/216454>.

25. Transit Capacity and Quality of Service Manual: TCRP Report 165. Washington: Transportation Research Board, 2013. 1 електрон.-опт. диск (CRP-CD-138).

26. Вдовиченко В. О. Розвиток науково-технологічних основ взаємодії міського пасажирського транспорту в транспортно-пересадочних вузлах : дис. ... докт. техн. наук : 05.22.01. Харків, 2019. 472 с. URL: https://www.khadi.kharkov.ua/fileadmin/P_Vchena_rada/VR_64_059_02/dis__Vdovychenko.pdf.

27. Кристопчук М. Є., Лобашов О. О. Приміські пасажирські перевезення: навч. посіб. Харків : НТМТ, 2012. – 224 с.

28. Про затвердження Порядку регулювання діяльності автостанцій : Наказ Мінтрансзв'язку України від 27.09.2010 № 700. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1068-10#Text> (дата звернення: 31.03.2023).

29. Жук М. М., Півторак Г. В. Оцінка притягуючої здатності вузлів зовнішнього транспорту Львова. *Вчені записки ТНУ ім. В. І. Вернадського. Серія: Технічні*

науки. 2019. Т. 30 (69), Ч. 2, № 6. С. 162–169. DOI: <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2019.6-2/29>.

30. Жук М. М., Півторак Г. В., Гіць І. І., Козак М. М. Прогнозування вибору виду транспорту у разі міських переміщень на основі класифікаційних дерев рішень. *Вчені записки ТНУ ім. В. І. Вернадського. Серія: Технічні науки*. 2020. Т. 31 (70), № 4. С. 221–226. DOI: <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2020.4/32>.

31. Півторак Г. В., Голомовзий В. М., Жила М. П. Оцінка впливу зміни параметрів функції переваги на розподіл попиту на переміщення між транспортними районами міста. *Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті*. 2020. № 2(15). С. 118–126. DOI: <https://doi.org/10.36910/automash.v2i15.399>.

32. Півторак Г. В. Визначення параметрів мережі міських пасажирських перевезень на основі моделей теорії корисності з випадковим вибором : дис. ... канд. техн. наук : 05.22.01. Львів, 2021. 202 с. URL: <https://lpnu.ua/spetsrady/k-3505220/pivtorak-galyana-vasylivna>.

33. Стрелко О. Г., Торопов Б. І., Грушевська Т. М., Войцехович В. С., Поповичук Т. О. Дослідження впливу пасажиропотоків на пропускну спроможність транспортних пересадочних вузлів. *Вчені записки ТНУ ім. В. І. Вернадського. Серія: Технічні науки*. 2022. Т. 33 (72) № 4. С. 271–277. DOI: <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2022.4/41>.

34. Озерова О. О. Удосконалення транспортних пасажирських систем великих міст. : дис. ... канд. техн. наук : 05.22.01. Дніпро, 2021. 200 с. URL: https://files.duit.edu.ua/uploads/Сайт/3_НАУКА/СПЕЦ_РАДИ/К-26-820-01/ozerova-olga-oleksiyivna/ozerova-olga-oleksiyivna-dissertation.pdf.

35. Рейцен Є. О., Томкевич К. О. Міські транспортно-пересадочні вузли і логістика. *Містобудування та територіальне планування*. 2004. Вип. 17. С. 276–291.

36. Кристопчук М. Є., Меленчук Т. М. Щодо методу встановлення кількісних параметрів взаємного впливу об'єктів транспортної інфраструктури // *Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту*: матеріали V міжнар. наук.-практ. інтернет-конф., м. Вінниця, 13–14 квіт. 2017 р. Вінниця: ВНТУ, 2017. С. 67–72. URL: <https://ir.lib.vntu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/21754/materialy2017->

67-72.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

37. Хітров І. О., Кристопчук М. Є. Закономірності формування і розподілу транспортних та пасажирських потоків. *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки*. 2020. Вип. 3(34). С. 324–330. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2020.3\(34\).324-330](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2020.3(34).324-330).

38. Abdullah A., Yudono A., Adisasmita S.A., Akil A. Determination of Transit Service Accessibility Standard for Intercity Bus Passengers, *International Review for Spatial Planning and Sustainable Development*. 2019. Vol. 7, Issue 2, P. 92–105. DOI: https://doi.org/10.14246/irspsd.7.2_92.

39. Petrović M., Mlinarić T., Semanjski I. Location Planning Approach for Intermodal Terminals in Urban and Suburban Rail Transport. *Promet – Traffic & Transportation*. 2019. Vol. 31, № 1. P. 101–111. DOI: <https://doi.org/10.7307/ptt.v31i1.3034>.

40. The Transport System and Transport Policy / Van Wee B., Annema J. A., Banister D. Eds. Cheltenham: Edward Elgar. 2013. 424 p.

41. Rahman M., Akther M. S., Recker W. The first-and-last-mile of public transportation: A study of access and egress travel characteristics of Dhaka's suburban commuters. *Journal of Public Transportation*. 2022. Vol. 24. 100025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jpubtr.2022.100025>.

42. Yang H. Rural to Urban Intercity Transit User Characteristics Analysis, Demand Estimation and Network Design : PhD dissertation: Civil Engineering. Knoxville, 2013. 96 p. URL: https://trace.tennessee.edu/utk_graddiss/2632/.

43. Rodrigue J.-P. The Geography of Transport Systems / 5th ed. New York: Routledge, 2020. 456 p. URL: <https://transportgeography.org/>.

44. Arabi M., Beheshtitabar E., Ghadirifaraz B., Forjanizadeh B. Optimum Locations for Intercity Bus Terminals with the AHP Approach – Case Study of the City of Esfahan. *International Journal of Environmental and Ecological Engineering*. 2015. Vol. 9, № 2. P. 545–551.

45. Peiqing L., Jiang L., Zhang S., Jiang X. Demand Response Transit Scheduling Research Based on Urban and Rural Transportation Station Optimization. *Sustainability*. 2022. Vol. 14(20). 13328. DOI: <https://doi.org/10.3390/su142013328>.

46. Ларіна Р. Р., Кристопчук М. Є., Кірічок О. Г. Ймовірнісне моделювання роботи автовокзалу. *Вісник економіки транспорту і промисловості*. 2013. № 43. С. 45–49.

47. Cascetta E. *Transportation Systems Analysis: Models and Applications* / [2nd Ed.]. New York: Springer, 2009. 742 p. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-0-387-75857-2>.

48. Pitsiava-Latinopoulou M., Iordanopoulos P. Intermodal Passengers Terminals: Design Standards for Better Level of Service. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*. 2012. Vol. 48. P. 3297–3306. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.06.1295>.

49. De Boer E., van Rossum J. Towards Systematic Design of Urban Bus Stations, Reinforcing a Weak Link in a Public Transport Chain. *European Transport Conference: Conf. Papers 2009*, Noordwijkerhout, 5–7 October 2009. London: Association for European Transport (AET), 2009. 13 p. URL: <https://aetransport.org/public/downloads/0L9b8/4123-514ec5c2b8eec.pdf>.

50. Кристопчук М. Є., Бичко З. В. До питання розміщення міських транспортно-пересадочних вузлів. *Комунальне господарство міст*. 2012. № 103. С. 374–378. URL: <https://eprints.kname.edu.ua/25654/1/374-378%20Кристопчук%20МЄ.pdf>.

51. Roadmap to a Single European Transport Area – Towards a Competitive and Resource Efficient Transport System : White Paper. Luxembourg: European Commission, 2011. 30 p. https://brdo.com.ua/wp-content/uploads/2016/01/1_Bila-knyga-transport-plan-rozvytku-yedynogo-yevropey-skogo-transportnogo-prostoru-na-shlyahudo-konkuretnospromozhnoi-ta-resursoefektyvnoi-.pdf.

52. Gudmundsson. H, Hall R.P., Marsden G., Zietsman J. European Union Transport White Paper. *Sustainable Transportation: Springer Texts in Business and Economics*, Edition 127, chapter 8. Luxembourg: Springer, 2016. P. 209–232. DOI: [10.1007/978-3-662-46924-8_8](https://doi.org/10.1007/978-3-662-46924-8_8).

53. Ломотько Д. В., Філіпський О. В., Кравченко Д. М. Удосконалення роботи транспортно-пересадочних вузлів підчас мультимодальних пасажирських перевезеннях за участю залізниць та автотранспорту. *Наукові праці ВНТУ*. 2019. № 4. С. 1–12. DOI: <https://doi.org/10.31649/2307-5376-2019-4-50-61>.

54. Пустовойт Р. О., Степанчук О. В. Світовий досвід функціонально-

просторової організації транспортно-пересадочних вузлів в аеропортах // *Архітектура та екологія* : тези доп. XII міжнар. наук.-практ. конф., м. Київ, 9–11 листоп. 2021 р. Київ: Національний авіаційний університет, 2021. С. 188–190. URL: <https://er.nau.edu.ua/handle/NAU/53743>.

55. Ortuzar J. D., Willumsen L. G. *Modelling Transport* / [4th Ed.]. Chichester: John Wiley & Sons, 2011. 586 p.

56. Primerano F., Taylor M. A. P., Pitaksringkarn L., Tisato P. Defining and understanding trip chaining behaviour. *Transportation*. 2008. Vol. 35, P. 55–72. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11116-007-9134-8>.

57. Li L., Cao M., Yin J., Wang Y., Mishra S. Observing the Characteristics of Multi-Activity Trip Chain and Its Influencing Mechanism. *KSCE Journal of Civil Engineering*. 2020. Vol. 24. P. 3447–3460. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12205-020-1927-8>.

58. Esztergár-Kiss D. Trip Chaining Model with Classification and Optimization Parameters. *Sustainability*. 2020. Vol. 12(16). 6422. DOI: <https://doi.org/10.3390/su12166422>.

59. Antonisse R. W., Daly A., Gunn A. The Primary Destination Tour Approach to Modelling Trip Chains. *Transportation Planning Methods: Proceedings of the 14th PTRC summer annual meeting (Vol. P282)*, Falmer, 14-17 July 1986. London: PTRC Education and Research Services, 1986. P. 165–177.

60. Bowman J. L. Historical development of activity-based models: theory and practice. *Traffic Engineering and Control*. 2009. Vol. 50. P. 314–318.

61. Bowman J. L., Ben-Akiva M. E. Activity-based disaggregate travel demand model system with activity schedules. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. 2001. Vol. 35(1). P. 1–28. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0965-8564\(99\)00043-9](https://doi.org/10.1016/S0965-8564(99)00043-9).

62. Bowman J. L. Bradley M. Activity-based models: a comparison of approaches used to achieve integration among trips and tours throughout the day. *European Transport Conference 2008: Conference Papers*, Leeuwenhorst, October 2008. London: Association for European Transport (AET), 2008. URL: <https://aetransport.org/past-etc-papers/conference-papers-pre-2012/conference-papers-2008>.

63. JASPERS Appraisal Guidance (Transport): The Use of Transport Models in

Transport Planning and Project Appraisal. Luxembourg: JASPERS, 2014. 54 p.

64. Fratar T. J. Vehicular Trip Distribution by Successive Approximation. *Traffic Quarterly*. 1954. №8. P. 53–65.

65. Haynes K. E., Fotheringham A. S. Gravity and Spatial Interaction models. Ann Arbor, MI: Sage-Publications, 1984. 88 p.

66. de Vries J. J., Nijkamp P., Rietveld P. Alonso's General Theory of Movement: Advances in Spatial Interaction Modeling : Tinbergen Institute Discussion Paper TI 00-062/3. Amsterdam, Rotterdam: Tinbergen Institute, 2000. 26 p. URL: <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/85638/1/00062.pdf>.

67. Berechman J., Small K. A. Modeling Land Use and Transportation: An Interpretive Review for Growth Areas. *Environment and Planning A*. 1988. Vol. 20. p. 1285–1309.

68. Iacono M., Levinson D., El-Geneidy A. Models of Transportation and Land Use Change: A Guide to the Territory. *Journal of Planning Literature*. 2008. Vol. 22, Issue 4. P. 323-340. DOI: <https://doi.org/10.1177/0885412207314010>.

69. Transport Planning and Traffic Engineering / [M. G. H. Bell, P. W. Bonsall, G. R. Leake, A. D. May, C. A. Nash, C. A. O'Flaherty] ; C. A. O'Flaherty Ed. Oxford: Butterworth-Heinemann, 1997. 544 p.

70. Horbachov P., Svichynskyi S. Theoretical Substantiation of Trip Length Distribution for Home-Based Work Trips in Urban Transit Systems. *The Journal of Transport and Land Use*. 2018. Vol. 11, № 1. P. 593–632. DOI: <http://dx.doi.org/10.5198/jtlu.2018.916>.

71. Свічинський С. В. Формування функцій розселення міського населення для визначення потреб у перевезеннях громадським транспортом : дис. ... канд. техн. наук : 05.22.01. Харків, 2015. 223 с.

72. Wilson A. G. Entropy in Urban and Regional Modelling. London: Pion, 1970. 166 p.

73. Гончаренко С. Ю. Визначення попиту на послуги пасажирського маршрутного транспорту в середніх містах : дис. ... канд. техн. наук : 05.22.01. Харків, 2017. 199 с. URL: https://www.khadi.kharkov.ua/uploads/media/dis_Goncharenko.pdf.

74. Tilahun N. Y., Levinson D. M. Selfishness and Altruism in the Distribution of Travel Time and Income. *1st International Association of Travel Behaviour Research Conference: Working Papers*, Kyoto, August 2006. Kyoto: IATBR, 2006. 19 p. URL: <https://ssrn.com/abstract=1743637>.

75. Preston J. Demand Forecasting for New Local Rail Stations and Services. *Journal of Transport Economics and Policy*. 1991. Vol. 25, № 2. P. 183–202.

76. PTV Visum 2023 Manual. Karlsruhe: PTV Planung Transport Verkehr GmbH, 2022. 2773 p.

77. Horbachov P., Makarichev O., Svichynska O. A New Route Choice Model for Urban Public Transit with Headway-Based Service. *Periodica Polytechnica Transportation Engineering*. 2023. Vol. 51(1). P. 22–30. DOI: <https://doi.org/10.3311/PPtr.15864>.

78. Manheim M. L. Practical Implications of Some Fundamental Properties of Travel-Demand Models. *Highway Research Record*. 1973. Issue 422. P. 21–38. URL: <https://onlinepubs.trb.org/Onlinepubs/hrr/1973/422/422-003.pdf>.

79. Manheim, M. L. *Fundamentals of Transportation Systems Analysis*. Cambridge: MIT Press, 1979. 674 p.

80. Purdy J. E., Hoel L. A. An Evaluation of the Effect of Level of Service and Cost on Demand for Intercity Bus Travel: Final report VHTRC 8 I-RI4. Charlottesville: Virginia Highway & Transportation Research Council, 1980. 100 p. URL: https://www.virginiadot.org/vtrc/main/online_reports/pdf/81-r14.pdf.

81. Li G. Intercity Travel Demand: A Utility-Consistent Simultaneous Trip Generation and Mode Choice Model : PhD dissertation: Transportation. New Jersey, 2004. 147 p. URL: <http://archives.njit.edu/vol01/etd/2000s/2004/njit-etd2004-026/njit-etd2004-026.pdf>.

82. Roberts F. S. Weighted di-graph models for the assessment of energy use and air pollution in transportation systems. *Environment and Planning A: Economy and Space*. 1975. Vol. 7(6), P. 703–724. DOI: <https://doi.org/10.1068/a070703>.

83. Khan A., Willumsen L. G. Modelling car ownership and use in developing countries. *Traffic Engineering and Control*. 1986. Vol. 27. P. 554–560.

84. Smeed R. J. Traffic studies and urban congestion. *Journal of Transport Eco-*

nomics and Policy. 1968. Vol. 2, № 1. P. 33–70. URL: https://jtep.org/wp-content/uploads/2021/02/Volume_11_No_1_33-70-1.pdf.

85. Wardrop J. G. Journey speed and flow in central urban areas. *Traffic Engineering and Control*. 1968. Vol. 9, № 11. P. 528–532.

86. Urban Traffic Models: Possibilities For Simplification : Report by an OECD Research Group. Paris: OECD, 1974. 127 p.

87. Sosslau A. B., Hassam A., Carter M., Wickstrom G. Quick response urban travel estimation techniques and transferable parameters. User's Guide : NCHRP Report 187. Washington: Transportation Research Board, 1978. 229 p. URL: https://onlinepubs.trb.org/Onlinepubs/nchrp/nchrp_rpt_187.pdf.

88. Variable Demand Modelling : TAG unit M2.1. London: Department for Transport, 2020. 83 p. URL: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/938855/tag-m2-1-variable-demand-modelling.pdf

89. Kumar A. Use of incremental form of logit models in demand analysis. *Transportation Research Record*. 1980. Issue 775. P. 21–27. URL: <https://onlinepubs.trb.org/Onlinepubs/trr/1980/775/775-005.pdf>.

90. Daly A., Fox J., Tuinenga J. G. Pivot-Point Procedures in Practical Travel Demand Forecasting. *ERSA: Conference Papers*, Louvain-la-Neuve, 2005. Louvain-la-Neuve: European Regional Science Association, Paper ersa05p784. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/7046092.pdf>.

91. Quarmby D. A. Choice of Travel Mode for the Journey to Work : Some Findings. *Journal of Transport Economics and Policy*. 1967. Vol. 1, № 3. p. 273–314. URL: https://jtep.org/wp-content/uploads/2021/02/Volume_1_No_3_273-314.pdf.

92. Горбачов П. Ф. Концепція формування систем маршрутного пасажирського транспорту в містах: дис. ... доктора техн. наук: 05.22.01. Харків, 2009. 370 с.

93. Россолов О. В. Удосконалення інтервальної концепції визначення попиту на послуги пасажирського маршрутного транспорту в крупних містах: автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.22.01. Харків, 2012. 20 с.

94. Любий Є. В. Визначення попиту на пересування населення малих міст

маршрутним пасажирським транспортом: дис. ... канд. техн. наук : 05.22.01. Харків, 2012. 191 с.

95. Cascetta E. Estimation of Trip Matrices from Traffic Counts and Survey Data: A Generalized Least Squares Estimator. *Transportation Research Part B: Methodological*. 1984. Vol. 18, № 45. P. 289–299. DOI: [https://doi.org/10.1016/0191-2615\(84\)90012-2](https://doi.org/10.1016/0191-2615(84)90012-2).

96. Hellinga B., Aerde M. V. A Statistical Analysis of the Reliability of Using RGS Vehicle Probes as Estimators of Dynamic O-D Departure Rates. *IVHS Journal*. 1994. Vol. 2, № 1, P. 21–44. DOI: <https://doi.org/10.1080/10248079408903813>.

97. Ashok K., Ben-Akiva M. E. Estimation and Prediction of Time-Dependent Origin-Destination Flows with a Stochastic Mapping to Path Flows and Link Flows. *Transportation Science*. 2002. Vol. 36, № 2. P. 184–198. DOI: <https://doi.org/10.1287/trsc.36.2.184.563>.

98. Frederix R., Viti F., Himpe W. W. E., Tampere C. M. J. Dynamic Origin-Destination Matrix Estimation on Large-Scale Congested Networks Using a Hierarchical Decomposition Scheme. *Journal of Intelligent Transportation Systems*. 2014. Vol. 18, № 1, P. 51–66. DOI: <https://doi.org/10.1080/15472450.2013.773249>.

99. Barcelo J., Montero L., Bullejos M., Linares M. P., Serch O. Robustness and Computational Efficiency of Kalman Filter Estimator of Time-Dependent Origin-Destination Matrices. *Transportation Research Record*. 2013. Vol. 2344, № 1, P. 31–39. DOI: <https://doi.org/10.3141/2344-04>.

100. Antoniou C., Ben-Akiva M. E., Koutsopoulos H. N. Incorporating Automated Vehicle Identification Data into Origin-Destination Estimation. *Transportation Research Record*. 2004. Vol. 1882, № 1, P. 37–44. DOI: <https://doi.org/10.3141/1882-05>.

101. Kim S.-J., Kim W., Rilett L. R. Calibration of Microsimulation Models Using Nonparametric Statistical Techniques. *Transportation Research Record*. 2005. Vol. 1935, № 1. P. 111–119. DOI: <https://doi.org/10.1177/0361198105193500113>.

102. Cools M., Moons E., Wets G. Assessing the Quality of Origin-Destination Matrices Derived from Activity Travel Surveys : Results from a Monte Carlo Experiment. *Transportation Research Record*. 2010. Vol. 2183, № 1. P. 49–59. DOI:

<https://doi.org/10.3141/2183-06>.

103. Nigro M., Cipriani E., del Giudice A. Exploiting Floating Car Data for Time-Dependent Origin-Destination Matrices Estimation. *Journal of Intelligent Transportation Systems*. 2018. Vol. 22, № 2. P. 159–174. DOI: <https://doi.org/10.1080/15472450.2017.1421462>.

104. Yang H., Iida Y., Sasaki T. An Analysis of the Reliability of an Origin-Destination Trip Matrix Estimated from Traffic Counts. *Transportation Research Part B: Methodological*. 1991. Vol. 25, Issue 5. P. 351–363. DOI: [https://doi.org/10.1016/0191-2615\(91\)90028-H](https://doi.org/10.1016/0191-2615(91)90028-H).

105. Gan L., Yang H., Wong S. C. Traffic Counting Location and Error Bound in Origin-Destination Matrix Estimation Problems. *Journal of Transportation Engineering*. 2005. Vol. 131, Issue 7. P. 524–534. DOI: [http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-947X\(2005\)131:7\(524\)](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)0733-947X(2005)131:7(524)).

106. Bera S., Rao K. Estimation of Origin-Destination Matrix from Traffic Counts: The State of the Art. 2011. *European Transport \ Trasporti Europei*. № 49. P. 2–23. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/41174843.pdf>.

107. Tavassoli A., Alsger A., Hickman M., Mesbah M. How close the models are to the reality? Comparison of transit origin-destination estimates with automatic fare collection data. *Australasian Transport Research Forum: Proceedings*, Melbourne, 16–18 November 2016. Melbourne: ATRF, 2016. 15 p. URL: https://australasian-transportresearchforum.org.au/wp-content/uploads/2022/03/ATRF2016_Full_papers_re-submission_103.pdf.

108. Barcelo J., Montero L., Bullejos M., Serch O., Carmona C. A Kalman Filter Approach for Exploiting Bluetooth Traffic Data when Estimating Time-Dependent OD Matrices. *Journal of Intelligent Transportation Systems: Technology, Planning, and Operations*. 2013. Vol. 17, № 2, P. 123–141. DOI: <https://doi.org/10.1080/15472450.2013.764793>.

109. Ros-Roca X., Montero L., Schneck A., Barceló J. Investigating the Performance of SPSA in Simulation-Optimization Approaches to Transportation Problems. *Transportation Research Procedia*. 2018. Vol. 34. P. 83–90. DOI:

<https://doi.org/10.1016/j.trpro.2018.11.017>.

110. Pollard T., Taylor N., Van Vuren T. Comparing the Quality of OD Matrices: In Time and between Data Sources. *European Transport Conference: Strands*, 30 September – 2 October, 2013. Frankfurt. London: AET, 2013. 15 p. URL: <https://aetransport.org/past-etc-papers/conference-papers-2013>.

111. Day-Pollard T., Van Vuren T. When are origin-destination matrices similar enough? *Transportation Research Board 94th Annual Meeting: Compendium of Papers*, 11-15 January 2015, Washington. Washington: TRB, 2015. Paper 15-1074.

112. Day-Pollard T., Van Vuren T. 256 Shades of Grey – Comparing OD Matrices Using Image Quality Assessment Techniques. *The Scottish Transport Applications and Research Conference: Papers*, 20 May 2015, Glasgow. Glasgow: STAR, 2015. URL: <https://starconference.org.uk/star/2015/Pollard.pdf>.

113. Behara K. N. S., Bhaskar A., Chung. Geographical Window Based Structural Similarity Index for Origin-Destination Matrices Comparison. *Journal of Intelligent Transportation Systems*. 2022. Vol. 26, Issue 1. P. 46–67. URL: <https://eprints.qut.edu.au/202556/1/64676121.pdf>.

114. Ruizde Villa A., Casas J., Breen M. OD Matrix Structural Similarity: Wasserstein Metric. *Transportation Research Board 93rd Annual Meeting: Proceedings*, 12-16 January 2014, Washington. Washington: TRB, 2014. Paper 14-3987.

115. Behara K. N. S., Bhaskar A., Chung E. Levenshtein Distance for the Structural Comparison of OD Matrices. *Australasian Transport Research Forum: Proceedings*, 30 October – 1 November, Darwin, 2018. Melbourne: ATRF, 2018. P. 1–5.

116. Heeringa W. J. Measuring Dialect Pronunciation Differences Using Levenshtein Distance. Groningen: RUG, 2004. URL: <https://www.rug.nl/research/portal/files/9800656/thesis.pdf>.

117. Yujian L., Bo L., A Normalized Levenshtein Distance Metric. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*. 2007. Vol. 29, Issue 6. P. 1091–1095. DOI: <https://doi.org/10.1109/TPAMI.2007.1078>.

118. Djukic T., Hoogendoorn S., Van Lint H. Reliability Assessment of Dynamic OD Estimation Methods Based on Structural Similarity Index. of *Transportation Re-*

search Board 92nd Annual Meeting: Proceedings, 13–17 January 2013, Washington. Washington: TRB, 2013. Paper 13–4851.

119. Zargari S.A., Memarnejad A., Mirzahosseini H., A Structural Comparison between the Origin-Destination Matrices Based on Local Windows with Socioeconomic, Land-Use, and Population Characteristics. *Journal of Advanced Transportation*. 2021. Vol. 2021. Article ID 9968698. DOI: <https://doi.org/10.1155/2021/9968698>.

120. Behara K. N. S., Bhaskar A., Chung E. A Novel Approach for the Structural Comparison of Origin-Destination Matrices: Levenshtein Distance. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*. 2020. Vol. 111. P. 513–530. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trc.2020.01.005>.

121. Surtel T. Statistically Comparing and Clustering Origin-Destination Matrices : MSc thesis: Business Analytics and Operations Research. Tilburg, 2021. 67 p. URL: <http://arno.uvt.nl/show.cgi?fid=157808>.

122. Wang Z., Bovik A. C., Sheikh H. R., Simoncelli E. P. Image Quality Assessment: From Error Visibility to Structural Similarity. *IEEE Transactions on Image Processing*. 2004. Vol. 13, Issue 4. P. 600–612. DOI: <https://doi.org/10.1109/TIP.2003.819861>.

123. Slakter M. J. A Comparison of the Pearson Chi-Square and Kolmogorov Goodness-of-Fit Tests with Respect to Validity. *Journal of the American Statistical Association*. 1965. Vol. 60(311). P. 854–858.

124. Forbes C., Evans M., Hastings N., Peacock B. *Statistical Distributions* / [Fourth Edition]. Hoboken: Wiley, 2011. 212 p.

125. Gupta S., Dhameniya S. Base Year Travel Demand Model – Delhi: Report. New Delhi: School of Planning and Architecture, 2016. 22 p. URL: https://www.toi.no/getfile.php/1348327-1530707770/Publikasjoner/DELHI_%20Base%20Year%20Travel%20Demand%20Model.pdf

126. Krizek K. J., McGuckin N. Shedding NHTS Light on the Use of ‘Little Vehicles’ in Urban Areas. *Transport Findings*. 2019. November. P. 1–6. DOI: <https://doi.org/10.32866/10777>.

127. Siemers T. *An Introduction to Matlab and Mathcad*. Lexington: Virginia Mili-

tary Institute, 2011. 136 p. URL: https://www.vmi.edu/media/content-assets/documents/academics/appliedmath/110_MATLAB_MATHCAD_Text.pdf.

128. Thorpe M. Introduction to Optimal Transport. Lent: University of Cambridge, 2018. 53 p. URL: https://www.damtp.cam.ac.uk/research/cia/files/teaching/Optimal_Transport_Notes.pdf.

129. Чисельність наявного населення України на 1 січня 2022 року : статистичний збірник / за ред. М. Тімоніної. Київ: Державна служба статистики України, 2022. 84 с. URL: https://www.ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/2022/zb/05/zb_Nas.pdf (дата звернення: 21.02.2024).

130. Екологічний паспорт м. Рівного та смт. Квасилів Рівненської міської територіальної громади за 2020-2021 роки / Рівненська міська рада. Рівне, Квасилів: РМР, 2022. 104 с. URL: https://rvrada.gov.ua/portalfiles/107/250/17757/Екопаспорт_фінал_2020_2021__1_.pdf (дата звернення: 21.02.2024).

131. Автостанція «Рівне» – Розклад рейсів : оператор автостанційних послуг «РІВНЕ-ПАС». URL: <http://www.rivnepas.com/sample-page/ac-ривне/> (дата звернення 29.09.2021).

132. РІВНЕ АС ЧАЙКА – оперативна інформація автовокзалу (автостанції) про розклад руху автобусів та його зміни, наявність вільних місць в автобусах : Підприємство «ВПІ». URL: <http://bus.com.ua/cgi-bin/tablo.pl?as=560200> (дата звернення 29.09.2021).

133. Розклад руху маршруток по Рівненській області із залізничного вокзалу Рівного : ITV Media Group. URL: <https://itvmg.com/news/rozklad-rukhu-marshrutok-po-rivnenskiy-oblasti-iz-zaliznichnoho-vokzalu-rivnoho-66525> (дата звернення 29.09.2021).

134. Демографічна ситуація в Рівненській області у 2021 році : експрес-випуск / Головне управління статистики у Рівненській області. Рівне: ГУС у Рівненській області, 2022. 2 с. URL: <https://www.gusrv.gov.ua/>.

135. Transport and travel : Statistical Digest of Rural England / Department for Environment, Food & Rural Affairs. London: Government Digital Service, 2022. 16 p. URL: <https://assets.publishing.service.gov.uk/media/62bc9fd3bf7f2919e98d45/Indivi>

dual_transport_and_travel_section_writeup_final.pdf (last accessed: 21.02.2024).

136. Транспорт і зв'язок України 2018: статистичний збірник / за ред. І. Петренко. Київ: Державна служба статистики України, 2019. 154 с.

137. Транспорт України 2022: статистичний збірник / за ред. І. Петренко. Київ: Державна служба статистики України, 2023. 98 с.

138. Handbook of transport modelling : 2nd Edition, Handbooks in Transport / In D. A. Hensher & K. J. Button ed. Amsterdam: Elsevier, 2008. Vol. 1. 816 p.

139. Chakravarti I. M., Laha R. G., Roy J. Handbook of Methods of Applied Statistics. Vol. I: Techniques of Computation Descriptive Methods, and Statistical Inference. New York: John Wiley, 1967. 488 p. URL: <https://archive.org/details/handbook-ofmethod0001imch/page/n3/mode/2up> (last accessed: 21.02.2024).

140. e-Handbook of Statistical Methods / The National Institute of Standards and Technology, U.S. Department of Commerce. Gaithersburg: NIST & SEMATECH, 2012. URL: <https://www.itl.nist.gov/div898/handbook/> (last accessed: 21.02.2024).

141. Інтерактивні карти міста : Офіційний портал Рівненської міської ради. URL: <https://rivnerada.gov.ua/portal/maps> (дата звернення 19.01.2024).

142. Транспорт Рівне : Дозор Україна. URL: <https://city.dozor.tech/ua/rivne/city> (дата звернення 19.01.2024).

143. Перелік укладених договорів : Офіційний портал Рівненської міської ради. URL: <https://rivnerada.gov.ua/portal/content-list/13/213> (дата звернення 19.01.2024).

144. Перелік перевізників : Офіційний портал Рівненської міської ради. URL: <https://rivnerada.gov.ua/portal/content-list/13/209?page=2> (дата звернення 19.01.2024).

145. Розклад руху громадського транспорту : Офіційний портал Рівненської міської ради. URL: <https://rivnerada.gov.ua/portal/view-content/9536> (дата звернення 19.01.2024).

146. Маршрути. Схема руху тролейбусів м. Рівне : Офіційний сайт КП «Рівнеелектроавтотранс» РМР. URL: <https://trolleybusrivne.pp.ua/marshruty> (дата звернення 19.01.2024).

147. Графіки руху : Офіційний сайт КП «Рівнеелектроавтотранс» РМР. URL:

<https://trolleybusrivne.pp.ua/grafik> (дата звернення 19.01.2024).

148. Маршрутки Рівного на карті. Маршрути громадського транспорту : EasyWay. URL: <https://www.eway.in.ua/ua/cities/rivne> (дата звернення 19.01.2024).

149. Список рухомого складу. Рівне, тролейбус : Міський електротранспорт. URL: <https://transphoto.org/list.php?t=2&cid=57&lang=uk> (дата звернення 19.01.2024).

150. Stępniaк M., Goliszek S. Spatio-Temporal Variation of Accessibility by Public Transport – The Equity Perspective. *The Rise of Big Spatial Data. Lecture Notes in Geoinformation and Cartography* / Ivan I., Singleton A., Horák J., Inspektor T. (eds). Cham: Springer. P. 241–261. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-45123-7_18.

151. Округи на карті міста : Офіційний портал Рівненської міської ради. URL: <https://rvrada.gov.ua/portalfiles/1/249/8129/карта0001.jpg> (дата звернення 19.01.2024).

152. Генеральний план забудови : Управління містобудування та архітектури виконавчого комітету Рівненської міської ради. URL: <https://arhrv.gov.ua/map/gen> (дата звернення 21.01.2024).

153. Автовокзалу підшукали заміну : сайт видавничого дому «ОГО» <https://ogo.ua/index.php?url=articles/view/2008-12-18/15561.html> (дата звернення 21.01.2024).

154. Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects : Economic appraisal tool for Cohesion Policy 2014-2020 / European Union. Brussels: European Commission, Directorate-General for Regional and Urban policy, 2015. 364 p. URL: https://ec.europa.eu/regional_policy/sources/studies/cba_guide.pdf.

155. National Association of City Transportation Officials : Official website. URL: <https://nacto.org/> (дата звернення 21.01.2024).

Додаток А

МАТРИЦЯ ВІДСТАНЕЙ ПЕРЕСУВАНЬ МІЖ ТРАНСПОРТНИМИ РАЙОНАМИ МІСТА РІВНЕ

Таблиця А.1 – Матриця найкоротших відстаней між ТР м. Рівне, км

| ТР | 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 |
|----|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|------|------|------|-------|-------|-------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|
| 1 | - | 0,30 | 0,81 | 1,04 | 2,58 | 7,19 | 3,17 | 6,36 | 3,36 | 4,32 | 8,39 | 9,56 | 6,55 | 6,00 | 5,45 | 7,07 | 8,14 | 8,10 | 11,76 | 12,64 | 4,30 | 3,30 | 7,16 | 13,87 | 7,40 | 9,87 | 6,29 | 9,48 | 10,13 |
| 2 | 0,30 | - | 3,72 | 0,46 | 1,38 | 6,92 | 5,01 | 5,52 | 2,24 | 3,28 | 7,15 | 8,59 | 5,90 | 4,95 | 4,47 | 6,04 | 8,16 | 7,01 | 10,75 | 11,62 | 3,25 | 2,36 | 5,89 | 11,89 | 6,60 | 9,29 | 5,63 | 8,16 | 9,36 |
| 3 | 0,81 | 3,71 | - | 3,67 | 0,69 | 1,71 | 0,44 | 4,42 | 2,53 | 4,17 | 8,12 | 9,60 | 7,18 | 5,83 | 5,20 | 6,57 | 8,19 | 7,14 | 10,16 | 12,44 | 6,27 | 6,21 | 7,08 | 13,25 | 7,79 | 10,24 | 8,81 | 8,92 | 10,97 |
| 4 | 1,03 | 0,46 | 3,97 | - | 0,80 | 6,39 | 6,09 | 4,56 | 0,08 | 2,89 | 6,42 | 7,16 | 5,14 | 4,50 | 5,07 | 5,58 | 7,32 | 7,10 | 9,53 | 11,41 | 1,42 | 0,72 | 3,44 | 6,55 | 6,62 | 9,22 | 5,37 | 7,00 | 8,58 |
| 5 | 2,22 | 1,39 | 0,69 | 0,80 | - | 5,19 | 1,89 | 2,14 | 0,24 | 1,44 | 5,20 | 6,61 | 3,68 | 3,28 | 2,75 | 4,37 | 5,84 | 5,41 | 7,17 | 9,76 | 1,33 | 1,56 | 4,33 | 7,45 | 4,99 | 7,78 | 4,10 | 6,38 | 7,76 |
| 6 | 7,49 | 7,07 | 1,71 | 6,60 | 5,34 | - | 0,50 | 0,84 | 4,83 | 2,36 | 3,51 | 1,28 | 0,67 | 3,53 | 3,13 | 4,65 | 5,31 | 5,91 | 8,08 | 10,12 | 6,24 | 7,23 | 8,74 | 11,92 | 5,68 | 8,24 | 6,85 | 1,86 | 8,40 |
| 7 | 3,09 | 5,06 | 0,44 | 6,11 | 1,78 | 0,50 | - | 1,78 | 4,57 | 4,38 | 8,64 | 8,43 | 1,52 | 5,81 | 5,09 | 6,43 | 7,53 | 6,83 | 9,19 | 11,26 | 7,54 | 6,57 | 9,02 | 14,07 | 7,23 | 13,73 | 8,62 | 9,38 | 11,29 |
| 8 | 6,31 | 5,27 | 4,07 | 4,63 | 2,13 | 0,84 | 1,77 | - | 1,40 | 1,14 | 3,52 | 1,36 | 0,46 | 2,54 | 1,41 | 3,80 | 4,46 | 5,05 | 7,19 | 9,24 | 3,84 | 3,81 | 6,08 | 9,24 | 4,30 | 6,92 | 4,16 | 2,66 | 6,75 |
| 9 | 2,98 | 2,28 | 2,62 | 0,08 | 0,24 | 4,37 | 3,95 | 1,37 | - | 0,75 | 4,95 | 5,95 | 4,01 | 2,85 | 2,29 | 3,78 | 5,67 | 4,80 | 7,03 | 9,16 | 0,58 | 0,63 | 3,47 | 6,58 | 4,34 | 7,14 | 1,39 | 6,17 | 7,11 |
| 10 | 3,92 | 3,38 | 3,75 | 3,07 | 1,40 | 2,16 | 4,40 | 1,18 | 0,72 | - | 3,46 | 4,60 | 0,41 | 1,27 | 0,22 | 2,64 | 4,28 | 3,85 | 5,79 | 8,05 | 2,00 | 2,77 | 4,95 | 8,07 | 3,02 | 6,02 | 2,77 | 4,81 | 6,03 |
| 11 | 8,52 | 7,29 | 8,03 | 6,22 | 5,22 | 4,11 | 8,59 | 3,73 | 4,99 | 3,43 | - | 0,99 | 0,55 | 1,88 | 3,72 | 2,29 | 3,02 | 3,03 | 5,19 | 8,10 | 6,22 | 6,49 | 8,72 | 11,85 | 4,27 | 12,85 | 5,05 | 0,36 | 5,92 |
| 12 | 10,53 | 9,33 | 9,12 | 7,67 | 6,83 | 1,28 | 9,27 | 1,48 | 6,04 | 4,63 | 1,04 | - | 0,85 | 2,97 | 4,91 | 3,80 | 4,49 | 4,45 | 7,13 | 9,91 | 7,44 | 7,47 | 10,17 | 13,50 | 5,54 | 11,68 | 6,30 | 0,13 | 8,14 |
| 13 | 7,28 | 6,25 | 7,18 | 5,21 | 4,15 | 0,67 | 1,50 | 0,46 | 4,08 | 0,40 | 0,55 | 0,82 | - | 0,45 | 1,50 | 1,28 | 2,96 | 2,13 | 4,51 | 7,16 | 5,57 | 5,69 | 7,88 | 11,00 | 3,67 | 6,33 | 4,51 | 0,45 | 5,08 |
| 14 | 5,92 | 5,31 | 5,32 | 4,78 | 3,43 | 3,81 | 5,83 | 2,75 | 2,88 | 1,25 | 1,86 | 2,89 | 0,45 | - | 0,58 | 0,57 | 1,94 | 0,37 | 4,15 | 6,40 | 4,23 | 4,38 | 6,56 | 9,68 | 1,71 | 5,45 | 2,67 | 3,10 | 4,33 |
| 15 | 6,11 | 4,94 | 5,50 | 5,37 | 2,93 | 4,27 | 5,63 | 1,48 | 2,41 | 0,22 | 3,56 | 4,76 | 1,53 | 0,58 | - | 2,47 | 4,18 | 0,44 | 4,26 | 7,77 | 1,68 | 4,10 | 5,93 | 9,02 | 0,25 | 4,62 | 0,79 | 4,73 | 5,93 |
| 16 | 6,48 | 6,04 | 6,40 | 5,71 | 4,36 | 4,91 | 6,47 | 4,02 | 3,80 | 2,53 | 2,24 | 3,46 | 1,29 | 0,56 | 2,63 | - | 0,59 | 0,45 | 3,05 | 5,24 | 5,13 | 5,51 | 7,59 | 10,71 | 3,32 | 9,64 | 4,12 | 3,64 | 3,47 |
| 17 | 8,07 | 8,43 | 8,32 | 7,30 | 5,76 | 5,56 | 7,50 | 4,66 | 5,41 | 4,05 | 2,86 | 4,10 | 2,74 | 1,68 | 4,18 | 0,60 | - | 1,32 | 3,77 | 5,90 | 6,13 | 6,72 | 8,55 | 11,70 | 6,59 | 11,67 | 5,19 | 4,26 | 0,47 |
| 18 | 8,05 | 7,47 | 6,94 | 7,29 | 5,60 | 6,15 | 7,12 | 5,25 | 4,93 | 3,73 | 3,47 | 4,69 | 2,63 | 0,36 | 0,44 | 0,44 | 1,32 | - | 0,87 | 4,04 | 4,35 | 6,64 | 8,37 | 11,41 | 1,43 | 5,22 | 1,98 | 4,88 | 4,81 |
| 19 | 11,71 | 9,90 | 10,30 | 8,70 | 7,16 | 8,04 | 8,91 | 7,05 | 7,02 | 5,65 | 4,94 | 7,69 | 4,45 | 3,94 | 4,11 | 2,95 | 3,62 | 0,85 | - | 0,92 | 7,75 | 8,71 | 10,60 | 14,61 | 4,24 | 11,05 | 4,39 | 6,13 | 6,96 |
| 20 | 12,99 | 11,89 | 12,33 | 11,24 | 9,88 | 10,24 | 11,03 | 9,36 | 9,38 | 8,02 | 7,85 | 9,04 | 7,25 | 6,52 | 8,08 | 5,47 | 6,06 | 4,12 | 0,95 | - | 10,90 | 10,58 | 13,36 | 16,96 | 6,73 | 14,89 | 9,23 | 9,12 | 9,58 |
| 21 | 3,88 | 3,33 | 3,77 | 1,42 | 1,33 | 7,07 | 6,56 | 4,08 | 0,58 | 2,06 | 6,53 | 7,88 | 5,74 | 4,29 | 1,93 | 5,39 | 6,40 | 5,10 | 6,72 | 10,17 | - | 1,40 | 4,61 | 7,71 | 3,60 | 8,03 | 0,62 | 7,17 | 8,09 |
| 22 | 3,15 | 2,26 | 5,83 | 0,72 | 1,56 | 5,40 | 6,31 | 3,80 | 0,62 | 2,72 | 6,45 | 7,44 | 5,58 | 4,37 | 3,81 | 5,48 | 6,78 | 6,50 | 8,38 | 12,04 | 1,40 | - | 0,54 | 5,10 | 5,34 | 8,79 | 4,59 | 7,72 | 8,45 |
| 23 | 6,34 | 5,70 | 6,89 | 3,40 | 4,10 | 7,58 | 8,45 | 5,93 | 3,41 | 4,86 | 8,67 | 10,29 | 7,74 | 6,50 | 5,82 | 7,53 | 8,52 | 7,97 | 10,73 | 14,28 | 4,51 | 0,56 | - | 2,16 | 8,10 | 14,13 | 6,29 | 10,52 | 11,88 |
| 24 | 10,36 | 9,05 | 9,62 | 6,42 | 7,06 | 10,61 | 11,45 | 8,93 | 6,41 | 7,88 | 11,71 | 13,51 | 10,76 | 9,52 | 8,82 | 10,55 | 11,51 | 10,93 | 13,83 | 16,73 | 7,52 | 4,96 | 2,16 | - | 11,09 | 17,08 | 9,17 | 13,70 | 14,04 |
| 25 | 8,44 | 7,30 | 8,01 | 6,87 | 5,16 | 5,93 | 7,13 | 3,79 | 4,60 | 3,22 | 5,65 | 6,81 | 4,41 | 1,77 | 0,25 | 4,69 | 7,60 | 1,42 | 4,25 | 6,65 | 3,49 | 5,56 | 8,48 | 13,26 | - | 0,24 | 0,83 | 6,30 | 10,35 |
| 26 | 10,66 | 9,45 | 10,24 | 9,14 | 7,68 | 8,59 | 11,07 | 6,53 | 7,05 | 5,88 | 9,43 | 11,27 | 6,44 | 5,32 | 4,53 | 8,24 | 10,65 | 5,31 | 9,16 | 15,18 | 7,92 | 8,56 | 11,17 | 17,34 | 0,24 | - | 4,66 | 10,83 | 13,82 |
| 27 | 7,10 | 5,95 | 7,80 | 5,23 | 4,01 | 6,15 | 7,87 | 4,26 | 1,36 | 2,64 | 6,44 | 7,79 | 5,76 | 3,17 | 0,79 | 5,37 | 6,41 | 2,59 | 4,39 | 8,39 | 0,62 | 1,89 | 6,11 | 9,28 | 0,83 | 4,55 | - | 7,05 | 8,90 |
| 28 | 9,62 | 8,39 | 8,14 | 7,69 | 6,48 | 1,87 | 8,84 | 2,64 | 6,28 | 4,92 | 0,36 | 0,13 | 0,48 | 3,22 | 4,99 | 3,46 | 4,21 | 4,43 | 6,24 | 10,09 | 6,95 | 7,84 | 10,46 | 13,60 | 4,99 | 14,01 | 5,77 | - | 7,74 |
| 29 | 10,20 | 9,36 | 11,49 | 9,24 | 7,84 | 8,82 | 11,18 | 6,72 | 7,21 | 6,09 | 5,77 | 6,90 | 5,14 | 4,41 | 6,22 | 3,55 | 0,48 | 4,71 | 7,06 | 10,80 | 8,08 | 8,72 | 11,49 | 17,89 | 10,54 | 18,90 | 7,79 | 7,00 | - |

Додаток Б

МАТРИЦІ КОРЕСПОНДЕНЦІЙ ДО ТА З ІСНУЮЧИХ АВТОСТАНЦІЙ МІСТА РІВНЕ, РОЗРАХОВАНІ
З ВИКОРИСТАННЯМ РОЗПОДІЛУ ВІДСТАНЕЙ ПЕРЕСУВАНЬ НАСЕЛЕННЯ

Таблиця Б.1 – Матриця пересувань до АС «Рівне», пас./добу

| ТР | 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 |
|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 17 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 32 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 31 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 38 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 53 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 297 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 186 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 13 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 356 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 14 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 528 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 288 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 16 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 17 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 90 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 18 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 373 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 19 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 16 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 21 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 14 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 22 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 27 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 23 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 24 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 24 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 26 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 27 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 19 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 28 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 181 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 29 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Таблиця Б.2 – Матриця пересувань з АС «Рівне», пас./добу

| ТР | 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 | | |
|----|----|----|---|----|----|---|---|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|----|---|---|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 13 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 14 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 16 | 27 | 37 | 3 | 33 | 41 | 9 | 2 | 49 | 64 | 67 | 298 | 244 | 333 | 482 | 261 | 0 | 82 | 337 | 16 | 4 | 18 | 30 | 5 | 1 | 60 | 6 | 43 | 170 | 3 | | |
| 17 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 18 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 19 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 21 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 22 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 23 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 24 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 26 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 27 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 28 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 29 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Таблиця Б.3 – Матриця пересувань до АС «Чайка», пас./добу

| ТР | 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 |
|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 24 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 14 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 458 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 13 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 254 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 14 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 201 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 54 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 16 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 229 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 17 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 16 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 18 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 42 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 19 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 21 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 22 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 23 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 24 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 26 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 27 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 28 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 410 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 29 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Таблиця Б.4 – Матриця пересувань з АС «Чайка», пас./добу

| ТР | 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 |
|----|---|----|---|----|----|---|---|----|----|----|----|-----|-----|-----|----|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|----|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 11 | 7 | 12 | 1 | 13 | 11 | 6 | 1 | 22 | 14 | 15 | 0 | 403 | 270 | 154 | 51 | 179 | 13 | 54 | 2 | 1 | 5 | 9 | 2 | 1 | 13 | 2 | 11 | 505 | 1 |
| 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 13 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 14 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 16 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 17 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 18 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 19 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 21 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 22 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 23 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 24 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 26 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 27 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 28 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 29 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Таблиця Б.5 – Матриця пересувань до п. Залізничний, пас./добу

| ТР | 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 |
|----|---|---|---|---|---|---|---|----|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 14 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 22 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 13 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 69 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 13 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 44 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 14 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 23 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 45 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 16 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 17 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 18 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 19 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 21 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 22 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 23 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 24 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 26 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 27 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 28 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 27 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 29 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Таблиця Б.6 – Матриця пересувань з п. Залізничний, пас./добу

| ТР | 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 | | |
|----|---|---|---|---|----|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 8 | 1 | 1 | 1 | 2 | 13 | 6 | 2 | 0 | 21 | 13 | 9 | 70 | 44 | 24 | 45 | 12 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 24 | 0 | |
| 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 13 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 14 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 16 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 17 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 18 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 19 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 21 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 22 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 23 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 24 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 26 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 27 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 28 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 29 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Таблиця Б.7 – Загальна матриця пересувань до та з автостанцій м. Рівне, визначена з урахуванням закономірностей у відстанях пересувань населення, пас./добу

| ТР | 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 |
|----|----|----|---|----|----|---|---|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|----|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 17 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 32 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 31 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 14 | 0 | 0 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 38 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 0 | 0 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | 1 | 1 | 1 | 2 | 13 | 6 | 2 | 0 | 21 | 13 | 33 | 70 | 44 | 24 | 45 | 65 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 24 | 0 |
| 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 22 | 0 | 0 | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 13 | 0 | 0 | 14 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 11 | 7 | 12 | 1 | 13 | 11 | 6 | 1 | 29 | 14 | 15 | 0 | 403 | 270 | 154 | 51 | 476 | 13 | 54 | 2 | 1 | 5 | 9 | 2 | 1 | 13 | 2 | 11 | 505 | 1 |
| 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 69 | 0 | 0 | 458 | 0 | 0 | 0 | 0 | 186 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 13 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 44 | 0 | 0 | 254 | 0 | 0 | 0 | 0 | 356 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 14 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 23 | 0 | 0 | 201 | 0 | 0 | 0 | 0 | 528 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 45 | 0 | 0 | 54 | 0 | 0 | 0 | 0 | 288 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 16 | 27 | 37 | 3 | 33 | 41 | 9 | 2 | 59 | 64 | 67 | 527 | 244 | 333 | 482 | 261 | 0 | 82 | 337 | 16 | 4 | 18 | 30 | 5 | 1 | 60 | 6 | 43 | 170 | 3 |
| 17 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 16 | 0 | 0 | 0 | 0 | 90 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 18 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 42 | 0 | 0 | 0 | 0 | 373 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 19 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 16 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 21 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 14 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 22 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 27 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 23 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 24 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 24 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 26 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 27 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 19 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 28 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 27 | 0 | 0 | 410 | 0 | 0 | 0 | 0 | 181 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 29 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Додаток В

ПРОМІЖНИЙ СТАН ПОПИТУ НА ПЕРЕСУВАННЯ ДО ТА З ІСНУЮЧИХ АВТОСТАНЦІЙ МІСТА РІВНЕ

Таблиця В.1 – Усереднена матриця кореспонденцій до та з АС м. Рівне, пас./добу

| ТР | 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 |
|----|----|-----|----|----|----|----|---|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|----|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9 | 0 | 0 | 49 | 0 | 0 | 0 | 0 | 80 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 0 | 0 | 58 | 0 | 0 | 0 | 0 | 98 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8 | 0 | 0 | 44 | 0 | 0 | 0 | 0 | 77 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 11 | 0 | 0 | 29 | 0 | 0 | 0 | 0 | 57 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 17 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | 9 | 10 | 2 | 8 | 11 | 4 | 2 | 8 | 15 | 9 | 49 | 50 | 29 | 22 | 32 | 84 | 2 | 8 | 1 | 1 | 4 | 8 | 3 | 1 | 4 | 7 | 5 | 23 | 0 |
| 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 16 | 0 | 0 | 33 | 0 | 0 | 0 | 0 | 72 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9 | 0 | 0 | 21 | 0 | 0 | 0 | 0 | 52 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 11 | 50 | 60 | 7 | 47 | 30 | 11 | 4 | 47 | 34 | 21 | 103 | 286 | 177 | 135 | 81 | 404 | 16 | 68 | 5 | 5 | 19 | 38 | 15 | 4 | 26 | 36 | 28 | 318 | 2 |
| 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 49 | 0 | 0 | 314 | 0 | 0 | 0 | 0 | 222 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 13 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 29 | 0 | 0 | 169 | 0 | 0 | 0 | 0 | 242 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 14 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 22 | 0 | 0 | 158 | 0 | 0 | 0 | 0 | 352 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 32 | 0 | 0 | 82 | 0 | 0 | 0 | 0 | 229 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 16 | 85 | 101 | 11 | 78 | 58 | 16 | 6 | 81 | 74 | 54 | 429 | 251 | 231 | 329 | 215 | 265 | 56 | 231 | 15 | 9 | 35 | 66 | 24 | 6 | 59 | 56 | 55 | 185 | 3 |
| 17 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 18 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 18 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8 | 0 | 0 | 62 | 0 | 0 | 0 | 0 | 249 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 19 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 21 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 18 | 0 | 0 | 0 | 0 | 33 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 22 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8 | 0 | 0 | 36 | 0 | 0 | 0 | 0 | 65 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 23 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 14 | 0 | 0 | 0 | 0 | 23 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 24 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 22 | 0 | 0 | 0 | 0 | 41 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 26 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | 0 | 0 | 36 | 0 | 0 | 0 | 0 | 57 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 27 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 24 | 0 | 0 | 0 | 0 | 43 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 28 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 25 | 0 | 0 | 270 | 0 | 0 | 0 | 0 | 191 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 29 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Додаток Г

ПАСАЖИРОПОТОКИ ГРОМАДСЬКОГО ТРАНСПОРТУ, УТВОРЮВАНІ ПЕРЕСУВАННЯМИ НАСЕЛЕННЯ
ДО ТА З ІСНУЮЧИХ АВТОСТАНЦІЙ МІСТА РІВНЕ

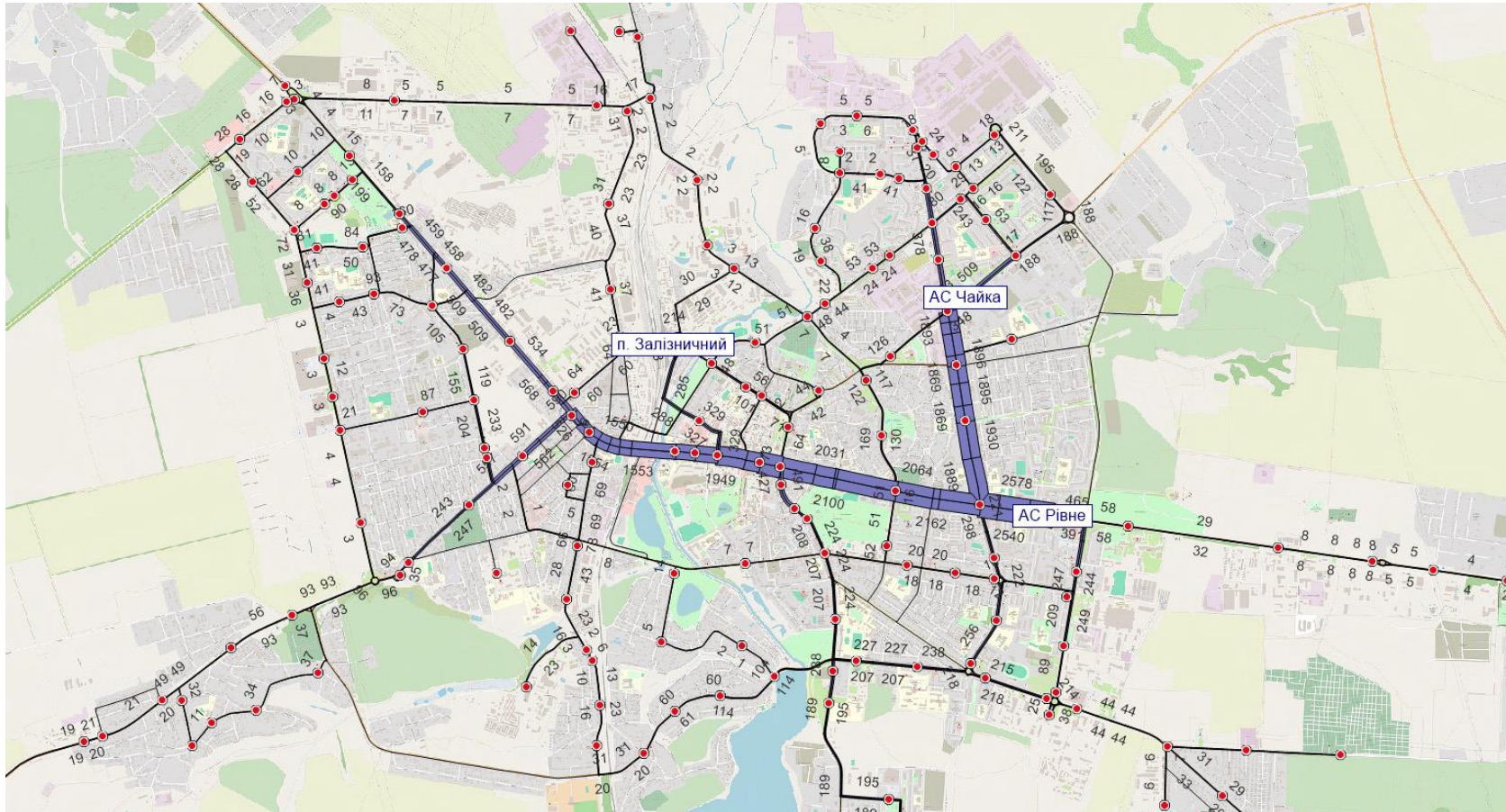


Рисунок Г.1 – Пасажи́ропотоки, утворювані при перерозподілі МК, розраховані за моделлю з подвійним обмеженням на значення місткостей ТР, пас./добу

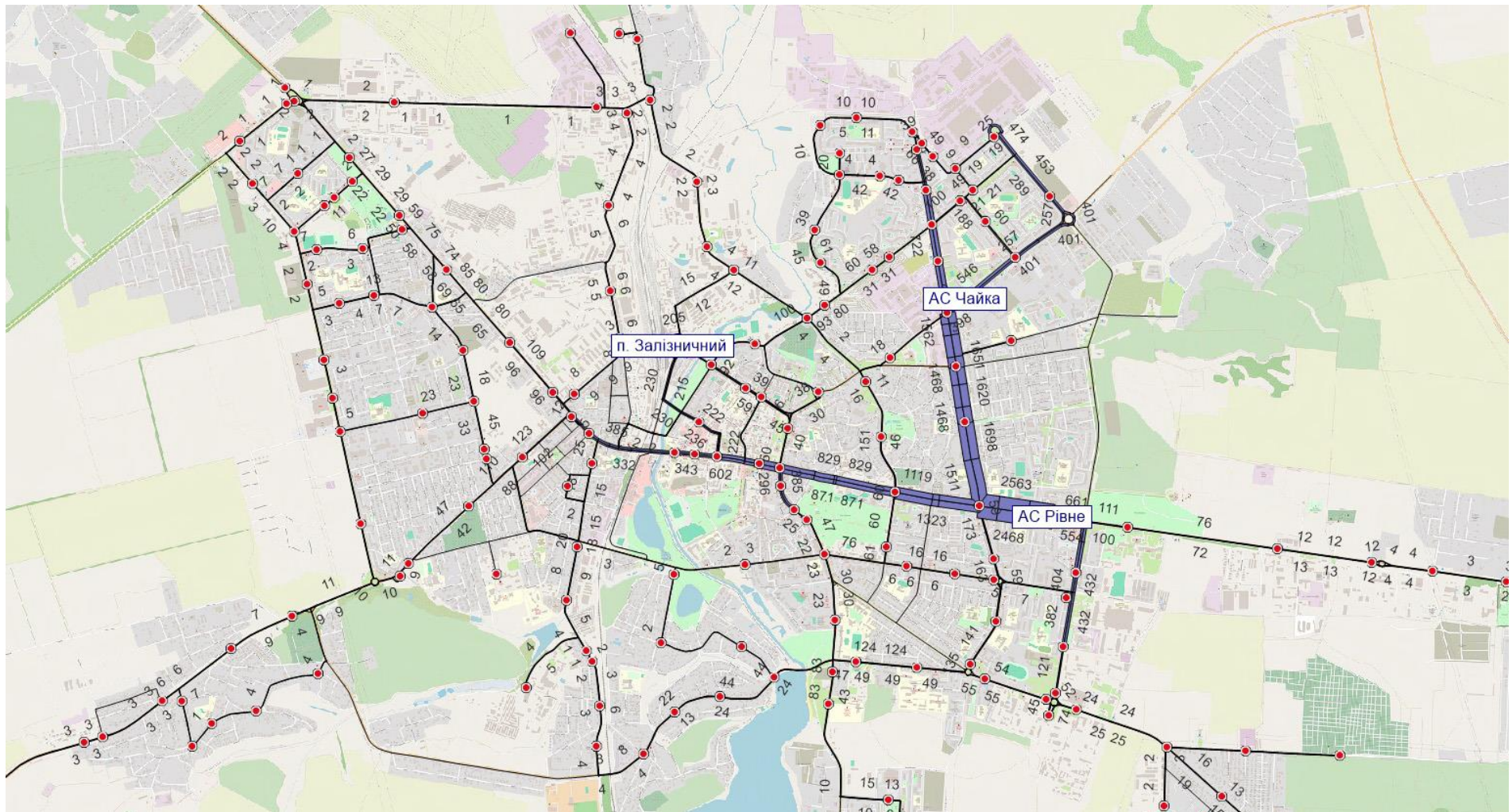


Рисунок Г.2 – Пасажиропотоки, утворювані при перерозподілі МК, розраховані за моделлю з одинарним обмеженням на значення місткостей ТР, пас./добу

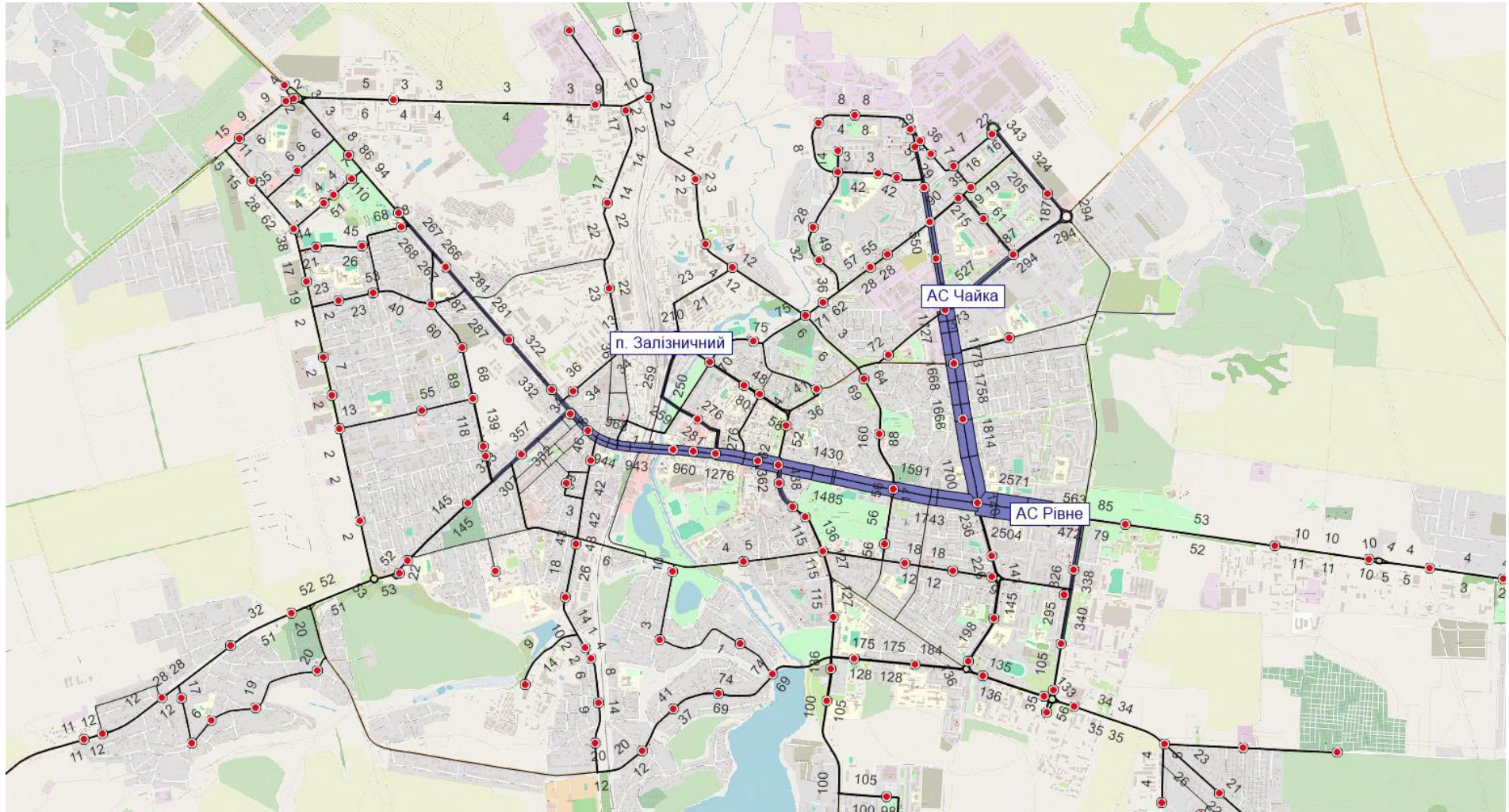


Рисунок Г.3 – Пасажиропотоки, утворювані при перерозподілі МК, що відбиває усереднений стан транспортного попиту (між використанням моделей з подвійним та одинарним обмеженням на значення місткостей ТР), пас./добу

Додаток Д

СПІВВІДНОШЕННЯ МІЖ ПАСАЖИРОПОТОКАМИ ДО ТА З АВТОСТАНЦІЙ ПРИ ЇХ ІСНУЮЧОМУ РОЗТАШУВАННІ І ПРОВІЗНИМИ МОЖЛИВОСТЯМИ ГРОМАДСЬКОГО ТРАНСПОРТУ МІСТА РІВНЕ

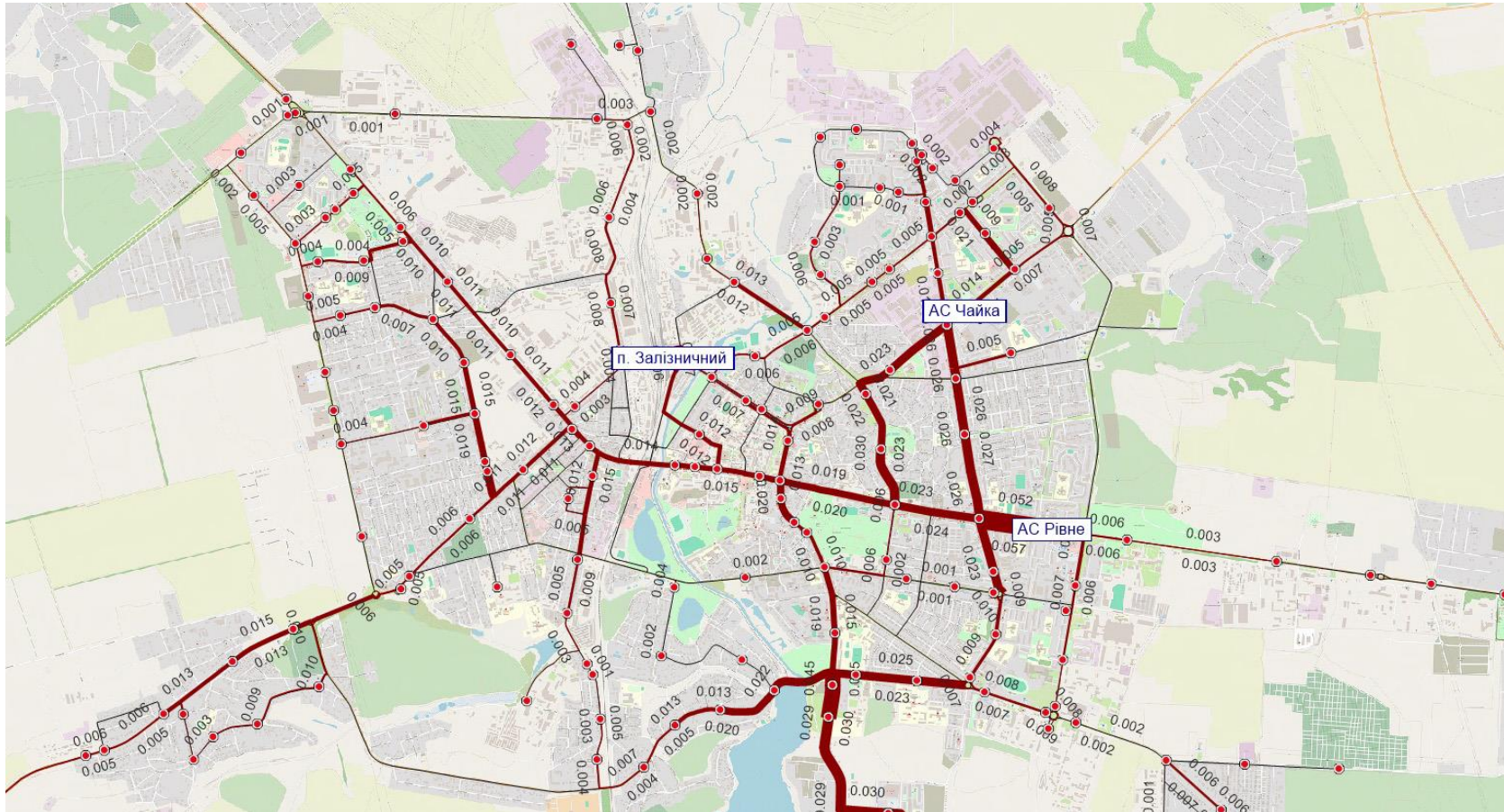


Рисунок Д.1 – Відношення добових пасажиропотоків до провізних можливостей ГТ при перерозподілі МК, розраховані за моделлю з подвійним обмеженням на місткості ТР

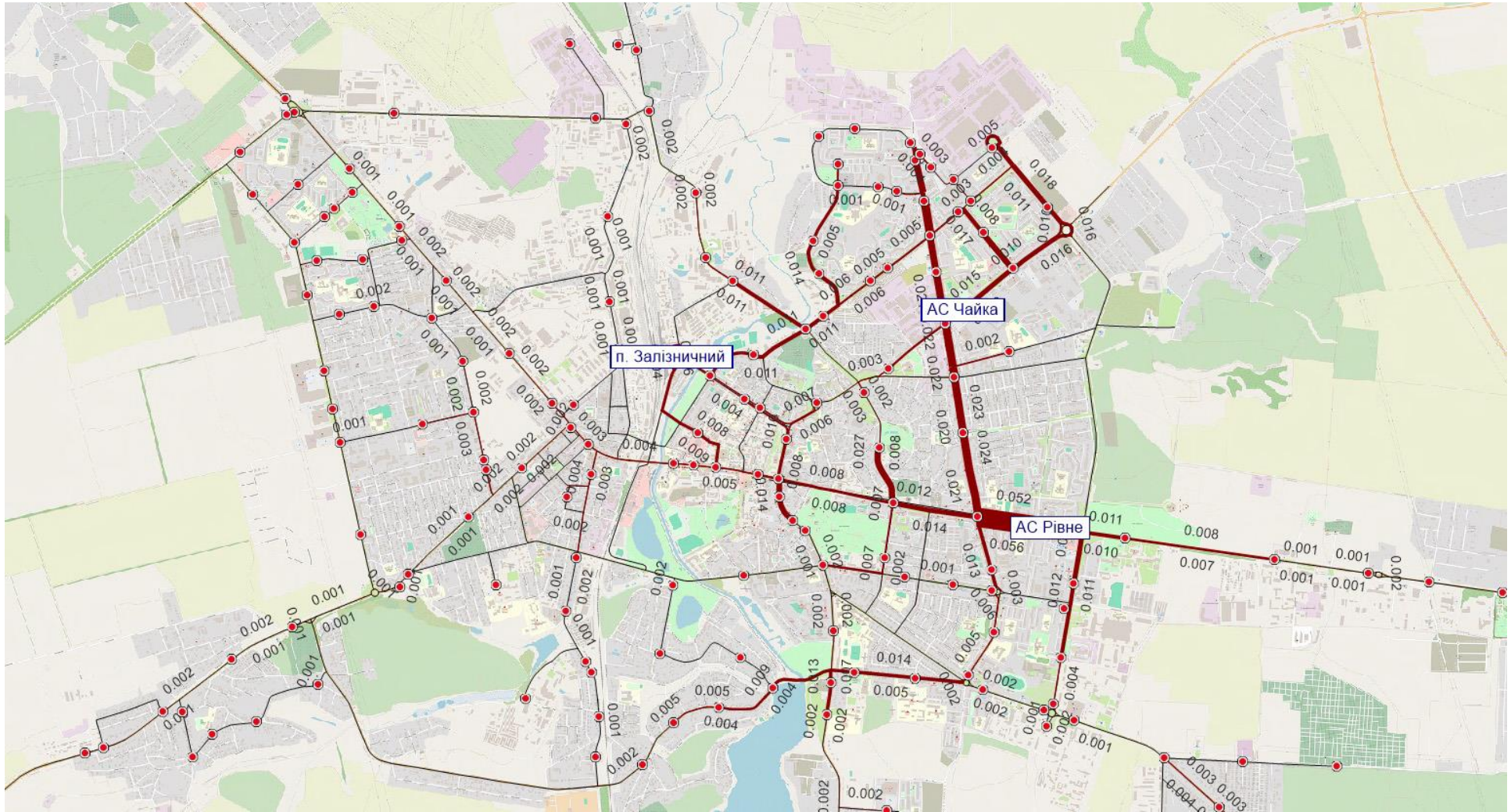


Рисунок Д.2 – Відношення добових пасажиропотоків до провізних можливостей ГТ при перерозподілі МК, розраховані за моделлю з одинарним обмеженням на місткості ТР

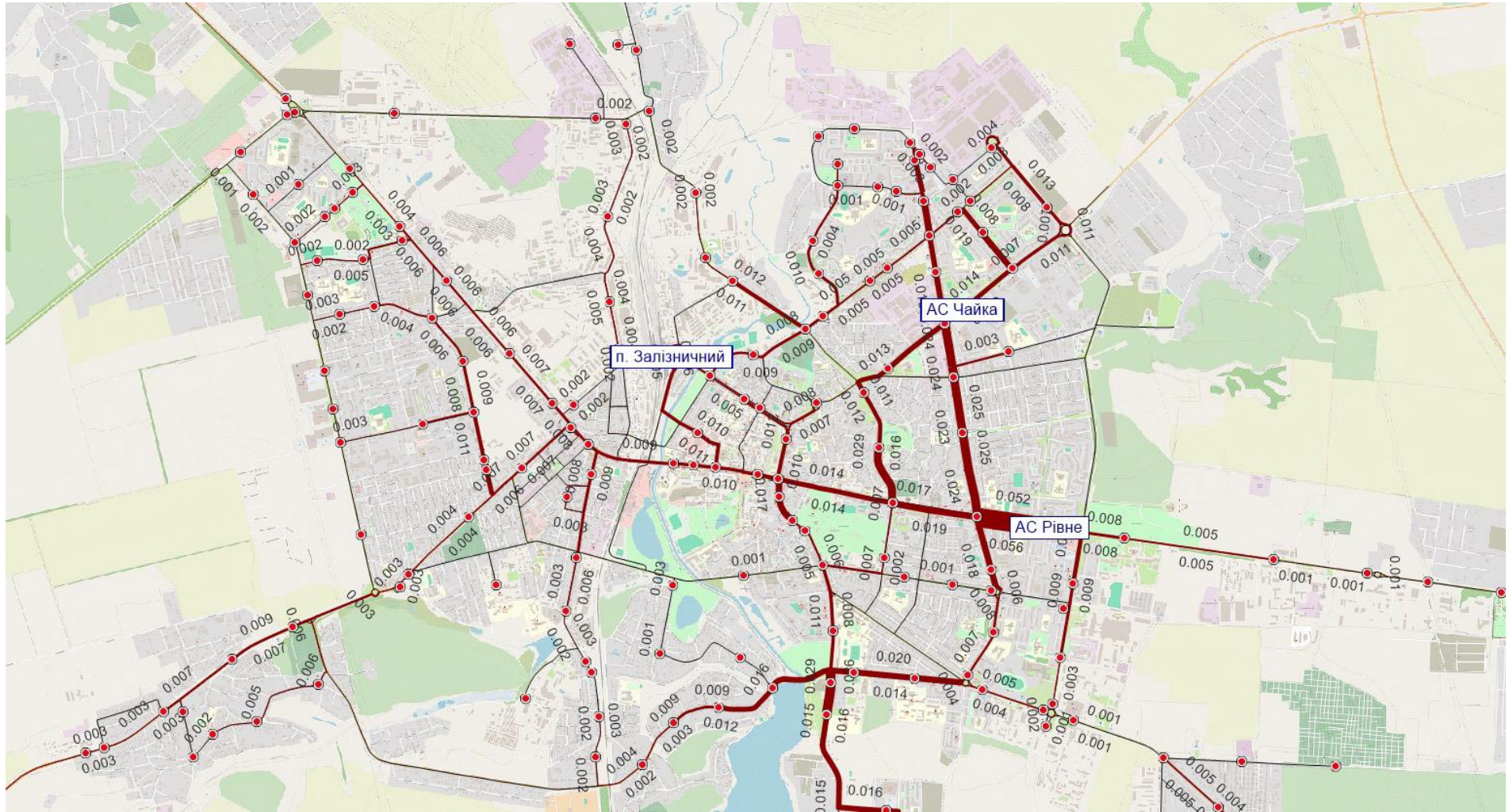


Рисунок Д.3 – Відношення добових пасажиропотоків до провізних можливостей ГТ при перерозподілі МК, що відбиває усереднений стан транспортного попиту (між використанням моделей з подвійним та одинарним обмеженням на значення місткостей ТР)

Додаток Е

ПАСАЖИРООБМІН ЗУПИНОК ГРОМАДСЬКОГО ТРАНСПОРТУ, УТВОРЮВАНИЙ ПРИ ПЕРЕСУВАННЯХ
ДО ТА З ІСНУЮЧИХ АВТОСТАНЦІЙ МІСТА РІВНЕ

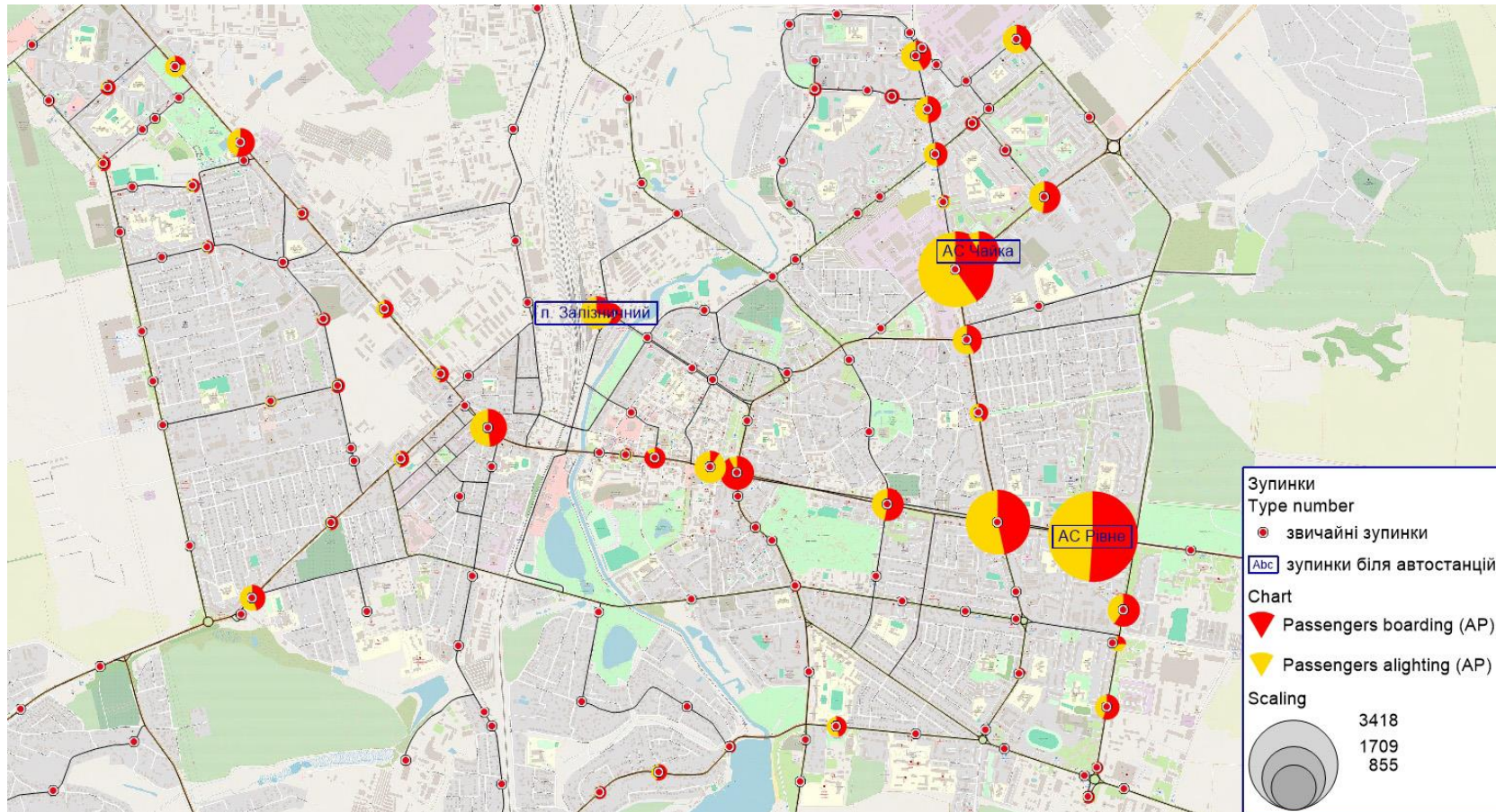


Рисунок Е.1 – Пасажирообмін ЗП ГТ, утворений при перерозподілі матриці кореспонденцій, розрахованої за моделлю з подвійним обмеженням на значення місткостей транспортних районів, пас./добу

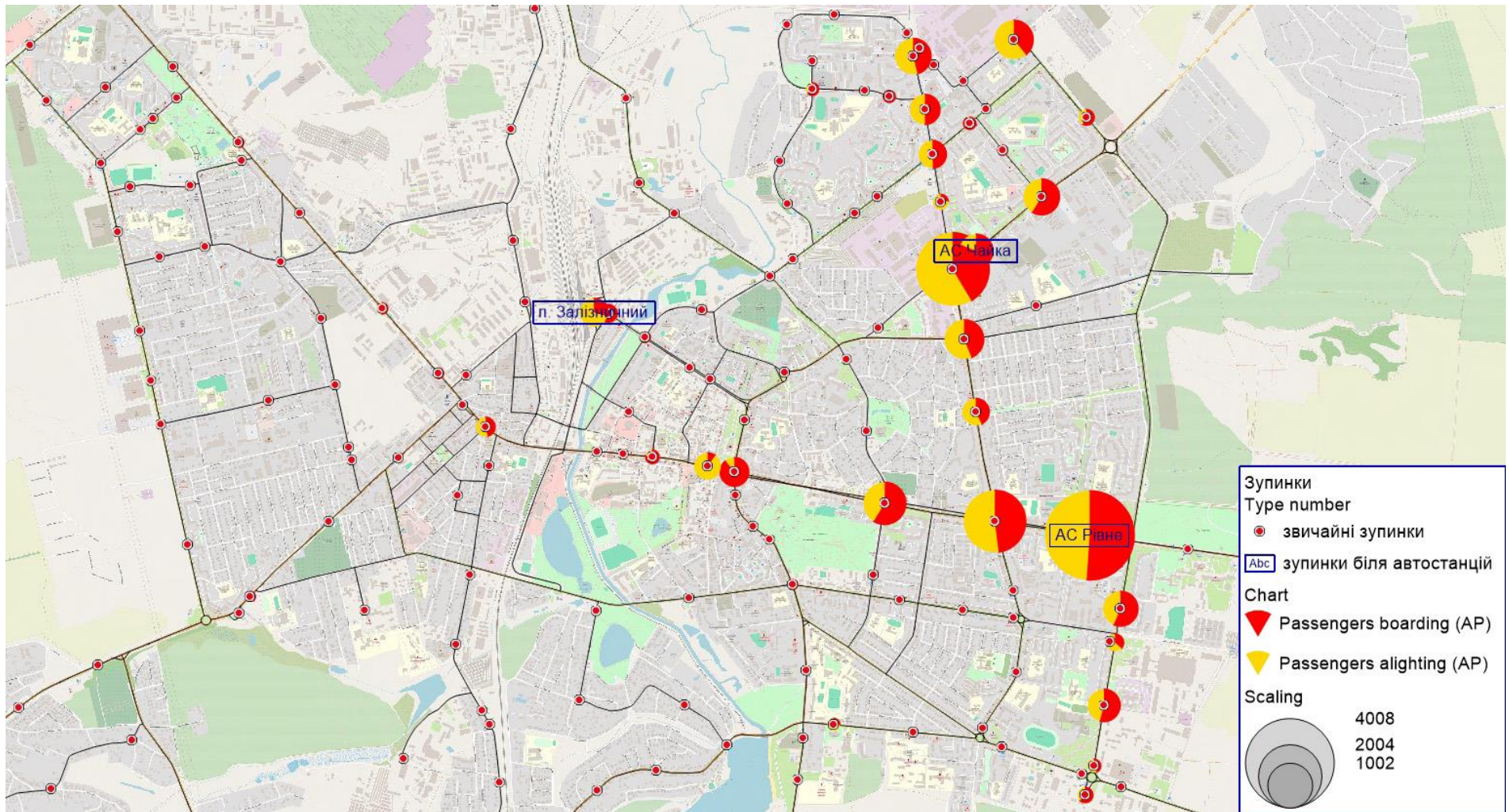


Рисунок Е.2 – Пасажирообмін ЗП ГТ, утворюваний при перерозподілі МК, розрахованої за моделлю з одинарним обмеженням на значення місткостей ТР, пас./добу

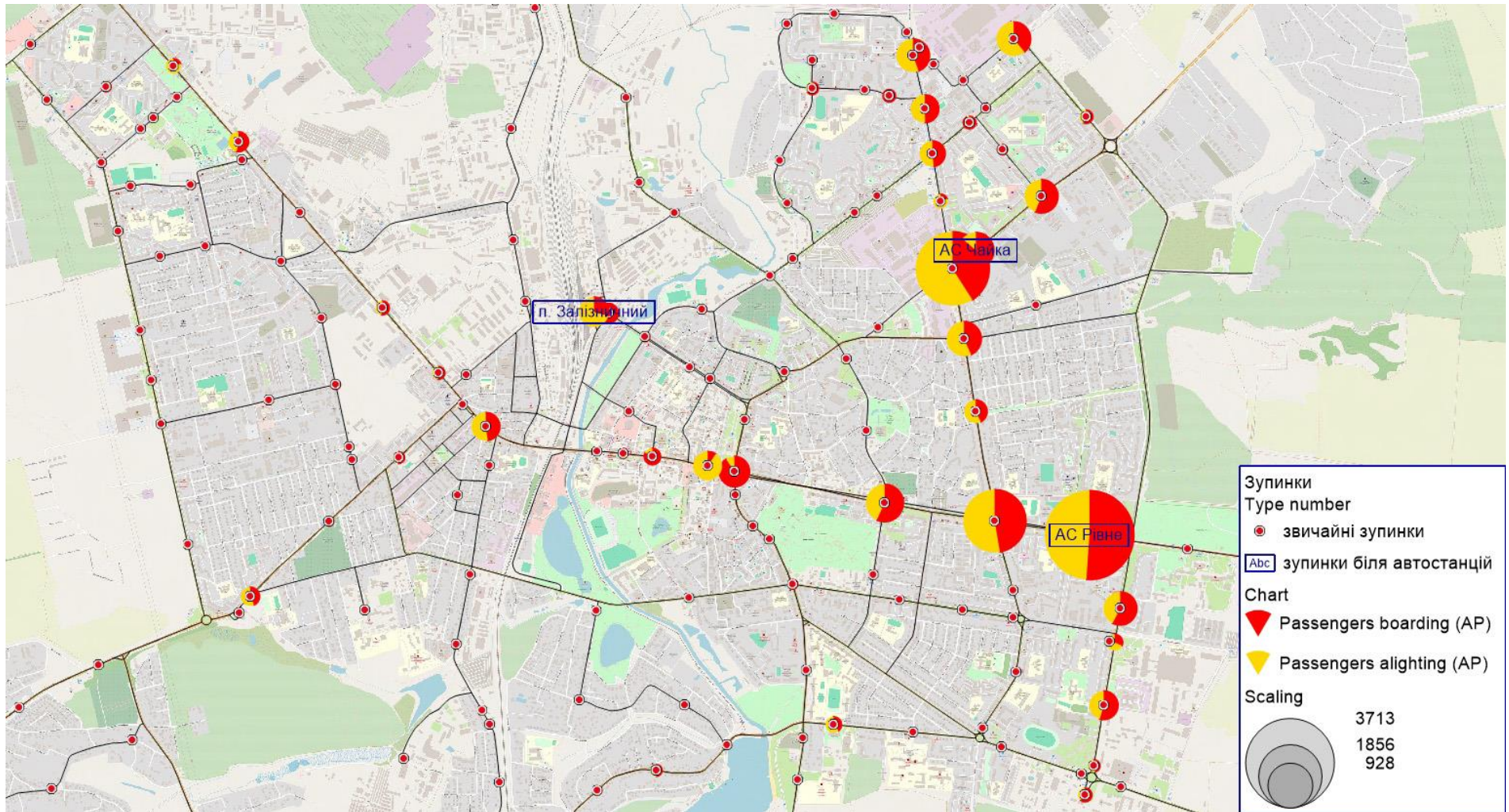


Рисунок Е.3 – Пасажирообмін ЗП ГТ, утворюваний при перерозподілі МК, що відбиває усереднений стан транспортного попиту (між використанням моделей з подвійним та одинарним обмеженням на значення місткостей ТР), пас./добу

Додаток Ж

МАТРИЦІ КОРЕСПОНДЕНЦІЙ ДО ТА З АВТОСТАНЦІЙ МІСТА
ПРИ ЗМІНІ МІСЦЯ РОЗТАШУВАННЯ АС «РІВНЕ»

Таблиця Ж.1 – Матриця пересувань до та з АС міста при зміні місця розташування АС «Рівне», розрахунок за моделлю з подвійним обмеженням на значення місткостей ТР, пас./добу

| ТР | 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 |
|----|-----|-----|----|-----|----|----|---|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|-----|----|----|----|-----|----|----|----|-----|----|-----|-----|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 16 | 0 | 0 | 93 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 143 |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 18 | 0 | 0 | 107 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 164 |
| 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 18 |
| 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 13 | 0 | 0 | 80 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 123 |
| 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8 | 0 | 0 | 49 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 75 |
| 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 23 |
| 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9 |
| 8 | 16 | 18 | 2 | 13 | 8 | 2 | 1 | 16 | 9 | 5 | 64 | 29 | 14 | 20 | 19 | 30 | 3 | 14 | 1 | 1 | 6 | 11 | 5 | 1 | 6 | 12 | 7 | 22 | 73 |
| 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9 | 0 | 0 | 54 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 83 |
| 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 27 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 41 |
| 11 | 93 | 107 | 12 | 80 | 49 | 15 | 6 | 64 | 54 | 27 | 206 | 169 | 83 | 115 | 110 | 173 | 19 | 81 | 8 | 8 | 33 | 66 | 27 | 7 | 38 | 69 | 44 | 130 | 160 |
| 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 29 | 0 | 0 | 169 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 258 |
| 13 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 14 | 0 | 0 | 83 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 128 |
| 14 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 20 | 0 | 0 | 115 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 176 |
| 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 19 | 0 | 0 | 110 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 169 |
| 16 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 30 | 0 | 0 | 173 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 265 |
| 17 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 19 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 30 |
| 18 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 14 | 0 | 0 | 81 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 124 |
| 19 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 13 |
| 20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 13 |
| 21 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 0 | 0 | 33 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 51 |
| 22 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 11 | 0 | 0 | 66 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 102 |
| 23 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 27 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 42 |
| 24 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 11 |
| 25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 0 | 0 | 38 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 58 |
| 26 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 12 | 0 | 0 | 69 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 105 |
| 27 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | 0 | 0 | 44 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 67 |
| 28 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 22 | 0 | 0 | 130 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 200 |
| 29 | 143 | 164 | 18 | 123 | 75 | 23 | 9 | 73 | 83 | 41 | 160 | 258 | 128 | 176 | 169 | 265 | 30 | 124 | 13 | 13 | 51 | 102 | 42 | 11 | 58 | 105 | 67 | 200 | 6 |

Таблиця Ж.2 – Матриця пересувань до та з АС міста при зміні місця розташування АС «Рівне», розрахунок за моделлю з одинарним обмеженням на значення місткостей ТР, пас./добу

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|----|----|---|----|----|---|---|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|
| ТР | 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 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 17 |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 32 |
| 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 31 |
| 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 14 | 0 | 0 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 38 |
| 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 0 | 0 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 |
| 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 8 | 1 | 1 | 1 | 2 | 13 | 6 | 2 | 0 | 21 | 13 | 33 | 70 | 44 | 24 | 45 | 12 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 24 | 53 |
| 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 22 | 0 | 0 | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61 |
| 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 13 | 0 | 0 | 14 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63 |
| 11 | 7 | 12 | 1 | 13 | 11 | 6 | 1 | 29 | 14 | 15 | 0 | 403 | 270 | 154 | 51 | 179 | 13 | 54 | 2 | 1 | 5 | 9 | 2 | 1 | 13 | 2 | 11 | 505 | 298 |
| 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 69 | 0 | 0 | 458 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 186 |
| 13 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 44 | 0 | 0 | 254 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 356 |
| 14 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 23 | 0 | 0 | 201 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 528 |
| 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 45 | 0 | 0 | 54 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 288 |
| 16 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 0 | 0 | 229 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 17 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 16 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 90 |
| 18 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 42 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 373 |
| 19 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 16 |
| 20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| 21 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 14 |
| 22 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 27 |
| 23 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 |
| 24 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 24 |
| 26 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8 |
| 27 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 19 |
| 28 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 27 | 0 | 0 | 410 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 181 |
| 29 | 27 | 37 | 3 | 33 | 41 | 9 | 2 | 49 | 64 | 67 | 299 | 244 | 333 | 482 | 261 | 0 | 82 | 337 | 16 | 4 | 18 | 30 | 5 | 0 | 60 | 6 | 43 | 170 | 6 |

Таблиця Ж.3 – Матриця пересувань до та з АС міста при зміні місця розташування АС «Рівне», усереднений стан транспортного попиту (між використанням моделей з подвійним та одинарним обмеженням на значення місткостей ТР), пас./добу

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|----|-----|----|----|----|----|---|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|
| ТР | 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 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9 | 0 | 0 | 49 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 80 |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 0 | 0 | 58 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 98 |
| 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 11 |
| 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8 | 0 | 0 | 44 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 77 |
| 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 11 | 0 | 0 | 29 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 57 |
| 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 17 |
| 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 |
| 8 | 9 | 10 | 2 | 8 | 11 | 4 | 2 | 8 | 15 | 9 | 49 | 50 | 29 | 22 | 32 | 21 | 2 | 8 | 1 | 1 | 4 | 8 | 3 | 1 | 4 | 7 | 5 | 23 | 63 |
| 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 16 | 0 | 0 | 33 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 72 |
| 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9 | 0 | 0 | 21 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 52 |
| 11 | 50 | 60 | 7 | 47 | 30 | 11 | 4 | 47 | 34 | 21 | 103 | 286 | 177 | 135 | 81 | 176 | 16 | 68 | 5 | 5 | 19 | 38 | 15 | 4 | 26 | 36 | 28 | 318 | 230 |
| 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 49 | 0 | 0 | 314 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 222 |
| 13 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 29 | 0 | 0 | 169 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 242 |
| 14 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 22 | 0 | 0 | 158 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 352 |
| 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 32 | 0 | 0 | 82 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 229 |
| 16 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 20 | 0 | 0 | 201 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 132 |
| 17 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 18 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60 |
| 18 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8 | 0 | 0 | 62 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 249 |
| 19 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 15 |
| 20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8 |
| 21 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 18 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 33 |
| 22 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8 | 0 | 0 | 36 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 65 |
| 23 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 14 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 23 |
| 24 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 |
| 25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 22 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 41 |
| 26 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | 0 | 0 | 36 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 57 |
| 27 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 24 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 43 |
| 28 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 25 | 0 | 0 | 270 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 191 |
| 29 | 85 | 101 | 11 | 78 | 58 | 16 | 6 | 61 | 74 | 54 | 230 | 251 | 231 | 329 | 215 | 133 | 56 | 231 | 15 | 9 | 35 | 66 | 24 | 6 | 59 | 56 | 55 | 185 | 6 |

Додаток И

ПАСАЖИРОПОТОКИ ГРОМАДСЬКОГО ТРАНСПОРТУ, УТВОРЮВАНІ ПЕРЕСУВАННЯМИ НАСЕЛЕННЯ ДО ТА З АВТОСТАНЦІЙ МІСТА ПРИ ЗМІНІ МІСЦЯ РОЗТАШУВАННЯ АС «РІВНЕ»

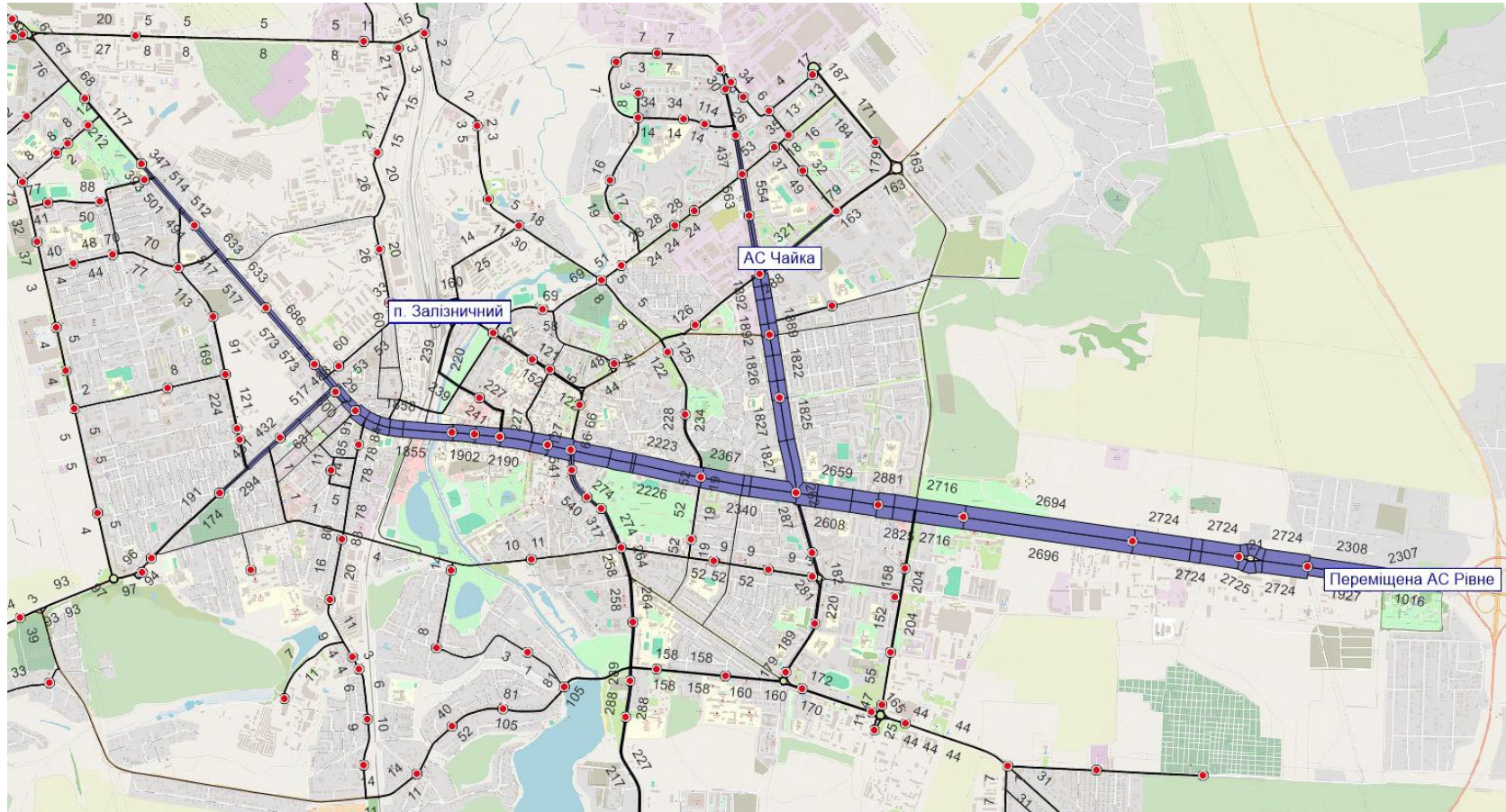


Рисунок И.1 – Пасажиропотоки, утворювані при зміні місця розташування АС «Рівне» і перерозподілі МК, розраховані за моделлю з подвійним обмеженням на значення місткостей ТР, пас./добу

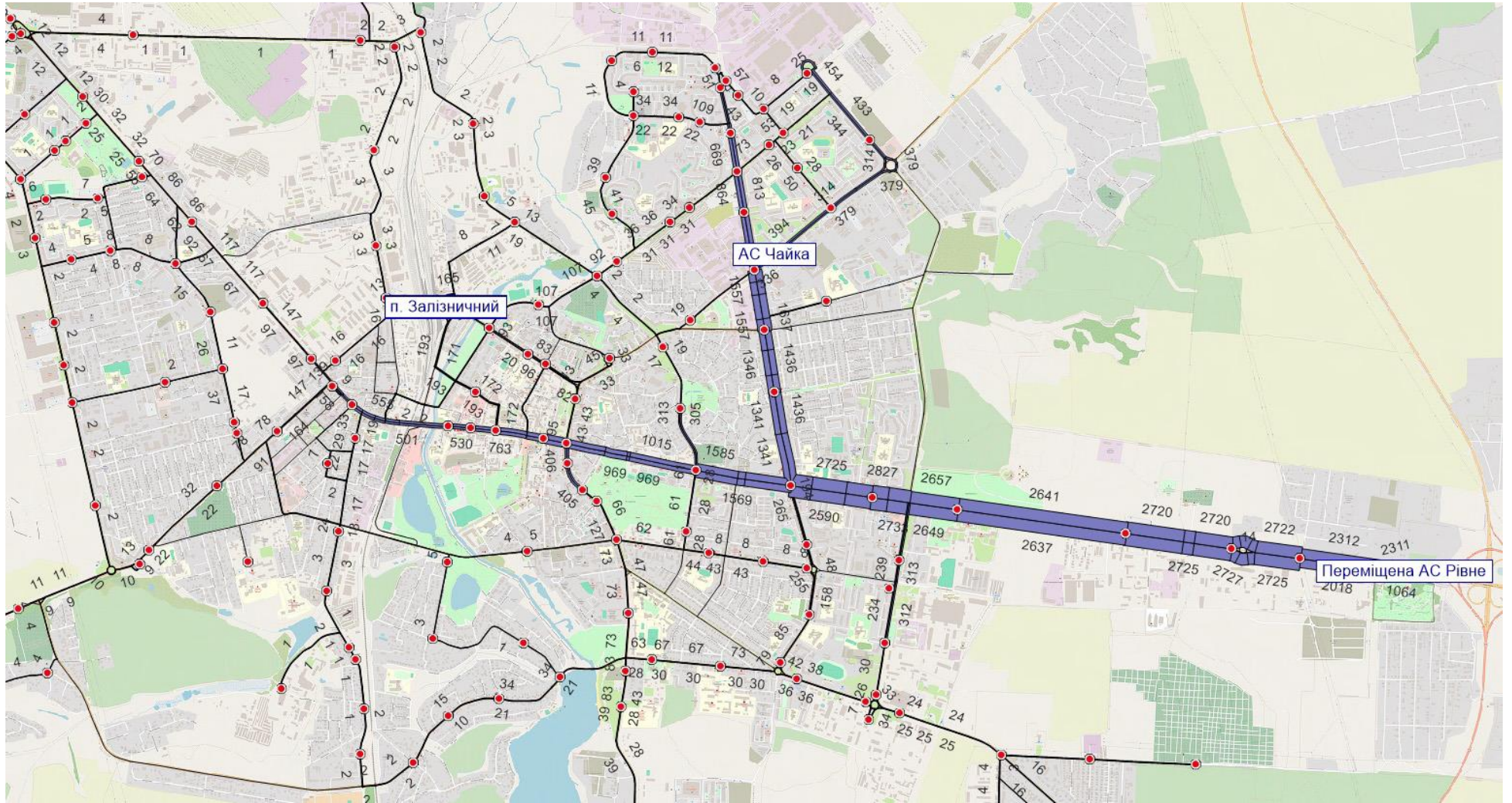


Рисунок И.2 – Пасажиропотоки, утворювані при зміні місця розташування АС «Рівне» і перерозподілі МК, розраховані за моделлю з одинарним обмеженням на значення місткостей ТР, пас./добу

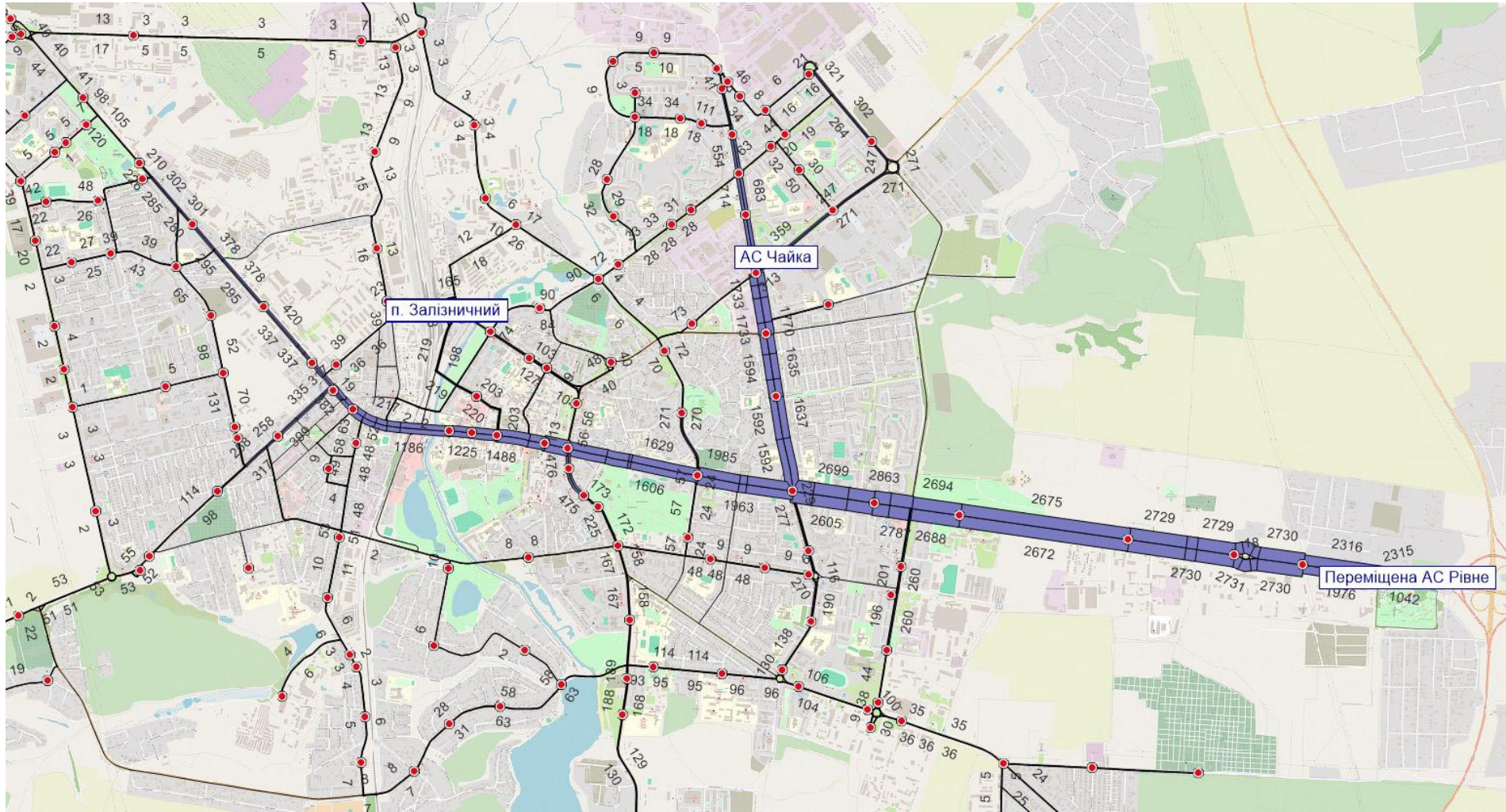


Рисунок И.3 – Пасажиропотоки, утворювані при зміні місця розташування АС «Рівне» і перерозподілі МК, що відбиває усереднений стан транспортного попиту (між використанням моделей з подвійним та одинарним обмеженням на місткості ТР), пас./добу

Додаток К

ПАСАЖИРООБМІН ЗУПИНОК ГРОМАДСЬКОГО ТРАНСПОРТУ, УТВОРЮВАНИЙ ПРИ ПЕРЕСУВАННЯХ
ДО ТА З АВТОСТАНЦІЙ МІСТА ПРИ ЗМІНІ МІСЦЯ РОЗТАШУВАННЯ АС «РІВНЕ»

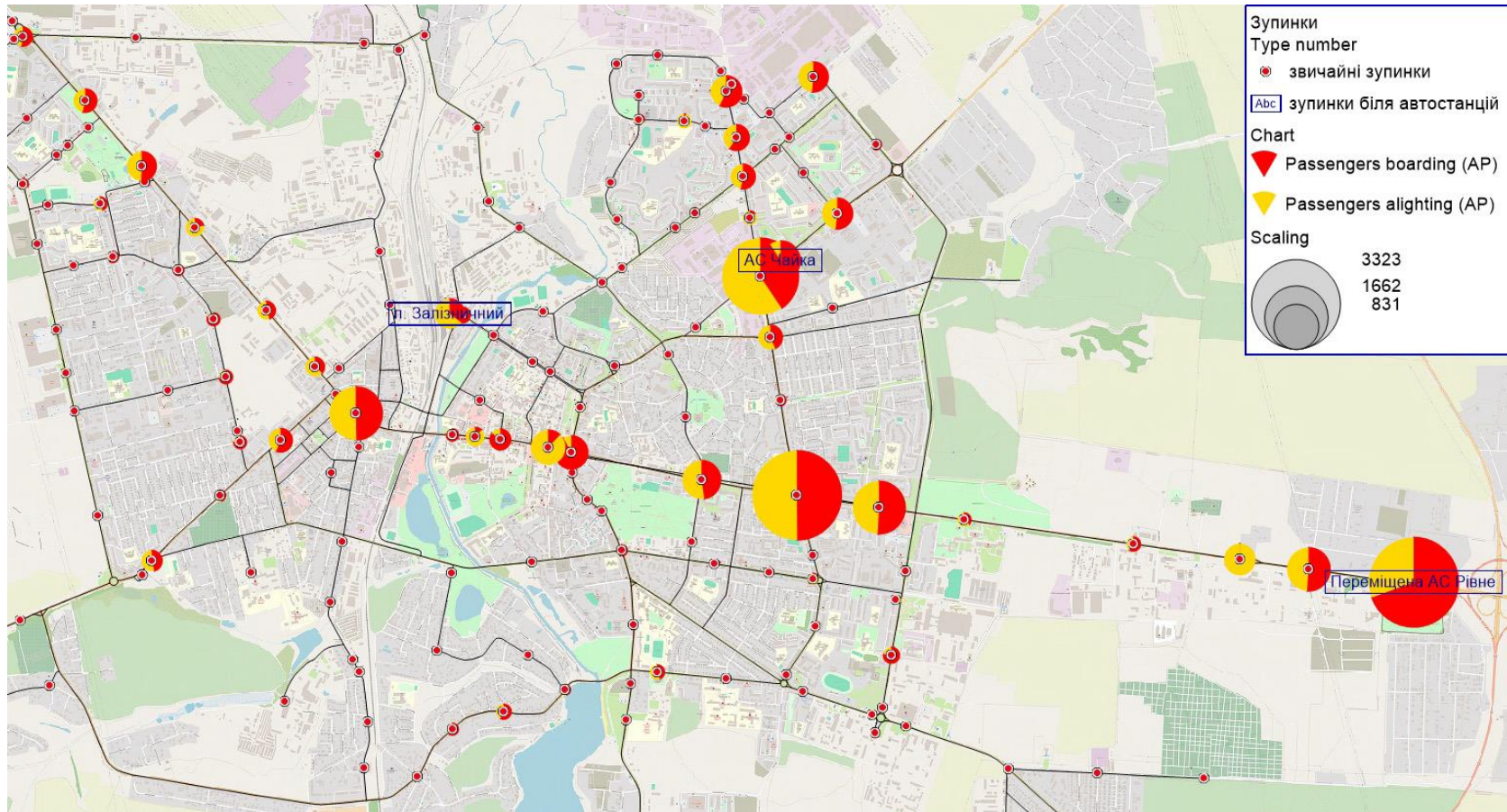


Рисунок К.1 – Пасажи́рообмі́н ЗП ГТ, утворюваний при зміні місця розташування АС «Рівне» і перерозподілі МК, розрахованої за моделлю з подвійним обмеженням на значення місткостей ТР, пас./добу

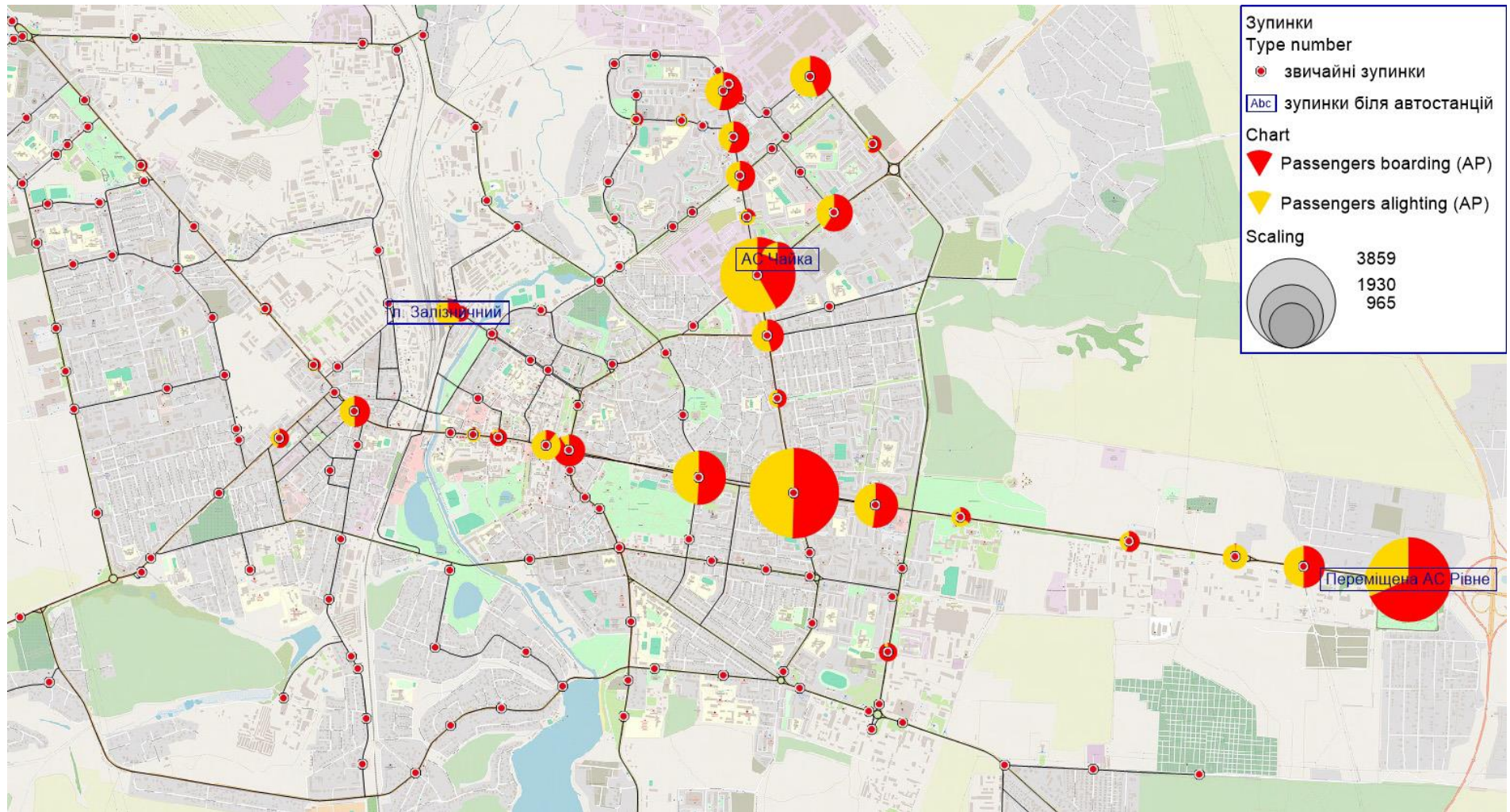


Рисунок К.2 – Пасажирообмін ЗП ГТ, утворений при зміні місця розташування АС «Рівне» і перерозподілі МК, розрахованої за моделлю з одинарним обмеженням на значення місткостей ТР, пас./добу

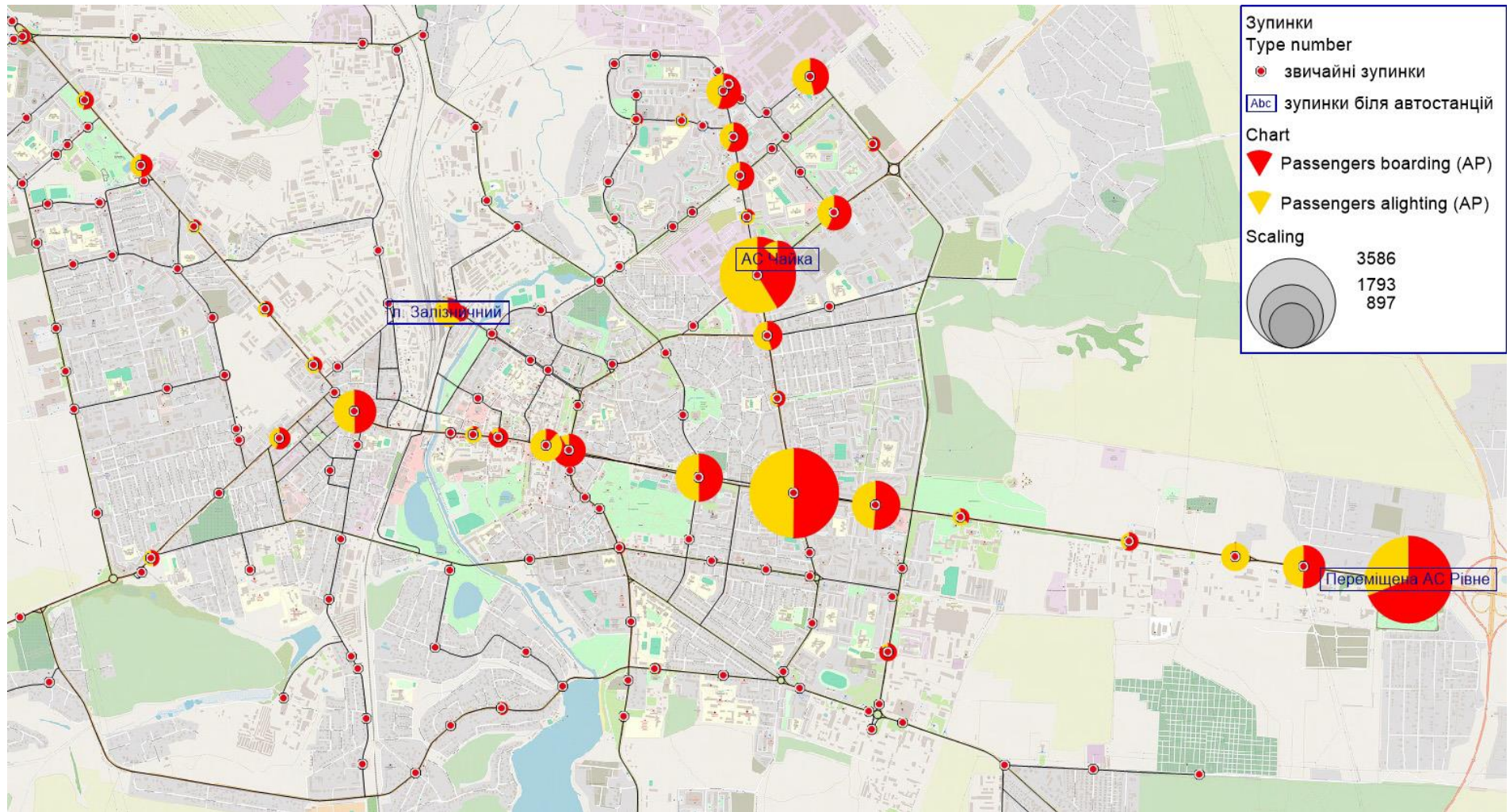


Рисунок К.3 – Пасажирообмін ЗП ГТ, утворюваний при зміні місця розташування АС «Рівне» і перерозподілі МК, що відбиває усереднений стан транспортного попиту (між використанням моделей з подвійним та одинарним обмеженням на місткості ТР), пас./добу

Додаток Л

СПІВВІДНОШЕННЯ МІЖ ПАСАЖИРОПОТОКАМИ ДО ТА З АВТОСТАНЦІЙ ПРИ ЗМІНІ МІСЦЯ РОЗТАШУВАННЯ АС «РІВНЕ» І ПРОВІЗНИМИ МОЖЛИВОСТЯМИ ГРОМАДСЬКОГО ТРАНСПОРТУ МІСТА

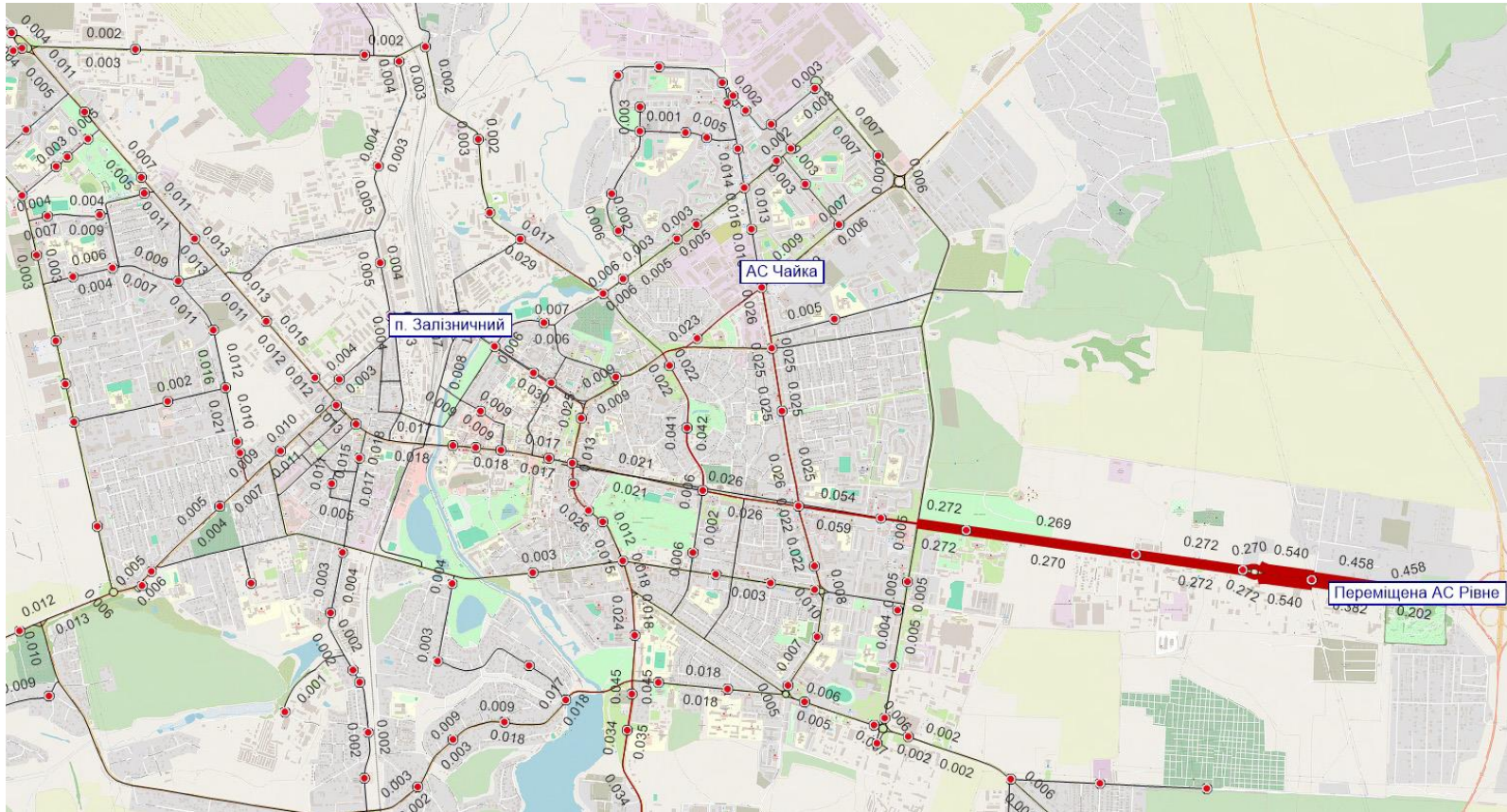


Рисунок Л.1 – Відношення добових пасажиропотоків до провізних можливостей ГТ при зміні місця розташування АС «Рівне» і перерозподілі МК, розрахованої за моделлю з подвійним обмеженням на місткості ТР

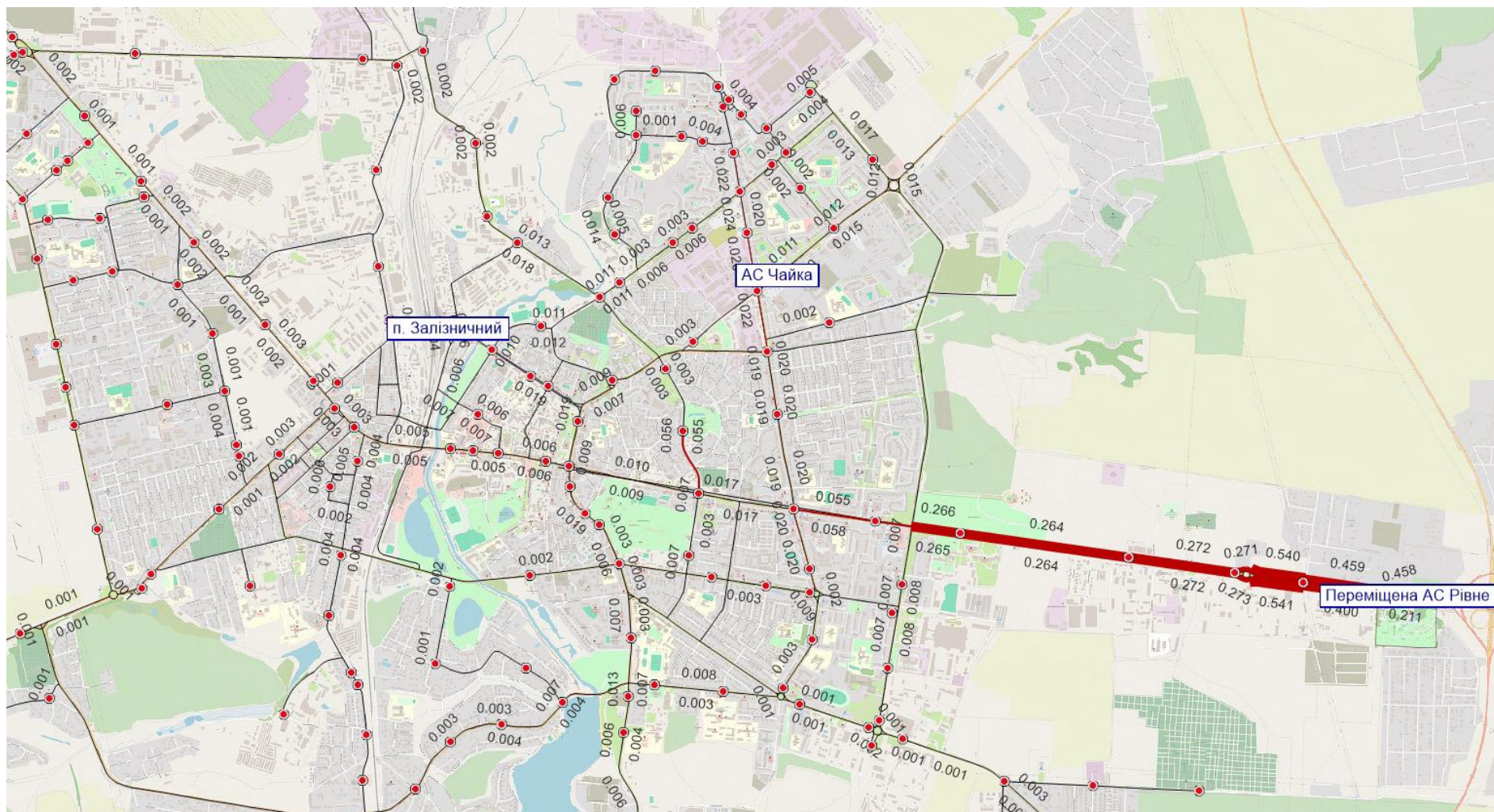


Рисунок Л.2 – Відношення добових пасажиропотоків до провізних можливостей ГТ при зміні місця розташування АС «Рівне» і перерозподілі МК, розраховані за моделлю з одинарним обмеженням на місткості ТР

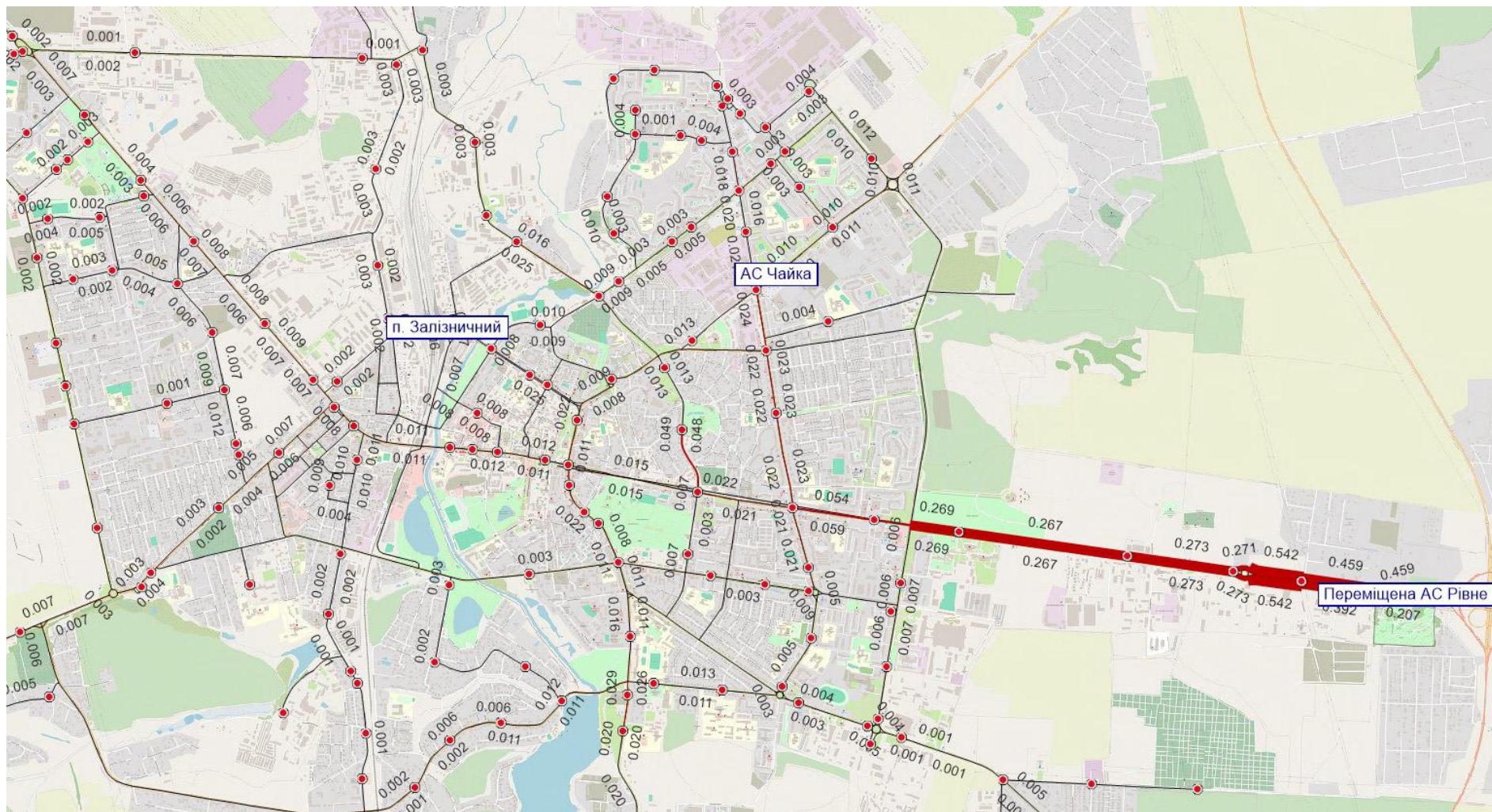


Рисунок Л.3 – Відношення добових пасажиропотоків до провізних можливостей ГТ при зміні місця розташування АС «Рівне» і перерозподілі МК, що відбиває усереднений стан транспортного попиту (між використанням моделей з подвійним та одинарним обмеженням на місткості ТР)

Додаток М

МАТРИЦЯ ВИТРАТ ЧАСУ НА ПЕРЕСУВАННЯ МІЖ ТРАНСПОРТНИМИ РАЙОНАМИ МІСТА РІВНЕ

Таблиця М.1 – Матриця часу пересування між ТР м. Рівне, хв.

| ТР | 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 |
|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1 | - | 4,1 | 8,4 | 10,3 | 8,7 | 39,0 | 13,9 | 25,0 | 11,7 | 14,4 | 26,3 | 30,7 | 24,7 | 20,0 | 21,5 | 23,8 | 29,3 | 27,4 | 40,7 | 53,5 | 25,3 | 11,1 | 31,4 | 61,2 | 25,7 | 29,8 | 31,0 | 30,0 | 33,9 |
| 2 | 3,3 | - | 13,5 | 3,8 | 5,5 | 36,5 | 20,6 | 21,7 | 8,3 | 11,1 | 22,5 | 27,5 | 20,2 | 16,5 | 17,8 | 20,8 | 26,3 | 24,2 | 37,9 | 49,5 | 22,1 | 8,5 | 25,3 | 57,7 | 23,9 | 28,2 | 29,1 | 25,7 | 31,8 |
| 3 | 8,4 | 14,2 | - | 17,0 | 7,9 | 18,5 | 6,2 | 22,5 | 11,3 | 14,3 | 24,9 | 30,3 | 22,6 | 19,1 | 22,0 | 29,3 | 39,0 | 34,3 | 38,1 | 50,7 | 29,0 | 27,1 | 38,7 | 61,3 | 36,8 | 39,4 | 38,5 | 27,1 | 46,1 |
| 4 | 7,5 | 3,8 | 16,4 | - | 11,2 | 35,8 | 23,9 | 26,6 | 6,5 | 11,4 | 21,9 | 28,2 | 17,4 | 16,4 | 19,0 | 20,0 | 24,2 | 28,9 | 33,2 | 48,7 | 22,6 | 6,3 | 17,2 | 26,4 | 28,5 | 34,6 | 33,5 | 23,2 | 32,2 |
| 5 | 7,6 | 5,5 | 7,9 | 11,4 | - | 30,6 | 14,8 | 15,8 | 2,8 | 5,6 | 18,6 | 23,2 | 16,3 | 11,2 | 12,2 | 15,2 | 21,0 | 18,5 | 25,9 | 44,8 | 16,0 | 12,7 | 18,9 | 28,2 | 18,1 | 23,5 | 23,3 | 22,5 | 26,6 |
| 6 | 38,5 | 34,6 | 18,2 | 35,8 | 26,5 | - | 13,1 | 8,9 | 16,8 | 14,2 | 26,6 | 17,5 | 6,5 | 21,6 | 23,2 | 25,4 | 34,6 | 29,9 | 35,1 | 40,7 | 22,2 | 31,2 | 41,4 | 65,6 | 42,0 | 45,4 | 25,5 | 21,6 | 53,5 |
| 7 | 13,3 | 21,1 | 6,1 | 24,1 | 14,3 | 13,4 | - | 16,3 | 17,0 | 18,3 | 30,2 | 31,7 | 12,7 | 23,7 | 26,3 | 35,0 | 41,1 | 39,2 | 45,4 | 54,6 | 25,7 | 32,4 | 43,9 | 68,3 | 38,4 | 48,7 | 34,2 | 32,3 | 54,9 |
| 8 | 23,7 | 19,9 | 20,2 | 24,5 | 14,6 | 8,4 | 15,5 | - | 12,0 | 4,6 | 17,8 | 11,4 | 10,9 | 9,5 | 10,5 | 12,9 | 22,6 | 17,4 | 22,6 | 27,5 | 15,2 | 23,3 | 29,0 | 38,4 | 26,5 | 31,3 | 16,9 | 13,6 | 32,7 |
| 9 | 10,9 | 8,7 | 11,2 | 5,5 | 3,8 | 29,5 | 16,1 | 16,0 | - | 4,2 | 16,8 | 20,2 | 14,4 | 9,6 | 9,9 | 13,6 | 18,4 | 16,6 | 21,7 | 38,4 | 6,6 | 4,4 | 10,8 | 20,0 | 16,0 | 21,8 | 12,4 | 21,0 | 24,5 |
| 10 | 13,2 | 11,6 | 12,8 | 10,4 | 6,4 | 18,3 | 18,8 | 6,9 | 4,0 | - | 12,4 | 15,8 | 10,1 | 5,3 | 5,8 | 9,1 | 14,3 | 13,3 | 17,9 | 24,0 | 9,1 | 9,3 | 15,2 | 24,4 | 12,1 | 18,2 | 11,4 | 16,6 | 20,5 |
| 11 | 27,0 | 23,0 | 24,5 | 21,5 | 20,5 | 26,2 | 29,9 | 16,1 | 16,8 | 12,2 | - | 4,7 | 2,6 | 6,5 | 18,5 | 10,1 | 19,2 | 10,1 | 15,7 | 38,6 | 20,9 | 21,8 | 26,6 | 35,8 | 19,9 | 43,0 | 16,2 | 5,0 | 38,2 |
| 12 | 33,0 | 29,1 | 30,0 | 31,8 | 23,9 | 18,9 | 37,8 | 11,7 | 20,1 | 15,4 | 4,4 | - | 6,4 | 10,0 | 17,7 | 15,4 | 23,8 | 15,2 | 21,6 | 42,2 | 24,2 | 25,1 | 41,3 | 50,7 | 23,8 | 45,4 | 19,2 | 2,5 | 41,8 |
| 13 | 24,5 | 20,9 | 23,5 | 17,8 | 17,8 | 6,7 | 14,3 | 11,7 | 14,0 | 9,6 | 2,6 | 6,3 | - | 4,2 | 15,0 | 10,3 | 17,1 | 9,2 | 14,6 | 27,1 | 18,9 | 19,5 | 24,5 | 33,7 | 20,7 | 29,8 | 14,5 | 6,9 | 23,2 |
| 14 | 19,9 | 18,0 | 17,8 | 16,0 | 12,2 | 22,9 | 23,6 | 9,8 | 9,7 | 5,5 | 6,7 | 10,1 | 4,3 | - | 8,3 | 3,3 | 9,2 | 6,8 | 12,9 | 19,1 | 14,7 | 14,6 | 20,0 | 29,2 | 16,5 | 24,0 | 11,8 | 10,9 | 14,9 |
| 15 | 19,6 | 16,1 | 24,5 | 19,4 | 11,6 | 16,0 | 21,5 | 9,6 | 9,6 | 5,9 | 16,7 | 18,1 | 14,2 | 7,9 | - | 13,3 | 18,7 | 10,4 | 13,1 | 28,6 | 12,0 | 14,2 | 24,7 | 33,8 | 8,7 | 13,9 | 7,5 | 20,8 | 24,9 |
| 16 | 21,9 | 20,5 | 27,9 | 18,9 | 15,1 | 26,7 | 35,2 | 13,5 | 13,3 | 8,9 | 9,4 | 15,6 | 6,8 | 3,2 | 16,5 | - | 7,1 | 3,9 | 9,5 | 15,5 | 24,8 | 24,9 | 29,9 | 39,1 | 25,4 | 38,7 | 20,6 | 14,0 | 12,2 |
| 17 | 28,7 | 27,5 | 39,1 | 23,7 | 21,1 | 35,8 | 47,0 | 22,8 | 18,2 | 14,0 | 18,4 | 24,3 | 16,3 | 8,9 | 21,8 | 6,7 | - | 13,8 | 19,4 | 25,5 | 31,7 | 28,5 | 36,7 | 46,3 | 35,0 | 43,9 | 28,1 | 23,0 | 6,3 |
| 18 | 27,1 | 25,3 | 35,3 | 28,4 | 19,2 | 30,8 | 44,2 | 17,6 | 16,8 | 12,7 | 11,8 | 15,9 | 10,5 | 6,4 | 9,3 | 4,1 | 13,6 | - | 5,9 | 12,0 | 15,4 | 21,5 | 33,8 | 43,8 | 14,6 | 29,4 | 9,8 | 16,5 | 27,4 |
| 19 | 40,1 | 33,4 | 37,6 | 29,7 | 27,6 | 35,2 | 48,6 | 22,0 | 21,8 | 17,7 | 15,2 | 24,6 | 14,7 | 12,3 | 12,8 | 9,3 | 18,7 | 5,4 | - | 5,4 | 35,1 | 26,9 | 50,6 | 63,8 | 21,3 | 34,7 | 23,5 | 18,5 | 36,8 |
| 20 | 42,7 | 39,0 | 43,7 | 38,6 | 34,8 | 41,3 | 56,4 | 28,1 | 41,2 | 24,5 | 27,7 | 31,2 | 27,6 | 19,7 | 31,9 | 16,5 | 25,9 | 12,4 | 6,1 | - | 41,7 | 41,4 | 52,2 | 75,3 | 40,0 | 58,1 | 41,3 | 31,5 | 44,4 |
| 21 | 24,3 | 22,6 | 24,1 | 21,2 | 16,2 | 33,0 | 31,9 | 25,2 | 6,7 | 9,2 | 22,2 | 26,0 | 20,3 | 15,0 | 12,2 | 25,5 | 32,0 | 17,6 | 32,3 | 46,8 | - | 19,6 | 26,0 | 35,2 | 17,8 | 35,0 | 5,5 | 24,0 | 38,0 |
| 22 | 10,7 | 8,6 | 24,5 | 7,3 | 12,5 | 39,2 | 29,2 | 24,9 | 4,4 | 9,1 | 21,9 | 25,3 | 19,6 | 14,6 | 15,6 | 22,6 | 28,4 | 21,9 | 26,6 | 47,6 | 19,6 | - | 6,4 | 15,5 | 24,9 | 34,9 | 27,4 | 26,2 | 37,6 |
| 23 | 26,3 | 22,9 | 29,6 | 16,9 | 16,5 | 45,1 | 45,0 | 30,2 | 10,5 | 14,6 | 26,4 | 41,8 | 24,2 | 19,6 | 22,1 | 29,5 | 36,3 | 34,5 | 39,6 | 50,9 | 25,7 | 6,1 | - | 9,0 | 35,9 | 40,6 | 39,3 | 32,4 | 49,3 |
| 24 | 35,8 | 32,2 | 38,4 | 26,0 | 24,9 | 54,2 | 54,2 | 39,3 | 19,5 | 23,8 | 35,5 | 50,9 | 33,3 | 28,7 | 31,2 | 38,6 | 45,6 | 43,6 | 49,5 | 60,1 | 35,0 | 15,0 | 8,5 | - | 45,2 | 53,5 | 48,5 | 41,5 | 58,8 |
| 25 | 28,2 | 24,8 | 39,2 | 29,2 | 19,0 | 30,6 | 40,7 | 22,9 | 16,5 | 12,9 | 24,5 | 28,1 | 25,0 | 17,2 | 9,1 | 28,2 | 32,1 | 15,4 | 21,3 | 45,0 | 17,6 | 25,1 | 45,5 | 57,8 | - | 5,4 | 14,5 | 25,9 | 55,7 |
| 26 | 32,2 | 28,5 | 42,4 | 34,5 | 23,3 | 42,2 | 48,3 | 29,9 | 21,5 | 18,0 | 34,6 | 40,8 | 30,5 | 23,4 | 13,8 | 32,3 | 39,8 | 32,4 | 35,2 | 56,8 | 34,9 | 37,7 | 44,7 | 69,3 | 5,7 | - | 23,8 | 37,7 | 58,9 |
| 27 | 34,4 | 31,0 | 35,5 | 32,9 | 25,2 | 25,7 | 35,8 | 17,0 | 20,9 | 11,8 | 19,9 | 23,9 | 17,9 | 15,5 | 5,1 | 24,0 | 30,5 | 10,1 | 23,6 | 41,5 | 5,1 | 27,2 | 44,7 | 57,2 | 13,0 | 21,3 | - | 21,2 | 44,8 |
| 28 | 30,9 | 26,7 | 27,4 | 32,5 | 23,0 | 20,1 | 34,8 | 13,0 | 21,4 | 16,9 | 4,7 | 2,9 | 7,8 | 11,3 | 23,0 | 13,8 | 22,8 | 15,2 | 18,9 | 43,5 | 23,3 | 26,7 | 32,0 | 41,2 | 22,2 | 47,9 | 18,4 | - | 43,0 |
| 29 | 34,2 | 31,6 | 47,8 | 38,0 | 26,4 | 45,5 | 50,7 | 32,0 | 24,4 | 20,4 | 22,8 | 26,6 | 22,9 | 14,9 | 28,0 | 12,1 | 6,4 | 28,8 | 28,2 | 44,1 | 37,8 | 40,1 | 48,3 | 70,8 | 43,3 | 51,3 | 36,0 | 26,6 | - |

Додаток Н
АКТИ ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВОДНОГО ГОСПОДАРСТВА ТА
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
(НУВГП)

вул. Соборна, 11, м. Рівне, 33028, тел. (0362) 63 30 98, факс (0362) 63 32 09,
e-mail: mail@nuwm.edu.ua, web: https://nuwm.edu.ua
код ЄДРПОУ 02071116

Від _____ № _____ На № 08.03/24 від 21.03.2024р



ЗАТВЕРДЖУЮ”

ректор Національного університету водного
господарства та природокористування
проф. Віктор МОШИНСЬКИЙ

2024 р.

АКТ

**про впровадження результатів дисертаційної роботи Світлани Пашкевич
«Дослідження впливу розташування міжміського автовокзалу на розподіл
міських пасажиропотоків», яка представляється на здобуття ступеня
доктора філософії з галузі знань 27 Транспорт
за спеціальністю 275 Транспортні технології (за видами)**

Комісією у складі в.о. завідувача кафедри транспортних технологій і технічного сервісу, д.е.н., проф. Вікторії Никончук, доцента кафедри транспортних технологій і технічного сервісу, к.т.н. Ігоря Хітрова, доцентки кафедри транспортних технологій і технічного сервісу, к.т.н., Катерини Вакуленко. складено акт про те, що результати дисертації Світлани Пашкевич на здобуття ступеня доктора філософії у вигляді підходу до оцінки впливу міжміських транспортно-пересадочних вузлів на міські пасажиропотоки та показники транспортного обслуговування населення впроваджено у навчальний процес кафедри транспортних технологій і технічного сервісу при викладанні дисциплін «Основи теорії транспортних процесів і систем», «Організація і управління пасажирськими автомобільними перевезеннями», «Дослідження операцій в транспортних системах» у Національний університет водного господарства та природокористування для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спеціальністю 275.03 Транспортні технології (на автомобільному транспорті).

В. о. зав. кафедрою ТТТС,
д.е.н., професорка

Вікторії НИКОНЧУК

К.т.н., доцент

Ігор ХІТРОВ

К.т.н., доцентка

Катерина ВАКУЛЕНКО

ДЕПАРТАМЕНТ ІНФРАСТРУКТУРИ ТА
БЛАГОУСТРОЮ РІВНЕНСЬКОЇ
МІСЬКОЇ РАДИ

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Директор
В.О. ГУДИМА
«_____» 2024 р.



АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

Найменування пропозиції, яка введена

Результати оцінки впливу зміни місця розташування автостанції «Рівне» на показники обслуговування пасажирів громадським транспортом та рекомендації щодо прийняття рішень по розташуванню автовокзалу на території міста.

Ким запропоновано

Національний університет водного господарства та природокористування (НУВГП), кафедра транспортних технологій і технічного сервісу, автор – Пашкевич С.М.

Де, коли, для яких цілей введено

Вказані результати та рекомендації були прийняті до уваги при плануванні роботи відділу забезпечення діяльності транспорту управління транспорту і зв'язку Рівненської міської ради.

Напрямки, результати, ефективність впровадження

Результати оцінки впливу зміни місця розташування автостанції «Рівне» були отримані із використанням транспортної моделі і дозволили встановити потенційне підвищення пасажиропотоків та пасажирообміну зупинок громадського транспорту на ділянці вул. Київської між поточним і новим

місцем розташування автостанції, а також ймовірно погіршення показників обслуговування пасажирів при відсутності змін у роботі маршрутів громадського транспорту. Сформовані за підсумками отриманої оцінки рекомендації дозволять спланувати заходи по забезпеченню швидкого, зручного та комфортного добирання міського населення до та з автостанції.

Висновки, зауваження, пропозиції

Використання результатів оцінки та розроблених рекомендацій забезпечує можливість належного планування роботи громадського транспорту міста на перспективу.

Начальник відділу забезпечення
діяльності транспорту



Наталія ПРОВОТОРОВА

«12» 04 2024 р.

33023, м.Рівне, вул.Київська, 6, тел. 050-435-50-69, e-mail: vat.rpas@gmail.com
р/р UA233052990000026005040706931 в АТ КБ "ПриватБанк" м.Рівне, код 03118481

№ 2409/04
"19" квітня 2024р.

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

Найменування пропозиції, яка впроваджена

Регресійна модель для прогнозування обсягу відправлень пасажирів автобусами у міжміському сполученні.

Ким запропоновано

Національний університет водного господарства та природокористування (НУВГП), кафедра транспортних технологій і технічного сервісу, автор – Пашкевич С.М.

Де, коли, для яких цілей впроваджено

Результати прогнозування з використанням вказаної моделі були прийняті до уваги при плануванні роботи автостанції «Рівне».

Напрямки, результати, ефективність впровадження

Розроблена регресійна модель дозволяє із урахуванням динаміки зміни кількості перевезених пасажирів у міжміському сполученні у Рівненській області протягом 2000-2021 р.р. отримувати прогнозне значення середньодобової кількості відправлень пасажирів автобусами у міжміському сполученні з автостанції «Рівне». Отримання подібного прогнозу робить можливим планування обсягів надання автостанційних послуг населенню.

Висновки, зауваження, пропозиції

Використання результатів прогнозування із застосуванням розробленої регресійної моделі дає можливість більш якісного оперативного та перспективного планування роботи автостанції «Рівне».



Директор КТ "РІВНЕ-ПАС"



М.В. Сисюк

Додаток П

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ ТА ВІДОМОСТІ
ПРО АПРОБАЦІЮ РЕЗУЛЬТАТІВ ДИСЕРТАЦІЇ

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

1. Пашкевич С. М., Кристопчук М. Є. Закономірності формування потоків пасажирів в маршрутних мережах малих міст. *Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті*. 2017. № 2(9). С. 100–106. DOI: 10.36910/automash.v2i9. URL: <https://eforum.lntu.edu.ua/index.php/jurnal-mbf/issue/view/24>.
2. Пашкевич С. М., Кристопчук М. Є. Аналіз параметрів функціонування об'єктів транспортної інфраструктури на формування транспортних та пасажирських потоків у містах. *Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті*. 2018. № 1(10). С. 66–72. DOI: 10.36910/automash.v1i10. URL: <https://eforum.lntu.edu.ua/index.php/jurnal-mbf/issue/view/23>.
3. Хітров І. О., Сорока В. С., Кристопчук М. Є., Пашкевич С. М. Модель формування площі транспортного обслуговування маршрутів пасажирського сполучення. *Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті*. 2019. № 2(13). С. 173–184. DOI: 10.36910/automash.v2i13.101.
4. Хітров І. О., Кристопчук М. Є., Пашкевич С. М. Моделювання параметрів функціонування зупиночних пунктів громадського пасажирського транспорту. *Вісник машинобудування та транспорту*. 2019. Т. 10, № 2(2019). С. 134–140. DOI: <https://doi.org/10.31649/2413-4503-2019-10-2-134-140>.
5. Krystopchuk M., Pashkevych S., Khitrov I., Tkhoruk Y. Formation and Distribution Flows of External Transport in the City. *Reliability and Statistics in Transportation and Communication «RelStat 2019»*: Selected Papers from the 19th International Conference RelStat'19 (Riga, 16–19 October 2019). Lecture Notes in Networks and Systems (ISSN 2367-3370, E-ISSN 2367-3389). Springer, Cham, 2020. Vol. 117. P. 141–150. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-44610-9_15.
6. Nykonchuk V., Krystopchuk M., Pashkevych S. Functioning of transport-interchange nodes in the city transport system. *Сучасні технології в машинобудуванні*

та транспорті. 2022. № 2 (19). С. 16–24. DOI: <https://doi.org/10.36910/automash.v2i19.899>.

7. Пашкевич С. М., Макарічев О. В., Свічинський С. В., Козак С. В. Аналітичний опис розподілу дальності міських пересувань до міжміського автовокзалу. *Вісник Херсонського національного технічного університету*. 2023. № 4(87). С. 100–109. DOI: <https://doi.org/10.35546/kntu2078-4481.2023.4.12>.

8. Пашкевич С. М., Свічинський С. В. Оцінювання впливу зміни місця розташування міжміської автостанції на пасажиропотоки міського громадського транспорту. *Вісник Харківського національного автомобільно-дорожнього університету*. 2024. № 104. С. 119–129. DOI: <https://doi.org/10.30977/BUL.2219-5548.2024.104.1.119>.

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

9. Пашкевич С. М., Кристопчук М. Є. Управління громадським пасажирським транспортом в малих містах // *Децентралізація влади, проведення реформ в Україні. Сучасний стан та проблеми підготовки кадрів для об'єднаних територіальних громад* : матеріали І міжнар. наук.-метод. конф., Рівне, 20 жовт. 2017 р. Рівне : НУВГП, 2017. С. 175.

10. Пашкевич С. М., Кристопчук М. Є. Особливості функціонування системи пасажирського громадського транспорту малих міст // *Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту* : зб. наук. пр. X міжнар. наук.-практ. конф., Вінниця, 23–25 жовт. 2017 р. Вінниця : ВНТУ, 2017. С. 154.

11. Кристопчук М., Пашкевич С. Формування місць розташування транспортно-пересадочних вузлів // *Проблеми з транспортними потоками та напрямки їх розв'язання* : тези доп. III всеукр. наук.-теор. конф., Львів, 28–30 берез. 2019 р. Львів : НУ «Львівська політехніка», 2019. С. 75–76.

12. Пашкевич С. М., Денисенко О. В. Закономірності впливу місць розташування транспортно-пересадочних вузлів на формування транспортних та пасажирських потоків. *Інноваційні технології розвитку машинобудування та ефективного функціонування транспортних систем* : матеріали II міжнар. наук.-практ. інтернет конф., Рівне, 25–27 берез. 2020 р. Рівне : НУВГП, 2020. С. 69–73.

13. Пашкевич С. М., Денисенко О. В., Левкович А. А., Ружанський П. Формування транспортних та пасажирських потоків зовнішнього транспорту у містах // *Підвищення надійності машин і обладнання* : матеріали міжнар. наук.-практ. інтернет конф., Кропивницький, 15–17 квіт. 2020 р. Кропивницький : ЦНТУ, 2020. С. 217–220.

14. Кристопчук М. Є., Хітров І. О., Пашкевич С. М. Оцінка чинників вибору способу пересування учасниками транспортного процесу // *Науково-прикладні аспекти автомобільної і транспортно-дорожньої галузей* : матеріали VI міжнар. наук.-техн. інтернет-конф., Луцьк, 26–27 трав. 2020 р. Луцьк : ЛНТУ, 2020. С. 83–85.

15. Никончук В. М., Пашкевич С. М. Організація дорожнього руху на основі оцінки транспортного попиту до центрів масового тяжіння за параметрами їх розміщення на урбанізованих територіях // *Інноваційні технології розвитку машинобудування та ефективного функціонування транспортних систем*: матеріали III міжнар. наук.-техн. інтернет-конф., Рівне, 19–20 жовт. 2022 р. Рівне : НУВГП, 2022. С. 210–214.

16. Пашкевич С. М., Свічинський С. В. Сучасні методи оцінки різниці у матрицях кореспонденцій однакової розмірності // *Перспективи розвитку машинобудування та транспорту – 2023*: доп. III міжнар. наук.-техн. конф., м. Вінниця, 1–3 черв. 2023 р. Вінниця : ВНТУ, 2023. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/prmt/pmrt2023/paper/view/18211/15062>.

Наукові праці, які додатково відображають наукові результати дисертації:

17. Свічинський С. В., Пашкевич С. М. Функція розселення як основа для визначення попиту міського населення на транспортні пересування. *Автошляховик України*. 2023. Окремий випуск 277'2023: зб. тез доп. міжнар. наук.-практ. конф. «Перспективи розвитку автомобільного транспорту та інфраструктури», м. Київ, 5–7 груд. 2023 р. С. 143–145. DOI: 10.33868/0365-8392-2023-277.